



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES
Y REDES

IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE DOS PROTOTIPOS
BASADOS EN TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS PARA LA
ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE SEÑALES CARDIACAS
EN TIEMPO REAL

TRABAJO DE TITULACIÓN
Tipo: DISPOSITIVO TECNOLÓGICO

Para optar al Grado Académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES

AUTOR: AMANDA KARINA LESANO MUÑOZ

TUTOR: Lcdo. RAÚL MARCELO LOZADA YÁNEZ Mgs.

Riobamba – Ecuador

2018

©2018, Amanda Karina Lesano Muñoz

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo las citas bibliográficas del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y
REDES

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de Titulación Dispositivo Tecnológico: “IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE DOS PROTOTIPOS BASADOS EN TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS PARA LA ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE SEÑALES CARDIACAS EN TIEMPO REAL” de responsabilidad de la Srta. AMANDA KARINA LESANO MUÑOZ ha sido minuciosamente revisada por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dr. Julio Santillán VICEDECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	_____	_____
Ing. Patricio Romero DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES	_____	_____
Lcdo. Raúl Marcelo Lozada Yáñez Mgs. DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	_____
Ing. Oswaldo Martínez MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____

Yo, Amanda Karina Lesano Muñoz soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Amanda Karina Lesano Muñoz

DEDICATORIA

Esta meta la dedico principalmente a Dios por ser el pilar fundamental en mi vida, darme salud, y las fuerzas necesarias para luchar por alcanzar mis objetivos, para no desfallecer cuando sentía que me decaía y por todas las bendiciones que he recibido a lo largo de mi vida.

A mi familia en especial a mi madre Graciela Muñoz por creer en mí, ser mi apoyo incondicional, estar siempre al pendiente de mí, hoy puedo decir que este logro en mi vida no es solo mío es nuestro, infinitas gracias por todo lo que has hecho por mí. TE AMO MAMITA

A mi angelito sé que desde el cielo tú me cuidas, este logro es por ti, te llevo siempre en mi mente y mi corazón. TE AMO

Karina

AGRADECIMIENTO

A Dios por las infinitas bendiciones en mi vida.

A mis padres Luis Lesano y Graciela Muñoz por darme la vida, guiarme, aconsejarme para ser una mujer de bien.

A mis hermanos John, Fernando, Gisela gracias por creer en mí, ser mi apoyo incondicional, por sus consejos, estar para mí cuando los he necesitado, los quiero mucho. De igual manera a mi cuñada Mariela.

A mis adorados sobrinos Emily, Paula y Matías que con su inocencia y sus ocurrencias son la alegría de mí vida.

Un agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitirme ser parte de esta institución en especial a mi querida Escuela de Ingeniería Electrónica por formarme profesionalmente, a sus docentes por compartirme sus conocimientos.

A mis compañeros y a todas las personas que formaron parte de mi vida universitaria con quienes compartí gratos momentos que se quedaron grabados en mi mente y mi corazón.

Un agradecimiento especial a mi tutor Ingeniero Raúl Lozada por sus consejos, guiarme durante mi formación y a lo largo del desarrollo del trabajo de titulación. De igual manera a Daniel Vallejo por todo su apoyo a lo largo del desarrollo de este trabajo de titulación.

Karina

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
1 MARCO REFERENCIAL	6
1.1 SISTEMA CARDIOVASCULAR	6
1.2 PULSO CARDÍACO.....	6
<i>1.2.1 Técnicas para la adquisición del pulso cardiaco</i>	<i>7</i>
<i>1.2.2 Valores del pulso cardiaco</i>	<i>9</i>
1.3 TELEMEDICINA	10
1.4 TRABAJOS RELACIONADOS	10
1.5 TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.....	12
<i>1.5.1 Clasificación</i>	<i>12</i>
<i>1.5.2 Tecnologías inalámbricas a corto alcance</i>	<i>13</i>
1.6 TARJETAS DE DESARROLLO	19
<i>1.6.1 Arduino</i>	<i>19</i>
<i>1.6.2 Raspberry Pi</i>	<i>20</i>
<i>1.6.3 Intel Galileo</i>	<i>20</i>
<i>1.6.4 Libelium Waspnote</i>	<i>21</i>
1.6.5 COMPARATIVA DE LAS TARJETAS DE DESARROLLO	22
1.7 INTEGRIDAD DE LA INFORMACIÓN.....	22
CAPITULO II	
2 MARCO METODOLÓGICO	24
2.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.....	24
<i>2.1.1 Concepción general de la arquitectura de los prototipos</i>	<i>24</i>
<i>2.1.2 Diseño de la arquitectura de los prototipos</i>	<i>25</i>
2.2 COMPARATIVA DE LAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS	27
2.3 REQUERIMIENTOS DE LOS PROTOTIPOS PARA LA ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE SEÑALES CARDIACAS.....	30
<i>2.3.1 Requerimientos de hardware</i>	<i>31</i>
2.5 DIAGRAMAS DE CONEXIÓN	37
<i>2.5.1 Diagrama de conexión prototipos Bluetooth</i>	<i>37</i>

2.6	DISEÑO DE LAS PLACAS	39
2.7	REQUERIMIENTOS DEL SOFTWARE	40
2.7.1	<i>Herramientas Software principales</i>	40
2.7.2	<i>Herramientas Software Adicionales</i>	44
2.8	ENSAMBLAJE DE LA ESTRUCTURA DE LOS PROTOTIPOS	47
CAPITULO III		
3	ANÁLISIS Y RESULTADOS	49
3.1	CALIBRACIÓN DE SENSORES	49
3.2	ESTABILIDAD DE LOS PROTOTIPOS	50
3.3	VALIDACIÓN DE LOS PROTOTIPOS CON UN EQUIPO HOMOLOGADO	52
3.4	ANÁLISIS DEL TRÁFICO DE LA RED	53
3.4.1	<i>Throughput de la red</i>	59
3.4.2	<i>Promedio de retardo</i>	61
3.4.3	<i>Relación de la entrega de paquetes</i>	63
3.4.4	<i>Intensidad de la señal</i>	65
3.5	ALMACENAMIENTO DE DATOS	68
3.6	COMPARACIÓN DEL CONSUMO DE BATERÍAS	69
3.7	COMPARACIÓN DE PRECIOS	70
CONCLUSIONES		72
RECOMENDACIONES:		74
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1-1 PULSOS PERIFÉRICOS	8
TABLA 2-1 VARIACIÓN DEL PULSO CON RESPECTO A LA EDAD	9
TABLA 3-1 VALORES CRÍTICOS DE PULSO CARDIACO	10
TABLA 4-1 CLASIFICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.....	13
TABLA 5-1 VERSIONES DE LA TECNOLOGÍA BLUETOOTH	14
TABLA 6-1 CARACTERÍSTICAS DE LA TECNOLOGÍA ZIGBEE	15
TABLA 7-1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA TECNOLOGÍA RFID	16G
TABLA 8-1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE ULTRA WIDE BAND	17
TABLA 9-1 FAMILIA DE PROTOCOLOS WIFI (IEEE 802.11).....	18
TABLA 10-1 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL ESTÁNDAR 802.11	18
TABLA 11-1 COMPARATIVA DE LAS TARJETAS DE DESARROLLO	22
TABLA 1-2 DESCRIPCIÓN Y COMPARACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS A CORTO ALCANCE	29
TABLA 2-2 MATRIZ FODA DE LAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS SELECCIONADAS	30
TABLA 1-3 VALORES DE PULSO CARDIACO PROTOTIPO WIFI	51
TABLA 2-3 VALORES DE PULSO CARDIACO PROTOTIPO BLUETOOTH.....	52
TABLA 3-3 VALORES OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS DE TRÁFICO DEL PROTOTIPO WIFI	54
TABLA 4-3 VALORES OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS DE TRÁFICO DEL PROTOTIPO BLUETOOTH	56
TABLA 5-3 NÚMERO DE PAQUETES PERDIDOS	57
TABLA 6-3 PRUEBA T DE STUDENTS PARA DETERMINAR LA PERDIDA DE PAQUETES	58
TABLA 7-3 VALORES DE THROUGHPUT OBTENIDOS	59
TABLA 8-3 PRUEBA T DE STUDENTS PARA THROUGHPUT DE LA RED.....	60
TABLA 9-3 VALORES PROMEDIO DE RETARDO.....	61
TABLA 10-3 PRUEBA T DE STUDENTS PARA EL ANÁLISIS DE PROMEDIO DE RETARDO.....	62
TABLA 11-3 RELACIÓN DE LA ENTREGA DE PAQUETES	63
TABLA 12-3 PRUEBA T DE STUDENTS PARA LA RELACIÓN ENTREGA DE PAQUETES	64
TABLA 13-3 VALOR DE INTENSIDAD DE SEÑAL	66
TABLA 14-3 PRUEBA T DE STUDENTS PARA DETERMINAR LA INTENSIDAD DE LA SEÑAL.....	66
TABLA 15-3 VALORES TOTALES OBTENIDOS	67
TABLA 16-3 CONSUMO DE BATERÍAS DE CADA UNO DE LOS PROTOTIPOS	70
TABLA 17-3 PRESUPUESTO DE PRECIOS.....	71

ÍNDICE DE LAS FIGURA

FIGURA 1-1 LOCALIZACIÓN DE LOS PULSOS PERIFÉRICOS	8
FIGURA 2-1 TARJETAS DISPONIBLES DE ARDUINO	19
FIGURA 3-1 VERSIONES DE LAS TARJETAS DE RASBERRY PI	20
FIGURA 4-1 TARJETA INTEL GALILEO	21
FIGURA 5-1 TARJETA LIBELIUM WASPMOTE	21
FIGURA 1-2 ARQUITECTURA GENERAL DE LOS PROTOTIPOS.....	25
FIGURA 2-2 DIAGRAMA DE LOS BLOQUES QUE CONFORMAN LOS PROTOTIPOS.....	25
FIGURA 3-2 DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA DEL BENCHMARKING.....	28
FIGURA 4-2 SENSOR DE RITMO CARDIACO.....	31
FIGURA 5-2 TARJETA ARDUINO NANO.....	32
FIGURA 6-2 NODE MCU ESP8266.....	33
FIGURA 7-2 MÓDULO DS3231 RTC.....	34
FIGURA 8-2 MÓDULO HC-06	35
FIGURA 9-2 MÓDULO DE LECTOR DE RITMO CARDIACO.....	36
FIGURA 10-2 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL PROTOTIPO BLUETOOTH.....	38
FIGURA 11-2 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL PROTOTIPO WIFI.....	39
FIGURA 12-2 DISEÑO DE LAS PLACAS EN PCB WIZARD.....	39
FIGURA 13-2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PTOTOTIPO BASADO EN LA TECNOLOGÍA.....	42
FIGURA 14-2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROTOTIPO BASADO EN LA TECNOLOGÍA WIFI	44
FIGURA 15-2 INTERFAZ DE BLUETOOTH.....	45
FIGURA 16-2 CÓDIGO DE APLICACIÓN DESARROLLADA EN APP INVENTOR	46
FIGURA 17-2 INTERFAZ WIFI.....	46
FIGURA 18-2 ENSAMBLAJE DE PIEZAS	47
FIGURA 19-2 CARCAZA DEL SENSOR	47
FIGURA 20-2 ESTRUCTURA IMPRESA.....	48
FIGURA 1-3 CALIBRACIÓN DE SENSORES PARA EL PROTOTIPO BASADO EN LA TECNOLOGÍA BLUETOOTH.....	49
FIGURA 2-3 ADQUISICIÓN DEL PULSO CARDIACO MEDIANTE EL PROTOTIPO WIFI.....	50
FIGURA 3-3 ADQUISICIÓN DEL PULSO CARDIACO MEDIANTE EL PROTOTIPO BLUETOOTH	51
FIGURA 4-3 FIGURA 22-3 COMPARACIÓN DE LOS VALORES OBTENIDOS.....	53
FIGURA 5-3 VENTANA DE LA CONSOLA DE COMANDOS DE WINDOWS.....	53
FIGURA 6-3 EJECUCIÓN DEL SNIFFER EN ARDUINO.....	55

FIGURA 7-3 VALORES GRÁFICOS DE LAS PRUEBAS T DE STUDENTS PERDIDA DE PAQUETES	58
FIGURA 8-3 DATOS GRAFICAS DEL ANÁLISIS DEL THROUGHPUT DE LA RED	60
FIGURA 9-3 VALORES GRÁFICOS DE LAS PRUEBAS DE PROMEDIO DE RETARDO.....	62
FIGURA 10-3 VALORES GRÁFICOS DEL ANÁLISIS DE RELACIÓN ENTREGA DE PAQUETES	64
FIGURA 11-3 ANÁLISIS DE LA INTENSIDAD DE SEÑAL.....	65
FIGURA 12-3 PRUEBA T DE STUDENTS PARA ANÁLISIS DE LA INTENSIDAD DE SEÑAL	67
FIGURA 13-3 ALMACENAMIENTO DE DATOS EN LA TARJETA MICRO SD	68
FIGURA 14-3 BASE DE DATOS DE PULSO CARDIACO	69

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

SoC:	Sistema en un chip.
GNU:	Sistema operativo de tipo Unix
ARM:	Nombre comercial de la arquitectura RISC.
RISC:	Computador con un set de Instrucciones reducido.
OMS:	Organización mundial de la salud
INEC:	Instituto nacional de estadística y censos
HDL:	Colesterol bueno
LDL:	Colesterol malo
ECG:	Electrocardiograma
ATC:	Advanced Communications Technology Satellite
TATRC:	Telemedicine and Advanced Technology Research Center
TICs:	Tecnología de la Información y Comunicación
FUNDEL:	Fundación Ecuatoriana de Telemedicina y Salud Electrónica
FHSS:	Espectro por Salto de Frecuencia
AFH:	Salto de Frecuencias Adaptivo
ACL:	Enlace asíncrono sin conexión
SCO:	Enlace síncrono orientado a conexión
PAN:	Redes de áreas personal.
LAN:	Redes de área local.
OFDM:	Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales
QPSK:	Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura escalonada
PSK:	Modulación por desplazamiento de fase
PDA:	Es un dispositivo de pequeño tamaño que combina un ordenador, teléfono.

LMC:	Línea media clavicular
EIC:	Espacio intercostal
SRAM:	Memoria estática de acceso aleatorio.
EEPROM:	Memoria programable y borrable eléctricamente.
IoT:	Internet de las cosas.
Soc:	Sistema en chip.
PCB:	Placa de circuito impreso.
TWI:	Programa de desarrollo para mandos intermedios.
GSFK:	Modulación de desplazamiento de frecuencia gaussiana.
UART:	Transmisor receptor asíncrono universal.
MCU:	Microcontrolador.
SP1:	Service pack 1
MIT:	Instituto integral de Massachusetts.

RESUMEN

Este trabajo de titulación tuvo como objetivo la implementación y evaluación de dos prototipos para la adquisición de señales cardiacas en tiempo real, el primer prototipo está basado en la tecnología Wifi y el segundo en Bluetooth. El prototipo está formado por 5 bloques que son: sensorial, procesamiento, comunicación, almacenamiento y visualización. Para el bloque sensorial se ha analizado la mejor técnica para la adquisición del pulso cardiaco mediante bibliografía especializada. El procesamiento en el prototipo wifi se realiza mediante la tarjeta MCU ESP 8266 y en el prototipo Bluetooth se realiza mediante la tarjeta de desarrollo Arduino nano. La comunicación para el prototipo Bluetooth será a través del módulo HC-06 y para el prototipo Wifi a través de la tarjeta MCU ESP 8266. El almacenamiento será en una tarjeta micro SD. La visualización en el prototipo Bluetooth se realiza mediante una aplicación para Android y en el prototipo Wifi a través de una red inalámbrica. Mediante la utilización de la consola de comandos de Windows para la tecnología wifi y para la tecnología Bluetooth se desarrolló un programa en el software Arduino IDE que trabaja como un sniffer para determinar la cantidad de paquetes recibidos y enviados, con su respectivo tiempo de retardos, posteriormente con estos datos se analizó factores de rendimiento como: Throughput, perdida de paquetes, promedio de retardos, relación de la entrega. El análisis se realizó con 30 muestras por cada tecnología, tomando en consideración que se envió un total de 100 paquetes de datos por muestra, los resultados obtenidos determinaron que la tecnología Wifi es superior en un 71% con respecto a la tecnología Bluetooth generando mejores prestaciones, por lo que se recomienda para tener un buen resultado de los datos el mismo número de muestras para las dos tecnologías para su posterior análisis.

Palabras Clave: < TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERIA >, <TELECOMUNICACIONES >, <TELEMEDICINA>, <PULSO CARDIACO>, <ELECTROCARDIOGRAMA>, <TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS > <TÉCNICAS DE ADQUISICIÓN DE PULSO CARDIACO>, <SENSOR DE RITMO CARDIACO>, < FACTORES DE RENDIMIENTO >.

ABSTRACT

The aim of the present research work was to implementation and evaluation of two prototypes for the acquisition of real time cardiac signals, the first monitor uses Wi-Fi technology and the latter Bluetooth. The prototype consists of 5 blocks: sensorial, processing, communication, storage and visualization. For the sensorial block, a review of specialized literature allowed to identify the best technique for the acquisition of cardiac pulse. The Wi-Fi device uses an MCU ESP 8266 processing card and the Bluetooth device uses an Arduino Nano development card. The communication for the Bluetooth device will be performed through the HC-06 module and for the Wi-Fi device through the MCU ESP 8266 card. For data storage, a micro SD card will be used. The visualization in the Bluetooth device is carried out through an Android application and in the Wi-Fi device through a wireless network. For both, the Wi-Fi technology and the Bluetooth technology, using the Windows command console, a program was developed in Arduino IDE which works as a sniffer to determine the amount of sent and received packs, with their corresponding delay times. Then, using these data, different performance factors such as: Throughput, package loss, delay average, delivery relationship. The analysis was performed using 30 samples for each technology, considering that a total of 100 data packages per sample. The results show that Wi-Fi technology is 71% superior to Bluetooth generating better benefits. To obtain a better result from the data, it is recommended to collect the same number of samples for both technologies for analysis.

Key Words: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <TELECOMMUNICATION>, <TELEMEDICINE>, <CARDIAC PULSE>, <ELECTROCARDIOGRAM>, <WIRELESS TECHNOLOGIES>, <CARDIAC PULSE ACQUISITION TECHNIQUES>, <CARDIAC RHYTHM SENSOR>,<PERFORMANCE FACTORS>

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) se han convertido en la primera causa de muerte en el mundo según Organización Mundial de la Salud (OMS, 2015), esta enfermedad se presenta por problemas del corazón y de los vasos sanguíneos, estos problemas son producidos por la aterosclerosis, estos se producen cuando la grasa y el colesterol se acumula en las paredes del vaso sanguíneo (MedlinePlus, 2016).

Los principales factores para desarrollar esta enfermedad cardiovascular son: colesterol elevado, triglicéridos, presión arterial elevada, desordenes metabólicos, obesidad, tabaco, estrés crónico, personas sedentarias, nivel elevado de ácido úrico en la sangre (foromed, 2017). Según datos de la OMS (2017), las cifras de muerte por enfermedades cardiovasculares fueron de (17,7 millones cada año) convirtiéndose en la primera causa de muerte en el mundo. Estas enfermedades son más comunes en personas de edad avanzada, los datos muestran que 15 millones de todas las personas que fallecieron por esta enfermedad, fueron personas de 30-69 años de edad (OMS, 2017).

En el Ecuador según el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2014), se reportaron 4430 muertes causadas por isquemias del corazón, por insuficiencia cardiaca se reportaron 1316 muertes, por arritmias cardiacas 168 muertes, mientras que los fallecidos por paros cardiacos fueron 106 en ese mismo año. El total de muertes por esta enfermedad es de 12000, afectando al sexo masculino en un 51.68% y al sexo femenino 48.32% según se destaca en los datos obtenidos. La Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2016), realizó un estudio en el Ecuador para determinar el número de población en riesgo de padecer estas enfermedades cardiovasculares. De los datos obtenidos en una muestra de 2231 personas encuestadas en edades comprendidas entre 18 y 69 años, se reporta que un 30% de la población adulta entre 40 y 69 años corren el riesgo de padecer enfermedades relacionadas a enfermedades cardiacas.

Gracias a los avances en las telecomunicaciones, la electrónica y los dispositivos móviles, se han desarrollado dispositivos y aplicaciones en el área de medicina para proveer servicios oportunos a pacientes dentro y fuera de los centros de salud. El poder monitorear inalámbricamente los signos vitales de los pacientes se ha convertido en un tema de gran interés a nivel industrial, académico, y en medicina (Tello, 2013), señales como la de electrocardiografía ayudan al momento de determinar las patologías cardíacas para determinar el estado de salud de una persona.

Es por ello, que en los últimos años se han desarrollado diferentes prototipos con la finalidad de monitorizar los signos vitales de los pacientes, estos prototipos han evolucionado desde los sistemas que utilizan radio transmisores FM hasta los que utilizan tecnologías inalámbricas (Gallo, 2016; Palacios, 2017; Andrade,2015).

El presente estudio busca comparar un prototipo basado en las tecnologías WIFI y otro basado en la tecnología Bluetooth para la adquisición y procesamiento de señales cardíacas, determinando mediante su comparación cuál de ellos tiene el mejor rendimiento (perdida de paquetes, tiempo de retardos, relación de la entrega de paquetes, Throughput).

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el prototipo que presenta mejores resultados para la adquisición y procesamiento de señales cardíacas?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Cuáles son las técnicas para la adquisición y procesamiento digital de señales cardíacas, en tiempo real?
- ¿Cuál es el diseño más apropiado para la recolección y visualización de señales cardíacas en tiempo real, empleando las tecnologías inalámbricas seleccionadas?
- ¿Cómo se pueden visualizar los datos obtenidos por los prototipos desarrollados empleando tecnologías inalámbricas?
- ¿Cuál de los prototipos desarrollados presenta las mejores prestaciones en la transmisión de la frecuencia cardíaca en tiempo real?

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Debido al alto índice de descensos por problemas cardiovasculares y siendo estos la primera causa de muerte en el mundo (OMS, 2015), el estudio pretende diseñar y comparar dos prototipos para la adquisición y procesamiento de señales cardíacas mediante tecnologías inalámbricas.

Como futuros ingenieros Electrónicos en Telecomunicaciones se busca comparar cual tecnología será la más apropiada para el prototipo antes mencionado. Al culminar este proyecto se pretende especificar cuál de los prototipos con su respectiva tecnología fueron los que me proporcionaron una mejor funcionalidad y cualificación de operación.

JUSTIFICACION APLICATIVA

En este estudio se describe el diseño e implementación de dos prototipos de medición y procesamiento de señales cardíacas, el primero utilizará la tecnología inalámbrica Wifi y el segundo utilizará la tecnología inalámbrica Bluetooth, con el propósito es determinar cuál prototipo tiene el mejor rendimiento.

Los prototipos implementados se encargarán de monitorizar en tiempo real las señales cardíacas, las señales obtenidas van a ser transmitidas desde un módulo implementado en Arduino Nano. El proyecto presenta el diseño de dos prototipos de monitorización remota para adquirir y procesar una señal cardíaca y luego transmitirla vía Wifi o Bluetooth a un módulo de visualización (pc o dispositivo móvil). Este trabajo constará de 3 etapas: a) Etapa de adquisición de datos, b) Etapa de procesamiento y transmisión de datos, c) Etapa de almacenamiento de datos y visualización de resultados. Los requerimientos de la etapa de transmisión estarán definidos por el protocolo específico para cada prototipo.

La comunicación se realizará por medio de puertos virtuales que son creados en el computador durante el proceso de emparejamiento entre el transmisor y receptor. La visualización de los datos se realizará en una PC o un dispositivo móvil mediante una aplicación que hace posible la interpretación y visualización de las señales. Para este proyecto se va a utilizar un método no invasivo para la adquisición de los datos (Tintín, 2015).

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

Implementar y evaluar dos prototipos basados en tecnologías inalámbricas para la adquisición y procesamiento de señales cardíacas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar mediante bibliografía especializada las técnicas para la adquisición de pulso cardíaco en los seres humanos.
- Diseñar dos prototipos mediante tecnologías inalámbricas de corto alcance que permitan la adquisición y procesamiento de señales cardíacas en tiempo real.
- Implementar y visualizar los datos obtenidos de los prototipos.
- Evaluar los prototipos desarrollados para determinar el que ofrece mejores prestaciones en transmisión y pérdida de paquetes.

Los métodos que se utilizara para el trabajo de titulación son: Método Comparativo mediante el cual se busca similitudes y comparaciones sistemáticas (Ramos, 2018). Método analítico el mismo que consiste en la extracción de las partes con el objeto de estudiarlas y examinarlas por separado (Ramos, 2018). Método de Selectivo constituye una estrategia de investigación en las que las variables que se estudian no se manipulan de forma directa (Ácero, 2018). Método Descriptivo sobre el cual describe y evalúa ciertas características de una situación particular en uno o más puntos (Ácero, 2018).

El epitome descriptivo del trabajo de investigación consta de introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones. En el primer capítulo se aborda temas relacionados con el sistema cardiovascular, el pulso cardíaco y técnicas de adquisición, prototipos desarrollados para la toma del pulso cardíaco, tecnologías inalámbricas, tarjetas de desarrollo. En el segundo capítulo

se hace una comparativa de las tecnologías a utilizar, diseño de los prototipos, requerimientos del hardware y software, almacenamiento. El tercer capítulo abarca validación del sistema, análisis y resultados, análisis de costos. En las conclusiones se trata todos los resultados obtenidos dentro de la investigación, finalmente en las recomendaciones se planea futuros objetivos que podrían contribuir para mejorar los prototipos actuales.

CAPITULO I

1 MARCO REFERENCIAL

En el presente capítulo se analiza mediante bibliografía especializada referente a las técnicas de adquisición del pulso cardiaco para determinar cuál de ellas será utilizada y así evaluar, la variación del pulso para conocer el estado cardiovascular de las personas. Parte de este capítulo también se realiza el estudio de las tecnologías inalámbricas de corto alcance y tarjetas de desarrollo que podrían ser utilizadas y así escoger cuál se utilizará para la implementación de los dos prototipos para el procesamiento de señales cardíacas en tiempo real.

1.1 Sistema Cardiovascular

Está formado por el corazón, por la sangre que está bombeando y por los vasos sanguíneos, es el encargado de que la sangre, los nutrientes, los glóbulos rojos y blancos fluyan de forma correcta por el cuerpo (Figueroa, 2018). Dentro de lo que se refiere a la fisiología del corazón se tiene: potencial de acción, ciclo cardiaco, gasto cardiaco. La fisiología de la circulación sanguínea se encuentra: Flujo sanguíneo, presión arterial, resistencia cardiovascular, retorno venoso, intercambio capilar. Se puede evaluar el sistema circulatorio mediante la presión arterial y el pulso (Tortosa, [sin fecha]).

1.2 Pulso cardíaco

Es la onda pulsátil de la sangre, originada por la contracción del ventrículo izquierdo del corazón que resulta en la expansión y contracción de las arterias. Esta onda representa el rendimiento del latido cardíaco, su capacidad de contraerse y dilatarse. La velocidad se lo mide en (latidos por minuto) varía con la edad, sexo, actividad física, las mujeres presentan un pulso cardiaco superior al de los hombres, los deportistas pueden tener ritmos cardíacos de hasta 40 latidos por minuto (Aguayo, 2009).

Su aumento se da en respuesta cuando al cuerpo le falta oxígeno y nutrientes. Las contracciones del corazón producen el pulso arterial y el aumento de la presión, es por ello que al tomar el pulso de una persona se está midiendo directamente su frecuencia cardíaca (Macgill, 2016).

1.2.1 Técnicas para la adquisición del pulso cardíaco

La adquisición del pulso cardíaco en los seres humanos se lo puede realizar mediante las técnicas: manual, fotopleletismográfico, pulsometría. Las mismas que se detallan a continuación:

1.2.1.1 Manual

Se puede medir manualmente detectando el sonido que emite el corazón cuando está bombeando, en lugares como: la parte posterior de las rodillas, la ingle, el cuello, la sien, la parte alta o la cara interna del pie, la muñeca, debido a que cerca de estas áreas una arteria pasa cerca de la piel. Comúnmente se toma el pulso en el cuello y la muñeca debido a que en estas áreas al pulso se lo siente con mayor nitidez (Andrade, 2015). Según (Durán, 2017), el pulso se puede valorar a nivel periférico y central:

- a. Pulsos Periféricos se localizan en las arterias periféricas del cuerpo, la valoración se la realiza mediante la palpación directa sobre la arteria, y se encuentran ubicados en 9 partes del cuerpo.
- b. Pulso Apical o pulso central: ubicado en el ápice del corazón, se valora por medio del método auscultatorio. La localización del pulso apical varía con la edad, en niños menores a los 4 años de edad se localiza a la izquierda de la LMC (Línea media clavicolar), en niños en edades comprendidas 4 a 6 años se localiza en LMC, en niños en edades de los 7 a 9 años de edad se localiza entre el 4to y 5to EIC, LMC, en las personas adultas se encuentra por debajo del 4to al 5to EIC (espacio intercostal).

En la tabla 1-1 se detalla los 9 puntos de los pulsos periféricos los mismos que se muestran en la figura 1-1 de los cuales se determinará sobre cuál de ellos se realizará la adquisición del pulso cardíaco para este trabajo.

Tabla 1-1 Pulsos periféricos

Pulso	Descripción
Temporal	Se palpa sobre el hueso temporal en la región externa de la frente, en el trayecto que va desde la ceja hasta el cuero cabelludo.
Braquial	Ubicado en la parte interna del brazo, sobre el pliegue del codo o espacio ante cubital.
Radial	Se palpa realizando una suave presión sobre la arteria radial en la zona media de la cara de la muñeca.
Femoral:	Se localiza en la zona inguinal
Poplíteo:	Se palpa realizando presión fuerte sobre la arteria poplíteica, ubicada detrás de la rodilla.
Tibial posterior	Se encuentra en arteria tibial ubicada detrás del maléolo interno
Pedio	Se palpa la arteria femoral localizada debajo del ligamento inguinal
Apical	Se valora mediante la auscultación con fendoscopio directo al corazón
Carotideo	se encuentra en la parte lateral del cuello entre la tráquea y el musculo estemocleidomastoideo

Fuente: (Durán, 2017)

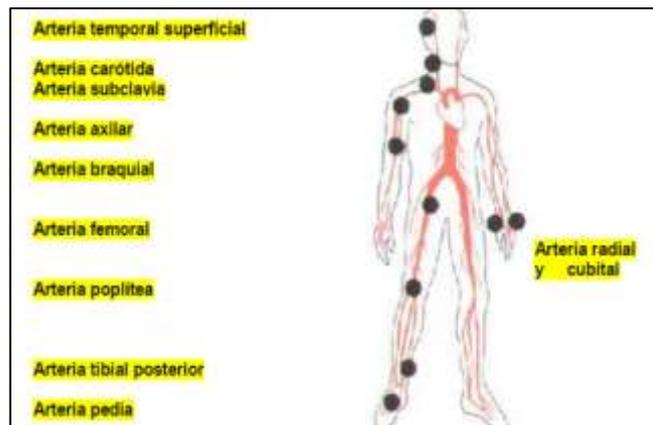


Figura 1-1 Localización de los pulsos periféricos

Fuente:(Guía de control de los signos vitales)

1.2.1.2 Fotopletismográfico

Es un método que basa la determinación del pulso cardiaco, en la atenuación de radiación infrarroja. Se diseñó para ser usado en el dedo de la persona (como un oxímetro). Este método permite el monitoreo continuo de la Presión Arterial y también la visualización y registro de las curvas de presión(Andrade, 2015).

1.2.1.3 Pulsometría

La frecuencia cardiaca también se puede medir con ciertos aparatos electrónicos, que están especialmente indicados para tomarla cuando se está realizando una actividad física. Se trata de los conocidos como pulsímetros, aunque su nombre más correcto es el de frecuencímetro cardiaco. Estos aparatos se componen de una cinta que se coloca a la altura del pectoral y que está conectado con un reloj que mide la frecuencia cardiaca (Andrade, 2015).

De las técnicas mencionadas anteriormente, se decidió la utilización de la técnica Fotopletimográfica ya que el sensor disponible en el mercado basa su funcionamiento en la detección de la atenuación de radiación infrarroja que sucede en el dedo del paciente cuando ocurre el flujo de corriente sanguínea.

1.2.2 Valores del pulso cardiaco

En la tabla 2-1 se describe la variación que sufre el pulso cardiaco con respecto a la edad de una persona los datos que serán muy importantes para la valoración de los prototipos para verificar su funcionamiento. Teniendo muy en cuenta que el pulso cardiaco ideal para la persona adulta es de 60-100 latidos por minuto.

Tabla 2-1 Variación del pulso con respecto a la edad

Edad	Pulso(lat./min)
Recién nacido	80-160
1-4 años	80-120
6-8 años	70-120
10 años	75-110
Adolescentes	60-100
Adultos	60-100
Mayores a 70 años	55-99

Fuente: (Tintín, 2015)

En la tabla 3-1 se detallan las afectaciones que sufre el pulso cardiaco, estos valores son muy importantes a la hora de determinar el valor obtenido por el sensor, en estos casos se tendrá que tener en cuenta que una persona padecerá de Taquicardia cuando su pulso sea mayor a los 100

latidos por minuto y Bradicardia cuando las pulsaciones sean inferiores a los 60 latidos por minuto.

Tabla 3-1 Valores críticos de pulso cardiaco

ENFERMEDAD	VALOR DE PULSO CARDIACO (latidos/ minuto)
Taquicardia	Mayor a 100
Bradicardia	Menor a 60

Fuente: (Durán, 2017).

1.3 Telemedicina

Aparece en los años 50, la Nasa a principios de los sesenta empezó a proporcionar cuidados sanitarios, como: Rayos X y ECG, conectados por satélites. Actualmente se desarrolla programas de investigación como: trauma acústico, telerehabilitación, entre otros (Olivera, 2014, p. 23). Su objetivo principal es la prestación de servicios médicos a distancia, incluye diagnóstico, tratamiento médico ayudando de esta manera a la optimización de tiempo y dinero. (Cardier et al., 2016, p. 2-3).

El área de aplicación son cuidado de pacientes en el hogar, se utiliza para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, el uso de las telemedicinas combinado con la robótica, inteligencia artificial, realidad virtual proporcionando beneficios como una mejor atención integral, seguimiento de pacientes y de enfermedades con baja prevalencia (Rubió, 2016, p. 11-14).

1.4 Trabajos relacionados

Al realizar investigaciones sobre el tema propuesto se ha encontrado trabajos con temas afines a la propuesta de solución a nivel internacional se han encontrado 5 trabajos similares y nacionales 6 trabajos los mismos que se detallan a continuación:

En la Universidad Nacional Autónoma de México en el año 2017 el Sr. Jacob Palacios Gómez realizo un Sistema de monitoreo de pulso cardíaco, temperatura y saturación de oxígeno por conexión inalámbrica para la visualización de los datos se utilizó la herramienta app inventor (Palacios, 2017).

En la ciudad de Colima, México en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Electrónica los Señores Alberto Ochoa, Marcelo Maciel, Felipe Estrada, Columba Díaz, Ramón Félix, José Álvarez desarrollaron un Sistema de Adquisición y Procesamiento de Señales Electrocardiográfica(Ochoa et al.).

En la ciudad de Colima México, en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica los Señores Walter Mata, Vanessa Félix, Apolinar Gonzáles, Alberto Ochoa, Luis Mena desarrollaron un Prototipo para la adquisición y procesamiento de bioseñales cardíacas con tecnologías inalámbricas, para la transmisión de información utilizan la tecnología inalámbrica Bluetooth(Ochoa et al., 2016)

En la Universidad del País Vasco en el año 2014 Alexander Mariel Mendiguren realizó un Electrocardiógrafo inteligente de bajo coste como proyecto de fin de carrera (Mendiguren, 2014).

En la Universidad San Buenaventura de la ciudad de Cali en el año 2011 los señores José Parra y William Rojas realizaron un monitor de signos vitales portátil (Parra y Rojas, 2011).

En la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE) en la ciudad de Latacunga en el año 2015 el Sr Galo Andrade realizó como trabajo final de carrera un Módulo didáctico para la medición del ritmo cardíaco mediante la técnica de pulsometría, los datos se enviaron de manera inalámbrica mediante la utilización de la tecnología inalámbrica Zigbee(Andrade, 2015)

En la Universidad Politécnica Salesiana en la ciudad de Cuenca en el año 2015 el Sr. Edison Ismael Tintín Durán desarrollo un prototipo monitor de signos vitales aplicando métodos no invasivos con comunicación de datos a dispositivos móviles, para la comunicación se utilizó la tecnología inalámbrica Bluetooth(Tintín, 2015).

En la Escuela Politécnica Nacional (EPN) en la ciudad de Quito en el año 2017, los señores Fernanda Ortiz, Soraya Sinche, Pablo Hidalgo desarrollaron un Prototipo inalámbrico para monitoreo de pacientes ambulatorios utilizando sensores de presión arterial y ritmo cardíaco, para la parte de telecuidado se utilizó las tecnologías inalámbricas Wifi, Bluetooth, ZigBee.(Ortiz, Sinche y Hidalgo, 2017)

En la ciudad de Quito en el año 2016 la Srta. Fernanda Tatiana Ortiz Lima realizó para su proyecto de fin de carrera un Sistema inalámbrico para monitoreo de pacientes ambulatorios, utilizando sensores de presión arterial y ritmo cardíaco e implementación de un prototipo a prueba.

En la ESPOCH en el año 2017 el señor Luis Pastrano realizó para su trabajo de titulación un sistema electrónico para conducción segura, basado en monitorización de señales biométricas utilizando tecnologías GSM, GPRS(Pastrano, 2017).

En el 2016 el señor Juan Gallo, estudiante de la ESPOCH realizó para su trabajo de titulación un prototipo para el monitoreo inalámbrico de pulso cardíaco en tiempo real con GPS(Gallo, 2016).

De los trabajos antes mencionados se ha encontrado una similitud en cuanto a la implementación, pero, cabe mencionar que la mejora del trabajo de titulación presente es analizar la comunicación de las tecnologías inalámbricas de corto alcance que den mejores prestaciones en tiempo real y permitan tener mediadas confiables con menor pérdida de paquetes de datos mediante una tecnología eficiente que lo hace diferente a las investigaciones realizadas anteriormente.

1.5 Tecnologías inalámbricas

Transmiten la información por medio de ondas de radio invisibles en lugar de hacerlo por alambres, son muy utilizadas en procesos labores, gracias a que ofrecen beneficios como: aumento del rendimiento de procesamiento de la información, mayor estabilidad en el rango tecnológico (Yaskelly, 2005, p. 16-18). Se puede: configurar una variedad de topologías para cubrir los requerimientos de instalaciones y aplicaciones, utilizar computadoras portátiles. Posee una gran habilidad para acceder a la información, ayuda a reducir costo en cuanto a instalación e infraestructura(Acosta, 2006, p. 1-3).

1.5.1 Clasificación

Con el objetivo de permitir el intercambio de información entre dispositivos móviles y gracias al bajo costo de los dispositivos incorporados en tecnologías inalámbricas se ha dado la aparición de una serie de tecnologías que se detallaran en la tabla 4-1.

Tabla 4-1 Clasificación de las tecnologías inalámbricas

Tecnología	Descripción
WPAN (Wireless Personal Area Network)	Permite a los usuarios establecer comunicación entre dispositivos (portátiles, móviles, PDA, etc.). las tecnologías que permiten la construcción de redes WPAN son: Bluetooth, Zigbee, UWB, RFID.
WLAN (Wireless Local Area Network)	Los usuarios pueden conectarse dentro del área local, se los utiliza en lugares en donde el cableado extenso es prohibitiva, las principales tecnologías son: WiFi, HIPERLAN 2
WMAN (Wireless Metropolitan Area Network)	Se puede establecer conexiones inalámbricas entre varias ubicaciones de un área metropolitana, evitándose los costos de instalación cables de cobre o fibra. Las tecnologías que se destacan son: WiMAX, MBWA,
WWAN (Wireless Wide Area Network)	Establece conexiones remotas públicas o privadas, a través de zonas geográficas extensas mediante el uso de antenas en varios sectores o a través de satélites. En función de la exactitud de la altura del satélite se puede definir varias redes: satélites geoestacionarios (GEO), satélites de baja orbita (LEO), satélites de media orbita (MEO).

Fuente: (Tecnologías inalámbricas, 2009)

1.5.2 Tecnologías inalámbricas a corto alcance

Como este trabajo de titulación se basa en la evaluación de tecnologías inalámbricas a continuación se describen las tecnologías de corto alcance las mismas que serán evaluadas en un posterior análisis.

1.5.2.1 Bluetooth

Es un estándar de comunicación de corto alcance, que permite la transmisión de voz y datos, de soportar una transferencia de datos de 64kbps. Utiliza bandas de espectro radioeléctrico comprendida entre los 2.4GHz-2.48GHz(Vallejo, 2015, p. 36-37). Surge por la necesidad de acceder a datos de forma rápida, fácil y segura, permite una fácil comunicación entre equipos móviles y fijos, facilita la sincronización de datos entre ordenadores personales(Jorge, 2003,p. 10-12).

Implementa la expansión del Espectro por Salto de Frecuencia (FHSS) con 1600 saltos por segundo entre 79 frecuencias, el mismo que divide la banda de frecuencias en 8 canales con un ancho de banda de 1MHz para cada canal, mediante la conexión de manera pseudo-aleatoria los canales van intercalándose de uno a otro para gracias a esto se puede reducir el ancho de banda y obtener una transmisión efectiva. Emplea la técnica de Salto de Frecuencias Adaptivo (AFH) para permitir que pueda entenderse con otros sistemas inalámbricos, basado en FHSS con mejoras en interferencia se lo utiliza dentro de una parte del espectro que no sea usado. (Villagrán, 2008).

Utiliza protocolos específicos combinando la conmutación de circuitos y paquetes para voz y datos para los cuales se utiliza dos tipos de enlaces: Enlace asíncrono sin conexión (ACL): conexión simétrica o asimétrica para el tráfico de datos y el enlace síncrono orientado a conexión (SCO): conexión simétrica punto a punto capaz de transportar voz en tiempo real y tráfico multimedia (Villagrán, 2008). En la tabla 5-1 se describen principales características para las versiones de la tecnología Bluetooth.

Tabla 5-1 Versiones de la tecnología Bluetooth

Versión de Bluetooth	Características
Bluetooth Versión 2.1	Se reducen los pasos que se necesita para establecer una conexión, además se reduce el consumo de energía.
Bluetooth Versión 3.0	Tiene una velocidad de transferencia de hasta 24 Mbps. Utiliza la conexión Bluetooth nativa para la negociación y el establecimiento. El tráfico de datos de alta velocidad se realiza mediante un enlace 802.11.
Bluetooth Versión 4.0	Incluye la versión clásica de Bluetooth, el Bluetooth de alta velocidad y los protocolos de bajo consumo.

Fuente: (Vallejo, 2015, p. 36-37)

1.5.2.2 ZigBee

Es un protocolo inalámbrico utilizado para la conexión de una Red de Área Personal (WPAN: Wireless personal area network), está basado en el estándar de comunicaciones IEEE 802.15.4, diseñado para soportar aplicaciones que requieren un bajo costo y bajo consumo, posee una baja transmisión de datos, bajo ciclo de servicio de conectividad. Permite la interoperabilidad entre dispositivos fabricados por diferentes compañías (Diaz, 2010, p. 18).

En la tabla 6-1 se detalla las características de la tecnología ZigBee en cuanto a banda de frecuencia, método de acceso, protocolos, ancho de banda, área de cobertura, seguridad, soporte, consumo de energía, comunicación, capacidad de operación, confiabilidad.

Tabla 6-1 Características de la tecnología ZigBee

Bandas de Operación	El estándar funciona en las frecuencias de 2.4 GHz, 868 MHz (Europa) y 915MHz (EEUU).
Método de acceso	Utiliza CSMA/CA (acceso múltiple por detección de portadora con evasión de colisiones).
Protocolos	Funciona con un protocolo asíncrono, half duplex y estandarizado.
Anchos de Banda	Velocidad de transferencia de datos es de 250 Kbps para la banda de 2.4GHz, 40Kbps para la banda de 915MHz y de 20Kbps para la banda de 868MHz.
Área de cobertura	De 10-100 metros, aunque algunos fabricantes también especifican distancias de 1.6 km.
Coexistencia	Comparte la misma frecuencia con Bluetooth y WiFi, su desempeño no se ve afectado ya que tiene bajas tasas de transferencia de datos.
Capacidad de operación	Logra tener un mayor número de nodos dentro de una red, garantizando que el paquete llegue al destino deseado.
Confiabilidad	Ofrece más opciones de gestión, flexibilidad y desempeño, garantiza una comunicación segura, mejor soporte de las redes más grandes.
Identificadores	Para cada red ZigBee existe un identificador único de red (PAN) que permite la existencia de varias redes en el mismo canal sin que existan problemas.
Comunicación	Es un protocolo de comunicación multi-salto para establecer la comunicación entre dos aun cuando no se encuentren en la misma cobertura.
Seguridad	Puede implementar encriptación y autenticación en su comunicación.
Consumo de energía	Para consumir menos energía mantiene sus nodos con el transceiver ZigBee en modo reposo
Aplicaciones	Ideal para redes domóticas, para reemplazar el cableado de sensores, actuadores y coordinadores
Soporte	Hasta 255 nodos.

Fuente: (Loyola, 2015)

1.5.2.3 RFID

Se combina con otras tecnologías inalámbricas para aprovechar sus aplicaciones, la recolección de información, transmisión y visualización en tiempo real, la información puede estar disponible en Internet para de esta forma los objetivos puedan ser receptados en cualquier lugar del mundo (Castro y Ygal, 2006, p. 31-32). Se puede realizar una captación automática de datos mediante radiofrecuencia, utiliza dispositivos llamados tags RFID para el almacenamiento y recuperación de datos, automatización industrial etc. En la siguiente tabla 7-1 se detalla las características de los parámetros que debe cumplir el protocolo RFID para garantizar una comunicación confiable y segura.

Tabla 7-1 Características principales de la tecnología RFID

Parámetro	Descripción
Longitud de la trama	Puede o no incluir la trama de SOF (1 byte)
SOFT (start of frame)	Indica el inicio de la trama (1 byte)
Device ID	Es el número de identificación de módulo/tarjeta (1 byte)
CMD(Command)	Es el código del comando que indica la operación que se va a realizar
LRC/CRC	Técnicas aplicadas para el control de errores (1 byte)
Preámbulo	Consiste en una cadena de 20 ceros consecutivos para lograr la sincronización: en la trama se ubica antes del campo SOF
EOF (end of frame)	Para finalizar la Trama.

Fuente: (Cortés, 2009)

1.5.2.4 Ultra Wide Band

Diseñada para redes área personal (PAN) de corto alcance de tercera y cuarta generación, posee una cobertura de hasta unos 20 metros, velocidad de 480 Mbps. La modulación de esta tecnología consiste en la transmisión de pulsos con unos tiempos y de bajada extremadamente cortos, para la transmisión de la información utiliza múltiples portadoras (Mayné, 2005, p. 21-22). En la tabla 8-1 se detallan las características de la tecnología Ultra Wide Band con respecto a factores específicos en cuanto a frecuencia, ancho de banda, velocidad, utilización.

Tabla 8-1 Características generales de Ultra Wide Band

Frecuencia	Opera en frecuencias de 3.1-10.6 GHz con un limitado número de potencia de transmisión lo que hace que su alcance sea muy corto
Ancho de Banda	Es de más de 7GHz permite que sus canales tengan un ancho de banda de 500 MHz
Utilización	Utiliza en redes WPAN debido a los datos de alta capacidad de rendimiento, bajos requerimientos de potencia y característica de corto alcance.
Velocidad	Ofrece una velocidad promedio de 500Mbps con condiciones que estén en un rango de los 10 metros.

Fuente: (Guevara)

1.5.2.5 Wifi

Está basada en el estándar 802.11, utiliza modulaciones OFDM, QPSK y PSK con tasas de transmisiones de hasta los 54 kbps en un canal de 20MHz, opera en la banda de 2.4GHz, ofrece estabilidad y fácil instalación, para la transmisión y recepción de datos utiliza un Access Point (punto de acceso) el mismo que se conecta a un MODEM que se comunica de manera cableada con el núcleo de la red (Núñez, Peña y Garzón, 2009, p. 5-6).

Este estándar permite el despliegue de las redes LAN sin necesidad de cableado, se puede intercambiar información en exteriores y en varios metros en distancias cortas, puede ser usado con dispositivos móviles ; un computador, un teléfono móvil, un PDA, una Tablet se puede conectar a internet cuando se encuentra cerca de un Access point, (Yaskelly, 2005, p. 16-18). En la tabla 9-1 se describe la familia de protocolos Wifi (IEEE 802.11) en cuanto a velocidad, soporte, banda.

Tabla 9-1 Familia de protocolos Wifi (IEEE 802.11)

Estándar	Descripción
802.11	Estándar WLAN original. Soporta de 1 a 2 Mbps.
802.11a	Estándar de alta velocidad en la banda de los 5GHz, Soporta hasta 54 Mbps.
802.11b	Dirigido para la banda de 2.4 GHz, Soporta 11Mbps.
802.11e	Dirigido a los requerimientos de los servicios a internet
802.11f	Define la comunicación entre puntos de acceso para facilitar las redes WLAN de diferentes proveedores.
802.11g	Establece una técnica de modulación adicional para las bandas de 2.4GHz dirigido para velocidades de hasta 54 Mbps.
802.11h	Define la administración del espectro de la banda de los 5GHz para su uso en Europa y en Asia-Pacífico.
802.11i	Dirigido a la vulnerabilidad en la seguridad para protocolos de autenticación y de codificación.

FUENTE: (Nuñez, 2009)

En la tabla 10-1 se describe las principales características del estándar IEEE 802.11 en cuanto a Banda de frecuencia, ancho de banda, esquema de modulación, canal, máxima velocidad de datos, rango, máxima transmisión de datos.

Tabla 10-1 Principales características del estándar 802.11

Estándar	Banda de Frecuencia	Ancho de Banda	Esquema de modulación	Canal	Máxima velocidad de datos	Rango	Max. Transmisión de datos
802.11	2.4GHz	20MHz	BPSK- 256 QAM	DSSS, FHSS	2Mbps	20m	100mW
B	2.4GHz	21MHz	BPSK- 256 QAM	CCK, DSSS	11Mbps	35m	100mW
A	5GHz	22MHz	BPSK- 256 QAM	OFDM	54Mbps	35m	100mW
G	2.4GHz	23MHz	BPSK- 256 QAM	DSSS, OFDM	54Mbps	70m	100mW
N	2.4GHz- 5GHz	24MHz – 40MHz	BPSK- 256 QAM	OFDM	600Mbps	70m	100mW
Ac	5GHz	20,40,80,160MHz	BPSK- 256 QAM	OFDM	6.93 Gbps	35m	160mW
Ad	60GHz	2.16GHz	BPSK- 256 QAM	SC, OFDM	6.76 Gbps	10m	10mW
Af	54-790 MHz	6,7,8 MHz	BPSK- 256 QAM	SC, OFDM	26.7 Gbps	>1Km	100mW
Ah	900 MHz	1,2,4,8,16 MHz	BPSK- 256 QAM	SC, OFDM	40 Mbps	1Km	100mW

Fuente: (Dávila, 2018)

1.6 Tarjetas de desarrollo

Estas son utilizadas para el desarrollo de soluciones gracias a los beneficios que ofrecen con el paso de los años se han ido innovando, actualmente existen diversos tipos que varían en su tamaño, velocidad de procesamiento, funcionalidad, las más utilizadas son: Arduino, Raspberry Pi, Galileo, Monkey, Libelium-Waspote, entre otros (Ruilova y Quito, 2017, p. 17-20), las mismas que se describen a continuación:

1.6.1 Arduino

Es una plataforma electrónica de código abierto, basada en hardware y software que resultan flexibles y fáciles de usar, el software es gratuito. Sus principales beneficios son: es una multiplataforma, bajo precio, código abierto, hardware y software extensible, un entorno de programación simple y claro (Enríquez, 2009, p. 8-9). Basadas en un circuito impreso que contiene un microcontrolador marca "ATMEL" cuenta con entradas analógicas y digitales (Ruilova y Quito, 2017). En la figura 2-1 se muestran las tarjetas disponibles de Arduino existentes en el mercado.



Figura 2-1 Tarjetas disponibles de Arduino

Fuente: (César, 2014)

1.6.2 Raspberry Pi

El microcomputador Raspberry Pi, fue diseñada con el objetivo de servir como plataforma de programación o control de periféricos de bajo nivel, está basada en la arquitectura de un microprocesador ARM, se puede desarrollar, instalar y ejecuta Software GNU como cualquier computador portátil con limitaciones en cuanto a espacio y medio de almacenamiento. Sus versiones (Modelo A, Modelo B rev 1, Modelo B rev 2, Modelo B+ y el Compute Module) se encuentran basados en SoC de la misma familia, pero poseen características distintas(Salcedo, 2015, p. 28-39). Las versiones de la familia Raspberry Pi se muestran en la figura 3-1.

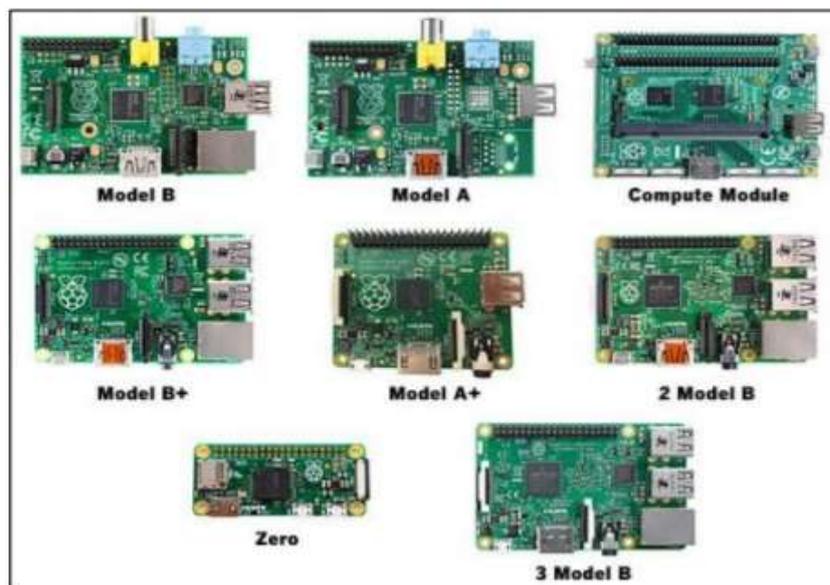


Figura 3-1 Versiones de las tarjetas de Raspberry Pi
Fuente: Paredes, 2017

1.6.3 Intel Galileo

En la figura 4-1 se muestra la tarjeta de desarrollo Intel Galileo. La misma que posee una arquitectura Intel diseñada con hardware y software, sus terminales son compatibles con la placa Arduino, tiene un procesador de 32 bits con varios puertos de E/S gracias a esto se puede montar un sistema operativo Linux. Está basada en Intel Quark SoC, ofrece varios beneficios como son: facilidad para la programación, velocidad constante, un núcleo, subproceso único. La programación se lo realiza mediante la herramienta IDE de Arduino lo que permite escribir programas a alto nivel “c/c++”, desventaja se destaca: tamaño, alto costo, necesita memoria

MicroSD para almacenar el programa, si se reinicia el programa se borra toda la información (Faure et al., 2016, p. 9).



Figura 4-1 Tarjeta Intel Galileo
Fuente:(INTEL,2015)

1.6.4 Libelium Waspote

Es una plataforma de software libre capaz de integrar módulos de comunicación inalámbrica sin necesidad de dispositivos complementarios como adaptadores, su hardware está orientado al desarrollo de aplicaciones de IoT, posee sensores integrados a su arquitectura, un consumo energético muy bajo, capacidad de procesamiento limitado, costo alto, presenta además una dificultad para su adquisición (Pastrano, 2017, p. 53). En la figura 5-1 se puede apreciar la arquitectura de la tarjeta de desarrollo Libelium Waspote.

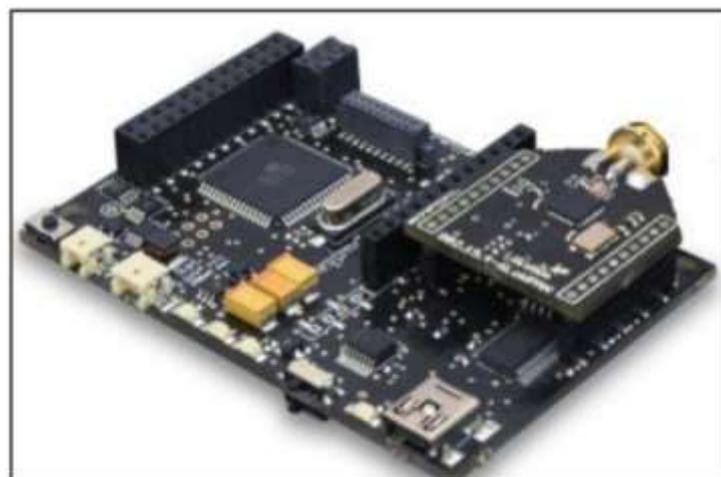


Figura 5-1 Tarjeta Libelium Waspote
Fuente: (LIBELIUM,2017).

1.6.5 Comparativa de las tarjetas de desarrollo

En la tabla 11-1 se muestran las principales características de las tarjetas de desarrollo mencionadas. Se opta por la tarjeta de desarrollo Arduino por su costo, terminales analógicos y su tamaño, por su popularidad en el mercado y bajo costo.

Tabla 11-1 Comparativa de las tarjetas de desarrollo

Características	Arduino	Raspberry Pi (Model B)	Waspnote	Intel Galileo G1
Voltaje de entrada	7-12V	5V	5-7V	5V
Voltaje de operación	5V	3.3 V/5V	0.5-3.8V	3.3V/5V
RAM	2KB	512MB	8KB	512KB
Procesador	ATMega328	ARM11	ATMega1281	SoC Quark X100
USB	1	2	1	2
E/S Analógicas	6	0	7	6
E/S Digitales	14	8	8	14
Velocidad de reloj	16 MHZ	700 MHZ	16 MHZ	400 MHZ
Ethernet	No	10/100	N0	10/100
Tamaño	0.73" x 1.70"	3.37" x 2.125"	73.5 x 51 x 13	15 x 15
Precio	\$8-\$14	\$75	\$180	\$90

Fuente: Pastrano Luis, 2017

1.7 Integridad de la información

Es un mecanismo que implica el cifrado de una cadena comprimida de datos a transmitir, generalmente recibe el nombre de valor de comprobación de integridad. Mediante el cual se puede realizar un análisis de la seguridad de los datos recibidos para determinar si son exactamente como se los envió es decir que no hayan sufrido ninguna modificación, inserción, omisión, ni repetición. Partiendo de este concepto se realizará un posterior análisis del tráfico de la red de factores específicos como Throughput, promedio de retardo, relación de la entrega, pérdida de paquetes.

Throughput

Determina la cantidad de bits transmitidos en un determinado periodo de tiempo expresado en segundos, para determinar el nivel de rendimiento de la red y la cantidad de información que se está manejando (Intriago, 2018). El cálculo se lo puede realizar mediante la ecuación 1.

$$\text{Throughput de la red} = \frac{\text{Bits totales recibidos}}{\text{Tiempo de transmisión(seg)}} \quad \text{Ec. (1)}$$

Promedio de Retardo

Es el cálculo de retardo de extremo a extremo, ayuda a determinar el tiempo en que tarda la información en llegar desde su origen hacia su destino (Intriago, 2018). El cálculo se lo puede realizar mediante la ecuación 2.

$$\text{Promedio de retardo} = \frac{\text{Suma de los retardos de los paquetes}}{\text{Total de paquetes recibidos}} \quad \text{Ec. (2)}$$

Relación de la entrega de paquetes (Delivery Ratio)

Según (Intriago, 2018) el cálculo de la relación de entrega determina el porcentaje de la cantidad de paquetes recibidos, esto ayuda para evaluar el desempeño de la red,. Para realizar este cálculo se ha utilizado la ecuación 3.

$$\text{Delivery Ratio} = \frac{\text{Número de paquetes recibido}}{\text{Número de paquetes transmitidos}} * 100 \quad \text{Ec. (3)}$$

CAPITULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo aborda el diseño e implementación de los dos prototipos basados en tecnologías inalámbricas para la adquisición y procesamiento de señales cardíacas en tiempo real, selección de las tecnologías inalámbricas, arquitectura del sistema, su equipamiento, esquemas de conexión, ensamblaje.

2.1 Requerimientos del sistema

Una vez establecidos los conceptos teóricos relacionados al tema, se concreta los requerimientos para el diseño de dos prototipos basados en tecnologías inalámbricas para la adquisición y procesamiento de señales cardíacas en tiempo real. Los requerimientos del sistema son los siguientes:

- El sistema debe tener un diseño para supervisar el pulso cardíaco en los seres humanos.
- El sistema debe ser escalable y permitir el remplazo de sus elementos sin afectar su funcionamiento.
- Los datos obtenidos por el sistema deben ser almacenado para un futuro análisis.
- Visualizar los valores obtenidos para determinar el estado de salud de las personas.

2.1.1 Concepción general de la arquitectura de los prototipos

La propuesta para los prototipos para la adquisición y procesamiento de señales cardíaca en tiempo real, en la figura 1-2 se observa la arquitectura general de los prototipos donde se aprecian los 5 bloques que lo forman como son: bloque sensorial, bloque de procesamiento, bloque de almacenamiento, bloque de comunicación y bloque de visualización. Los elementos utilizados en cada bloque se lo detallan en los apartados siguientes.

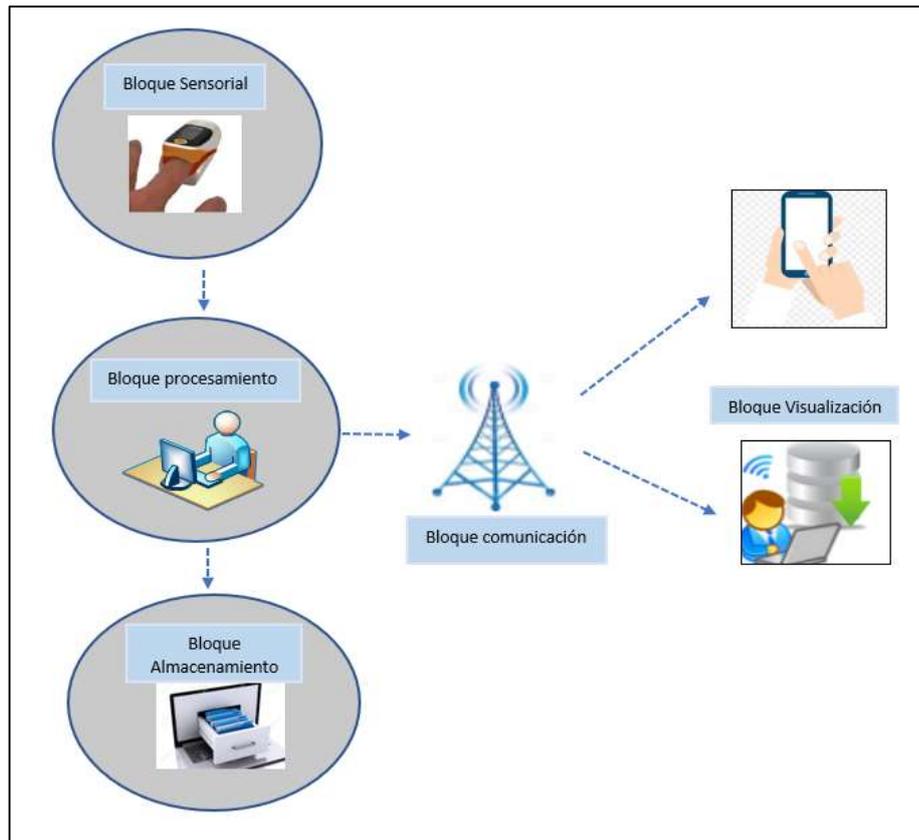


Figura 1-2 Arquitectura general de los prototipos
 Realizado por: LESANO, Karina, 2018

2.1.2 Diseño de la arquitectura de los prototipos

Definidos los requerimientos, en la figura 2-2 se muestra el diseño de los bloques que conforman los prototipos para la adquisición y procesamiento de señales cardiacas.

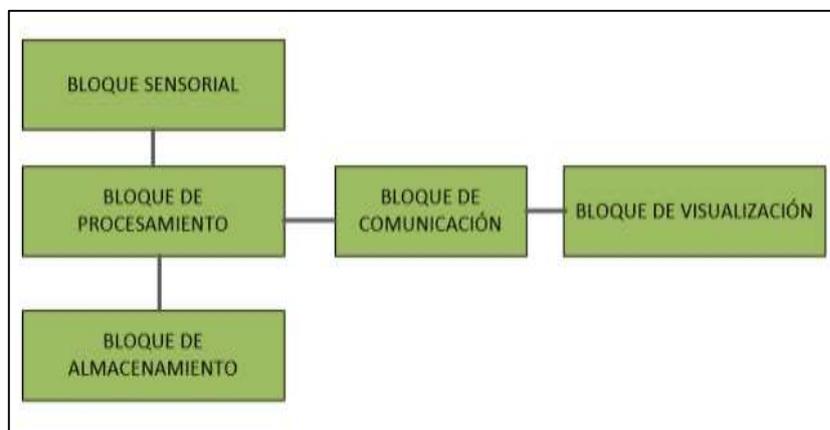


Figura 2-2 Diagrama de los bloques que conforman los prototipos
 Realizado por: LESANO, Karina, 2018

2.1.2.1 Bloque Sensorial

En este bloque se realiza la toma del valor del pulso cardiaco de una persona a través arteria radial y la técnica Fotopleletismográfica para ello se ubica el sensor en del dedo índice debido a que esta es una de las partes del cuerpo en donde el pulso cardiaco se lo siente con mayor nitidez a comparación de otros puntos del cuerpo como la muñeca y el cuello en donde resulta más difícil la colocación del sensor.

2.1.2.2 Bloque de procesamiento

En este bloque se hace la interpretación del valor numérico obtenido en el bloque sensorial, mediante arreglos matemáticos para interpreta estos valores en Bpms (pulso cardiaco por minuto) que es el valor de pulso cardiaco en minutos, para el cual se ejecutará procesos específicos en base a programación, así la información será analizada, ejecutada y enviada a un dispositivo terminal.

2.1.2.3 Bloque de almacenamiento

Para los dos prototipos se almacena la información en una Micro SD en el cual se guarda el valor de Bpms(pulso cardiaco por minuto) con el día , mes, año, hora, minutos de la respectiva toma, posteriormente se puede visualizar la información en una base de datos de tipo texto la cual se exporta a un archivo de Excel para llevar un registro y de esta manera determinar si ocurrió alteración en el valor del pulso cardiaco de la persona, para un posterior análisis poder determinar si una persona padece o no un cuadro crítico .

2.1.2.4 Bloque de comunicación

Con el dato obtenido en valor de Bpms (pulso cardiaco por minuto) y utilizando los protocolos inalámbricos se logra visualizar e imprimir los datos de manera que sean visibles, pero no alterados. Además, permite visualizar los datos en dispositivos terminales sin necesidad de usar dispositivos auxiliares.

2.1.2.5 Bloque interfaz usuario

En el interfaz humano máquina se presenta un dato en Bpms el mismo que el usuario solo tiene la capacidad para visualizar, más no modificar, ni alterar la interfaz de algún modo, con la finalidad de llevar un monitoreo de manera sencilla y constante. La cual no tiene ninguna alteración ni dificultad para llevar el almacenamiento del dato.

2.2 Comparativa de las tecnologías inalámbricas

Mediante la técnica del benchmarking (Hernández, Valencia y Canto, 2016, p. 6-7), se pretende seleccionar cuál de las tecnologías de corto alcance descritas en capítulo I es la más apta al momento de la implementación de los prototipos para monitoreo de pacientes a cortas distancias.

Según la metodología comparativa seguida para las tecnologías inalámbricas, primero se realiza la comparación de las tecnologías mediante la técnica del benchmarking, del resultado obtenido de dicha comparación se realiza un posterior análisis mediante la matriz FODA de las dos tecnologías que obtuvieron mayor valor en la comparación. En la figura 3-2 se visualiza el diagrama de flujo de la descripción de la técnica del benchmarking para la selección de dos tecnologías inalámbricas de corto alcance.

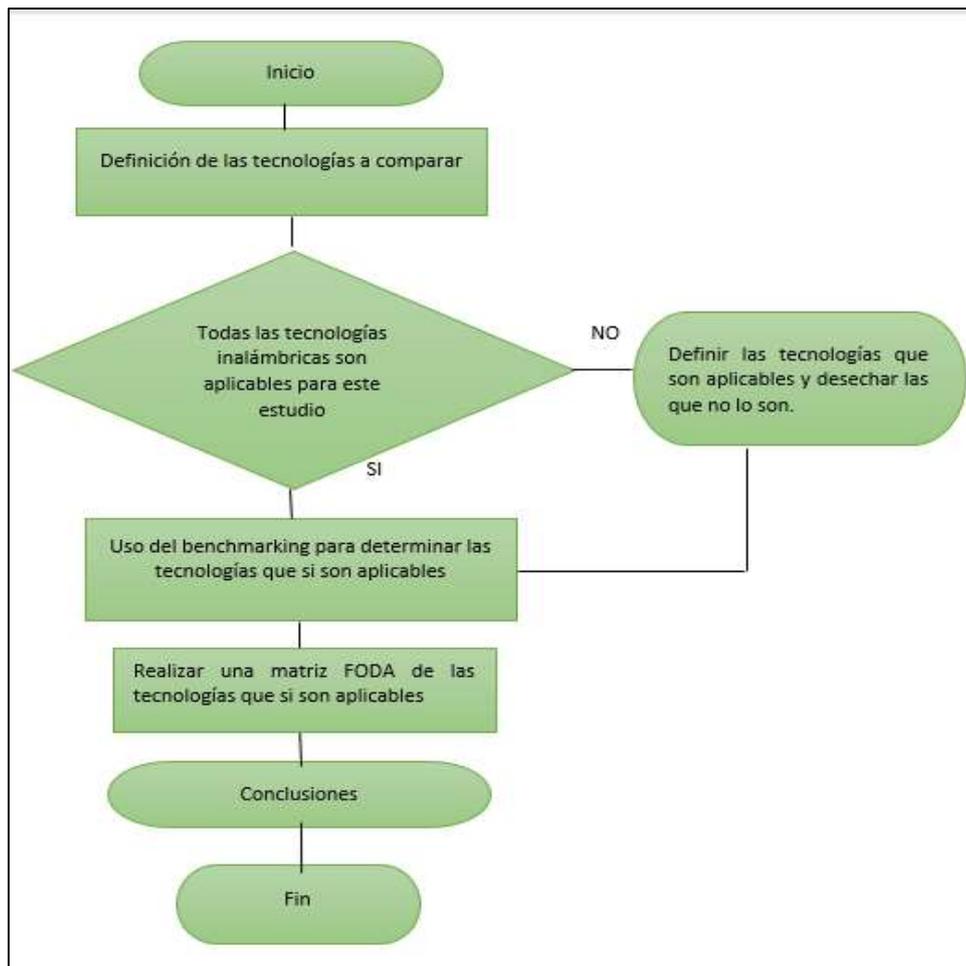


Figura 3-2 Descripción de la técnica del benchmarking
 Fuente: LESANO, Karina, 2018

Mediante la técnica y método mencionado anteriormente, se pretende elegir dos tecnologías ideales para monitorear a pacientes a corta distancia. Para la elección se evaluó ciertos parámetros como: alcance, rango de frecuencia, velocidad de transferencia de datos, costo operativo y de mantenimiento, duración de baterías, rango de lectura, operación en interiores de cada tecnología a elección los mismo que se detallan en la tabla 1-2. A estos parámetros se le ha dado una calificación cuantitativa con valores de (0-3) en donde los pesos quieren decir: 3 (excelente), 2 (muy buena), 1 (buena), 0 (insatisfactorio) para este trabajo.

Tabla 1-2 Descripción y comparación de las tecnologías inalámbricas a corto alcance

Características /tecnologías	Bluetooth	Peso	ZigBee	Peso	RFID	Peso	UWB	Peso	WiFi	Peso
Frecuencia	(2.4-2.48) GHz	2	2.4GHz	1	2.45GHz-5.8GHz	3	(3.1-10.6) GHz	3	2.4GHz-2.48GHz	2
Alcance	(10-100) m	2	Hasta 50m dependiendo del ambiente	1	(10 -100) m	2	10m	1	Superiores a los 100m dependiendo del estándar	3
Velocidad de transferencia de datos.	64Kbps	2	250Kbps	2	25Kbps-100Kbps	2	(480-500) Mbps	3	54Kbps	2
Costo operativo	Medio	1	Medio	1	Pasivo: bajo Activo: medio	2	Medio	1	Medio	1
Costo de mantenimiento	Medio	2	Medio	2	Pasivo: bajo Activo: medio	3	Alto	0	Medio	2
Permite la transmisión masiva de datos	Si	3	Si	3	No	0	Si	3	Si	3
Rango de lectura	0m-10m	3	Manipula solo textos pequeños	0	Pasivo:0m-3m Activo:0m30m	2	0m-10m	3	0m-10m	3
Operación en interiores	Si	3	Si	3	Si	3	Si	3	Si	3
Duración de baterías	Larga	3	Media	2	Larga	2	Medio	1	Larga	3
Total		21		15		19		18		22

Fuente: LESANO, Karina,2018

El análisis comparativo realizado en la tabla 1-2, determinó que las dos tecnologías que se deben utilizar para la implementación son la tecnología Wifi y la tecnología Bluetooth por los resultados obtenidos. En la tabla 2-2 se hace un análisis mediante una matriz FODA de las dos tecnologías seleccionadas que obtuvieron una mayor calificación en la tabla 1-2.

Tabla 2-2 Matriz FODA de las tecnologías inalámbricas seleccionadas

Tecnología	Fortalezas	Debilidades
Bluetooth	<ul style="list-style-type: none"> -Disponible a nivel mundial. -Funciona con una amplia gama de dispositivos. -Está basada en protocolo robusto y seguro. -Fácil de usar. 	<ul style="list-style-type: none"> -Se corresponde con un protocolo cuyo uso queda restringido para enlaces punto a punto lo que hace difícil la comunicación punto a multipunto.
	<p style="text-align: center;">Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> -Soporte para la mayoría de las PCs y teléfonos celulares. -Presenta un bajo consumo energético. -Ofrece un precio económico. -Emplea la técnica de Salto de Frecuencias Adaptivo (AFH) se lo utiliza para permitir que Bluetooth pueda entenderse con otros sistemas inalámbricos. 	<p style="text-align: center;">Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> -Se puede recibir archivo y mensajes no deseados cuando es utilizado de una manera no adecuada.
Wifi	<p style="text-align: center;">Fortalezas</p> <ul style="list-style-type: none"> -Ofrece movilidad y flexibilidad. -Velocidad de transferencia de datos. -Bajo costo. -Facilita la reubicación. -Gran disponibilidad de equipos. -Acceso a internet y a la capacidad de datos. -Bajo costo de instalación. -Facilidad de integración de equipos tanto en interiores como en exteriores, fácil configuración. 	<p style="text-align: center;">Debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> -Disminución del desempeño de acuerdo con la distancia, el número de usuarios y la presencia de interferencia.
	<p style="text-align: center;">Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> -El desarrollo continuo y las actualizaciones de sus estándares y sus especificaciones. -Alta demanda en el mercado. -Alianzas/complementos con otras tecnologías. 	<p style="text-align: center;">Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> -La demora de la implementación de un estándar de seguridad.

Fuente: LESANO, Karina, 2018

De las tecnologías descritas en el capítulo I mediante la técnica del benchmarking se ha determinado que las tecnologías WiFi y Bluetooth son ideales para la implementación, porque son dos tecnologías de bajo costo, proporcionan flexibilidad, una buena velocidad de transferencia de datos y funcionan en una amplia gama de dispositivos. Cabe destacar que las dos tecnologías ofrecen un alcance adecuado para la implementación de los prototipos antes mencionados.

2.3 Requerimientos de los prototipos para la adquisición y procesamiento de señales cardiacas

Este proyecto constara de tres partes *hardware*, *software* y ensamblaje de los prototipos los mismos que se detallan a continuación:

2.3.1 Requerimientos de hardware

Los requerimientos de la parte del *hardware* se en listan a continuación:

- Seleccionar cada uno de los elementos que conforman los prototipos.
- Realizar el esquema de conexión
- Implementar los prototipos de bajo costo y materiales fáciles de adquirirlos.
- Monitorear a personas con el objetivo de determinar su estado de salud.
- Proveer información en tiempo real y permitir el almacenamiento de los valores del pulso cardiaco con su fecha y hora respectiva a la toma del valor.

2.3.1.1 Elementos que conforman la parte hardware

A continuación, se especifican cada uno de los elementos utilizados para la implementación de los prototipos para la adquisición y procesamiento de señales cardíacas, sus hojas técnicas se detallan en el anexo 1.

Sensor de ritmo cardiaco

En la figura 4-2 se muestra el sensor de ritmo cardiaco que es un dispositivo de Plug-and-play para Arduino funciona con un sensor de ritmo cardíaco óptico, tiene una etapa de amplificación y filtrado para el ruido, permitiendo que la señal de salida sea confiable y estable. Convierte el flujo de luz en voltaje analógico, la salida del sensor será definida por la cantidad de luz reflejada por el dedo cuando hay paso de corriente sanguínea, lo que será posible visualizar de forma gráfica o numérica la salida del mismo (Electrónica S.A, 2015)..



Figura 4-2 Sensor de ritmo cardiaco
Realizado por: LESANO, Karina,2018

Las principales especificaciones técnicas según (Electrónica S.A, 2015) se detallan a continuación:

- Voltaje de alimentación de 3V-5V.
- Corriente de consumo 4mA
- Posee un led emisor y led receptor de intensidad APDS-9008

ARDUINO NANO

Es una pequeña placa similar al Arduino UNO como se puede observar en la figura 5-2, basada en ATmega328, su alimentación se la puede realizar utilizando el cable USB Mini-B, con una fuente externa regulada de 5V (pin 27) o con una fuente externa no regulada de 6-20V (pin 30). para su programación utiliza el software libre de Arduino IDE(ARDUINO, [sin fecha]).



Figura 5-2 Tarjeta Arduino NANO
Fuente: LESANO, Karina,2018

Las principales especificaciones técnicas según (AG electrónica) se detallan a continuación:

- Microcontrolador: ATmega328
- Voltaje de funcionamiento:5V
- Voltaje de entrada recomendado: 7-12V
- Voltaje de entrada límite: 6-20V.
- Terminales de E/S digitales:14(de los cuales 6 proveen de salida PWM)

- Entradas analógicas:8
- Memoria flash:32K
- La corriente DC por pin de E/S: 40mA.
- Memoria estática de acceso aleatorio (SRAM): 2KB.
- Memoria programable y borrable estáticamente (EEPROM):1KB
- Frecuencia de reloj :16MHz

MCU ESP 8266

Es una tarjeta de desarrollo similar al Arduino, de código abierto, orientado al internet de las cosas (IoT), diseñado para aplicaciones móviles, de tamaño pequeño y peso ligero, bajo costo, se inicia directamente desde un flash interno, soporta diversidad de antenas, admite la función de enlace inteligente tanto para dispositivos Android como iOS(Espressif Systems, 2015). La programación es similar a la de Arduino por lo que la puede realizar en el software Arduino IDE. En la figura 6-2 se muestra el módulo MCU ESP 8266 el cual formara parte de la implementación de este trabajo.



Figura 6-2 NODE MCU ESP8266
Fuente: LESANO, Karina, 2018

Las principales especificaciones técnicas según (Espressif Systems, 2015) se detallan a continuación:

- Voltaje de alimentación: 5V

- Voltaje de operación :3.3V
- Protocolo inalámbrico 802.11b/g/n
- Posee una pila integrada de protocolos TCP/IP
- Corriente de funcionamiento: 80mA
- Rango de frecuencia: 2.4G- 2.5G
- CPU Tensilica L106 32-bits
- Protocolos de red: IPv4, TCP, UDP, HTTP, FTP
- Temperatura de operación: 40°C-125°C
- Potencia de salida en modo 802.11b: +20 dBm
- Tiempo de transmisión de paquetes: 2ms
- Consumo de potencia de 0,5 uA (apagado) y 170 mA (en operación máxima)

Módulo DS3231 RTC

Es un reloj en tiempo real, muy económico, con temperatura integrada, tiene incorporado una entrada de batería, un resonador de cristal para mejorar la precisión a lo largo del dispositivo, el mismo que se observa en la figura 7-2. Permite tener la información en fecha, hora, minutos, segundos, mensual y anual. La fecha al final del mes se ajusta automáticamente por meses con menos de 31 días, incluyendo correcciones por año bisiesto, el reloj funciona en formato de 24 horas o de 12 horas, tiene un indicador PM y AM(Dallas Semiconductor Corporation., 2006).

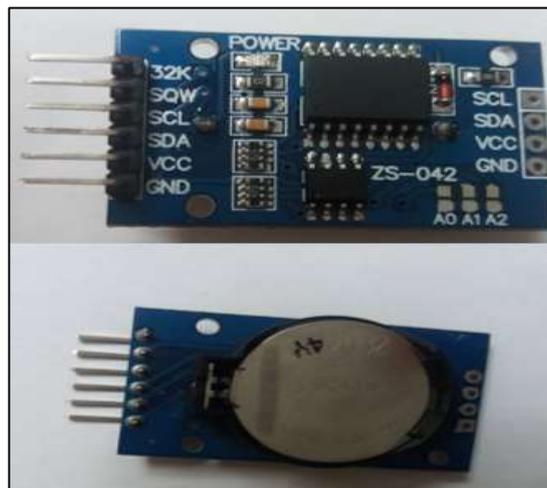


Figura 7-2 Módulo DS3231 RTC
Fuente: LESANO, Karina,2018

Las especificaciones técnicas según (Dallas Semiconductor Corporation, 2006) se detallan a continuación:

- Posee un sensor de temperatura digital con una precisión de $\pm 3^{\circ}\text{C}$.
- Voltaje de operación: 3.3 V
- Una batería de respaldo CR2032 con vida de tres años.
- 2 alarmas de hora del día
- Su voltaje de almacenamiento es de: 2.3V-5.5V
- Temperatura de funcionamiento: -45°C a $+ 80^{\circ}\text{C}$.
- Frecuencia máxima: 400kHz

Módulo HC-06

En la figura 8-2 se puede apreciar el módulo HC-06 el mismo que se encuentra configurado por el fabricante como esclavo es decir espera peticiones de conexión, cuando un dispositivo se conecta, el HC-06 se conecta y transmite todos los datos que recibe el Arduino y viceversa (Ventura, 2016). Es económico, ofrece gran eficiencia, se lo aplica en conexiones inalámbricas entre: computadoras y microcontroladores, teléfonos móviles, tablets. Se tiene otras opciones disponibles como son: RESET, KEY, STATUS (Styger, 2013, p. 68).



Figura 8-2 Módulo HC-06

Fuente: LESANO, Karina, 2018

Las principales especificaciones técnicas según (Ventura, 2016) se detallan a continuación:

- Se puede configurar mediante comandos AT
- Posee una frecuencia de 2.4 GHz.
- Banda ISM
- Posee una antena PCB incorporada
- Cuenta con un alcance de 5-10m
- Velocidad asíncrona de 2Mbps.
- Velocidad síncrona de 1Mbps.

- La temperatura de operación es de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+75\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Consumo de corriente de 30mA a 40mA.
- Voltaje de operación: 3.3V
- Voltaje de alimentación va desde 3.3V-6V.
- Utiliza una modulación GSKF
- Para seguridad utiliza autenticación y encriptación
- Tiene cuatro pines: VCC, GTX, RX, GND.

Lector de Micro SD

Este lector es un dispositivo que permite adaptar una tarjeta micro SD en proyectos electrónicos como se muestra en la figura 9-2, posee una gran capacidad, pequeño tamaño. Permite la lectura, escritura, edición de archivos cuenta con una alimentación de 3.3V – 5 V. La lectura puede realizar a través de la interfaz SPI, el cual es el encargado de la comunicación datos a bits (Paredes, 2017).



Figura 9-2 Módulo de lector de ritmo cardiaco
Fuente: LESANO, Karina, 2018

Los terminales de este módulo se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

MISO: Salida de datos de Slave y entrada al Master

MOSI: Salida de datos desde el Master y entrada de datos al Slave

SCK: Pulso que marca la sincronización

VCC/GND: Alimentación

CS: Activación por parte del Master al Slave

2.5 Diagramas de conexión

Para el esquema de conexión de los dos prototipos se ha utilizado el software Fritzing, el cual permite realizar esquemas electrónicos en proyectos con Arduino, obtener el esquema eléctrico, listado de materiales, además se puede guardar el código de un diseño y cargarlo en Arduino. A continuación del detalle de los elementos que conforman los dos prototipos basados en tecnologías inalámbricas para la adquisición de señales cardíacas en tiempo real a continuación se detallan las conexiones realizadas.

2.5.1 Diagrama de conexión prototipo Bluetooth

En la figura 10-2 se muestra el diagrama de conexión del prototipo basado en la tecnología Bluetooth el procesamiento se realiza a través del Arduino NANO que tiene conectado sus terminales de la siguiente manera:

- El sensor pulso cardíaco tiene uno de sus terminales conectado al terminal A0 del Arduino con alimentación de 5V y GND.
- El módulo de Bluetooth tiene conectado su terminal Tx al terminal Rx del Arduino, el terminal Rx se encuentra conectado al terminal Tx, con alimentación de 5V y GND.
- El Reloj tiene conectado el pin SDA al terminal A5 de Arduino, el pin SCL está conectado al terminal A4 del Arduino con alimentación de 5V y GND.
- La micro SD tiene conectado su pin NC al pin7 de Arduino, tiene conectado el pin SCK al pin13 de Arduino, el pin DI está conectado pin D12/MISO, y el pin D0 conectado al terminal D11/MOSI, con alimentación de 5V y GND.

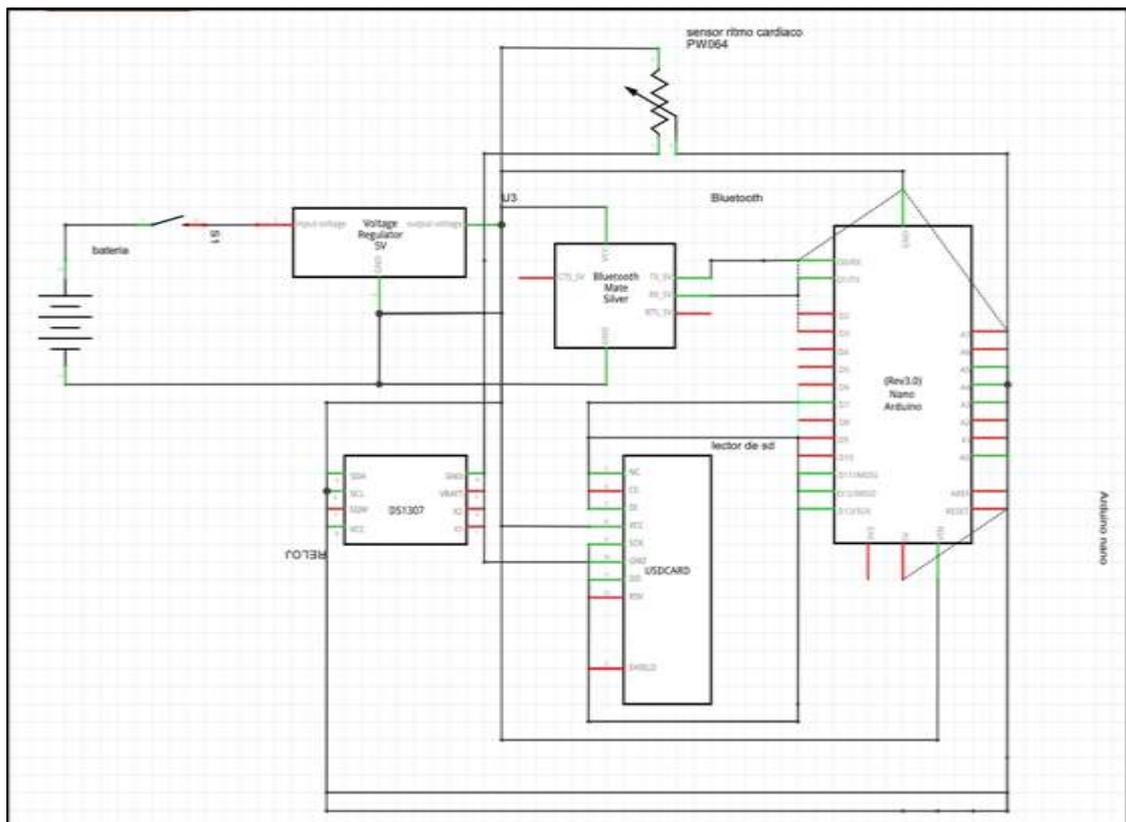


Figura 10-2 Diagrama de conexión del prototipo Bluetooth
 Realizado por: LESANO, Karina, 2018

Diagrama de conexión de la tecnología Wifi

En la figura 11-2 se muestra el diagrama de conexión de prototipo basado en la tecnología Wifi el procesamiento se realiza a través de la tarjeta MCU ESP 8266 que tiene conectado sus terminales de la siguiente manera:

- El sensor pulso cardiaco tiene uno de sus terminales conectado al terminal A0 del MCU con alimentación de 5V y GND.
- El Reloj tiene conectado el pin SDA al pin CDM del MCU, el pin SCL está conectado al pin RST, con alimentación de 5V y GND.
- La micro SD tiene conectado su pin SC al pin D2 del MCU, el pin DI al pin D3 del MCU, el pin SCK al pin D4 del MCU, el pin D0 al pin D5, con alimentación de 5V y GND.

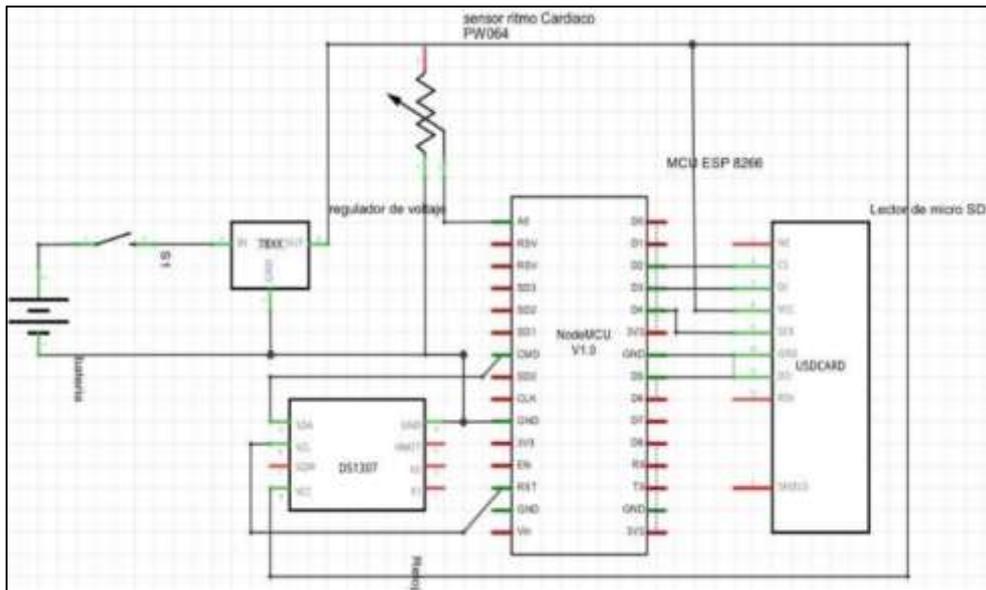


Figura 11-2 Diagrama de conexión del prototipo Wifi
 Realizado por: LESANO, Karina, 2018

2.6 Diseño de las placas

Fue realizado en el programa PCB Wizard que permite crear un esquema de circuitos eléctricos para obtener el diseño del circuito impreso a dos caras, es fácil de usar, se tiene materiales propios con la facilidad de guardarlos y reutilizarlos. En la figura 12-2 se puede apreciar los diseños para las placas de cada uno de los prototipos.

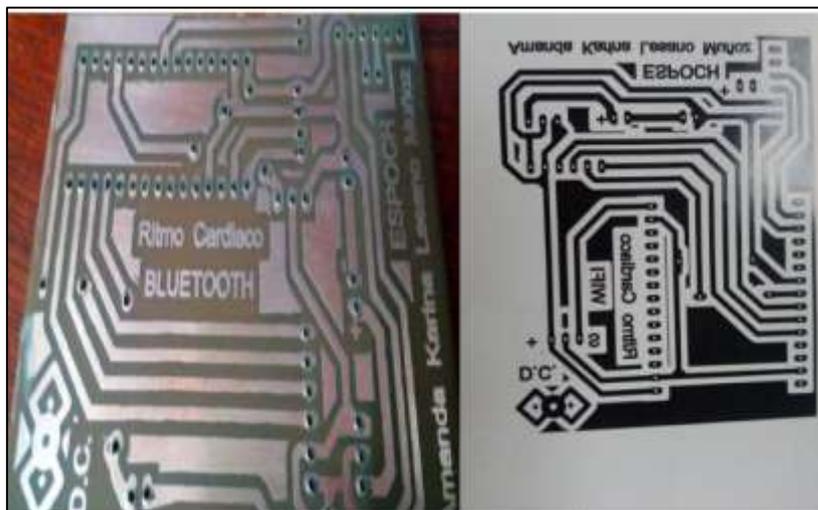


Figura 12-2 Diseño de las placas en PCB Wizard
 Realizado por: LESANO, Karina, 2018

2.7 Requerimientos del *software*

En esta sección se detalla los requerimientos *software* para los dos prototipos para la adquisición y procesamiento de señales cardíacas en tiempo real. Los mismos que se detallan a continuación:

- Tomar los valores de los sensores en forma secuencial en tiempo real para luego medirlas en latido por minuto.
- Almacenar los datos obtenidos en tiempo real en la memoria interna de la tarjeta de desarrollo para luego ser almacenada en un micro SD.
- Enviar los valores del pulso medido por los sensores para su visualización en una página de dominio público utilizando la comunicación inalámbrica del módulo ESP8266 Wi-Fi.
- Enviar la cadena de información hacia una aplicación disponible en un dispositivo móvil donde se visualizará los valores medidos por el sensor en tiempo real por medio de la comunicación Bluetooth.
- Suministrar información a la salida del módulo micro SD mediante un documento de texto donde costará la identificación fecha, hora y valor del pulso el mismo que posteriormente puede ser exportado a una base de datos Excel.

Para el desarrollo de cada uno de los prototipos se utilizó las siguientes herramientas de software que se detallan a continuación:

2.7.1 Herramientas *Software* principales

2.7.1.1 *Arduino IDE*

Es un *software* de código abierto, puede ser ejecutado en Windows, Mac OS y Linux, el entorno escrito se lo realiza en Java, la ventaja de este software es que se puede utilizar con cualquier placa de Arduino, permite monitorear resultados. Básicamente está basado en un conjunto de herramientas de programación, posee un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de la interfaz gráfica (GUI), además incorpora las herramientas para cargar el programa ya compilado en una memoria flash del hardware (Arduino,2018). Básicamente el lenguaje utilizado por Arduino es C y C++, los comandos incorporados por este software son en

referencia al lenguaje C++, conservando su sintaxis de declaración de variables, operadores, estructuras, puntero(Paredes, 2017). El código desarrollado, que se adjunta en el anexo número 2 y 3.

2.7.1.2 Diagramas de flujo del prototipo Bluetooth

En la figura 13 -2 se puede observar el diagrama de flujo de este prototipo posteriormente a esto se describe el código utilizado en mismo que se encuentra en los anexos 2 del trabajo.

Declaración de variables e inicialización:

- Inclusión de librerías y declara de variables necesarias.
- Configuración de entradas y salidas de Arduino con respecto a la necesidad de los prototipos conectados.
- Declaración de funciones a utilizar basado en los procesos a implementar.

Librerías utilizadas:

- **include SD.h:** Permite generar el archivo de tipo texto “myFile” (ARDUINO, 2017).
- **include Wire.h:** Permite el manejo de las comunicaciones en (ARDUINO, 2017).
- **include RTCLib.h:** Permite la configuración del reloj para determinar fecha y hora (ARDUINO, 2017).

Procesos repetitivos

- Para la lectura del sensor se utiliza la función de **analogRead(0)**.
- La toma de la fecha y la hora de la compilación del programa se realiza mediante la función “! **rtc.begin()**”

- Los valores de lectura de los sensores son almacenados utilizando la siguiente función **SD.begin()**
- Como la tarjeta HC-06 es un puerto serial virtual los valores de la lectura de los sensores son visualizados “**Serial.println(BPM)**”

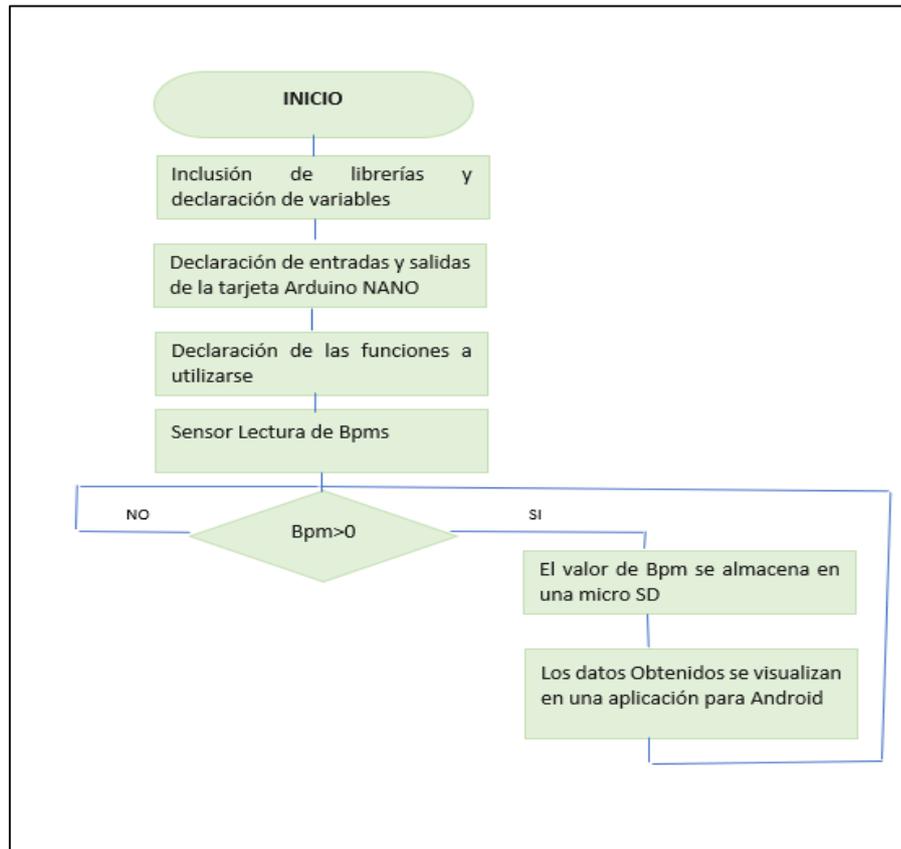


Figura 13-2 Diagrama de flujo del prototipo basado en la tecnología Bluetooth
 Realizado por: LESANO, Karina, 2018

2.7.1.3 Diagrama de flujo del prototipo WiFi:

En la figura 14-2 se puede el diagrama de flujo del prototipo WiFi posteriormente a esto se describe el código utilizado el mismo que se encuentra en los anexos 3 del trabajo.

Librerías usadas en la programación del prototipo Wifi:

- **ESP8266WiFi.h:** Permite configurar las propiedades de la tarjeta de desarrollo (ARDUINO, 2017).

- **WiFiClient.h:** Permite llamar a la librería para tener acceso a comando html y php para realizar la página web de visualización (ARDUINO, 2017).
- **ESP8266WebServer.h:** Permite configurar la tarjeta como Access Point de manera nativa (ARDUINO, 2017).
- **include SD.h:** Permite generar el archivo de tipo texto “myFile” (ARDUINO, 2017).
- **include Wire.h:** Permite el manejo de las comunicaciones en (ARDUINO, 2017).
- **include RTCLib.h:** Permite la configuración del reloj para determinar fecha y hora (ARDUINO, 2017).

Funciones:

- Utilizando la configuración propia de la red para generar las tablas de conexión DHCP “**IPAddress myIP = WiFi.softAPIP()**”.
- Configurar el servidor dentro del prototipo físico “**server.on('/', HTTP_GET, handleRoot)**”.
- En el bucle se llama a la función que ejecuta toda la parte grafica “**server.handleClient()**”.
- Inicialización del servidor con este comando “**server.begin()**”

Procesos repetitivos:

- Para la lectura del sensor se utiliza la función de **analogRead (0)**.
- La toma de la fecha y la hora de la compilación del programa se realiza mediante la función “**! rtc.begin()**”
- Los valores de lectura de los sensores son almacenados utilizando la siguiente función **SD.begin()**
- Imprimir los resultados en nuestra interface “**webpage+=" BPM</h2>”**

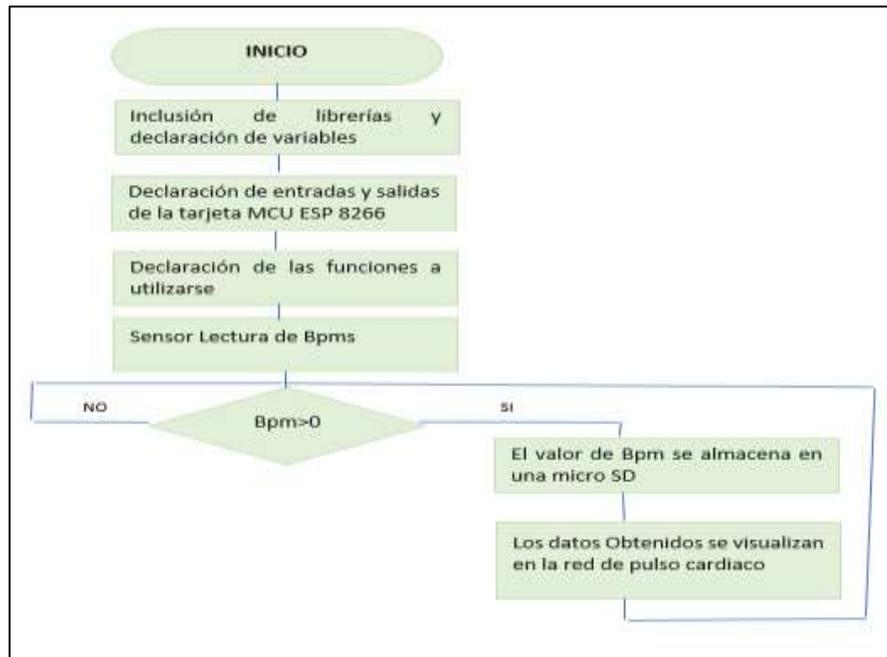


Figura 14-2 Diagrama de flujo del prototipo basado en la tecnología Wifi
Realizado por: LESANO, Karina, 2018

2.7.2 Herramientas Software Adicionales

Una vez recolectados, procesados y guardados los datos del pulso cardiaco se va a visualizar en tiempo real, mediante una aplicación para Android creada para el prototipo basado en la tecnología Bluetooth y una red inalámbrica para el prototipo basado en la tecnología WiFi para los mismos se ha utilizado los siguientes softwares:

2.7.2.1 Herramienta Software Appinventor2

Para el prototipo basado en la tecnología Bluetooth se desarrolló una aplicación de visualización Appinventor2 que es un software libre que permite crear aplicaciones de sistema operativo Android (Coronel, 2017). El proceso de creación de las aplicaciones costa de 3 pasos: diseño, editor de bloques, generador de la aplicación, esta aplicación proporciona básicamente 3 posibilidades para ver la aplicación creada en un dispositivo mientras se está construyendo esto se domina “testeo en directo” en la Figura 15-2. Se muestra la interfaz Bluetooth.

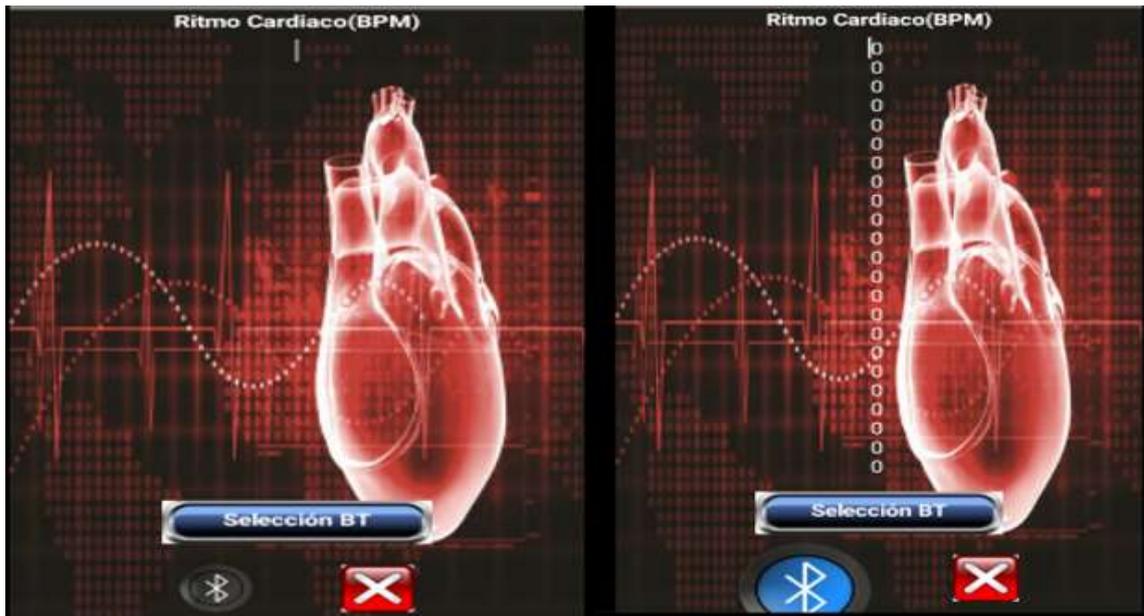


Figura 15-2 Interfaz de Bluetooth
Realizado por: LESANO, Karina ,2018

Botón selección BT: Este botón selecciona el dispositivo Bluetooth instalado.

Botón conectar: Cambiara de color una vez que se empareje nuestro dispositivo, con este botón se puede establecer la conexión.

Botón cancelar: Con el que se puede Cancelar que se ejecute la aplicación.

El prototipo bluetooth cuenta con esta aplicación el usuario se puede conectar con su dispositivo móvil y podrá visualizar la lectura del pulso cardíaco en tiempo real. El código de esta aplicación se muestra en la figura 16-2.

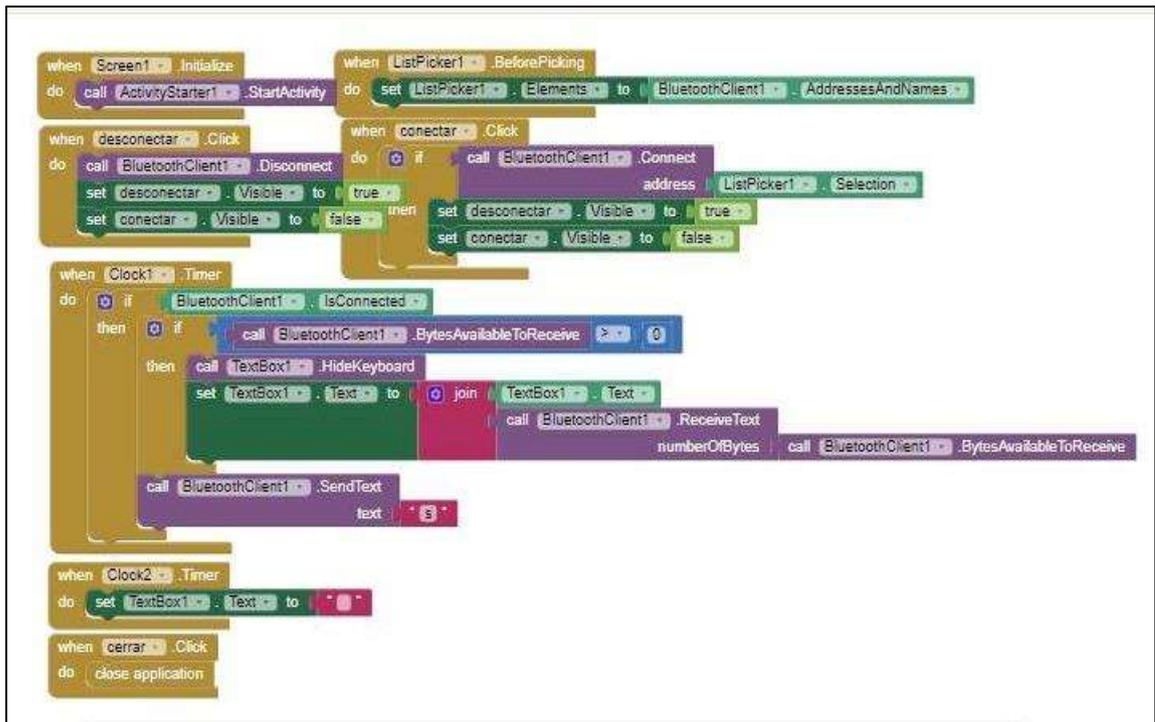


Figura 16-2 Código de aplicación desarrollada en App Inventor
 Realizado por: LESANO, Karina, 2018

2.7.2.2 Herramienta Software HTML

El prototipo basado en la tecnología Wifi tendrá una plataforma privada desarrollada en HTML. Es un lenguaje que define el contenido de las páginas web, basado en un conjunto de etiquetas que sirven para definir textos de dimensión html o htm (Alvarez, 2001). Para acceder a la interfaz se lo puede realizar ingresando a la dirección ip 192.168.4.1, ingresar la contraseña y se podrá visualizar los datos obtenidos. En la figura 17-2 se muestra la interfaz Wifi.

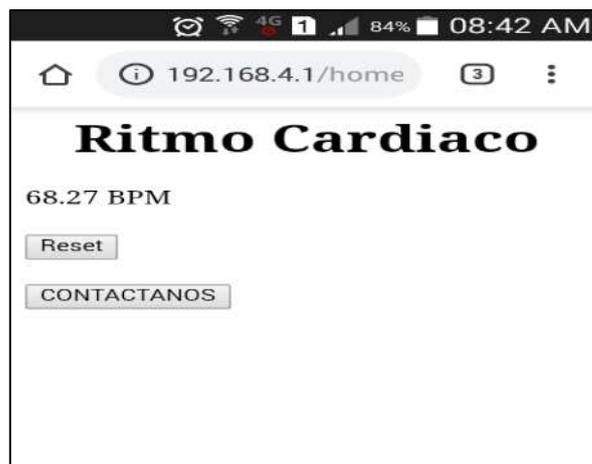


Figura 17-2 Interfaz Wifi
 Realizado por: LESANO, Karina, 2018

2.7.2.2 Herramienta Software PHP (Hipertexto Pre-Processor)

Se lo utiliza para interpretar páginas web dinámicas integrado en HTML y ejecutadas en el servidor, este lenguaje no necesita ser compilado para ejecutarse los archivos creados cuentan con una extensión (php) (Valdés, 2007). Posee un soporte para bases de datos como: InterBase, mSQL, MySQL, Oracle, Informix, PosgreSQL, entre otras (Cobo et al., 2005).

2.8 Ensamblaje de la estructura de los prototipos

En la figura 18-2 y 19-2 se puede apreciar el diseño ensamblado de la estructura de los prototipos mediante la herramienta software Autodesk Inventor 2017. Este paquete sirve para modelar piezas en 3D, permite que computadoras personales puedan simular montajes de modelos de proyectos extensos. (AUTODESK.Support, 2017).

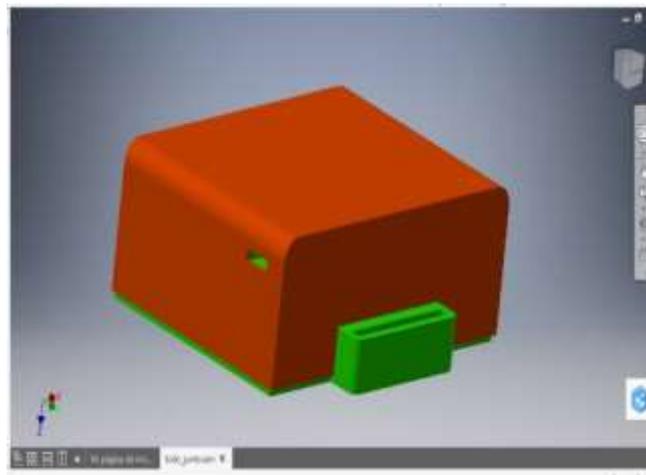


Figura 18-2 Ensamblaje de piezas
Realizado por: LESANO, Karina, 2018

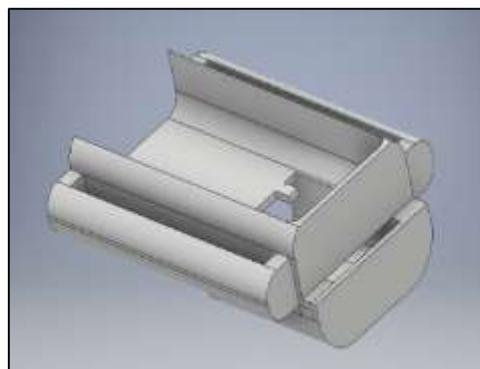


Figura 19-2 Carcaza del sensor
Realizado por: LESANO, Karina, 2018

Luego del modelado de la parte física en el programa de inventor que es un programa CAD se exporta este programa a un formato **.stl**, para convertir el programa a código G ya que la impresora 3D solo reconoce este código. Para imprimir estos materiales se utiliza un material PLA el mismo que es a base de maíz es decir es biodegradable. La máquina se encarga imprimir las capas de la estructura de parte física impresa la misma que se observa en la figura 20-2.



Figura 20-2 Estructura impresa
Realizado por: LESANO, Karina, 2018

CAPITULO III

3 ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se detalla la validación del sistema, resultados obtenidos de las pruebas realizadas con los dos prototipos desarrollados. Tomando en cuenta los requerimientos del proyecto se realizaron pruebas para comprobar su funcionamiento con equipos de mediciones similares. Mediante la consola de comandos de Windows y un programa realizado en Arduino IDE se determina el tráfico de paquetes para realizar un posterior análisis comparativo del rendimiento de las tecnologías inalámbricas utilizadas en este trabajo.

3.1 Calibración de sensores

El sensor a su salida entrega un valor numérico el cual en la etapa de procesamiento el programa realiza arreglos matemáticos para interpretar los valores recibidos en Bpms (pulso cardiaco por minuto), cada ejecución de este proceso dura de 2ms a 3ms lo cual se entiende como calibración del sensor. En la figura 1-3 se observa la calibración del sensor para el prototipo basado en la tecnología Bluetooth.

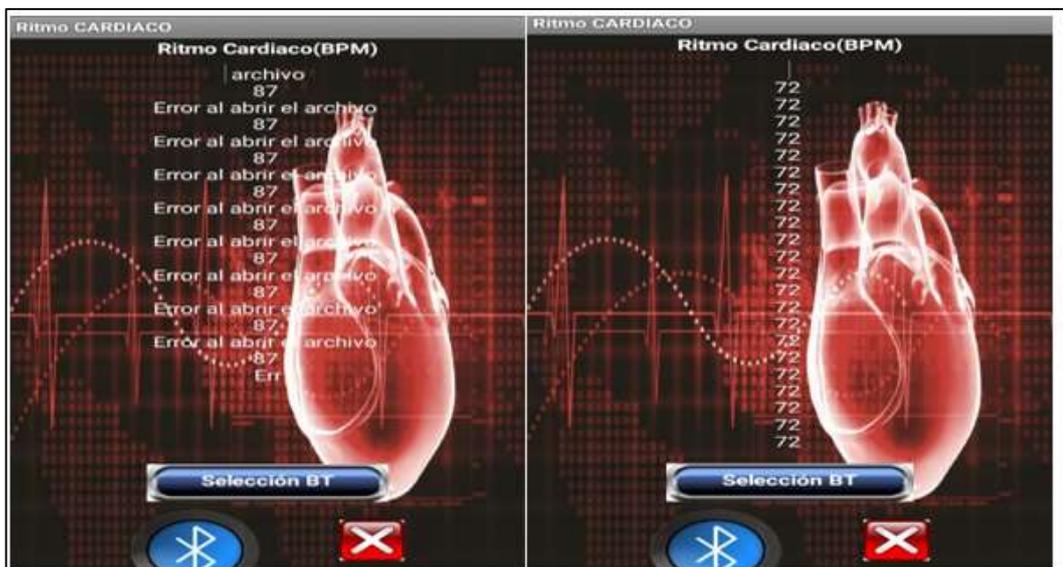


Figura 1-3 Calibración de sensores para el prototipo basado en la tecnología Bluetooth
Realizado por: LESANO, Karina, 2018

3.2 Estabilidad de los prototipos

Para determinar el nivel de estabilidad de los dos prototipos se va a calcular el valor de correlación de los mismos. Mediante el cálculo de correlación se proporciona una medida del grado de dependencia lineal entre dos variables aleatorias para determinar el grado de relación o de confiabilidad (Ortega, 2009). Para este cálculo se ha tomado en consideración 9 muestras por cada uno de los prototipos. El cálculo se lo ha realizado por la ecuación 4 en donde la variable X representa el número de muestras y la variable Y el valor del pulso cardiaco:

$$r = \frac{n(\sum xy)(\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}} \quad Ec.(4)$$

Cálculo para el prototipo Wifi

Para el cálculo de valor de la covarianza en el prototipo Wifi se ha tomado el valor del pulso cardiaco como se observa en la figura 2-3. Los datos obtenidos se detallan en la tabla 1-3 con estos valores y mediante la ecuación 4 se ha determinado el valor de correlación para este prototipo.

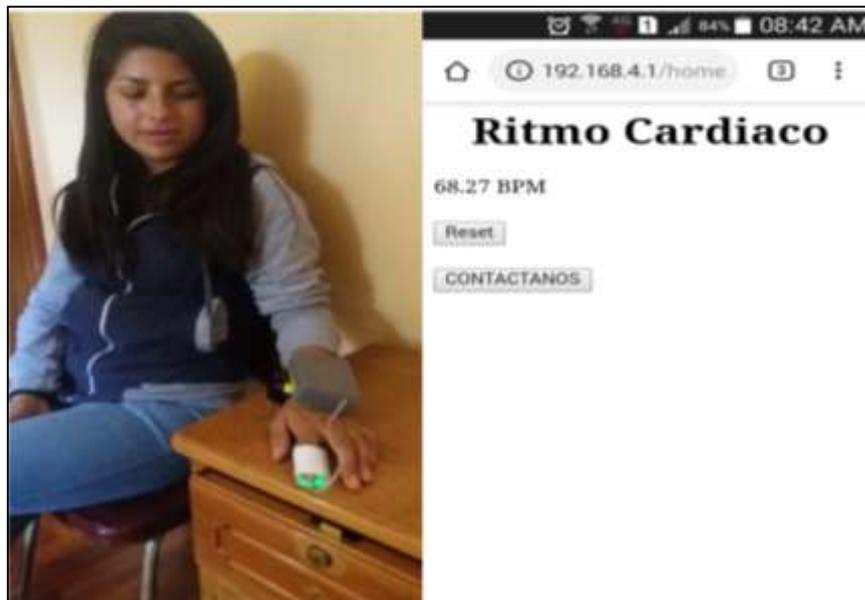


Figura 2-3 Adquisición del pulso cardiaco mediante el prototipo Wifi
Realizado por: LESANO, Karina, 2018

Tabla 1-3 Valores de pulso cardiaco prototipo Wifi

Número de muestra	Valor del pulso cardiaco
1	90.64
2	91.41
3	92.59
4	91.51
5	94.85
6	93.05
7	97.92
8	94.53
9	94.43

Realizado por: LESANO, Karina, 2018

El valor de correlación para el prototipo Wifi es $r= 2.65$ lo que determina que el prototipo desarrollado es 97.35% confiable.

Cálculo para el prototipo Bluetooth

Para el cálculo de valor de la covarianza en el prototipo Bluetooth se ha tomado el valor del pulso cardiaco como se observa en la figura 3-3. Los datos obtenidos se detallan en la tabla 2-3 con estos valores y mediante la ecuación 4 se ha determinado el valor de correlación para este prototipo.



Figura 3-3 Adquisición del pulso cardiaco mediante el prototipo Wifi
Realizado por: LESANO, Karina, 2018

Tabla 2-3 Valores de pulso cardiaco prototipo Bluetooth

Número de muestra	Valor del pulso cardiaco
1	93
2	92
3	96
4	95
5	93
6	92
7	91
8	94
9	95

Realizado por: LESANO, Karina, 2018

El valor de correlación para el prototipo Bluetooth es $r= 0.85$ lo que determina que el prototipo desarrollado es 99.15% confiable.

3.3 Validación de los prototipos con un equipo homologado

La validación de los prototipos se realiza utilizando un Oxímetro de pulso, este equipo utiliza un método no invasivo, las características de absorción de la hemoglobina y flujo sanguíneo en las arterias determinan el estado de oxígeno en el cuerpo(Oxímetro, 2014). Los resultados se van actualizando cada 0.5-1 segundo, mientras que en los prototipos mencionados anteriormente los datos son en tiempo real. En sí, el valor del pulso cardíaco es el mismo tanto para el oxímetro como para los dos prototipos, existen variaciones por la diferencia de tiempo. En ambos casos están compuestos por un detector de luz, el cual envía una luz infrarroja a la vena toma el valor y el microprocesador realiza la interpretación. En la figura 4-3 se puede apreciar la comparación al estar utilizando el prototipo Bluetooth con el oxímetro de pulso el cual los valores tomados son los mismos.



Figura 4-3 Comparación de los valores obtenidos
Realizado por: LESANO, Karina, 2018

3.4 Análisis del tráfico de la Red

El análisis del tráfico de la red en el prototipo Wifi se ha desarrollado utilizando la consola de comandos de Windows (Cmd), mediante la inserción de un pin a la dirección ip 192.168.4.1 que es la dirección ip de la red Wifi Ritmo Cardiac lo que permite conocer la cantidad de paquetes enviados y recibidos, el tiempo de retardo, como se puede observar en la figura 5-3, para determinar estos datos se ha realizado mediante un número de 100 paquetes para cada muestra, el análisis se lo ha realizado mediante un número de 30 muestras.



Figura 5-3 Ventana de la consola de comandos de Windows
Realizado por: LESANO, Karina, 2018

En la tabla 3-3 se muestran los valores obtenidos en el análisis de tráfico referente a la tecnología Wifi en cuanto al número de paquetes: enviados, recibidos, perdidos, tiempos de retardo mediante la utilización de la consola de comandos de Windows. Para este análisis se ha tomado en consideración 30 muestras por cada muestra se ha enviado un total de 100 paquetes.

Tabla 3-3 Valores obtenidos en el análisis de tráfico del prototipo Wifi

# muestra	paquetes enviados	paquetes recibidos	paquetes perdidos	tiempo de retardo
1	100	94	6	4ms
2	100	96	4	10ms
3	100	99	1	6ms
4	100	96	4	4ms
5	100	97	3	6ms
6	100	95	5	4ms
7	100	99	1	6ms
8	100	100	0	5ms
9	100	95	5	4ms
10	100	92	8	4ms
11	100	94	6	5ms
12	100	89	11	5ms
13	100	89	11	5ms
14	100	93	7	4ms
15	100	89	11	5ms
16	100	93	7	4ms
17	100	91	9	10ms
18	100	94	6	5ms
19	100	98	2	5ms
20	100	100	9	5ms
21	100	91	7	5ms
22	100	99	1	6ms
23	100	92	8	5ms
24	100	99	1	6ms
25	100	100	0	6ms
26	100	93	7	5ms
27	100	99	1	6ms
28	100	92	8	7ms
29	100	94	6	5ms
30	100	92	8	4ms

Realizado por: LESANO, Karina, 2018

```
12:08:12,877 -> 379 46
12:08:12,877 -> 596 47
12:08:12,911 -> 375 46
12:08:12,945 -> 327 45
12:08:12,981 -> 602 50
12:08:12,981 -> 378 51
12:08:12,945 -> 287 52
12:08:12,945 -> 555 53
12:08:12,945 -> 452 54
12:08:12,978 -> 282 55
12:08:12,978 -> 450 56
12:08:12,978 -> 514 57
12:08:13,012 -> 290 58
12:08:13,012 -> 430 59
579 60
12:08:13,046 -> 305 61
12:08:13,046 -> 388 62
12:08:13,081 -> 602 63
12:08:13,081 -> 322 64
12:08:13,081 -> 352 65
12:08:13,114 -> 545 66
12:08:13,114 -> 343 67
12:08:13,118 -> 302 68
12:08:13,147 -> 579 69
12:08:13,147 -> 430 70
```

Figura 6-3 Ejecución del Sniffer en Arduino
Realizado por: LESANO, Karina, 2018

El análisis de tráfico en el prototipo Bluetooth se ha realizado mediante el software de Arduino IDE, al igual que en la consola de comandos (Cmd) se puede conocer el número de paquetes enviados, recibidos y el tiempo de ejecución del mismo. Para el cálculo se ha tomado en consideración 30 muestras, para cada muestra se ha enviado un total de 100 paquetes para determinar el número de paquetes enviados, perdidos, así como el tiempo de retardos. En la tabla 4-3 se muestra el número de paquetes enviados, recibidos y el tiempo de duración de cada proceso, con su respectivo inicio y final de tiempo. En la figura 6-3 se muestra la ejecución del Sniffer en Arduino.

Tabla 4-3 Valores obtenidos en el análisis de tráfico del prototipo Bluetooth

# muestra	hora de inicio	hora de fin	tiempo en segundos	paquetes enviados	paquetes recibidos	paquetes perdidos	tiempo de retardo
1	12:07:17	12:07:18	0:00:01	100	96	4	10ms
2	12:07:18	12:07:22	0:00:04	100	97	3	40ms
3	12:07:24	12:07:25	0:00:01	100	97	3	10ms
4	12:07:30	12:07:35	0:00:05	100	97	3	50ms
5	12:07:36	12:07:42	0:00:06	100	96	4	60ms
6	12:07:47	12:07:49	0:00:02	100	96	4	20ms
7	12:07:49	12:07:54	0:00:05	100	97	3	50ms
8	12:07:55	12:08:00	0:00:05	100	98	2	50ms
9	12:08:01	12:08:06	0:00:05	100	97	3	50ms
10	12:08:07	12:08:12	0:00:05	100	98	2	50ms
11	12:08:18	12:08:19	0:00:01	100	96	4	10ms
12	12:08:19	12:08:25	0:00:06	100	97	3	60ms
13	12:08:25	12:08:31	0:00:06	100	97	3	60ms
14	12:08:31	12:08:37	0:00:06	100	97	3	60ms
15	12:08:37	12:08:43	0:00:06	100	97	3	60ms
16	12:08:43	12:08:50	0:00:07	100	98	2	70ms
17	12:08:50	12:08:56	0:00:06	100	96	4	60ms
18	12:08:56	12:09:01	0:00:05	100	98	2	50ms
19	12:09:02	12:09:08	0:00:06	100	97	3	60ms
20	12:09:08	12:09:14	0:00:06	100	97	3	60ms
21	12:09:14	12:09:20	0:00:06	100	97	3	60ms
22	12:09:20	12:09:26	0:00:06	100	98	2	60ms
23	12:09:26	12:09:32	0:00:06	100	97	3	60ms
24	12:09:37	12:09:38	0:00:01	100	96	4	10ms
25	12:09:38	12:09:44	0:00:06	100	97	3	60ms
26	12:09:44	12:09:51	0:00:07	100	97	3	70ms
27	12:09:54	12:09:57	0:00:03	100	97	3	30ms
28	12:09:57	12:10:03	0:00:06	100	98	2	60ms
29	12:10:08	12:10:09	0:00:01	100	96	4	10ms
30	12:10:09	12:10:15	0:00:06	100	96	4	60ms

Realizado por: LESANO, Karina, 2018

Mediante los datos obtenidos del análisis de tráfico para los dos prototipos se ha realizado el análisis de promedio de retardo de paquetes, Throughput, relación de la entrega de paquetes, cabe destacar que para las dos tecnologías se tiene el mismo número de muestra, con la misma cantidad de paquetes por muestra. En la tabla 5-3 se tiene el número de paquetes perdidos de cada una de las muestras. Este estudio emplea la prueba paramétrica para datos cuantitativos T de Students la cual compara las medias de dos muestras en este caso independientes (Bluetooth, Wifi) para determinar si existe diferencia estadística, el uso de esta distribución estadística permitió a los

investigadores obtener conclusiones objetivas a partir de los datos obtenidos, en los experimentos realizados.

¶

Tabla 5-3 Número de paquetes perdidos

# Muestras	Paquetes Perdidos Bluetooth	Paquetes perdidos Wifi
1	4	6
2	4	5
3	3	4
4	3	1
5	3	4
6	4	3
7	4	5
8	3	1
9	2	0
10	3	5
11	2	8
12	4	6
13	3	11
14	3	11
15	3	7
16	3	11
17	2	7
18	4	9
19	2	6
20	3	2
21	3	9
22	3	7
23	2	1
24	3	8
25	4	1
26	3	0
27	3	7
28	3	1
29	2	8
30	4	6
	4	8

Realizado por: LESANO, Karina, 2018

Con los valores obtenidos del total de las 30 muestras para cada una de las tecnologías se puede observar que en el prototipo Wifi se pierde un máximo de 11 paquetes y en el prototipo Bluetooth se pierde un máximo de 4 paquetes.

Tabla 6-3 Prueba T de Students para determinar la perdida de paquetes

	<i>Bluetooth</i>	<i>Wifi</i>
Media	3,067	5,433
Varianza	0,478	11,564
Observaciones	30	30
Diferencia hipotética de las medias	2,36	
Grados de libertad	31	
Estadístico t	-7,461	
P(T<=t) una cola	1,05E-08	
Valor crítico de t (una cola)	1,695	
P(T<=t) dos colas	2,09E-08	
Valor crítico de t (dos colas)	2,04	

Realizado por: LESANO, Karina, 2018

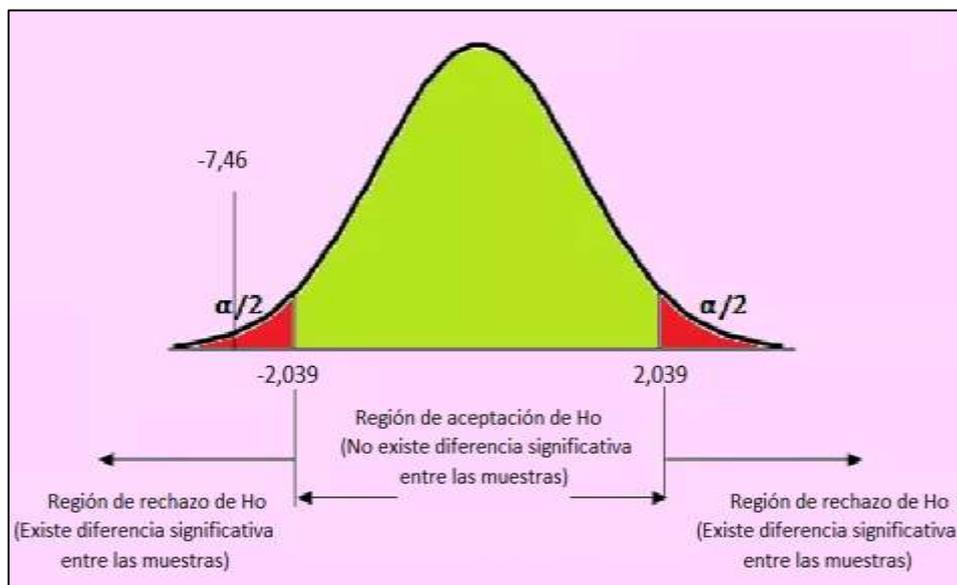


Figura 7-3 Valores gráficos de las pruebas T de Students perdida de paquetes

Realizado por: LESANO, Karina, 2018

De los valores totales de las 30 muestras de cada una de las tecnologías y mediante la prueba probabilística para determinar la perdida de paquetes en cada tecnología en la tabla 6-3 se puede observar los valores encontrados en la figura 7-3 para este caso el valor de los puntos críticos será de 2.04 el valor promedio de las dos colas para este caso es de 2,09E-08 menor al valor máximo de $\alpha=0.05$ lo que indica que si existe una diferencia significativa en los resultados de las muestras. Mediante el cálculo probabilístico T de Students se obtuvo que la tecnología inalámbrica wifi pierde alrededor de 5.46% paquetes en la transmisión, mientras que en la tecnología inalámbrica Bluetooth pierde alrededor del 3.06%, lo que concluye que la transmisión en la tecnología bluetooth es más confiable.

3.4.1 Throughput de la red

El cálculo del Throughput de la red se lo realiza mediante la ecuación 1 detallada en el capítulo I para ello se ha tomado en consideración 30 muestras para cada una de las tecnologías en donde se determina el número de bits que han sido transmitidos en un cierto periodo de tiempo. En la tabla 7-3 se muestran los valores obtenidos de este cálculo para cada una de las tecnologías.

Tabla 7-3 Valores de Throughput obtenidos

# muestra	Bluetooth	Wifi
1	96	23500
2	24,25	96000
3	97	16500
4	19,4	24000
5	16	16166,67
6	48	23750
7	19,4	16500
8	19,6	20000
9	19,4	23750
10	19,6	23000
11	96	18800
12	16,16	17800
13	16,16	17800
14	16,16	17800
15	16,16	17800
16	14	23250
17	16	17800
18	19,6	23250
19	16,16	91000
20	16,16	23500
21	16,16	19600
22	16,33	20000
23	16,16	18600
24	96	18400
25	16,16	20000
26	16,17	16500
27	32,33	19600
28	16,33	19200
29	96	17800
30	16	24000

Realizado por: LESANO, Karina, 2018

Tabla 8-3 Prueba T de Students para Throughput de la red

	<i>Bluetooth</i>	<i>Wifi</i>
Media	31,96	6392,33
Varianza	894,98	35799,344
Observaciones	30	30
Diferencia hipotética de las medias	6360	
Grados de libertad	29	
Estadístico t	-11,64	
P(T<=t) una cola	9,37E-13	
Valor crítico de t (una cola)	1,69	
P(T<=t) dos colas	1,87E-12	
Valor crítico de t (dos colas)	2,045	

Realizado por: LESANO, Karina, 2018

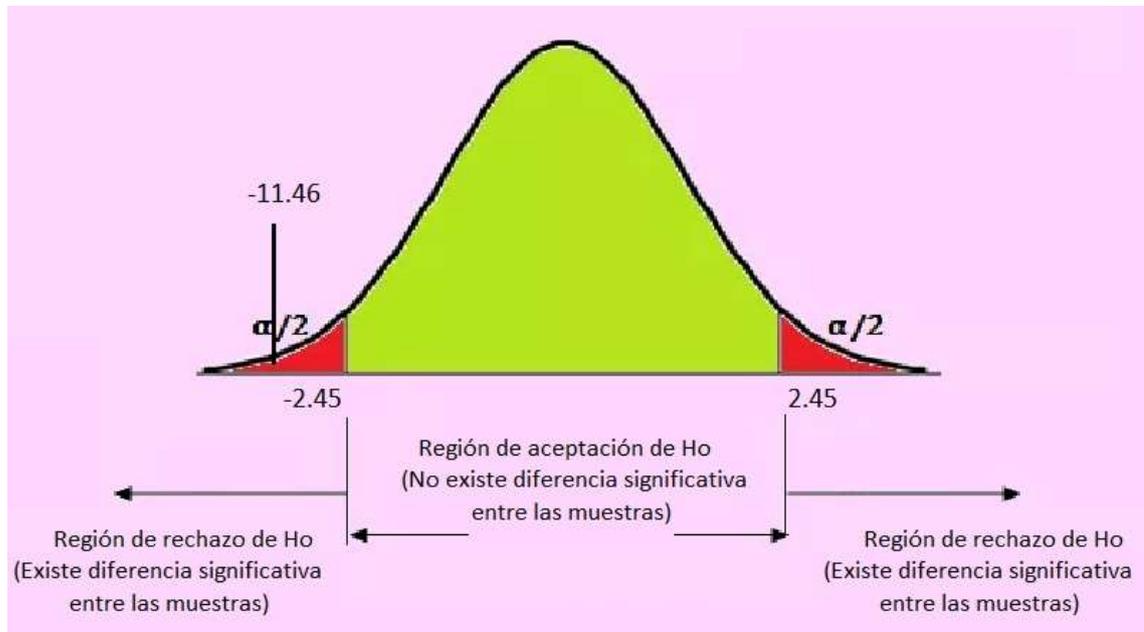


Figura 8-3 Datos graficas del análisis del Throughput de la red

Fuente: LESANO, Karina, 2018

En la tabla 8-3 se hace un análisis probabilístico realizado para conocer el Throughput de la red mediante la prueba T de Students el valor de los puntos críticos para este caso es de 2.45, el valor promedio de las dos colas obtenido fue de 1,87E-12 menor al valor máximo de $\alpha=0.05$ concluyendo que existe una diferencia significativa de los valores obtenidos de cada muestra cómo se observa en la figura 8-3 en donde se puede observar los datos gráficos del análisis del Throughput de la red.

Para el análisis de Throughput de la red se obtuvo que la tecnología Wifi tiene 6392,33 bits transmitidos con respecto a la tecnología Bluetooth que tiene 31,96 bits transmitidos en un tiempo determinado en segundos, lo que indica que la tecnología Wifi tiene una mejor transmisión de datos respecto a la de la tecnología Bluetooth.

3.4.2 Promedio de retardo

En la tabla 9-3 se detalla los resultados de las 30 muestras tomadas en consideración para cada una de las tecnologías inalámbricas para determinar el promedio de retardo de cada una de las muestras, para este cálculo se ha tomado en consideración la ecuación 2 detallada en el capítulo I.

Tabla 9-3 Valores promedio de retardo

# muestras	Wifi	Bluetooth
1	0,000043	0,0001
2	0,0001	0,00041
3	0,00061	0,0001
4	0,000062	0,00051
5	0,000042	0,00063
6	0,000042	0,00021
7	0,000061	0,00051
8	0,00005	0,00051
9	0,000042	0,00051
10	0,000043	0,00051
11	0,000053	0,00051
12	0,000056	0,0001
13	0,000056	0,00062
14	0,000054	0,00062
15	0,000056	0,00062
16	0,000054	0,00062
17	0,000055	0,00071
18	0,000053	0,00063
19	0,000051	0,00051
20	0,000051	0,00062
21	0,000055	0,00062
22	0,00005	0,00062
23	0,000054	0,00061
24	0,00005	0,00062
25	0,00005	0,0001
26	0,000054	0,00062
27	0,00005	0,00072
28	0,000054	0,00031
29	0,000053	0,0001
30	0,00054	0,00063

Realizado por: LESANO, Karina, 2018

Tabla 10-3 Prueba T de Students para el análisis de promedio de retardo

	Wifi	Bluetooth
Media	47,33	5,37
Varianza	392,64	2,24
Observaciones	30	30
Diferencia hipotética de las medias	41,96	
Grados de libertad	29	
Estadístico t	0,0018	
P(T<=t) una cola	0,49	
Valor crítico de t (una cola)	1,69	
P(T<=t) dos colas	0,999	
Valor crítico de t (dos colas)	2,045	

Realizado por: LESANO, Karina, 2018

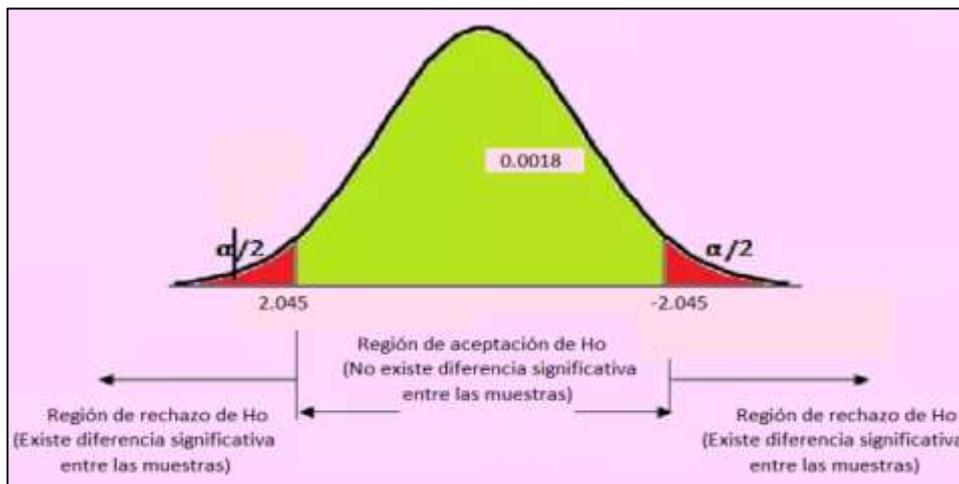


Figura 9-3 Valores gráficos de las pruebas de promedio de retardo

Realizado por: LESANO, Karina, 2018

En la tabla 10-3 se detallan los valores obtenidos de la prueba T de Students de las 30 muestras tomadas en consideración para cada una de las tecnologías inalámbricas para determinar el promedio de retardo. Como se puede observar en la figura 9-3 el valor de los puntos críticos para cada una de los puntos críticos en este análisis es 2.045, el valor promedio de las dos colas para este caso es de 0,999 superior al valor máximo de $\alpha=0.05$ lo que indica que no existe una diferencia significativa en los resultados obtenidos de las muestras.

Mediante el análisis probabilístico T de Students se concluyó que la tecnología Wifi posee un retardo de 47,33 y tecnología Bluetooth que posee un retardo de 5,37 lo que indica que la tecnología Wifi tiene un mayor retardo en la entrega de paquetes es decir los paquetes en esta tecnología se demoran más tiempo en llegar desde su origen hacia su destino.

3.4.3 Relación de entrega de paquetes (Delivery Ratio)

En la tabla 11-3 se muestra los valores obtenidos del cálculo para determinar el porcentaje de la cantidad de paquetes recibidos, para realizar este cálculo se ha utilizado la ecuación 3 detallada en el capítulo I.

Tabla 11-3 Relación de la entrega de paquetes

# de muestras	Bluetooth (%)	Wifi (%)
1	96	94
2	97	96
3	97	99
4	97	96
5	96	97
6	96	95
7	97	99
8	98	100
9	97	95
10	98	92
11	96	94
12	97	89
13	97	89
14	97	93
15	97	89
16	98	93
17	96	91
18	98	94
19	97	98
20	97	100
21	97	93
22	98	93
23	97	92
24	96	100
25	97	99
26	97	98
27	97	96
28	98	95
29	96	98
30	96	89

Realizado por: LESANO, Karina, 2018

Tabla 12-3 Prueba T de Students para la relación entrega de paquetes

	<i>Bluetooth</i>	<i>Wifi</i>
Media	8,81333E-05	0,00048367
Varianza	1,77034E-08	4,1583E-08
Observaciones	30	30
Diferencia hipotética de las medias	0,0003955	
Grados de libertad	50	
Estadístico t	-17,79423494	
P(T<=t) una cola	1,40666E-23	
Valor crítico de t (una cola)	1,675905025	
P(T<=t) dos colas	2,81333E-23	
Valor crítico de t (dos colas)	2,008559112	

Realizado por: LESANO, Karina, 2018

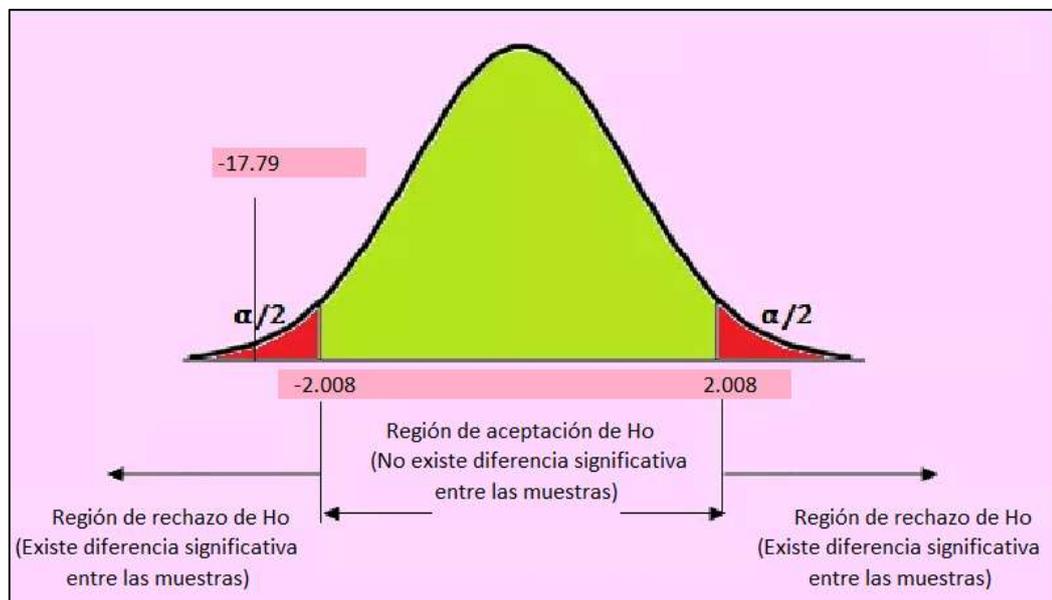


Figura 10-3 Valores gráficos del análisis de relación entrega de paquetes

Realizado por: LESANO, Karina, 2018

En la tabla 12-3 se detallan los valores obtenidos de la prueba probabilística T de Students para determinar la relación de entrega de paquetes. En la figura 10-3 se observa los valores gráficos del análisis de relación de la entrega de paquetes en donde se puede observar que el valor de los puntos críticos para este caso es de 2.008 el valor promedio de t dos colas para este caso es 2,813E-23 menos al valor máximo de $\alpha=0.05$. Lo que indica que si existe una diferencia significativa en los resultados de las muestras.

Mediante el análisis probabilístico T de Students se obtuvo que la tecnología Wifi posee una mayor relación de entrega de paquetes en 0,00048367 con respecto a la tecnología Bluetooth que

posee $8,81333E-5$ lo concluye que la tecnología Wifi entrega una mayor cantidad de paquetes de datos al finalizar la transmisión.

3.4.4 Intensidad de la señal

Para conocer la intensidad se ha utilizado una aplicación Android llamada Signal Sniffer que permite medir la señal de todos los dispositivos conectados alrededor ya sea mediante Wifi o mediante Bluetooth. En la figura 11-3 se puede visualizar el procedimiento de análisis para determinar la intensidad de la señal de cada tecnología.



Figura 11-3 Análisis de la intensidad de señal

Realizado por: LESANO, Karina, 2018

En la tabla 13-3 se muestra los valores obtenidos en el análisis de intensidad de señal de cada una de las tecnologías, para este análisis se ha considera un número de 30 muestras por cada tecnología inalámbrica.

Tabla 13-3 Valor de intensidad de señal

# muestras	Bluetooth (dBm)	Wifi(dBm)
1	-93	-29
2	-91	-51
3	-94	-46
4	-92	-49
5	-88	-49
6	-88	-44
7	-88	-45
8	-91	-46
9	-90	-29
10	-90	-35
11	-92	-49
12	-90	-39
13	-93	-37
14	-88	-35
15	-99	-46
16	-91	-40
17	-92	-36
18	-97	-35
19	-98	-39
20	-88	-29
21	-91	-51
22	-90	-46
23	-90	-49
24	-92	-49
25	-90	-44
26	-93	-45
27	-88	-46
28	-99	-29
29	-91	-35
30	-92	-49

Realizado por: LESANO, Karina, 2018

Tabla 14-3 Prueba T de Students para determinar la intensidad de la señal

	<i>Bluetooth</i>	<i>Wifi</i>
Media	-91,633	-41,7
Varianza	9,895	52,217
Observaciones	30	30
Diferencia hipotética de las medias	50,17	
Grados de libertad	40	
Estadístico t	-69,569	
P(T<=t) una cola	1,179E-43	
Valor crítico de t (una cola)	1,683	
P(T<=t) dos colas	2,359E-43	
Valor crítico de t (dos colas)	2,021	

Realizado por: LESANO, Karina, 2018

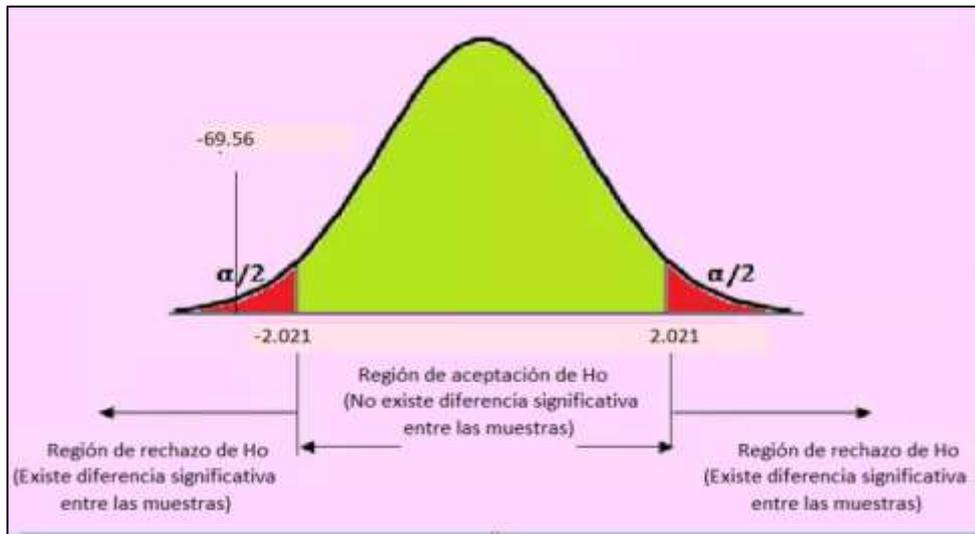


Figura 12-3 Prueba T de Students para análisis de la intensidad de señal
 Realizado por: LESANO, Karina, 2018

Los valores obtenidos se muestran en la tabla 14-3 mediante la prueba probabilística T de Students para determinar la mejor intensidad de señal de las 30 muestras tomadas en consideración para cada una de las tecnologías inalámbricas. En la figura 12-3 se observa los valores gráficos del análisis de la intensidad de señal el valor de los puntos críticos es de 2.021 el valor promedio del valor de t dos colas es 2,359E-43 menos al valor máximo de $\alpha=0.05$ lo que indica que si existe una diferencia significativa en los resultados de las muestras.

Mediante el análisis probabilístico T de Students se obtuvo que la tecnología Wifi posee una mejor intensidad -41,7dBm con respecto a la tecnología Bluetooth que posee una intensidad de señal de -91,633 lo que concluye que la tecnología Wifi tiene un mayor alcance con respecto a la otra tecnología. En la tabla 15-3 se detallan para cada tecnología el factor analizado, con el respectivo resultado obtenido.

Tabla 15-3 Valores totales obtenidos

Factores	WIFI	BLUETOOTH	PROMEDIO (%)
Throughput	6392,33333	31,9616667	99,5
Relación de entrega	0,00048367	0,00048367	
Promedio de retardo	5,36666667	47,3333333	88,6619718
Intensidad de señal	-41,7	-91,6333333	54,4925427
Paquetes perdidos	5,46666	3,0666	43,9035901

Realizado por: LESANO, Karina, 2018

Una vez realizado el análisis mediante la prueba estadística T de Students con los factores de rendimiento analizados, se concluyó que el prototipo basado en la tecnología Wifi es superior en: Throughput con 99.5%, promedio de retardo en 88,66%, intensidad de señal en 54.49% con respecto al prototipo basado en la tecnología Bluetooth.

3.5 Almacenamiento de datos

En la figura 13-3 se visualiza las tarjetas micro SD respectiva para cada uno de los prototipos, así como la extracción del DATALOG que es el documento de texto que contiene los datos obtenidos.

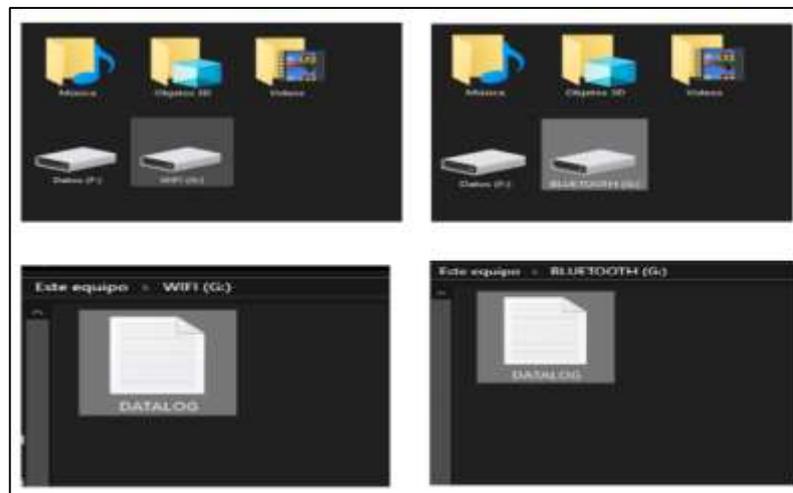


Figura 13-3 Almacenamiento de datos en la tarjeta Micro SD
Realizado por: LESANO, Karina, 2018

El procedimiento para la extracción de los datos de un archivo de texto a una base de datos en Excel que permite tener un registro del estado de salud de una persona (Lenis, 2015). En la figura 14-3 se visualiza los valores de pulso obtenidos de las pruebas realizadas en un archivo Excel con la fecha, hora y valor correspondiente de cada muestra, estas pruebas fueron realizadas a un número determinado de 30 persona conjuntamente los dos prototipos a un dispositivo certificado existente en el mercado llamado Oxímetro de pulso para determinar la eficiencia de los prototipos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Dia	Mes	Year	Hora	Minutos	BPM				
2	17	10	2018	1	34	0				
3	17	10	2018	1	34	102				
4	17	10	2018	1	34	102				
5	17	10	2018	1	34	102				
6	17	10	2018	1	34	102				
7	17	10	2018	1	34	102				
8	17	10	2018	1	34	102				
9	17	10	2018	1	34	102				
10	17	10	2018	1	34	102				
11	17	10	2018	1	34	102				
12	17	10	2018	1	34	102				
13	17	10	2018	1	34	102				
14	17	10	2018	1	34	102				
15	17	10	2018	1	34	87				
16	17	10	2018	1	34	86				
17	17	10	2018	1	34	87				
18	17	10	2018	1	34	86				
19	17	10	2018	1	34	86				
20	17	10	2018	1	34	86				
21	17	10	2018	1	34	85				
22	17	10	2018	1	34	87				
23	17	10	2018	1	34	86				

Figura 14-3 Base de datos de pulso cardiaco
 Realizado por: LESANO, Karina, 2018

3.6 Comparación del consumo de baterías

En la tabla 16-3 se describe el consumo de energía de cada uno de los elementos que conforman cada prototipo para en un posterior análisis determinar el nivel de consumo de energía de cada uno de los prototipos.

Tabla 16-3 Consumo de baterías de cada uno de los prototipos

Prototipo Wifi	Elemento	Corriente
	Micro SD	0.6 mA
	MCU ESP 8266	80mA
	Módulo DS3231 RTC	500nA= 0.0005mA
	Lector de ritmo cardíaco	12mA
	Total	92.6005mA
Prototipo Bluetooth	Elemento	Corriente
	Micro SD	0.6mA
	Módulo HC-06	40mA
	Módulo DS3231 RTC	500Na=0.0005mA
	ARDUINO NANO	15mA
	Lector de ritmo cardíaco	12ma
	Total	67.6005mA

Realizado por: LESANO, Karina, 2018

Para calcular el tiempo de duración de la batería de cada uno de los prototipos, se toma en consideración que para la alimentación de los mismos se utiliza una batería de 500mA y el valor total de consumo de consumo. Para el prototipo Wifi el consumo es 92.6005mA y para el prototipo Bluetooth el consumo es 67.6005mA con esto se realiza un cálculo matemático en cada uno de los prototipos, mediante la siguiente ecuación (5).

$$Tiempo\ de\ duraci3n = \frac{bateri\ a}{consumo} \quad Ec.\ (5)$$

Los valores obtenidos son que aproximadamente el prototipo Wifi tiene una duración de la batería de 5 horas, mientras que el prototipo Bluetooth tiene una duración de la batería de 7 horas lo que indica que el prototipo Bluetooth consume menos corriente eléctrica.

3.7 Comparación de precios

En la tabla 17-3 se detallan un presupuesto de precios de los elementos que conforman cada uno de los prototipos, de los valores obtenidos se puede apreciar que el prototipo basado en la tecnología Bluetooth tiene un precio de \$79 y el prototipo basado en la tecnología Wifi tiene un precio de \$70 lo que concluye que con el prototipo basado en la tecnología. Wifi proporciona un

mayor ahorro de dinero en aproximadamente 11% con respecto al prototipo basado en la tecnología Bluetooth.

Tabla 17-3 Presupuesto de precios

	Prototipo	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo total (\$)	
Prototipo Bluetooth	Lector de ritmo cardíaco	1	8,00	8,00	
	Arduino Nano	1	8,00	8,00	
	Módulo DS3231 RTC	1	8,00	8,00	
	Módulo HC-06	1	8,00	8,00	
	Lector de sd	1	5,00	5,00	
	Baterías (lipo 0.5 amperios 7.2 voltios)	1	18,00	18,00	
	Cargador	1	18,00	18,00	
	Micro SD	1	6,00	6,00	
				<u>Total:</u>	<u>79</u>
	Prototipo Wifi	Prototipo	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo total (\$)
Lector de ritmo cardíaco		1	8,00	8,00	
MCU ESP 8266		1	7,00	7,00	
Módulo DS3231 RTC		1	8,00	8,00	
Lector de SD		1	5,00	5,00	
Baterías (lipo 0.5 amperios 7.2 voltios)		1	18,00	18,00	
Cargador		1	18,00	18,00	
Micro SD		1	6,00	6,00	
				<u>Total:</u>	<u>70,00</u>

Realizado por: LESANO, Karina, 2018

CONCLUSIONES

- Se Implementaron dos prototipos para la adquisición y procesamiento de señales cardíacas basados en Bluetooth (Arduino Nano) y Wifi (MCU ESP8266), los dos prototipos demostraron cumplir la función para la que fueron diseñados, sin embargo, el prototipo basado en Wifi demostró un rendimiento superior.
- Para este proyecto la mejor técnica para adquisición del pulso cardiaco es la técnica Fotoplethismográfica ya que el sensor disponible en el mercado basa su funcionamiento en la detección de la atenuación de radiación infrarroja que sucede en el dedo índice del paciente cuando ocurre el flujo de corriente sanguínea.
- Se diseñaron dos prototipos basados en las tecnologías inalámbricas Wifi y Bluetooth que permiten la adquisición del pulso cardiaco en tiempo real, mismos que, permiten llevar un registro histórico de los datos recabados y visualizar la información mediante una aplicación WEB (Wifi) y una aplicación móvil desarrollada en Android (Bluetooth).
- Una vez realizada el análisis mediante la prueba probabilística T de Students con los factores determinados se concluye que el prototipo basado en la tecnología Wifi ofrece mayores prestaciones en 73% con respecto al prototipo basado en la tecnología inalámbrica Bluetooth que presenta un 27% de rendimiento.
- Mediante el cálculo estadístico T de Students se obtuvo que la tecnología inalámbrica Wifi pierde alrededor de 5.46% paquetes en la transmisión, mientras que en la tecnología inalámbrica Bluetooth pierde alrededor del 3.06%, lo que concluye que la transmisión en la tecnología Bluetooth es más confiable.
- Para el análisis de Throughput de la red se obtuvo que la tecnología Wifi tiene 6392,33 bits transmitidos con respecto a la tecnología Bluetooth que tiene 31,96 bits transmitidos en un tiempo determinado en segundos, lo que concluye que la tecnología Wifi tiene una mejor transmisión de datos respecto a la de la tecnología Bluetooth.

- Mediante el análisis estadístico T de Students se determinó que la tecnología Wifi posee un retardo de 47,33 y tecnología Bluetooth que posee un retardo de 5,37 lo que indica que la tecnología Wifi tiene un mayor retardo en la entrega de paquetes es decir los paquetes en esta tecnología se demoran más tiempo en llegar desde su origen hacia su destino.
- Mediante el análisis probabilístico T de Students se obtuvo que la tecnología Wifi posee una mayor relación de entrega de paquetes en 0,00048367 con respecto a la tecnología Bluetooth que posee $8,81333E-5$ lo que indica que la tecnología Wifi entrega una mayor cantidad de paquetes de datos al finalizar la transmisión.
- Mediante el análisis probabilístico T de Students se determinó que la tecnología Wifi posee una mejor intensidad -41,7dBm con respecto a la tecnología Bluetooth que posee una intensidad de señal de -91,633 lo que concluye que la tecnología Wifi tiene un mayor alcance con respecto a la otra tecnología.
- Mediante el análisis para determinar la duración de las baterías se obtiene que el prototipo Wifi tiene una duración de la batería de 5 horas, mientras que el prototipo Bluetooth tiene una duración de la batería de 7 horas, lo que indica que el prototipo Bluetooth consume menos corriente eléctrica.
- Mediante el cálculo de presupuestos realizado se concluye que el prototipo basado en la tecnología Bluetooth tiene un precio de \$79 y el prototipo basado en la tecnología Wifi tiene un precio de \$70 lo que se puede determinar que con el prototipo basado en la tecnología Wifi es aproximadamente 11% más económico que su par Bluetooth al momento de su desarrollo. Cabe destacar que el prototipo Wifi resulta más económico que los existentes en el mercado permitiendo un ahorro de dinero en un 18%.

RECOMENDACIONES

- Implementar una metodología para la selección de los elementos hardware y software que se utilizaran en posibles implementaciones de prototipos electrónicos para garantizar su funcionamiento y eficiencia.
- Realizar un estudio de las intensidades de las comunicaciones de las tecnologías inalámbricas para determinar si estas son o no nocivas para el ser humano.
- Realizar un estudio sobre las posibles afectaciones que podrían causar las ondas electromagnéticas de los equipos existentes en los hospitales a la comunicación inalámbrica de los equipos terminales utilizados.
- Se recomienda realizar estudios sobre desarrollo de equipos médicos que empleen nuevas tecnologías inalámbricas y sensores con la finalidad de continuar el estudio del presente trabajo de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M.**, *Estudio del estándar IEEE 802.15.4 ZIGBEE para comunicaciones inalámbricas de área personal de bajo consumo de energía y su comparación con el estándar IEEE 802.15.1 BLUETOOTH*. S.l.: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. 2006.
- Alvarez, M.**, *Qué es HTML. desarrolloweb*. 2001.
- Andrade, G.**, *Diseño e implementación de un módulo didáctico para la medición del ritmo cardíaco mediante la técnica de pulsometría* [en línea]. S.l.: ESPE. 2015. [Consulta: 20 octubre 2018]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/10100/T-ESPEL-ENI-0354.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- ARDUINO, MB0016: OEM ARDUINO NANO V3.0**. [en línea]. S.l.: [sin fecha]. [Consulta: 22 octubre 2018]. Disponible en: <http://www.agspecinfo.com/pdfs/M/MB0016.PDF>.
- AUTODESK.SUPPORT**, *Requisitos del sistema de los productos de Autodesk Inventor 2017. Inventor*. 2017.
- Cardier, M. et.al**, *Telemedicina. estado actual y perspectivas futuras en audiología y otología. REV. MED. CLIN. CONDES*, 2016. p. 8. DOI 10.1016/j.rmclc.2016.11.016.
- Castro, L. et.al**, *Explorando los impactos de la rfid en los procesos de negocios de una cadena de suministro. Technology Management Innovation*, 2006. p. 31-32.
- Cóbo A.**, *Tecnologías para el desarrollo de aplicaciones web*. Díaz de Sa. España: Díaz de Santos. 2005.
- Coronel, J.**, *Características de APP INVENTOR. blogspot*. 2017.
- DALLAS SEMICONDUCTOR CORPORATION.**, *Extremely Accurate I2C-Integrated RTC/TCXO/Crystal*. [en línea]. S.l.: 2006. [Consulta: 23 octubre 2018]. Disponible en: www.maxim-ic.com.
- Diaz, A.**, *Diseño de un sistema automatizado de seguridad contra intrusion en un edificio de departamentos utilizando el estándar de tecnología inalámbrica ZIGBEE*. S.l.: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2010.
- ELECTRÓNICA S.A**, *Sensor de pulso amplificado*. . República del Salvador: 2015.
- Enríquez, R.**, *Guía de Usuario de Arduino*. 2009. San Francisco, California: Universidad de Córdoba. 2009.

- ESPRESSIF SYSTEMS, ESP8266EX** Datasheet. [en línea]. S.l.: 2015. [Consulta: 23 octubre 2018]. Disponible en: <http://bbs.espressif.com/>.
- Faure, A., et.al** Intel Galileo. *Facultad de ciencias exactas y naturales, Universidad Nacional del nordeste*, 2016. p. 9.
- Figeroa, A.**, Enfermedades cardiovasculares: los 7 tipos más comunes y sus síntomas. . 2018.
- Gallo, J.**, *Diseño y construcción de un prototipo para el monitoreo inalámbrico de pulso cardíaco en tiempo real con GPS* [en línea]. S.l.: ESPOCH. 2016. [Consulta: 20 octubre 2018]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5975/1/108T0158.pdf>.
- Hernández , et.al** Análisis comparativo entre el rfid y otras tecnologías de información inalámbricas aplicables al control de la gestión logística. Hernández. *Logística y cadena de suministros: tendencias y desafíos en México*. México: Facultad de ingeniería química, Universidad autónoma de Yucatán, 2016. pp. 6-7.
- Intriago, M.**, *Análisis del comportamiento de la comunicación inalámbrica en el sistema integrado ambulatorio de presión arterial*; [en línea]. S.l.: Universidad Técnica de Ambato. 2018. [Consulta: 14 noviembre 2018]. Disponible en: http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27206/1/Tesis_t1364ec.pdf.
- Macgill, M.**, ¿Qué es la frecuencia cardíaca? ¿Cuál es la normal? *MEDICAL NEWS TODAY*. 2016.
- Mayné, J.**, Estado actual de las comunicaciones inalámbricas. *SILICA*, 2005. p. 21-22.
- Mendiguren A.**, *Un electrocardiógrafo inteligente de bajo coste* [en línea]. S.l.: Universidad de País Vasco. 2014. [Consulta: 20 octubre 2018]. Disponible en: https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/13185/AMariel_memoria_PFG_120614.pdf.
- Núñez, C.**, et.al. Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina. *Ingeniería y desarrollo*, 2009. p. 18.
- Ochoa, A.**, et.al. Sistema de Adquisición y Procesamiento de Señales Electrocardiográficas. [en línea]. México: [sin fecha]. [Consulta: 20 octubre 2018]. Disponible en: http://www.iiis.org/CDs2010/CD2010CSC/CIIT_2010/PapersPdf/NA117CZ.pdf.
- Ochoa, A.** et.al. MATA, W., GONZÁLEZ, A., MENA, L.J. y FÉLIX, V., Prototipo para la adquisición y procesamiento de bioseñales cardíacas con tecnología inalámbrica. [en línea]. México: 2016. [Consulta: 20 octubre 2018]. Disponible en: <http://www.iiis.org/CDs2016/CD2016Summer/papers/CA794HD.pdf>.
- Ortiz, F.**, et.al. Implementación de un Prototipo Inalámbrico para Monitoreo de Pacientes

Ambulatorios, utilizando Sensores de Presión Arterial y Ritmo Cardíaco. *JIEE* [en línea]. Quito: 2017. [Consulta: 20 octubre 2018]. Disponible en: http://ciecfie.epn.edu.ec/wss/VirtualDirectories/80/JIEE/historial/XXVII/Contenido/MEMORIAS_XXVII-286-293.pdf.

Oxímetro, Cómo funciona el oxímetro de pulso. *Oxímetro*. 2014.

Palacios, J., *Sistema de monitoreo de pulso cardiaco, temperatura y saturación de oxígeno por conexión inalámbrica P R E S E N T A UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA* [en línea]. S.l.: Universidad autónoma de México. 2017. [Consulta: 20 octubre 2018]. Disponible en: [http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/14045/tesisRv3 Final.pdf?sequence=3](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/14045/tesisRv3%20Final.pdf?sequence=3).

Paredes, M., *Implementación de un prototipo de WSN con nodos inteligentes para el sistema de riego aplicado a la agricultura de precisión para el CER – ESPOCH*. [en línea]. S.l.: ESPOCH. 2017. [Consulta: 11 octubre 2018]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7956/1/98T00173.pdf>.

Parra, J. et.al, *Monitor de signos vitales portátil* [en línea]. s.l.: universidad san buenaventura cali. 2011. [Consulta: 20 octubre 2018]. Disponible en: https://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/1411/1/Monitor_Signos_Vitales_Parra_2011.pdf.

Pastrano, L., *Diseño e implementación de un sistema electrónico para la conducción segura, basado en monitorización de señales biométricas, utilizando tecnologías GSM, GPRS*. S.l.: ESPOCH. 2017.

Rubió, F., Marco de Implementación de un Servicio de Telemedicina. , 2016. p. 82.

Ruilova, et.al, *Prototipo de telecontrol de una red inalámbrica de sensores para seguridad y acciones básicas del hogar, aplicado a personas con discapacidad motriz en extremidades inferiores, basado en tarjetas de desarrollo*. S.l.: ESPOCH. 2017.

Ruz, M., Delitos Informáticos. [en línea]. [sin fecha]. [Consulta: 27 noviembre 2018]. Disponible en: <https://www.delitosinformaticos.com/especial/seguridad/mecanismos.shtml>.

Salcedo, M., *Minicomputador educacional de bajo costo Raspberry Pi: Primera parte*. 2015. S.l.: s.n. 2015.

Styger, E., Using the HC-06 Bluetooth Module by Erich Styger. , 2013. p. 68.

Tintín, E., *Diseño y elaboración de un prototipo monitor de signos vitales aplicando métodos no*

- invasivos con comunicación de datos a dispositivos móviles* [en línea]. S.l.: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. 2015. [Consulta: 20 octubre 2018]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7982/1/UPS-CT004847.pdf>.
- Tortosa, A.**, Sistema cardiovascular: anatomía. [en línea]. Barcelona: [sin fecha]. [Consulta: 20 octubre 2018]. Disponible en: [https://www.infermeravirtual.com/files/media/file/100/Sistema cardiovascular.pdf?1358605522](https://www.infermeravirtual.com/files/media/file/100/Sistema%20cardiovascular.pdf?1358605522).
- Valdés, D.**, Los diferentes lenguajes de programación para la web. *Maestros del web* . 2007.
- Vallejo, G.**, *Sistema de Monitoreo de Signos Vitales y Alerta de Accidentes para Personas con Problemas de Movilidad*. S.l.: Universidad Técnica de Ambato. 2015.
- Ventura, V.**, Conexión Bluetooth con módulo HC-06. *Polaridad.es*. 2016.
- Villagrán, E.**, *Diseño y construcción de un sistema para control de dispositivos eléctricos dentro de una vivienda empleando tecnología Bluetooth*. S.l.: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. 2008.
- Yaskelly, Y.**, Impacto de las tecnologías de telecomunicaciones en los patrones de comunicación organizacional. *Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 2005. p. 16-18.

ANEXOS

Anexo 1 Hojas técnica de los materiales que conforman los prototipos

Arduino Nano

Product Overview

The Arduino Nano is a small, complete, and breadboard-friendly board based on the ATmega328 (Arduino Nano 3.0) or ATmega168 (Arduino Nano 2.x). It has more or less the same functionality of the Arduino Duemilanove, but in a different package. It lacks only a DC power jack, and works with a Mini-B USB cable instead of a standard one. The Nano was designed and is being produced by Gravitech.

Index

Technical Specifications

How to use Arduino
Programming Environment, Basic Tutorials

Terms & Conditions

Page 2

Page 6

Page 7

Technical Specification

Arduino Nano 3.0 (ATmega328): [schematic](#), [Eagle files](#).

Arduino Nano 2.3 (ATmega168): [manual](#) (pdf), [Eagle files](#). Note: since the free version of Eagle does not handle more than 2 layers, and this version of the Nano is 4 layers, it is published here unrouted, so users can open and use it in the free version of Eagle.

Summary

Microcontroller	Atmel ATmega168 or ATmega328
Operating Voltage (logic level)	5 V
Input Voltage (recommended)	7-12 V
Input Voltage (limits)	6-20 V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	8
DC Current per I/O Pin	40 mA
Flash Memory	16 KB (ATmega168) or 32 KB (ATmega328) of which 2 KB used by bootloader
SRAM	1 KB (ATmega168) or 2 KB (ATmega328)
EEPROM	512 bytes (ATmega168) or 1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz
Dimensions	0.73" x 1.70"

the board

Communication

The Arduino Nano has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega168 and ATmega328 provide UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An FTDI FT232RL on the board channels this serial communication over USB and the FTDI drivers (included with the Arduino software) provide a virtual com port to software on the computer. The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the FTDI chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Nano's digital pins.

The ATmega168 and ATmega328 also support I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. To use the SPI communication, please see the ATmega168 or ATmega328 datasheet.

Programming

The Arduino Nano can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Diecimila, Duemilanove, or Nano w/ ATmega168" or "Arduino Duemilanove or Nano w/ ATmega328" from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorial](#).

The ATmega168 or ATmega328 on the Arduino Nano comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Nano is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the FT232RL is connected to the reset line of the ATmega168 or ATmega328 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Nano is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Nano. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

Power

The Arduino Nano can be powered via the Mini-B USB connection, 6-20V unregulated external power supply (pin 30), or 5V regulated external power supply (pin 27). The power source is automatically selected to the highest voltage source.

The FTDI FT232RL chip on the Nano is only powered if the board is being powered over USB. As a result, when running on external (non-USB) power, the 3.3V output (which is supplied by the FTDI chip) is not available and the RX and TX LEDs will flicker if digital pins 0 or 1 are high.

Memory

The ATmega168 has 16 KB of flash memory for storing code (of which 2 KB is used for the bootloader); the ATmega328 has 32 KB, (also with 2 KB used for the bootloader). The ATmega168 has 1 KB of SRAM and 512 bytes of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)); the ATmega328 has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM.

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Nano can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the FTDI USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Nano has 8 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **I²C: 4 (SDA) and 5 (SCL).** Support I²C (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the Wiring website).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and ATmega168 ports](#).

1. General Overview

1.1. Introduction

Espressif Systems' Smart Connectivity Platform (ESCP) is a set of high performance, high integration wireless SOCs, designed for space and power constrained mobile platform designers. It provides unsurpassed ability to embed WiFi capabilities within other systems, or to function as a standalone application, with the lowest cost, and minimal space requirement.

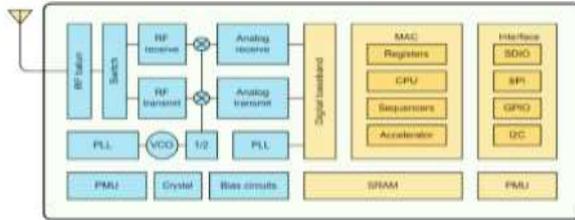


Figure 1 ESP8266EX Block Diagram

ESP8266EX offers a complete and self-contained WiFi networking solution; it can be used to host the application or to offload WiFi networking functions from another application processor. When ESP8266EX hosts the application, it boots up directly from an external flash. It has integrated cache to improve the performance of the system in such applications.

Alternatively, serving as a WiFi adapter, wireless internet access can be added to any micro controller-based design with simple connectivity (SPI/SDIO or I2C/UART interface).

ESP8266EX is among the most integrated WiFi chip in the industry; it integrates the antenna switches, RF balun, power amplifier, low noise receive amplifier, filters, power management modules. It requires minimal external circuitry, and the entire solution, including front-end module, is designed to occupy minimal PCB area.

ESP8266EX also integrates an enhanced version of Tensilica's L106 Diamond series 32-bit processor, with on-chip SRAM, besides the WiFi functionalities. ESP8266EX is often integrated with external sensors and other application specific devices through its GPIOs; sample codes for such applications are provided in the software development kit (SDK).

Espressif Systems' Smart Connectivity Platform (ESCP) demonstrates sophisticated system-level features include fast sleep/wake context switching for energy-efficient VoIP, adaptive radio biasing for low-power operation, advance signal processing, and spur cancellation and radio co-existence features for common cellular, Bluetooth, DDR, LVDS, LCD interference mitigation.

1.2. Features

- 802.11 b/g/n
- Integrated low power 32-bit MCU
- Integrated 10-bit ADC
- Integrated TCP/IP protocol stack
- Integrated TR switch, balun, LNA, power amplifier and matching network
- Integrated PLL, regulators, and power management units
- Supports antenna diversity
- WiFi 2.4 GHz, support WPA/WPA2
- Support STA/AP/STA+AP operation modes
- Support Smart Link Function for both Android and iOS devices
- SDIO 2.0, (H) SPI, UART, I2C, I2S, IR Remote Control, PWM, GPIO
- STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO
- A-MPDU & A-MSDU aggregation & 0.4s guard interval
- Deep sleep power <10uA, Power down leakage current < 5uA
- Wake up and transmit packets in < 2ms
- Standby power consumption of < 1.0mW (DTIM3)
- +20 dBm output power in 802.11b mode
- Operating temperature range -40C - 125C
- FCC, CE, TELEC, WiFi Alliance, and SRRC certified

1.3. Parameters

Table 1 Parameters

Categories	Items	Values
WiFi Parameters	Certificates	FCC/CE/TELEC/SRRC
	WiFi Protocols	802.11 b/g/n
	Frequency Range	2.4G-2.5G (2400M-2483.5M)
	Tx Power	802.11 b: +20 dBm
		802.11 g: +17 dBm
		802.11 n: +14 dBm
	Rx Sensitivity	802.11 b: -91 dBm (11 Mbps)
802.11 g: -75 dBm (54 Mbps)		
802.11 n: -72 dBm (MCS7)		
Types of Antenna	PCB Trace, External, IPEX Connector, Ceramic Chip	
Hardware Parameters	Peripheral Bus	UART/SDIO/SPI/I2C/I2S/IR Remote Control
	Peripheral Bus	GPIO/PWM
	Operating Voltage	3.0~3.6V
	Operating Current	Average value: 80mA
	Operating Temperature Range	-40°~125°
	Ambient Temperature Range	Normal temperature
	Package Size	3x5mm
External Interface	N/A	
Software Parameters	WiFi mode	station/wiFiAP/SoftAP+station
	Security	WPA/WPA2
	Encryption	WEP/TKIP/AES
	Firmware Upgrade	UART Download / OTA (via network)
	Software Development	Supports Cloud Server Development / SDK for custom firmware development
Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP	

2. Hardware Overview

2.1. Pin Definitions

The pin assignments for 32-pin QFN package is illustrated in Fig.2.

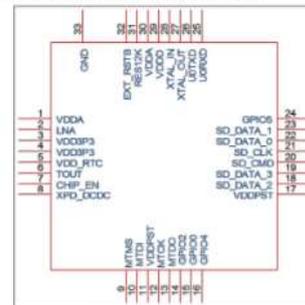


Figure 2 Pin Assignments

Table 2 below presents an overview on the general pin attributes and the functions of each pin.

Table 2 Pin Definitions

Pin	Name	Type	Function
1	VDDA	P	Analog Power 3.0 ~3.6V
2	LNA	I/O	RF Antenna Interface. Chip Output Impedance=50Ω No matching required but we recommend that the n-type matching network is retained.
3	VDD3P3	P	Amplifier Power 3.0~3.6V
4	VDD3P3	P	Amplifier Power 3.0~3.6V
5	VDD_RTC	P	NC(1.1V)

1. Product's picture

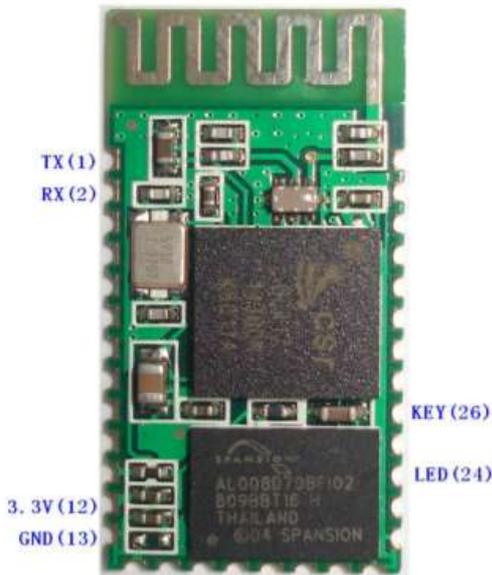


Figure 1 A Bluetooth module

www.wavem.com Phone: 020-84083341 Fax: 020-84332079 QQ: 1043073574
 Address: Room 527, No.13, Jiangong Road, Tianhe software park, Tianhe district, Guangzhou Post: 510660
 Technology consultant: zhangqun@wavem.com Business consultant: sales@wavem.com
 Complaint and suggestion: wuwendu@outlook.com

2. Feature

- Wireless transceiver
 - Sensitivity (Bit error rate) can reach -80dBm.
 - The change range of output's power: -4 - +6dBm.
- Function description (perfect Bluetooth solution)
 - Has an EDR module; and the change range of modulation depth: 2Mbps - 3Mbps.
 - Has a build-in 2.4GHz antenna; user needn't test antenna.
 - Has the external 8Mbit FLASH
 - Can work at the low voltage (3.1V~4.2V). The current in pairing is in the range of 30~40mA. The current in communication is 8mA.
 - Standard HCI Port (UART or USB)
 - USB Protocol: Full Speed USB1.1, Compliant With 2.0
 - This module can be used in the SMD.
 - It's made through RoHS process.
 - The board PIN is half hole size.
 - Has a 2.4GHz digital wireless transceiver.
 - Bases at CSR BC04 Bluetooth technology.
 - Has the function of adaptive frequency hopping.
 - Small (27mm×13mm×2mm)
 - Peripherals circuit is simple.
 - It's at the Bluetooth class 2 power level.
 - Storage temperature range: -40℃ - 85℃, work temperature range: -25℃ - +75℃
 - Any wave inter Interference: 2.4MHz, the power of emitting: 3 dBm.
 - Bit error rate: 0. Only the signal decays at the transmission link, bit error may be produced. For example, when RS232 or TTL is being processed, some signals may decay.
- Low power consumption
- Has high-performance wireless transceiver system
- Low Cost

www.wavem.com Phone: 020-84083341 Fax: 020-84332079 QQ: 1043073574
 Address: Room 527, No.13, Jiangong Road, Tianhe software park, Tianhe district, Guangzhou Post: 510660
 Technology consultant: zhangqun@wavem.com Business consultant: sales@wavem.com
 Complaint and suggestion: wuwendu@outlook.com

- Application fields:
 - Bluetooth Car Handsfree Device
 - Bluetooth GPS
 - Bluetooth PC/MCIA, USB Dongle
 - Bluetooth Data Transfer
- Software
 - CSR

3. PINs description

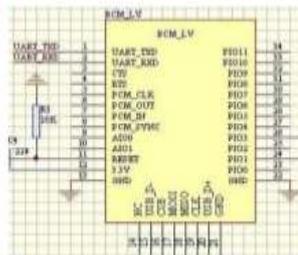


Figure 3 PIN configuration

The PINs at this block diagram is as same as the physical one.

PIN Name	PIN #	Pad type	Description	Note
GND	13 21 22	VSS	Ground pot	
1V8	14	VDD	Integrated 1.8V (+) supply with On-chip linear regulator output within 1.7-1.9V	
VCC	12	3.3V		
AIO0	9	Bi-Directional	Programmable input/output line	
AIO1	10	Bi-Directional	Programmable input/output line	

www.wavem.com Phone: 020-84083341 Fax: 020-84332079 QQ: 1043073574
 Address: Room 527, No.13, Jiangong Road, Tianhe software park, Tianhe district, Guangzhou Post: 510660
 Technology consultant: zhangqun@wavem.com Business consultant: sales@wavem.com
 Complaint and suggestion: wuwendu@outlook.com

HC-04/06 master device has a function of remembering the last paired slave device. As a master device, it will search the last paired slave device until the connection is built. But if the WAKEUP bottom is pressed, HC-04/06 will lose the memory and research the new slave device.

6. Debugging device

6.1 Device

PC, hardware, 3G, 3G Frequency Counter (SP3386), 3.15V DC power supply, Shielding, Bluetooth Test box.

6.2 Software

7. Characteristic of test

	Test Condition 25℃ RH 65%			
	Min	Typ	Max	Unit
1. Carrier Freq. (ISM Band)	2.4	2.4835		MHz
2. RF O/P Power	-6	2	4	dBm
3. Step size of Power control	2		8	dB
4. Freq. Offset (Typical Carrier freq.)	-75		75	KHz
5. Carrier Freq. drift (Hopping on, drift rate/50uS)	1 slot packet	-25	25	KHz
	3 slot packet	-40	-40	KHz
6. Average Freq. Deviations (Hopping off, modulation)	140		175	KHz
	Freq. Deviation	115		KHz
Ratio of Freq. Deviation	0.8			
7. Receive Sensitivity @<0.1% BER (Bit error rate)	-83			dBm

DALLAS SEMICONDUCTOR MAXIM
Extremely Accurate I²C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

General Description

The DS3231 is a low-cost, extremely accurate I²C real-time clock (RTC) with an integrated temperature-compensated crystal oscillator (TCXO) and crystal. The device incorporates a battery input, and maintains accurate timekeeping when main power to the device is interrupted. The integration of the crystal resonator enhances the long-term accuracy of the device as well as reduces the parts-per cost in a manufacturing line. The DS3231 is available in commercial and industrial temperature ranges, and is offered in a 16-pin, 300-mil SMD package. The RTC maintains seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The date at the end of the month is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with an AM/PM indicator. Two programmable time-of-day alarms and a programmable square-wave output are provided. Address and data are transferred serially through an I²C bidirectional bus.

A precision temperature-compensated voltage reference and comparator circuit monitors the status of V_{CC} to detect power failures, to provide a reset output, and to automatically switch to the backup supply when necessary. Additionally, the RST pin is monitored as a pushbutton input for generating a reset externally.

Applications

- Server, Utility Power Meters
- Terminics, GPS

Pin Configuration appears at end of data sheet.

Features

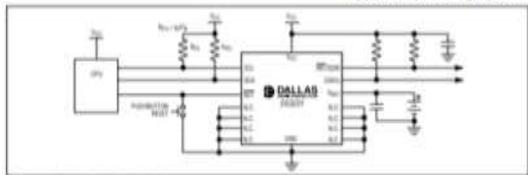
- Accuracy ±3ppm from 0°C to +40°C
- Accuracy ±3.0ppm from -40°C to +85°C
- Battery Backup Input for Continuous Timekeeping
- Operating Temperature Ranges: Commercial: 0°C to +70°C, Industrial: -40°C to +85°C
- Low Power Consumption
- Real-Time Clock Counts Seconds, Minutes, Hours, Day, Date, Month, and Year with Leap Year Compensation Valid Up to 2100
- Two Time-of-Day Alarms
- Programmable Square-Wave Output
- Fast (400kHz) I²C Interface
- 3.3V Operation
- Digital Temp Sensor Output: ±3°C Accuracy
- Register for Aging Trim
- RST Output/Pushbutton Reset Debounce Input
- Underwriters Laboratory (UL) Recognized

Ordering Information

PART	TEMP RANGE	FIN PACKAGE	TYP. QTY. (REF.)
DS3231B	0°C to +70°C	16 SO	2500
DS3231C	-40°C to +85°C	16 SO	2500
DS3231M	0°C to +70°C	16 SO	2500
DS3231R	-40°C to +85°C	16 SO	2500

† Denotes a RoHS-compliant device that may include lead that is exempt under RoHS requirements. The lead finish is 62/36/2 category 4B and is compatible with both lead-based and lead-free soldering processes. A "W" anywhere on the part name denotes a WIP (work-in-progress) device.

Typical Operating Circuit



DALLAS MAXIM Maxim Integrated Products 1
 For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

Extremely Accurate I²C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Voltage Range on V _{CC} , V _{BAT} , SCL, SDA, RST, INT/SQW Relative to Ground	-0.3V to +6.0V	Storage Temperature Range	-40°C to +85°C
Operating Temperature Range (noncondensing)	-40°C to +85°C	Lead Temperature (Soldering, 10s)	+260°C/10s
Junction Temperature	+125°C	Soldering Temperature (See the Handling PC Board Layout, and Assembly section)	

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

(T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V _{CC}		2.3	3.3	5.5	V
	V _{BAT}		2.3	3.0	5.5	V
Logic 1 Input SDA, SCL	V _{IN}	0.7 × V _{CC} + 0.3			V _{CC} + 0.3	V
Logic 0 Input SDA, SCL	V _{IL}		-0.3		+0.3 × V _{CC}	V
Pullup Voltage (SDA, SCL, 32kHz INT/SQW)	V _{PUL}	V _{CC} = 0V			5.5V	V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = 2.3V to 5.5V, V_{CC} = Active Supply (see Table 1), T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Typical values are at V_{CC} = 3.3V, V_{BAT} = 3.0V, and T_A = +25°C, unless otherwise noted.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Active Supply Current	I _{CCA}	(Notes 3, 4)				
		V _{CC} = 3.63V		300		μA
Standby Supply Current	I _{CCS}	PC bus inactive, 32kHz output on, SQW output off (Note 4)		110		μA
		V _{CC} = 5.5V		170		
Temperature Conversion Current	I _{CCCONV}	PC bus inactive, 32kHz output on, SQW output off		575		μA
Power-Fail Voltage	V _{PF}		2.45	2.975	2.70	V
Logic 0 Output, 32kHz, INT/SQW, SDA	V _{OL}	I _{OL} = 3mA		0.4		V
Logic 0 Output, RST	V _{OL}	I _{OL} = 1mA		0.4		V
Output Leakage Current 32kHz, INT/SQW, SDA	I _{LO}	Output high impedance	-1	0	+1	μA
Input Leakage SCL	I _{LI}		-1		+1	μA
RST Pin (I/O Leakage (V _{CC} Active))	I _{LR}	RST high impedance (Note 6)	-200		+10	μA
V _{BAT} Leakage Current (V _{CC} Active)	I _{BATLKG}			25	100	nA

DALLAS MAXIM

Extremely Accurate I²C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = 2.3V to 5.5V, V_{CC} = Active Supply (see Table 1), T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Typical values are at V_{CC} = 3.3V, V_{BAT} = 3.0V, and T_A = +25°C, unless otherwise noted.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Frequency	f _{OUT}	V _{CC} = 3.3V or V _{BAT} = 3.3V		32 768		kHz
Frequency Stability vs. Temperature (Commercial)	Δf/f	V _{CC} = 3.3V or V _{BAT} = 3.3V, aging offset = 00h	0°C to +40°C		±2	ppm
			>+40°C to +70°C		±3.5	
Frequency Stability vs. Temperature (Industrial)	Δf/f	V _{CC} = 3.3V or V _{BAT} = 3.3V, aging offset = 00h	-40°C to +0°C		±3.5	ppm
			0°C to +40°C		±2	
Frequency Stability vs. Voltage	Δf/f	V _{CC} = 3.3V or V _{BAT} = 3.3V	-40°C to +85°C		1	ppm/V
					0.7	
Trim Register Frequency Sensitivity per LSB	Δf/LSB	Specified at	+25°C		0.1	ppm
			+70°C		0.4	
			+85°C		0.8	
Temperature Accuracy	Temp	V _{CC} = 3.3V or V _{BAT} = 3.3V	-3		+3	°C
Crystal Aging	Δf/f	After reflow, not production tested	First year		±1.0	ppm
			0-10 years		±5.0	

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = 0V, V_{BAT} = 2.3V to 5.5V, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Active Battery Current	I _{BATA}	EDSC = 0, BBSQW = 0, SCL = 400kHz (Note 4)		70		μA
Timekeeping Battery Current	I _{BATT}	EDSC = 0, BBSQW = 0, EN32kHz = 1, SCL = SDA = 0V or SCL = SDA = V _{BAT} (Note 4)	V _{BAT} = 3.63V	0.84	3.0	μA
			V _{BAT} = 5.5V	1.0	3.5	
Temperature Conversion Current	I _{BATC}	EDSC = 0, BBSQW = 0, SCL = SDA = 0V or SCL = SDA = V _{BAT}	V _{BAT} = 3.63V		575	μA
			V _{BAT} = 5.5V		650	
Data Retention Current	I _{BATDR}	EDSC = 1, SCL = SDA = 0V, +25°C		100		nA

DALLAS MAXIM

Extremely Accurate I²C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = V_{CC(MIN)} to V_{CC(MAX)} or V_{BAT} = V_{BAT(MIN)} to V_{BAT(MAX)}, V_{BAT} > V_{CC}, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SCL Clock Frequency	f _{SCL}	Fast mode		100	400	kHz
		Standard mode		0	100	
Bus Free Time Between STOP and START Conditions	t _{BUF}	Fast mode		1.3		μs
		Standard mode		4.7		
Hold Time (Repeated) START Condition (Note 8)	t _{HOLD-STA}	Fast mode		0.6		μs
		Standard mode		4.0		
Low Period of SCL Clock	t _{LOW}	Fast mode		1.3		μs
		Standard mode		4.7		
High Period of SCL Clock	t _{HIGH}	Fast mode		0.6		μs
		Standard mode		4.0		
Data Hold Time (Notes 7, 8)	t _{HOLD-DAT}	Fast mode		0	0.9	μs
		Standard mode		0	0.9	
Data Setup Time (Note 9)	t _{SU-DAT}	Fast mode		100		ns
		Standard mode		250		
Start Setup Time	t _{SU-STA}	Fast mode		0.6		μs
		Standard mode		4.7		
Rise Time of Both SDA and SCL Signals (Note 10)	t _R	Fast mode		30	300	ns
		Standard mode		0, 1C _D	1000	
Fall Time of Both SDA and SCL Signals (Note 10)	t _F	Fast mode		30	300	ns
		Standard mode		0, 1C _D	300	
Setup Time for STOP Condition	t _{SU-STD}	Fast mode		0.6		μs
		Standard mode		4.7		
Capacitive Load for Each Bus Line (Note 10)	C _D			400		pF
Capacitance for SDA, SCL	C _{SD}			10		pF
Pulse Width of Spikes that Must Be Suppressed by the Input Filter	t _{SP}			30		ns
Pushbutton Debounce	t _{REB}			250		ms
Reset Active Time	t _{RES}			250		ms
Oscillator Stop Flag (OISF) Delay	t _{OISF}	(Note 11)		100		ms
Temperature Conversion Time	t _{CONV}			125	300	ms

POWER-SWITCH CHARACTERISTICS

(T_A = T_{MIN} to T_{MAX})

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V _{CC} Fall Time: V _{F(MIN)} to V _{F(MAX)}	t _{FCDP}			300		μs
V _{CC} Rise Time: V _{R(MIN)} to V _{R(MAX)}	t _{RCOR}			0		μs
Recovery at Power Up	t _{REC}	(Note 12)		250	300	ms

DALLAS MAXIM

MAXREFDES117#: HEART-RATE AND PULSE-OXIMETRY MONITOR

The MAXREFDES117# reference design is a low power, optical heart-rate module complete with integrated red and IR LEDs, and a power supply. This tiny board, perfect for wearable projects, may be placed on a finger or earlobe to accurately detect heart rate. This versatile module works with both Arduino and mbed platforms for quick testing, development and system integration. A basic, open-source heart-rate and SpO₂ algorithm is included in the example firmware.

The board features 8 sewing tap pads for attachment and quick electrical connection to a development platform.

As with all Maxim reference designs, the BOM, schematics, layout files, and Gerber files are all available from the [Design Resources](#) tab. In addition, boards are available for purchase.

Features

- Optical Heart-Rate Monitor and Pulse Oximetry Solution
- Tiny 12.7mm x 12.7mm (0.5in x 0.5in) Board Size
- Low Power
- Device Drivers
- Free Algorithm
- Example C Source Code For Arduino And mbed Platforms
- Test Data

Competitive Advantages

- Highly-integrated, small-size sensor
- Non-chest based heart-rate/SpO₂ detection
- Ultra-low power consumption

Applications

- Wearables
- Heart-rate monitor
- Pulse oximeter

System Diagram

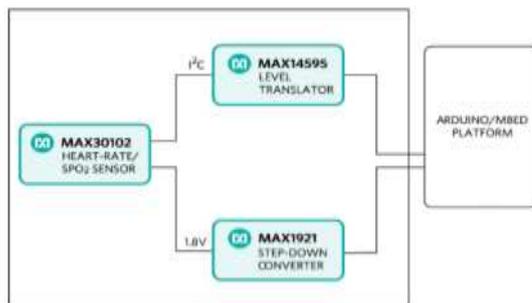


Figure 1. MAXREFDES117# reference design block diagram.

The power requirement is shown in Table 1.

Table 1. Power Requirement for the MAXREFDES117# Reference Design

Input Voltage (V)	Input Current (mA, typ)
2V to 5.5V	1.5mA (3.3V input)

Note: Controller board is powered separately

The MAXREFDES117# reference design is a PPG-based heart-rate and SpO₂ monitor subsystem. The circuit utilizes the MAX30102 heart-rate/SpO₂ sensor with integrated red and IR LEDs. The step-down converter MAX1921 converts the 2V to 5.5V supply input and generates the 1.8V rail for the heart-rate sensor. The MAX14595 level translator provides an interface between the heart-rate/SpO₂ sensor and the controller board, which generally use a different logic level.

MAXREFDES117# System Board



Introduction

Wearable devices hold the potential to transform health and medical monitoring. Heart rate, specifically, provides tremendous insight into heart function and health, during both activity and rest. Innovation and development of both optical semiconductors and lower-power integrated circuits makes the transition to wearables possible. Until now, only large organizations, with deep development budgets, could deliver such advanced products.

MAXREFDES117# delivers the promise of wearable devices to all developers. This unique design measures both heart rate and pulse oximetry. MAXREFDES117# features the MAX30102 with integrated red and IR LEDs for heart-rate and SpO₂ detection. This configuration ideally detects heart rate and pulse on a person's fingertip, earlobe, or other fleshy extremity. The small board size of 12.7mm x 12.7mm (0.5in x 0.5in) is ideal for wearable applications and may be stitched into fabric for immediate prototyping. Firmware is available for both Arduino and mbed platforms, enabling users to develop with virtually any platform. User needs to provide a 2V to 5.5V supply at the power input, perfect for virtually any battery or Arduino and mbed form-factor board.

The MAXREFDES117# design utilizes the heart-rate/SpO₂ sensor (MAX30102), an efficient, low-power step-down converter (MAX1921), and an accurate level translator (MAX14595). The entire design typically operates at less than 5.5mW when using with the example firmware. A block diagram of the system is shown in Figure 1.

Detailed Description of Firmware

The MAXREFDES117# can be used with virtually any microcontroller that has I²C interface. The Arduino and mbed example firmwares have been tested on the following development platforms:

- mbed:
 - Maxim Integrated MAX32690MBED#
 - Freescale FRDM-K64F
 - Freescale FRDM-KL25Z

Arduino:

- Arduino Uno
- Arduino Pro
- Arduino USB
- Arduino Uno

Users may read sampled data, calculated heart rate and SpO₂, through a terminal program, allowing analysis in excel or any third-party software. The simple process flow is shown in Figure 2.



Figure 2. The MAXREFDES117# firmware flowchart.

Anexo 2: Software para el prototipo Bluetooth

```
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"

File myFile;
RTC_DS3231 rtc;

char      daysOfTheWeek[7][12]    =
{"Domingo","Lunes","Martes","Miercoles","Jueves",
"viernes","Sabado"};

char dia_sema[12];

////////////////////////////////////

int pulsePin = 0;          // Sensor de Pulso conectado
                           al puerto A0

// Estas variables son volatiles porque son usadas
// durante la rutina de interrupcion en la segunda Pestaña

volatile int BPM;         // Pulsaciones por minuto

volatile int Signal;      // Entrada de datos del
                           sensor de pulsos

volatile int IBI = 600;   // tiempo entre pulsaciones

volatile boolean Pulse = false; // Verdadero cuando
// la onda de pulsos es alta, falso cuando es Baja

volatile boolean QS = false; // Verdadero cuando
// el Arduino Busca un pulso del Corazon

void setup()
{

pinMode(9, OUTPUT);

Serial.begin(9600);

interruptSetup();

//////////////////////////////////// Configura la
interrupcion para leer el sensor de pulsos cada 2mS

Serial.print("Iniciando SD ...");

if (!SD.begin(10))
{

Serial.println("No se pudo inicializar");

return;

}

Serial.println("inicializacion exitosa");

////////////////////////////////////

if(!SD.exists("datalog.csv"))

if(!SD.exists("datalog.txt"))

{

// myFile = SD.open("datalog.csv",
FILE_WRITE);

myFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);

if (myFile)

{

Serial.println("Archivo nuevo, Escribiendo
encabezado(fila 1)");

//myFile.println("Dia,Mes,Year,Hora,Minutos,Tempe
ratura,Humedad,Caudal");

myFile.println("Dia,Mes,Year,Hora,Minutos,BPM");

myFile.close();

} else

{

Serial.println("Error creando el archivo
datalog.csv");

}

}

////////////////////////////////////

delay(3000); // wait for console opening

if (! rtc.begin())

{

Serial.println("Couldn't find RTC");

while (1);

}

if (rtc.lostPower())
```

```

{
    Serial.println("RTC lost power, lets set the time!");

    // following line sets the RTC to the date & time this
    sketch was compiled

    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__),
    F(__TIME__)));

    }

    ///////////////////////////////////////////////////////////////////

}

void loop()
{
    int pulso = analogRead(0);          //Lee el valor del
    pulsometro conectado al puerto Analogo A0

    if (pulso >= 530)

    {
        // Enciende led 13 cuando el pulso pasa
        de un valor (debe ajustarse)

        digitalWrite(9, HIGH);

    }

    else

    {

        digitalWrite(9, LOW);

    }

    if (QS == true)

    {
        // Bandera del Quantified Self es
        verdadera cuando el Arduino busca un pulso del
        corazon

        QS = false;          // Reset a la bandera del
        Quantified Self

    }

    ///////////////////////////////////////////////////////////////////
    /

    //myFile      =      SD.open("datalog.csv",
    FILE_WRITE);//abre el archivo

    myFile      =      SD.open("datalog.txt",
    FILE_WRITE);//abre el archivo

    if (myFile)

    {

        // Serial.print("Escribiendo SD: ");

        // myFile.print(millis());

        DateTime now = rtc.now();

        // Serial.print(now.day(), DEC);

        // Serial.print("/");

        int dia = now.day();

        myFile.print(dia);

        // Serial.print(dia);

        myFile.print(",");///////////////////////////////////////////////////////////////////

        // Serial.print(",");

        //Serial.print(now.month(), DEC);

        // Serial.print("/");

        int mes = now.month();

        myFile.print(mes);

        // Serial.print(mes);

        myFile.print(",");///////////////////////////////////////////////////////////////////

        // Serial.print(",");

        // Serial.print(now.year(), DEC);

        // Serial.print("/");

        int ano = now.year();

        myFile.print(ano);

        // Serial.print(ano);

        myFile.print(",");///////////////////////////////////////////////////////////////////

        // Serial.print(",")

        /*
        //Serial.print(daysOfTheWeek[now.dayOfTheWeek()
        ]);

        char dia_sema = now.dayOfTheWeek();

        myFile.print(dia_sema);

        Serial.print(dia_sema);

        */

        // Serial.print(now.hour(), DEC);

        // Serial.print(':');

```


Anexo 3: Software del prototipo WiFi

```
////////actualizacion 01/10/2018 time 23:21

#include <ESP8266WiFi.h>

#include <WiFiClient.h>

#include <ESP8266WebServer.h>

#include <Servo.h>

#include <SD.h>

#include <Wire.h>

#include "RTClib.h"

File myFile;

RTC_DS3231 rtc;

char          daysOfTheWeek[7][12]      =
{"Domingo","Lunes","Martes","Miercoles","Jueves","viernes","Sabado"};

char dia_sema[12];

// Set these to your desired credentials.

const char* ssid = "Ritmo Cardiac WIFI";

const char* password = "12345678"; //Password must be at
least 8 characters long

ESP8266WebServer server(80);

void setup()
{
    delay(1000);

    ////////////

    ////////////

    Serial.begin(115200);

    Serial.println();

    Serial.println("Configuring access point...");

    // You can remove the password parameter if you want the
    AP to be open.

    WiFi.softAP(ssid, password);

    IPAddress myIP = WiFi.softAPIP();

    Serial.print("AP Name: ");

    Serial.println(ssid);

    Serial.print("AP IP address: ");

    Serial.println(myIP);

    server.on("/", HTTP_GET, handleRoot);

    server.on("/home", Home);

    server.on("/CONTACTANOS", integrantes);

    server.onNotFound([](){server.send(404, "text/plain",
"404: Not found");});

    server.begin();

    Serial.println("HTTP server started");

    ////////////

    Serial.print("Iniciando SD ...");

    if (!SD.begin(D8))
    {
        Serial.println("No se pudo inicializar");

        return;
    }

    Serial.println("inicializacion exitosa");

    //if(!SD.exists("datalog.csv"))

    if(!SD.exists("datalog.txt"))

    {

        // myFile = SD.open("datalog.csv", FILE_WRITE);

        myFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);

        if (myFile)
        {
```

```

Serial.println("Archivo nuevo, Escribiendo
encabezado(fila 1)");

myFile.println("Dia,Mes,Year,Hora,Minutos,Temperatura,H
umedad,Caudal");

myFile.close();

} else

{

Serial.println("Error creando el archivo datalog.csv");

}

}

////////////////////////////////

#ifndef ESP8266

while (!Serial); // for Leonardo/Micro/Zero

#endif

////////////////////////////////

delay(3000); // wait for console opening

if (! rtc.begin())

{

Serial.println("Couldn't find RTC");

while (1);

}

if (rtc.lostPower())

{

Serial.println("RTC lost power, lets set the time!");

// following line sets the RTC to the date & time this sketch
was compiled

rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));

}

////////////////////////////////

}

```

```

void loop()

{

server.handleClient();

}

void handleRoot()

{

server.send(200, "text/html", "<form action=\"/home \"
method=\"POST\"><h1><center><body
style=\"background-color:SlateBlue\"><input
type=\"submit\" value=\"/HOME\" style=\"height:150px;
width:150px\"></h1></center></form></br>");

}

void Home()

{

String webpage = "<meta name = 'viewport' content = 'width
= device-width'>";

webpage+="<h1><center>Ritmo
Cardiaco</center></h1>";

//webpage+="<h1>Ritmo Cardiaco</h1>";

webpage+= 123;

webpage+=" BPM</h2>";

webpage+="<h2> </h2> ";

webpage+= " <form action=\"/CONTACTANOS\"
method=\"POST\"><input type=\"submit\"
value=\"/CONTACTANOS\"></form>";

```

```
server.send(200, "text/html", webpage);
```

```
server.send(200, "text/html", webpage);
```

```
////////////////////////////////////
```

```
}
```

```
}
```

```
void integrantes()
```

```
{
```

```
String webpage = "<head><meta name = 'viewport' content =  
'width = device-width'><meta http-equiv='refresh'  
content='5'>";
```

```
webpage+="<h1>ESPOCH</h1><h2>";
```

```
webpage+="</head><h1>Facultad de Informatica y  
Electronica</h1><h2>";
```

```
webpage+="</head><h1>Escuela de Ingenieria en  
Electronica Telecomunicaciones y Redes</h1><h2>";
```

```
webpage+="</head><h1>Amanda Karina  
Lesano</h1><h2>";
```

```
webpage+= "  
<form action= '/home '  
method= 'POST'><input type= 'submit'  
value= 'HOME'></form>";
```