



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**“DISEÑO Y EVALUACION DE UN SISTEMA MULTIMODAL
UTILIZANDO REDES WSN Y GPRS PARA TELEMEDICINA
QUE PERMITA TRANSMITIR Y MONITOREAR MEDIDAS
FISIOLOGICAS EN TIEMPO REAL”**

SAIDA SOLEDAD CONTRERAS CASTRO

Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

MAGÍSTER EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES

RIOBAMBA – ECUADOR

Marzo 2018

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICACIÓN:

El Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, titulado “DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA MULTIMODAL UTILIZANDO REDES WSN Y GPRS PARA TELEMEDICINA QUE PERMITA TRANSMITIR Y MONITOREAR MEDIDAS FISIOLÓGICAS EN TIEMPO REAL”, de responsabilidad del Srta. Saida Soledad Contreras Castro ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

DR. JUAN VARGAS GUAMBO

PRESIDENTE

ING. FABRICIO SANTACRUZ SULCA; MSc.

DIRECTOR

ING. OSWALDO MARTÍNEZ GUASHIMA; MSc.

MIEMBRO

ING. RUTH BARBA VERA; MSc;

MIEMBRO

Riobamba, Marzo de 2018

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Saida Soledad Contreras Castro, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación modalidad proyectos de investigación, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Saida Soledad Contreras Castro

N° de Cédula: 0705181279

@ 2018, Saida Soledad Contreras Castro

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

Yo, Saida Soledad Contreras Castro declaro que el presente proyecto de investigación, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación de Maestría.

Saida Soledad Contreras Castro

N° de Cédula: 0705181279

DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios, mi padre Emiliano C; es el hombre que me enseñó que nada es imposible cuando existe los medios suficientes para lograr, y esos medios los creo yo para ser lo que deseo ser. A mi madre una mujer encantadora, sufrida por luchar por nosotros y querer que seamos lo que ella no pudo lograr y por ella y por el estoy donde estoy luchando por un mejor bienestar para ellos.

A José Luis que se sumó a esta aventura mía estudiantil donde por varias noches no durmió por ayudarme a culminar una tarea o solo por hacerme compañía porque observaba que ya no podía y no quería dejarme sola.

A Vinicio que como siempre ahí constantemente siendo mi aliento a sobresalir y a mis dos hermanos que siempre están ahí cuando los necesito.

Todo lo que hago ahora es dedicado a ellos pilares fundamentales de mi vida ahora y siempre en este mundo.

Saida

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por permitirme llegar a esta meta, a mis padres por darme la fuerza y la voluntad de seguir adelante a José Luis por estar siempre apoyándome en mi estudio y ser mi compañía en esos días fríos y solitarios con bastas tareas y la noche que caía, a mis hermanos Vinicio que siempre creyó en mí y apoyo mis aventuras estudiantiles a Rommel y Jihson que indistintamente siempre estuvieron ahí con su presencia, gracias a todas las personas que fueron importantes para llegar aquí.

A mis adorables miembros de tribunal y tutor que sin ellos no lo hubiera logrado culminar esta meta. Gracias a todos los presentes por acompañarme.

Además, un agradecimiento especial a mi tutor Ing. Fabricio Santacruz, a mis queridos miembros de tribunal que les debo mucho por ese apoyo constante Ing. Oswaldo Martínez un excelente compañero de trabajo que ha dedicado mucho tiempo en ayudarme en esta meta y a mi querida Ing. Ruth Barba que siempre predispuesta con sus observaciones para salir adelante.

CONTENIDO

RESUMEN.....	XX
ABSTRACT.....	XXI

CAPITULO I

1. MARCO REFERENCIAL	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes	1
1.3. Justificación	2
1.4. Objetivos	4
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	4
1.4.2. <i>Objetivo Específico</i>	4
1.5. Hipótesis.....	5

CAPITULO II

2. MARCO METODOLOGICO.....	6
2.1. ESTÁNDAR IEEE 802.11 WIFI.....	6
2.1.1. <i>Topología de Red 802.11</i>	7
2.2. ESTÁNDAR IEEE 802.16 WIMAX	8
2.2.1. <i>Funcionamiento del Estándar 802.16</i>	11
2.3. ESTÁNDAR IEEE 802.15.1 BLUETOOTH.....	12
2.3.1. <i>Características del estándar Bluetooth</i>	13
2.3.2. <i>Funcionamiento del Bluetooth</i>	14
2.3.3. <i>Forma de Trasmisión</i>	14
2.3.4. <i>Tipos de Enlace</i>	15
2.3.4.1. <i>SCO (Enlace de sincronización de conexión orientado)</i>	15
2.3.4.2. <i>ACL (Enlace asincrónico de baja conexión)</i>	15
2.3.5. <i>Especificaciones Técnicas</i>	15
2.4. ESTÁNDAR IEEE 802.15.4 (ZIGBEE)	16
2.4.2. <i>Estructura del Estándar IEEE 802.15.4</i>	18
2.4.3. <i>Tráfico de datos ZIGBEE o estándar IEEE 802.15.4</i>	19
2.4.4. <i>Seguridad de la tecnología ZIGBEE</i>	20
2.4.5. <i>Aplicaciones de la tecnología ZIGBEE</i>	20

2.4.6.	Dispositivos ZIGBE	21
2.4.6.1.	Coordinador	21
2.4.6.1.1.	Inicialización	21
2.4.6.1.2.	Operación Normal	22
2.4.6.1.3.	Operación del centro de Validación	22
2.4.6.2.	Router	23
2.4.6.2.1.	Inicialización	23
2.4.6.2.2.	Operación Normal	23
2.4.6.3.	Dispositivo Final	24
2.4.6.3.1.	Inicialización	24
2.4.6.3.2.	Operación Normal	25
2.4.7.	Ventajas y Desventajas del Estándar ZIGBEE	26
2.4.7.1.	Ventajas del estándar ZIGBEE	26
2.4.7.2.	Desventajas del estándar ZIGBEE	26
2.5.	TECNOLOGÍA MÓVIL	27
2.5.1.	Características de la tecnología móvil	27
2.5.2.	Tipos de tecnología móvil	30
2.5.2.1.	La primera generación (1G)	30
2.5.2.1.1.	Características	30
2.5.2.2.	Redes GSM y GPRS (2G)	31
2.5.2.2.1.	Características	31
2.5.2.2.2.	Generación 2.5 G	32
2.5.2.3.	Uso de la tecnología móvil (3G)	32
2.5.2.3.1.	Características	33
2.5.2.4.	Redes de alta velocidad (4G)	34
2.5.2.4.1.	Características	34
2.5.2.5.	Ventajas de la tecnología móvil	35
2.5.2.6.	Desventajas de la tecnología móvil	36
2.6.	TECNOLOGÍA GPRS	37
2.6.1.	Arquitectura	37
2.6.2.	Tipología de Servicios GPRS	38
2.6.3.	Modem GSM/GPRS	38
2.6.3.1.	Información del Equipo	38
2.6.3.1.1.	Acción realizada por el modulo	39
2.6.3.1.2.	Comandos del servicio de red	39
2.6.3.1.3.	Comandos de seguridad	39
2.6.3.1.4.	Comandos para la agenda de teléfonos	39

2.6.3.1.5. Comandos para SMS.....	40
2.7. ARDUINO UNO.....	40
2.7.1. <i>Concepto de Arduino</i>	40
2.7.2. <i>Características Técnicas del Arduino Uno</i>	41
2.7.3. <i>Instalación de Arduino</i>	42
2.7.3.1. <i>Instalación en Windows</i>	42
2.7.4. <i>Probar el Arduino</i>	43
2.7.5. <i>Pines de entrada y salida de Arduino uno</i>	45
2.7.5.1. <i>Pines Digitales</i>	46
2.7.5.2. <i>Pines Analógicos</i>	46
2.7.6. <i>Arduino IDE</i>	46
2.7.7. <i>Monitor Serial</i>	48
2.7.8. <i>Software de programación de Arduino</i>	49
2.7.9. <i>Hardware de programación de Arduino</i>	49
2.7.10. <i>SHIELDS</i>	50
2.7.11. <i>Módulos Inalámbricos XBEE S1</i>	51
2.7.11.1. <i>Serie 1 vs Serie 2</i>	52
2.7.11.2. <i>Configuración del Módulo XBEE</i>	52

CAPITULO III

3. IMPLEMENTACION DEL PROTOTIPO DE WSN.....	54
3.1. Diseño del Prototipo WSN.....	54
3.2. Implementación del Prototipo WSN.....	54
3.2.1. <i>Sensor de Flujo de Aire</i>	55
3.2.2. <i>Sensor de Temperatura Corporal</i>	55
3.2.3. <i>Sensor de Pulso y Oxígeno en la Sangre (SpO2)</i>	56
3.3. Configuración de los Módulos XBEE S1.....	58
3.4. Configuración del Arduino UNO.....	62
3.5. Elaboración de la Base de los Datos.....	64
3.6. Diseño de la Interfaz	65
3.6.1. <i>Pasos para la creación de la Interfaz</i>	65
3.6.2. <i>Activación de Alarmas</i>	69
3.6.3. <i>Guardar la Información</i>	70
3.6.4. <i>Comunicación Puerto Serial</i>	70
3.7. Conexión con la Base de Datos.....	71
3.8. Funcionamiento del Prototipo de Red.....	71

3.9.	Escenario 1.....	72
3.10.	Escenario 2.....	73
3.11.	Escenario 3.....	74

CAPITULO IV

4.	ANALISIS Y RESULTADOS.....	75
4.1.	Comprobación de la Simulación del Prototipo de Red en NS-2.....	75
4.1.1.	<i>Método a Utilizar</i>	75
4.1.1.1.	<i>Población y Muestra</i>	77
4.1.1.1.1.	<i>Población</i>	77
4.1.1.1.2.	<i>Muestra</i>	78
4.1.2.	<i>Análisis Comparativo</i>	78
4.2.	Comprobación de la Implementación del prototipo de red WSN.....	100
4.2.1.	<i>Método a Utilizar</i>	100
4.2.1.1.	<i>Población y Muestra</i>	100
4.2.1.1.1.	<i>Población</i>	100
4.2.1.1.2.	<i>Muestra</i>	101
4.2.2.	<i>Análisis Comparativo</i>	101
4.2.3.	<i>Comprobación de la Hipótesis</i>	115
	CONCLUSIONES.....	118
	RECOMENDACIONES.....	119

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Estándares del IEEE 802.11.....	6
Tabla 2-2: Características del Estándar 802.16.....	9
Tabla 3-2: Características Técnicas	10
Tabla 4-2: Comparación entre WIMAX vs WIFI	12
Tabla 5-2: Clases de los dispositivos Bluetooth en función de la Potencia	16
Tabla 6-2: Ventajas y Desventajas de Bluetooth	16
Tabla 7-2: Características de la Tecnología Móvil	27
Tabla 8 -2: Características de la Tecnología Móvil	28
Tabla 9 -2: Evolución de la Tecnología Móvil	36
Tabla 10 -2: Características Técnicas del Arduino Uno	41
Tabla 11-2: Algunos parámetros de XBee.....	52
Tabla 1-3: Temperaturas Corporales.....	56
Tabla 2-3: Porcentaje de la oxigenación en la sangre	57
Tabla 3-3: Pulsaciones por minuto	57
Tabla 4-3: Parámetros de configuración XBEE s1.....	60
Tabla 5-3: Tabla de la base de datos.....	65
Tabla 1-4: Datos del método al azar.	76
Tabla 2-4: Tabla Anova.....	77
Tabla 3-4: Muestra de los datos Escenario 1	78
Tabla 4-4: Muestra de los datos Escenario 2	80
Tabla 5-4: Muestra de los datos Escenario 3	81
Tabla 6-4: Promedios de las muestras de los tres escenarios con 100s.	82
Tabla 7-4: Promedios de las muestras de los tres escenarios con 3600s.	83
Tabla 8-4: Varianza del rendimiento (100s)	83
Tabla 9-4: Anova del Rendimiento (100s).....	84
Tabla 10-4: Varianza del retardo (100s).....	86
Tabla 11-4: Anova del Retardo (100s)	86
Tabla 12-4: Varianza del throughput (100s).....	88
Tabla 13-4: Anova del Throughput (100s).....	88
Tabla 14-4: Varianza del consumo de energía (100s).....	90

Tabla 15-4: Anova del Consumo de Energía (100s)	90
Tabla 16-4: Varianza del rendimiento (3600s)	92
Tabla 17-4: Anova del Rendimiento (3600s)	92
Tabla 18-4: Varianza del retardo (3600s)	94
Tabla 19-4: Anova del Retardo (3600s)	94
Tabla 20-4: Varianza del throughput (3600s)	96
Tabla 21-4: Anova del Throughput (3600s)	97
Tabla 22-4: Varianza del consumo de energía (3600s)	98
Tabla 23-4: Anova del Consumo de Energía (3600 s)	99
Tabla 24-4: Captura de datos fisiológicos de la manera manual	101
Tabla 25-4: Captura de datos fisiológicos con el prototipo	105
Tabla 26-4: Varianza del tiempo de respuesta (2m prototipo y 1m tradicional)	109
Tabla 27-4: Anova del tiempo de respuesta (2m prototipo y 1m manual)	109
Tabla 28-4: Varianza del tiempo de respuesta (15m prototipo y 1m tradicional)	111
Tabla 29-4: Anova del tiempo de respuesta (15m prototipo y 1m manual)	111
Tabla 30-4: Varianza del tiempo de respuesta (20m prototipo y 1m tradicional)	113
Tabla 31-4: Anova del tiempo de respuesta (100m prototipo y 1m manual)	114
Tabla 32-4: Valoración	115
Tabla 33-4: Resultados	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Red de sensores inalámbricos.	4
Figura 1-2: Red BSS	7
Figura 2-2: Red ESS	8
Figura 3-2: Estructura de la Trama 802.11	8
Figura 4-2: Topología del Bluetooth.....	13
Figura 5-2: Funcionamiento del Estándar Bluetooth	14
Figura 6-2: Estructura del estándar ZIGBEE.....	18
Figura 7-2: Aplicaciones Zigbee	20
Figura 8-2: Tipos de Dispositivos del estándar Zigbee	21
Figura 9-2: Topología del Estándar ZIGBEE	25
Figura 10-2: Ventajas de la Tecnología Móvil.....	35
Figura 11-2: Arquitectura de GPRS	37
Figura 12-2: Arduino uno.....	41
Figura 13-2: Selección de la placa.....	43
Figura 14-2: Selección del puerto serial.	44
Figura 15-2: Abriendo el programa	44
Figura 16-2: Pines de Arduino digitales y pines analógicos	45
Figura 17-2: Arduino IDE.....	47
Figura 18-2: Monitor Serial de Arduino.....	49
Figura 19-2: Shields oficiales Arduino	50
Figura 20-2: Modulo XBee	51
Figura 1-3: Prototipo de la WSN	54
Figura 2-3: Conexión del sensor de aire.....	55
Figura 3-3: Sensor de temperatura corporal.....	56
Figura 4-3: Sensor de pulso y oxígeno en la sangre	58
Figura 5-3: Pestaña PC settings del software X-CTU.....	59
Figura 6-3: Pestaña Modem configuration del Software X-CTU	59
Figura 7-3: Configuración del CH, PAN ID, DH, DL, MY y AES en el software X-CTU.	61
Figura 8-3: Guardando la configuración en el XBee S1	62
Figura 9-3: Verificación del programa en arduino.....	64
Figura 10-3: Cargando programa en arduino.....	64
Figura 11-3: Abriendo Delphi XE7	66

Figura	12-3: Pantalla principal de la interfaz gráfica.	66
Figura	13-3: Estructura en bloques de la configuración de la interfaz gráfica.	67
Figura	14-3: Ventana para el ingreso de pacientes en la interfaz gráfica.	67
Figura	15-3: Estructura en bloques de la ventana para el ingreso de pacientes.	68
Figura	16-3: Ventana de los signos vitales.	68
Figura	17-3: Estructura de la ventana de la visualización de los signos vitales.	69
Figura	18-3: Visualización de los controles.....	69
Figura	19-3: Puerto ComPort en Delphi EX7	70
Figura	20-3: Conexión de la interfaz con la base de datos.	71
Figura	21-3: Medición de signos vitales	71
Figura	22-3: Medición de signos vitales con prototipo	72
Figura	23-3: Escenario 1 del prototipo.....	72
Figura	24-3: Escenario 2 del prototipo.....	73
Figura	25-3: Transmisión de las medidas Fisiológicas a 437m	73
Figura	26-3: Transmisión de Medidas Fisiológicas a 437 Metros.....	74
Figura	1-4: Promedio del Rendimiento (100s).....	85
Figura	2-4: Promedio del Retardo (100s).....	87
Figura	3-4: Promedio de THROUGHPUT (100s).....	89
Figura	4-4: Promedio de consumo de energía (100s).	91
Figura	5-4: Promedio de rendimiento (3600s).....	93
Figura	6-4: Promedio de retardo (3600s).....	95
Figura	7-4: Promedio de throughput (3600s).	97
Figura	8-4: Promedio del consumo de energía (3600s).....	99
Figura	9-4: Tiempo de respuesta (2m prototipo y 1m manual)	110
Figura	10-4: Tiempo de respuesta (100m prototipo y 1m manual)	112
Figura	11-4: Tiempo de respuesta (437m prototipo y 1m manual)	114
Figura	12-4: Tiempo de respuesta (100 m prototipo y 1m manual)	116
Figura	13-4: Tiempo de respuesta (437 m prototipo y 1m manual)	116

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Datasheet Arduino uno.....	124
Anexo B: Datasheet Xbee s1.....	125
Anexo C: Datasheet Shield XBee.....	126
Anexo D: Instalación de NS2.....	127
Anexo E: Datasheet Sensor de Flujo de Aire.....	129
Anexo F: Datasheet Sensor de Temperatura Corporal.....	130
Anexo G: Health Sensor Shield.....	131
Anexo H: Antena Whip.....	132

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ACRÓNIMO DESCRIPCIÓN

AES	Advanced Encryption Standard (Estándar de Encriptación Avanzada)
ADC	Analog Digital Conversion (Conversión Analógica Digital)
AODV	Ad hoc On Demand Vector
AVR	Augment Voltage Right (Aumentar Voltaje Derecho)
CH	Channel (Canal)
COM	Communications (Comunicaciones)
CPU	Central Processing Unit (Unidad Central de Proceso)
DARPA	Defense Advanced Research Projects (Defensa de Proyectos de Investigación Avanzada)
DCA	Diseño Completamente al Azar
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum (Espectro Ensanchado por Secuencia Directa)
FFD	Full Function Devices (Dispositivos de Función Completa)
Hb	Deoxygenated hemoglobin (Hemoglobina desoxigenada)
IDE	Integrated Development Environment (Entorno de Desarrollo Integrado)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)

ISM	Industrial Scientific and Medical
LED	Light Emitting Diode (Diodo Emisor de Luz)
LTP	Line Print Terminal (Impresión de Línea Terminal)
MAC	Medium Access Control (Control de Acceso al Medio)
MySQL	My Structured Query Language
NAM	Network Animator (Animador de Red)
NS2	Network Simulator 2 (Simulador de Red)
NSF	National Science Foundation (Fundación Nacional para la Ciencia)
OSI	Open Systems Interconnection (Interconexión de Sistemas Abiertos)
PAN	Personal Area Network (Red de Área Personal)
PC	Personal Computer (Computadora Personal)
PHY	Physical Layer (Capa Física)
RFD	Device reduced functionality (Dispositivos de Función Reducida)
Rx	Receiving Data (Recepción de Datos)
SUPERTEL	Superintendencia de Telecomunicaciones
SpO2	Blood oxygenation (Oxigenación de la sangre)
TCL	Tool Command Language
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol (Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet)
TIC	Information Technology and Communication (Tecnologías de la Información y la Comunicación)

Tx	Data transmission (Transmisión de Datos)
UDP	User Datagram Protocol (Protocolo de Datagrama de Usuario)
USB	Universal Serial Bus
WIFI	Wireless Fidelity (Fidelidad Inalámbrica)
WIMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access (Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas)
WPAN	Wireless Personal Area Network (Red Inalámbrica de Área Personal)
WSN	Wireless Sensor Network (Red Inalámbrica de Sensores)
ZED	ZigBee End Device (Dispositivo ZigBee Final)
ZC	ZigBee Coordinator (Coordinador ZigBee)
ZR	ZigBee Router (Router ZigBee)

RESUMEN

El objetivo fue el diseño y evaluación de un sistema multimodal utilizando redes WSN y GPRS para un sistema de telemedicina, que permitió ayudar y mejorar el diagnóstico, tratamiento y evaluación de los pacientes del Centro de Salud Integral de la ESPOCH. Se utilizó sensores en telemedicina, para hacer posible el desarrollo de la parte electrónica utilizando una placa de Arduino, procesamiento digital, interfaz de usuario y comunicación en una red 3G. Se elaboró un prototipo de telemedicina con comunicación USB para mayor facilidad, el cual despliega su información en tiempo real en la aplicación diseñada en el software Delphi para que el usuario final pueda observar los valores que los sensores arrojan mediante el lenguaje de programación de la placa Arduino, al final se realiza una comparación entre el proceso manual y el automático mediante el sistema (The Network Simulator) NS-2. Los resultados obtenidos en valor tiempo entre la simulación y la toma manual de las medidas fisiológicas humanas fueron de 26.5 s vs 154.6 s, obteniendo un resultado favorable del 77.87% permitiendo al sistema multimodal ser más rápido, eficiente y eficaz, en la toma de medidas fisiológicas como: el pulso, la temperatura, la respiración y la oxigenación en la sangre dando como conclusión que este diseño permite obtener resultados con mayor facilidad en el momento de dar diagnósticos a los pacientes del centro hospitalario analizado. Se recomienda utilizar el prototipo multimodal en Telemedicina, por su lectura de medidas fisiológicas humanas en tiempo real sin importar la distancia y el ambiente donde se encuentre el paciente, brindando una mejor atención al mismo de manera eficaz y eficiente.

PALABRAS CLAVES: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <TELECOMUNICACIONES>, < ATENCIÓN INTEGRAL EN SALUD> <SIGNOS VITALES> <RED DE SENSORES> < CONEXIÓN PUNTO A PUNTO> <LENGUAJE DE PROGRAMACION (MYSQL)> > <TRANSMISIÓN INALÁMBRICA> <TIEMPO DE RESPUESTA

ABSTRACT

The objective was the design and evaluation of a multimodal system using WSN and GPRS networks for a telemedicine system, which allowed to help and improve the diagnosis, treatment and evaluation of the patients of the Integral Health Center of the ESPOCH.

Sensors were used in telemedicine, to make possible the development of the electronic part using an Arduino board, digital processing, user interface and communication in a 3G network. A prototype of telemedicine with USB communication was elaborated for greater ease, which displays its information in real time in the application designed in the Delphi software so that the end user can observe the values that the sensors throw through the programming language of the Arduino plate, at the end a comparison between the manual and the automatic process is made through the system (The Network Simulator) NS-2. The result obtained in time value between the simulation and the manual taking of the human physiological measurements were of 26.5 vs 154.6s, obtaining a favorable result of 77.87%, allowing the multimodal system to be faster, more efficient and more effective, in taking measurement of physiological factors such as: pulse, temperature, respiration and oxygenation in the blood, concluding that this design allows obtaining result with greater ease at the moment of giving diagnoses to the patients of the hospital center analyzed. It is recommended to use the multimodal prototype in Telemedicine, for its reading of human physiological measurements in real time regardless of the distance and the environment where the patient is, providing a better attention to him/her in an effective and efficient way.

KEY WORDS: <TECHNOLOGY AND SCIENCE OF ENGINEERING>, <TELECOMMUNICATION>. <COMPREHENSIVE HEALTH CARE> <VITAL SIGNS> <SENSOR NETWORK> <POINT TO POINT CONNECTION> <ROLLING LANGUAGE (WYSQL)> <WIRELESS TRANSMISSION> <RESPONSE TIME>

CAPITULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Introducción

La tecnología inalámbrica ha permitido transmitir información a mayores distancias, brindado a los usuarios movilidad. En este capítulo se analizarán algunos de los tipos de tecnologías inalámbricas más usadas, analizaremos algunas de sus características como: su alcance, bandas de frecuencia, velocidades de transmisión, etc.

Primero se investiga a las tecnologías que tienen mayor alcance como WIFI y WIMAX. Después seguiremos con el estudio de la tecnología BLUETOOTH que maneja distancias de cobertura mucho menores, usada en la conexión de dispositivos móviles como teléfonos; para finalmente centrarnos en la tecnología que vamos a utilizar en nuestro proyecto que es ZIGBEE, esta tecnología es más usada en aplicaciones con redes de sensores inalámbricos.

En el presente capítulo se realizará el estudio del arte de las redes de sensores inalámbricos, su importancia en la actualidad y sus diversas aplicaciones tanto en el mundo como en el país, como por ejemplo en la agricultura para monitorear cultivos, en la industria, entre otras múltiples aplicaciones; también se va a especificar el estándar inalámbrico que se usará en este proyecto.

Se realizará un análisis para demostrar porque se eligió trabajar con este proyecto de grado, que se aplicará en el Centro de Atención Integral en Salud en la ESPOCH. Además, se definirá los objetivos que se han planteado alcanzar con este proyecto.

1.2. Antecedentes

La evolución del mundo de las redes ha permitido que la sociedad actual pueda compartir datos. La tecnología ha logrado crear sistemas capaces de almacenar y procesar una gran cantidad de

información y transmitirla inalámbricamente a diferentes lugares alcanzando mayores distancias.

Las Wireless Sensor Networks (WSN) permiten realizar funciones de control, administración, gestión y monitoreo de los datos en tiempo real, actividades que se pueden ejecutar desde cualquier ubicación a través del internet; brindando una infinidad de aplicaciones en todas las áreas. En la agricultura se ha implementado el uso de sensores para controlar remotamente la temperatura, humedad, etc., en los cultivos. Además las redes de sensores inalámbricas en el campo de la salud han dado movilidad a los pacientes. Incluso existen aplicaciones militares donde se usan estas redes para ubicar a personas y monitorear a las mismas.

La necesidad de monitoreo constante de un paciente ha permitido la aplicación de WSN que son capaces de medir todo tipo de datos fisiológicos y a la vez transmitir la información a lugares locales o remotos, en donde el médico va a visualizar estos datos y dar un diagnóstico o mantener un control del estado del paciente como puede darse el caso de un paciente hipertenso, diabético, etc.

El estándar IEEE 802.15.4 es un sistema de comunicación de corto alcance, usado en redes de área personal inalámbricas (WPAN) con dispositivos de bajo costo, bajo consumo de energía y su principal área de aplicación es en las WSNs. El protocolo ZigBee es una tecnología basado en el estándar IEEE 802.15.4 el cual especifica la capa física y la capa de control de acceso al medio (MAC), para transmisiones de baja potencia se puede utilizar para redes inalámbricas PAN, específicamente para WSNs como es domótica, control de invernaderos, etc.

1.3. Justificación

Gracias al avance de la tecnología hoy en día es posible utilizar las redes de sensores inalámbricas (WSN) aplicadas al campo de la medicina y cuidado de la salud, utilizando los datos enviados por estos dispositivos para llevar un control del estado del paciente, además se va a analizar el tipo de transmisión, así como también los tipos de sensores que se utilizan para estas aplicaciones para optimizar los resultados a los pacientes y personas en general, brindando así un apoyo a la medicina mediante el uso de esta tecnología lo que se le conoce con el nombre de telemedicina.

En los hospitales es evidente el aumento de su espacio físico y por ende el tiempo que involucra monitorear a todos ellos, esto hace necesario el uso de un dispositivo que se encargue de vigilar el estado del paciente y envíe la información precisa y en tiempo real a la persona encargada de monitorear los datos fisiológicos de cada paciente. Figura 1-1.

Gracias al desarrollo de las TICs en la actualidad se ha logrado contribuir al desarrollo de nuevos servicios para la medicina proporcionando herramientas para hacer posible la monitorización de enfermedades, detectar situaciones extrañas en la evolución o en los signos vitales del paciente como es la temperatura, la presión sanguínea, la frecuencia cardíaca entre otras. Dar un aviso de alarma, de esta manera actuar de forma inmediata y brindar la ayuda necesaria al paciente; de aquí surge este proyecto para ayudar de manera más precisa a monitorear a los pacientes en un hospital.

Los sensores inalámbricos en comparación con los sensores tradicionales son inteligentes brindando una respuesta inmediata es decir en tiempo real, permitiendo tener almacenados los datos con información actualizada y además no se encuentran limitados en distancias por el uso de cables. Las redes de sensores inalámbricas en comparación con las redes tradicionales ayudan a reducir los costos de implementación, también el espacio físico utilizado es mucho menor.

Se va a desarrollar un proyecto que se basa en el diseño e implementación de un prototipo de control y monitorización de los signos vitales de una persona; basado en tecnología WSN en el cual se medirán varios parámetros y ver qué tan eficiente es usando la tecnología ZigBee. Esto va a ser posible debido a la existencia de un Centro de Atención Integral en Salud en la ESPOCH, para la finalización de una carrera de ingeniería.

DIAGRAMA DE LA RED DE SENSORES INALAMBRIOS.

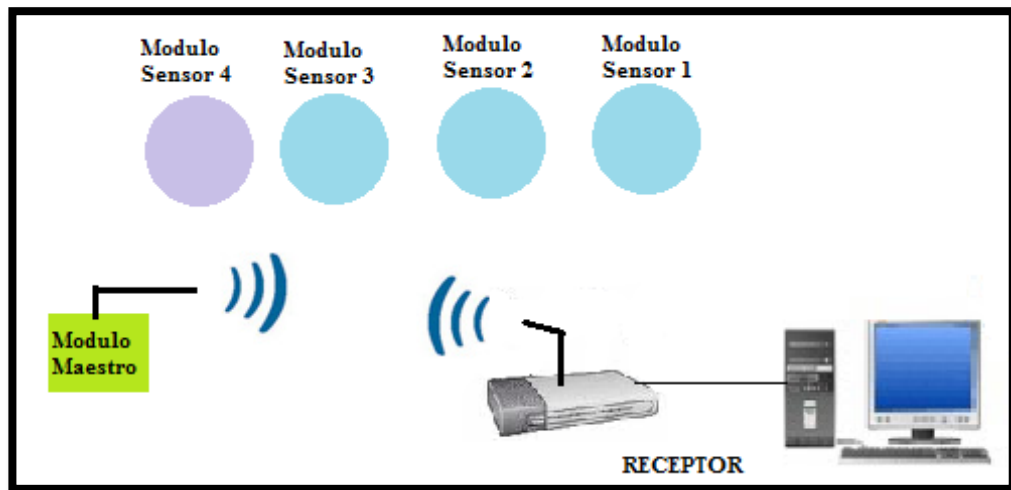


Figura 1-1: Red de sensores inalámbricos.
 Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar y evaluar un sistema multimodal utilizando redes WSN y GPRS para telemedicina que permita transmitir y monitorear medidas fisiológicas en tiempo real.

1.4.2. Objetivo Específico

- Realizar un estado de arte sobre telemedicina sobre información de los métodos utilizados por los médicos en la medición de las medidas fisiológicas humanas.
- Analizar las mejores características de las redes WSN y tecnología móvil para la transmisión y recepción de las medidas fisiológicas humanas en tiempo real.
- Diseñar el módulo de transmisión y recepción del prototipo multimodal en telemedicina para emergencias utilizando redes WSN y tecnología móvil.

- Evaluar estadísticamente el funcionamiento del prototipo multimodal en telemedicina para emergencias en tiempo real utilizando redes WSN y tecnología móvil.

1.5. Hipótesis

Es posible utilizar las redes WSN y GPRS en la telemedicina para transmitir medidas fisiológicas en tiempo real y ser útil la información recibida.

CAPITULO II

2. MARCO METODOLOGICO

2.1. ESTÁNDAR IEEE 802.11 WIFI

El estándar 802.11 es la modalidad de interconexión entre áreas limitadas y el medio de propagación es el aire; constituye la base para la evolución de las tecnologías de interconexión en áreas locales; tiene un alcance de 200m en zonas que no existe obstáculos, se utiliza en redes locales (WLAN).

La primera versión del estándar se dio en el año de 1997 y los dispositivos utilizaban las frecuencias de 2.4 GHz con una tasa de bit de 1-2 Mbps; este estándar sigue evolucionando y alcanza velocidades mucho mayores. (Gabriel & Pedro, 2010)

Tabla 1-2: Estándares del IEEE 802.11

Estándares	Data Rate [Mbps]	Frecuencia	Modulación
802.11	1, 2	2.4 GHz	FHSS, DSSS, IR
802.11 a	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	5 GHz	OFDM
802.11 b	1, 2, 5.5, 11	2.4 GHz	HR-DSSS
802. 11 g	6, 12, 24, 36, 48, 54	2.4 GHz	OFDM
802.11 n	Aproximado 100	-----	-----

Fuente: <http://bibing.us.es/proyectos/abreprov/11306/fichero/TEORIA%252F07+-+Capitulo+2.pdf>

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

2.1.1. Topología de Red 802.11

Existe un área de cobertura llamada BSA (Basic Service Area), dentro de la cual viene garantizada la interconexión con la función de coordinación BSS esta condición puede recibir y transmitir sobre el medio de comunicación, el aire. Este posee dos funciones de coordinación:

- DCF (Distributed Coordination Function), tipo distribuida
- PCF (Point Coordination Function), único nodo

BSS (Basic Service Set) puedan ser conectada con una dorsal (backbone) llamada Distribution System (DS) dentro de una ESS, a través de un punto de acceso (AP: Access Point). Un AP es una estación particular que proporciona una interfaz hacia el DS para las estaciones pertenecientes a una BSS. Todas las STA presentes en una BSS pueden comunicarse directamente entre ellas y soporta dos topologías de red: (Pablo Jara, 2009, p.3) y (Flores Flores Eduardo, 2009).

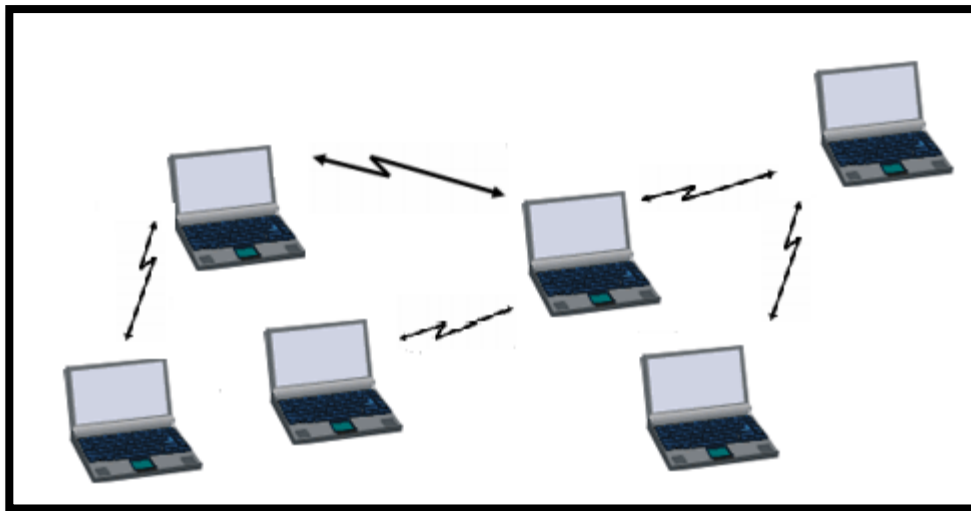


Figura 1-2: Red BSS
Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

ESS está formada por muchas BSS conectadas por DS que puede ser con tecnología cableada o sin cables; la que transferir la MSDU (MAC Service Data Units) entre los AP que pertenecen a la BSS. Esta topología permite la interconexión entre terminales que no están dentro del radio de cobertura de la BSS. (Pablo Jara, 2009, p.3) y (Jara Werchau Pablo, 2009)

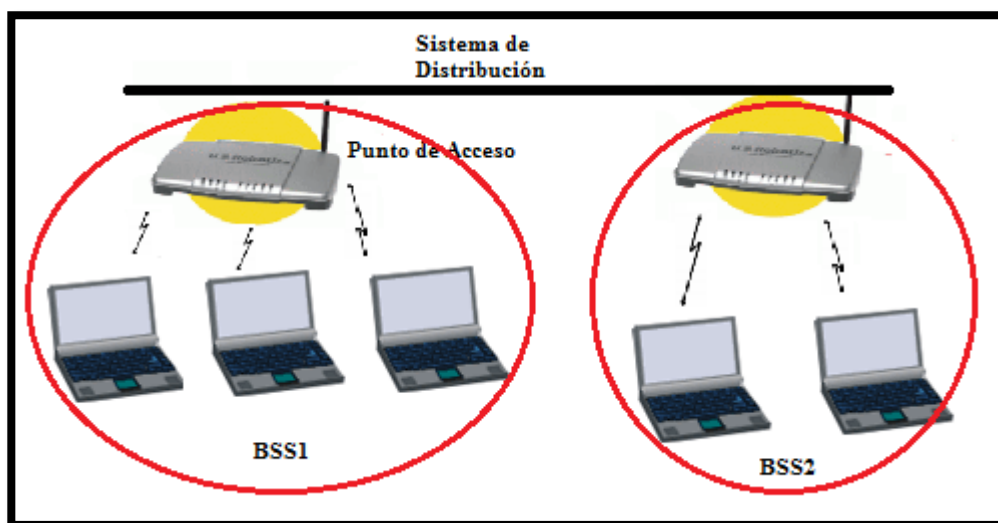


Figura 2-2: Red ESS
 Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

A través de dispositivos llamados portal, una ESS puede proporcionar también un acceso a Internet mediante la integración lógica entre una wireless LAN y una tradicional LAN cableada. Las redes ESS, sin embargo, no entran en el conjunto de las redes ad-hoc en cuanto necesitan una infraestructura fija. (Jara Werchau Pablo, 2009)

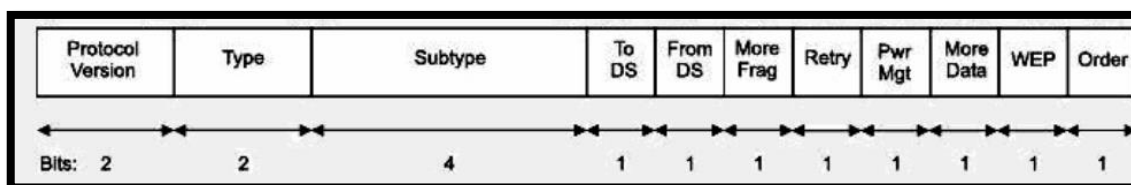


Figura 3-2: Estructura de la Trama 802.11
 Elaborado por: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11306/fichero/TEORIA%252F07++Capitulo2.pdf>

2.2. ESTÁNDAR IEEE 802.16 WIMAX

Las redes WIMAX se caracterizan por operar en el rango de 2,3 a 3,5 GHz recibiendo los datos por microondas y su transmisión lo hace por radioondas con un alcance de 50 Km a la redonda. Esta tecnología permite que el internet llegue a lugares donde el ADSL o la fibra no llegan como por ejemplo zonas rurales. (Gallego Juan, s. f.)

- Son redes inalámbricas de altas prestaciones para áreas metropolitanas y funcionan en un rango de varios kilómetros sin línea de vista.
- Permite la distribución de conectividad por medios inalámbricos a distancias de decenas de kilómetros en zonas semiurbanas y rurales.
- Soportar calidad de servicio (QoS) y usuarios con requerimientos de servicio (SLA) heterogéneos. (Simo Francisco, 2007)

Tabla 2-2: Características del Estándar 802.16

CARACTERISTICAS ESTANDAR 802.16			
Estándar	802.16, 802.16b, 802.16c	802. 16d (802.16 2004)	802. 16 e
Aprobado	2001, 2002, 2003	Julio del 2004	7 diciembre del 2005
Frecuencia	10 GHz- 66 GHz	2 GHz - 11 GHz	2 GHz - 6 GHz
Condiciones de Visibilidad Emisor-Receptor	LOS (Line of Sigth) (Vision directa)	Near LOS (cercano a la visión directa)	NOS (no line of sigth) (sin visión directa)
Ancho de Banda	20 MHz- 28 MHz	1,75 MHz 20 MHz	1,25 MHz - 20 MHz
Caudal de Trasmisión de datos	134 Mbps	75 Mbps	75 Mbps
Tipo de Trasmisión	SCA(Single Carrier)	ODFDM 256	OFDMA 2048
Movilidad	Fijo	Fijo y Portable	Fijo y Móvil
Cobertura	5 Km	30 Km	10 Km
Tipo de mercado al que va Dirigido	Urbano Acceso a Internet en Edificios	Urbano suburbano, rural	Acceso a dispositivos móviles PDAs, smartphone, portátiles

Fuente: (Calvillo Ainhoa, 2013)

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Tabla 3-2: Características Técnicas

CARACTERITICAS	DESCRIPCION
Sin necesidad de visión directa (LOS y NoLOS)	No necesita vista directa entre la antena y el equipo receptor.
Modulación OFDM	Permite la trasmisión simultánea de múltiples señales a través de cable o aire en diversas frecuencias; usa espaciamento ortogonal de las frecuencias para prevenir interferencias.
Antenas Inteligentes	Soporta mecanismo de eficacia espectral en redes inalámbricas y diversidad de antenas.
Topología punto, multipunto y de malla (Mesh)	Soporta dos topologías de red, servicio de distribución multipunto y la malla para comunicaciones entre suscriptores.
Calidad de Servicios (QoS)	NLOS permite que la señal no sufra distorsiones severas por la existencia de edificios, por condiciones climáticas, no del movimiento vehicular.
FDM y TDM	Soporta multiplexación en la frecuencia FDM para propiciar la interoperabilidad con los sistemas de telefonía móvil y la multiplexación de tiempo TDM para la interoperabilidad con los sistemas inalámbricos.
Seguridad	Incluye medidas de privacidad y criptografía en el protocolo. El estándar 802.16 agrega autenticación de instrumentos con certificados x.509 usando DES en modo CBC (Cipher Block Chaining).
Bandas Bajo licencias	Opera en banda de 2.4 GHz y 3.5 GHz para transmisiones externas en largas distancias.
Bandas Libres	Opera en banda libre en 5.4, 8 y 10.5 GHz (con variaciones según espectro libre de cada país)
Canalización	De 5 y 10 MHz
Potencia de Trasmisión	Controla la potencia de trasmisión
Acceso al Medio	TDMA dinámico
Corrección de Errores	ARQ (Retransmisión Inalámbrica)
Tamaño del Paquete	Ajuste dinámico del tamaño del paquete
Tasa de trasmisión	75 Mbps
Espectro de frecuencia	IEEE 802.16a entre 2-11 GHz (LOS) para comunicación entre antenas IEEE 802.16b entre 5-6 GHz con QoS IEEE 802.16c entre 10-66 GHz IEEE 802.16e entre 2-6 GHz (NLOS) para distribución a suscriptores, móvil.

Cobertura	50 Km sin Línea de Vista 8 – 10 Km en áreas de alta densidad demográfica
Aplicaciones	Voz, video y datos

Fuente: (Calvillo Ainhoa, 2013)

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

2.2.1. *Funcionamiento del Estándar 802.16*

Se puede dividir en dos partes principales:

- **Estación Base WiMAX:** Este se identifica como un operador de comunicaciones, y donde existen una o varias antenas con las que se retransmite la señal. El tipo de antenas ubicadas en este extremo son omnidireccionales, de muchas direcciones, sectoriales, que cubren sectores específicos, o antenas de panel, para conexiones punto a punto. Una única torre WiMAX puede dar servicio a un área de gran tamaño. (Calvillo Ainhoa, 2013, p.8)
- **Receptor WiMAX:** Al otro extremo de la conexión se encuentra el usuario final, que puede ser residencial o corporativo. En este punto está instalado el CPE (Customer Premises Equipment o Equipo Local de Cliente), que constituye el último eslabón de este tipo de redes y en donde acaba el flujo de transferencia de datos entre operador y el cliente final. (Calvillo Ainhoa, 2013, p.8)

El receptor y la antena pueden ser una caja pequeña o una tarjeta PCMCIA, o puede estar incluso integrado dentro del PC. Cada estación base (BS) ofrece una cobertura inalámbrica sobre un área llamada célula. Aunque el radio máximo de cada célula es teóricamente unos 50 kilómetros, normalmente los despliegues típicos usarán unas células de radio que oscilará entre 3 y 10 kilómetros. (Calvillo Ainhoa, 2013, p.8)

WiMAX posee dispositivos que pueden actuar como repetidores de señal, pasando las señales de un dispositivo a otro hasta que se alcance la estación base desde la que los diferentes dispositivos interesados consigan el acceso a Internet.

Sin necesidad de visión directa (NLOS): ES una pequeña antena en el PC conectada a la torre. En este modo se usa el rango más bajo de frecuencia, que está entre 2 y 11 GHz (similar a WiFi). (Calvillo Ainhoa, 2013, p.9)

Con necesidad de visión directa (LOS). La conexión con línea de visión es más estable y robusta, capaz de enviar mayor cantidad de datos con una tasa de error baja. Este tipo de servicios usa las frecuencias más altas, lo que origina que haya menos interferencia y el ancho de banda sea mayor. (Calvillo Ainhoa, 2013, p.9)

Tabla 4-2: Comparación entre WIMAX vs WIFI

Característica	WiMax (802.16a)	Wifi (802.11b)	Wi-Fi (802.11a / g)
Redes de aplicación de	Red inalámbrica de acceso de banda ancha	Redes Inalámbricas de área local	Redes Inalámbricas de área local
Banda de frecuencia de	Licenciado/sin licencia 2 G a 11 GHz	2,4 GHz ISM	2,4 GHz ISM (g) 5 GHz U-NII (a)
Ancho de banda del canal	Ajustable 1,25 M a 20 MHz	25 MHz	20 MHz
Modo de transmisión Halt/Full dúplex	Full Duplex	Halt	Halt

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

2.3. ESTÁNDAR IEEE 802.15.1 BLUETOOTH

Este estándar se emplea en enlaces de radio de onda corta, permitiendo a los usuarios conexiones instantáneas de voz y datos entre varios dispositivos en tiempo real. El modo de transmisión empleado proporcionan protección contra interferencias y seguridad en los datos de envío. (García Alejandro, s. f.)

Fue desarrollado por un grupo de fabricantes electrónicos que permiten que cualquier dispositivo electrónico como computadoras, teléfonos inteligentes, teclados y audífonos, hagan sus propias conexiones. (García Alejandro, s. f.)



Figura 4-2: Topología del Bluetooth
Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

2.3.1. Características del estándar Bluetooth

- Opera en la banda de 2,4 GHz con una tasa binaria máxima de 720 Kbps (1 Mbps de capacidad bruta).
- Usa el espectro con saltos de frecuencia (Frequency Hopping), lo cual especifica 1600 saltos por segundo entre 79 frecuencias.
- Utiliza modulación GFSK (modulación FSK con un filtrada gaussiano).
- Soporta hasta 8 dispositivos en un piconet (1 maestro y 7 esclavos).
- Tiene dos tipos de transferencia de datos entre dispositivos: los orientados a conexión de tipo síncrono (SCO, Synchronous Connection Oriented) y los no orientados a conexión de tipo asíncrono (ACL, Asynchronous Connection Less).
- La potencia de transmisión está entre 0 dBm (dispositivos de clase 3) y de 20 dBm (dispositivos de la clase 1). (Loyola María, 2015)
- Presenta un canal asíncrono, fundamentalmente utilizado para transmisión de datos.
- Posee canales uno síncronos y otros asíncronos. (Loyola María, 2015)

2.3.2. Funcionamiento del Bluetooth

Este estándar utiliza la técnica FHSS (Frequency hopping Spread Spectrum), divide la banda de frecuencia de 2.402 – 2.480 GHz en 79 canales de 1 MHz de ancho de banda cada uno, para transmitir la señal utilizando una secuencia de canales conocida por la estación emisora como por la receptora. (Garín Dante, 2013)

Posee un modo jerárquico de operación Master – Slave.; estos dispositivos con la tecnología bluetooth se pueden comunicar con otros dispositivos inalámbricamente mediante redes ad hoc llamadas piconets, estos pueden coexistir hasta 10 piconets dentro de una sola área de cobertura. (Garín Dante, 2013)

Un dispositivo maestro se puede conectar simultáneamente hasta 7 dispositivos esclavos, activos (255 cuando se encuentran en modo espera) permitiendo que dos piconets puedan conectarse entre sí para formar una red más amplia, denominada scatternet, utilizando ciertos dispositivos puede actuar como puente entre las dos piconets. (Garín Dante, 2013)

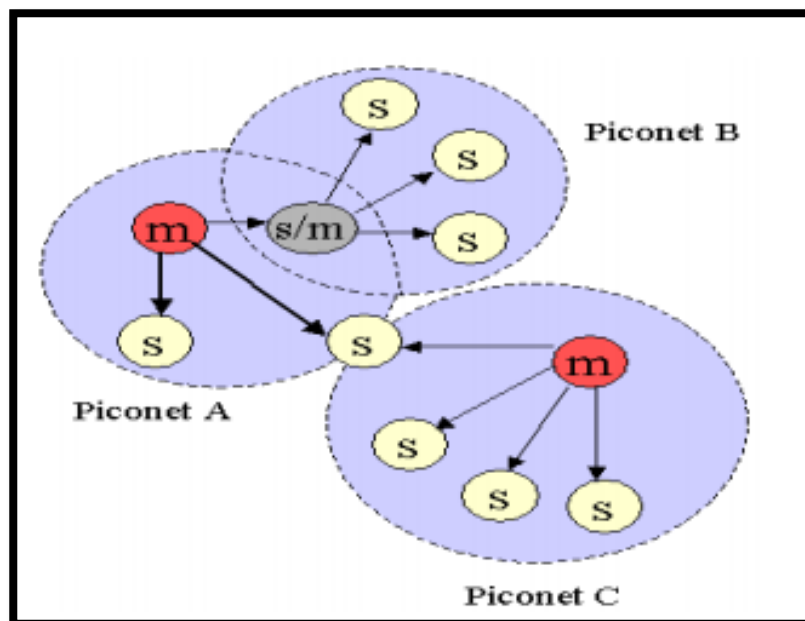


Figura 5-2: Funcionamiento del Estándar Bluetooth

Fuente: <http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo322/1s13/project/reports/Bluetooth.pdf>

2.3.3. Forma de Transmisión

Opera en la banda de 2.4 GHz con la tecnología espectro diversa, la banda se encuentra dividido en canales de 1 MHz, la modulación empleada es GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)

equivale a 1 Mbps que representa una desviación positiva de la portadora nominal de frecuencia, mientras que el 0 representa la parte negativa. El rango de operaciones es de 10, 20 y 100 metros. (Garín Dante, 2013)

2.3.4. Tipos de Enlace

La tecnología Bluetooth posee dos tipos de enlace que soporta aplicaciones multimedia:

- Enlace de sincronización de conexión orientado (SCO)
- Enlace asincrónico de baja conexión (ACL)

2.3.4.1. SCO (Enlace de sincronización de conexión orientado)

Son conexiones de punto a punto especialmente usadas en conexiones de voz, se reserva dos slots consecutivos para el envío y retorno con velocidad de 64 Kbit/s. El dispositivo maestro puede soportar hasta tres enlaces SCO a uno o varios esclavos, pero un solo esclavo puede soportar un solo enlace. (Garín Dante, 2013)

2.3.4.2. ACL (Enlace asincrónico de baja conexión)

Se usa en la transmisión de datos, estos datos pueden ser protegidos o no con una velocidad de envío de 721 Kbit/s en una dirección y 57,6 Kbit/s en la otra. Su transferencia es punto – multipunto de datos asíncronos y síncronos, realiza retransmisión de paquetes.

2.3.5. Especificaciones Técnicas

Los dispositivos Bluetooth se clasifican por clases debido a su potencia de transmisión, siendo totalmente compatibles los dispositivos de una clase con los de otra.

Tabla 5-2: Clases de los dispositivos Bluetooth en función de la Potencia

CLASE	Potencia Máxima Permitida (mW, dBm)	Potencia Mínima (mW, dBm)	Alcance (m)
Clase 1	100, 20	1, 0	100
Clase 2	2, 5, 4	0,25, -6	10
Clase 3	1, 0	N/A	1

Fuente: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4785/1/UPS-CT002640.pdf>

Tabla 6-2: Ventajas y Desventajas de Bluetooth

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Menor gasto de energía • Bajo costo en la implementación y producción • Corto tiempo de conexión • Permite utilizar múltiples aplicaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Posee un límite de equipos para sincronizar • Límite de distancia • No disponible para todos

Fuente: <http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo322/1s13/project/reports/Bluetooth.pdf>

2.4. ESTÁNDAR IEEE 802.15.4 (ZIGBEE)

ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radios digitales de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (wireless personal área

network, WPAN). Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías. (Sánchez Tamara, s. f.)

IEEE 802.15.4 es un estándar que define el nivel físico y el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal con tasas bajas de transmisión de datos (low-rate wireless personal area network, LR-WPAN). La actual revisión del estándar se aprobó en 2006. El grupo de trabajo IEEE 802.15 es el responsable de su desarrollo. También es la base sobre la que se define la especificación de ZigBee, cuyo propósito es ofrecer una solución completa para este tipo de redes construyendo los niveles superiores de la pila de protocolos que el estándar no cubre. (Ortega Carlos, 2008)

2.4.1. Características Generales del Estándar ZIGBEE

Las características más importantes son:

- **Bandas de Operación:** Puede trabajar en las bandas de 2.4GHz y 868 y 915MHz con bandas libres ISM (Industrial, Scientific & Medical). (Dignanni Jorge, 2011)
- **Método de Acceso:** Usa CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access Collision Avoidance) para acceso al canal y evitar colisiones con otros transmisores. (Loyola María, 2015)
- **Protocolo:** esta tecnología tienen varios fabricantes de dispositivos con protocolos asíncrono, halfduplex y estandarizado. (Loyola María, 2015)
- **Ancho de Banda:** la velocidad de transmisión es 250 kbps en 2.4 GHz, de 40kbps en bandas 915MHz y 20 kbps en 868 MHz. (Loyola María, 2015)
- **Coexistencia:** Produce alto rendimiento y baja latencia para dispositivos de bajo ciclo de trabajo, muy adecuado esto para sensores y controles. (Dignanni Jorge, 2011)
- **Área de Cobertura:** El área de cobertura es de 10 a 100 metros, aunque algunos fabricantes especifican distancias de 1,6 km. (Loyola María, 2015)
- **Baja potencia.** Ideal para equipos a batería. (Dignanni Jorge, 2011)

- 64 bits de direccionamiento determina una cantidad máxima de $1.8 \cdot 10^{19}$ dispositivos. (Dignanni Jorge, 2011)
- 16 bits para identificar redes que determina un total de 65536 redes.
- Permite el uso de ranuras de tiempo (time slots) para posibilitar aplicaciones de baja latencia. (Loyola María, 2015)
- Protocolo con handshake (diálogo) para mejorar la seguridad en las transferencias.
- Rango: hasta 50 m (valor típico, depende del ambiente). (Dignanni Jorge, 2011)

2.4.2. Estructura del Estándar IEEE 802.15.4



Figura 6-2: Estructura del estándar ZIGBEE

Fuente: (Ortega Carlos, 2008, p. 9)

Posee el modelo de referencia OSI (Open Systems Interconnection) en el cual se puede observar la estructura de la arquitectura en capas; en las primeras dos capas, la física y la de acceso al medio MAC son definidas por el estándar IEEE 802.15.4.

Las capas superiores son definidas por la Alianza ZigBee y corresponden a las capas de red y de aplicación las cuales contienen los perfiles del uso, ajustes de la seguridad y la mensajería; la capa de red permitir el correcto uso del subnivel MAC y ofrecer un interfaz adecuado para el uso del nivel inmediatamente superior. (Ortega Carlos, 2008, p. 9)

Las funciones de control se encargan de la configuración de nuevos dispositivos y el establecimiento de nuevas redes; puede decidir si un dispositivo colindante pertenece a la red e identifica nuevos routers y vecinos. El control puede detectar así mismo la presencia de receptores, lo que posibilita la comunicación directa y la sincronización a nivel MAC.

La trama general de operaciones (GOF) es una capa que existe entre la de aplicaciones y el resto de capas, suele cubrir varios elementos que son comunes a todos los dispositivos, como el subdireccionamiento, los modos de direccionamientos y la descripción de dispositivos, como el tipo de dispositivo, potencia, modos de dormir y coordinadores de cada uno. (Ortega Carlos, 2008, p. 9)

La capa de aplicación es el más alto definido por la especificación con la interfaz efectiva entre el nodo ZigBee y sus usuarios; este se ubica en la parte superior de los componentes definidos por la especificación: tanto los objetos de dispositivo ZigBee (ZigBee device objects, ZDO) como sus procedimientos de control como los objetos de aplicación que se encuentran aquí. (Ortega Carlos, 2008, p. 9)

2.4.3. Tráfico de datos ZIGBEE o estándar IEEE 802.15.4

El tráfico usado por el estándar ZIGBEE es:

- Datos periódicos (Continuo): Es un caso típico de sensores donde el sensor necesita transmitir la temperatura cada 10 segundos. (Dignanni Jorge Pablo, 2011)
- Datos Intermitentes (Por eventos): Esta aplicación junto a otros estímulos externos al dispositivo definen la tasa de datos. Por ejemplo en un sistema domótica, los interruptores de luces transmiten solo ante un cambio de posición. Mientras tanto están desconectados (comúnmente denominado en modo dormir) y consumiendo una energía de batería mínima. (Dignanni Jorge Pablo, 2011)
- Datos Periódicos con comunicaciones Garantizada (GTS): (Guaranteed time slot): Hay aplicaciones de baja latencia que requieren comunicación libre de competencia por el

canal, este método posee calidad de servicio que garantiza la atención por un cierto Δt dentro de un período T llamado Supertrama. (Dignanni Jorge Pablo, 2011)

2.4.4. Seguridad de la tecnología ZIGBEE

Esta tecnología utiliza la encriptación AES de 128bits, que permite la autenticación y encriptación en las comunicaciones. Existe un elemento de red llamado Trust Center (Centro de validación) que proporciona un mecanismo de seguridad en el que se utilizan dos tipos de claves de seguridad, la clave de enlace y la clave de red. (Moreno Javier, 2007)

2.4.5. Aplicaciones de la tecnología ZIGBEE

Las aplicaciones más comunes son las aplicadas a la domótica, otros ejemplos es el uso en la industria para control de procesos de alto riesgo, en la medicina para monitorear remotamente a pacientes, en la agricultura para control de temperatura de invernaderos o cultivos en general, para sistemas de seguridad, etc. (Moreno Javier, 2007)



Figura 7-2: Aplicaciones Zigbee

Fuente: <http://sx-de-tx.wikispaces.com/ZIGBEE>

2.4.6. Dispositivos ZIGBE

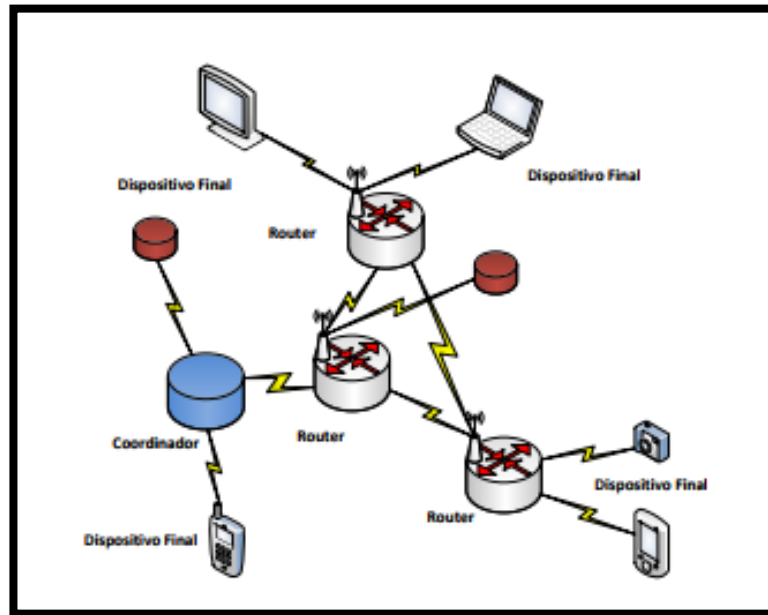


Figura 8-2: Tipos de Dispositivos del estándar Zigbee

Fuente: (Loyola María Augusta, 2015, p.8)

2.4.6.1. Coordinador

2.4.6.1.1. Inicialización

Se crea una única copia de parámetros de configuración de la red para los objetos pertenecientes a los ZDO; se puede definir parámetros para describir el Node Descriptor, Power Descriptor, Simple Descriptor, e incluso los terminales activos. (Moreno Javier, 2007)

La aplicación del dispositivo realiza una petición en la lista de canales para realizar una búsqueda o escaneo de los canales indicados. La confirmación resultante obtiene una lista detallada de los PANs activos; compara la lista de canales con la lista de red y selecciona uno de los canales que se encuentre libre; una vez identificado el canal aplicación del dispositivo selecciona los atributos de seguridad de la capa y trama correspondientes a los parámetros de configuración. (Moreno Javier, 2007)

2.4.6.1.2. *Operación Normal*

En este estado se debe permitir que otros dispositivos se unan a la red basándose en sus parámetros de configuración; como pudieran ser la duración de la incorporación del dispositivo a la red o el número máximo de elementos que se pueden unir. (Moreno Javier, 2007)

La aplicación del dispositivo debe asegurarse de que el número de entradas de enlace no excede de los indicados en los parámetros de configuración; el coordinador ZigBee tiene que soportar el control del proceso de incorporación a la red de cualquier dispositivo. (Moreno Javier, 2007)

El coordinador tiene que mantener una lista de los dispositivos asociados y facilitar el soporte para elementos huérfanos, permitiendo que se vuelvan a unir a la red, permitiendo que los dispositivos se incorporen directamente en la red; por lo tanto debe soportar primitivas que permitan eliminar o desasociar los dispositivos que estén bajo su control. (Moreno Javier, 2007)

Una vez recibida la solicitud de desconexión el coordinador espera un tiempo para recibir una segunda petición de desconexión, si al llegar el tiempo determinado pasará a examinar el identificador del perfil (Profile ID) para ver si coincide, si coincide, lo incluye en una lista llamada AppOutClusterList para que deje de pertenecer a la red, Si no coincide se enviará un error al dispositivo que solicita la desconexión, es decir, el dispositivo seguirá perteneciendo a la red. (Moreno Javier, 2007)

2.4.6.1.3. *Operación del centro de Validación*

El coordinador ZigBee tiene la función de ser el Centro de Validación (Trust Center) cuando la seguridad está habilitada en la red, luego se notifica si existen nuevos dispositivos en la red por medio del APSME. El centro de validación puede permitir que el dispositivo permanezca en la red o bien se le fuerce a salir de ella. Si el centro de validación decide permitir que el dispositivo permanezca en la red, debe establecer una clave maestra con el dispositivo a no ser que ya exista una clave maestra previa entre ellos.

Una vez intercambiada dicha clave, el centro de validación y el dispositivo ahora negociarán una clave para establecer la conexión, entonces proporciona al dispositivo la clave de red (NWK) para que el dispositivo pueda establecer peticiones al coordinador. (Moreno Javier, 2007)

2.4.6.2. Router

2.4.6.2.1. Inicialización

Se crea una única copia de los parámetros de configuración de la red para los objetos pertenecientes a ZDO. Si se puede, se crean los elementos de configuración para el Complex Descriptor, el User Descriptor, el número máximo de entradas de enlace y la clave maestra. La aplicación del dispositivo utiliza el ChannelList y sus parámetros de configuración para buscar o escanear los canales que se le indiquen. El resultado permite obtener la lista de red con los PAN activos en la red. (Moreno Javier, 2007)

Entonces se realizan varias peticiones de descubrimiento para obtener cuales son realmente los elementos que existen en la red y asociar los enlace en la capa de red para seleccionar los PAN existentes que se deben unir. Una vez que el PAN quiere unirse se ha identificado, la aplicación del dispositivo debe realizar una petición para asociar el PAN en el canal. Después debe chequear el estado de verificación de la asociación en el coordinador u otros routers seleccionados en ese PAN. (Moreno Javier, 2007)

Cuando la seguridad está activa, el dispositivo tiene que esperar a que el centro de validación le proporcione la clave maestra y establecer con éste la clave de enlace. Una vez establecido espera a que el centro de validación de pase la clave de red. Ahora ya que está autenticado puede funcionar como un router de la red. (Moreno Javier, 2007)

2.4.6.2.2. Operación Normal

El router debe permitir que otros dispositivos se unan a la red basándose en los parámetros de configuración que tiene, como el número de elementos máximos o el tiempo en el que puede estar un elemento en la red. Cuando un dispositivo nuevo se une a la red, la aplicación del dispositivo debe ser informada se haya admitido en el PAN, el router debe indicarle la confirmación de la conexión. Si la seguridad está habilitada, el dispositivo debe informar al centro de validación. (Moreno Javier, 2007)

El router ZigBee debe responder a cualquier dispositivo descubierto o a operaciones del servicio de descubrimiento, tanto de su propio dispositivo como de cualquier otro asociado que pudiera estar dormido; si la seguridad está activada el router debe utilizar la clave maestra para

establecer los procedimientos para la gestión de la clave de enlace (Link Keys). (Moreno Javier, 2007)

El router debe soportar el establecimiento de una clave maestra con el dispositivo remoto y establecer entonces la clave de enlace. El router tiene que poder almacenar y eliminar las claves de enlace para destinos conocidos y la comunicación debe ser segura con lo que debe poder recibir las claves del centro de validación. El router debe permitir también la eliminación de la red de dispositivos asociados bajo su control de aplicación. (Moreno Javier, 2007)

El router mantiene una lista con los dispositivos asociados y tiene que facilitar el soporte para que los procesos de búsqueda e incorporación de elementos huérfanos de los dispositivos que previamente han estado asociados, puedan volver a unirse a la red. (Moreno Javier, 2007)

2.4.6.3. Dispositivo Final

2.4.6.3.1. Inicialización

La aplicación del dispositivo debe obtener de la lista de canales la configuración para escanear los canales especificados. El resultado debe contener una lista de red (Network List) detallando los PAN activos en la red.

Al igual que el router, se realizan varias peticiones de descubrimiento para saber cuántos elementos son los que hay en la red, comparando la lista de canales con la lista de red para deducir a qué red debe unirse; se debe indicar el modo de operación de la red, identificación del router o coordinador de la red, capacidad del router o coordinador, coste o costo de enrutamiento, etc. (Moreno Javier, 2007)

Se debe chequear la asociación del router o el coordinador ZigBee en el PAN; cuando la seguridad está habilitada, el dispositivo tiene que esperar a que el centro de validación negocie primero la clave maestra, seguido de la clave de enlace y finalmente la clave de red (NWK), tras lo que se considerará que estará autenticado y listo para unirse a la red. (Moreno Javier, 2007)

2.4.6.3.2. Operación Normal

El dispositivo final ZigBee debe responder a cualquier dispositivo descubierto o a las peticiones de operación del servicio de descubrimiento de su propio dispositivo, la seguridad está habilitada debe negociar primero la clave maestra y seguidamente la clave de enlace, con lo que tiene que poder almacenar también las claves de enlace de los destinos que requieran una comunicación segura. (Moreno Javier, 2007)

Debe poder gestionar estas claves, tanto para almacenar como para eliminar. Por tanto tiene que poder mantener una comunicación con el centro de validación para actualizar las claves de red (NWK key). (Moreno Javier, 2007)

El estándar define 2 tipos de dispositivos:

- FFD (Full Function Device): Estos dispositivos funcionan con cualquier topología, pueden ser coordinadores o coordinadores de red. Este tipo de dispositivo puede dialogar con cualquier otro. (Dignanni Jorge , 2011)
- RFD (Reduced Function Device): Pueden solamente ser miembros de una red con topología estrella. Solo pueden conversar con el coordinador de red. Son dispositivos de baja complejidad con bajo requerimiento de procesamiento y memoria.(Dignanni Jorge , 2011)

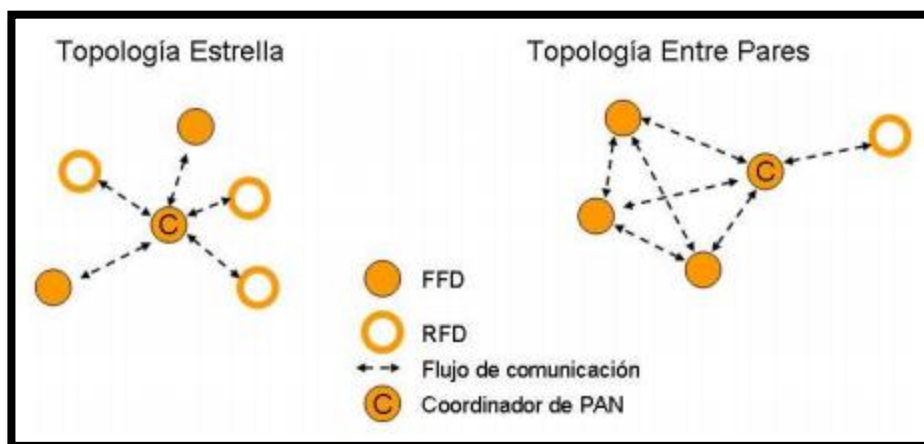


Figura 9-2: Topología del Estándar ZIGBEE

Fuente:

http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carreras/Especializaciones/Redes_y_Seguridad/Trabajos_Finales/Dignanni_Jorge_Pablo.pdf

2.4.7. Ventajas y Desventajas del Estándar ZIGBEE

2.4.7.1. Ventajas del estándar ZIGBEE

- Ideal para conexiones punto a punto y punto a multipunto. . (Ortega Carlos Alberto, 2008)
- Diseñado para el direccionamiento de información y el refrescamiento de la red.
- Opera en la banda libre de ISM 2.4 Ghz para conexiones inalámbricas.
- Óptimo para redes de baja tasa de transferencia de datos.
- Alojamiento de 16 bits a 64 bits de dirección extendida. . (Ortega Carlos Alberto, 2008)
- Reduce tiempos de espera en el envío y recepción de paquetes.
- Detección de Energía (ED).
- Baja ciclo de trabajo - Proporciona larga duración de la batería.
- Soporte para múltiples topologías de red: Estática, dinámica, estrella y malla.
- Hasta 65.000 nodos en una red. . (Ortega Carlos Alberto, 2008)
- 128-bit AES de cifrado - Provee conexiones seguras entre dispositivos.
- Son más baratos y de construcción más sencilla. (Ortega Carlos Alberto, 2008)

2.4.7.2. Desventajas del estándar ZIGBEE

- La tasa de transferencia es muy baja. . (Ortega Carlos Alberto, 2008)
- Solo manipula textos pequeños comparados con otras tecnologías.
- Zigbee trabaja de manera que no puede ser compatible con bluetooth en todos sus aspectos porque no llegan a tener las mismas tasas de transferencia, ni la misma capacidad de soporte para nodos.
- Tiene menor cobertura porque pertenece a redes inalámbricas de tipo WPAN. . (Ortega Carlos Alberto, 2008)

2.5. TECNOLOGÍA MÓVIL

La tecnología móvil es el sistema de comunicación que se da a partir del uso de elementos como células, que se les llama celulares, lo cual es uno de los avances más importantes que han inventado en el mundo. (Rouge Lickes Lorena, 2014)

Esta tecnología, llamada de tercera generación, es una comunicación importante para el ser humano, donde la transmisión de voz, o una llamada, es un servicio asociado que proporciona la posibilidad de transferir información y datos. Se puede usar para descarga de programas, correos electrónicos y mensajería, entre otros. (Rouge Lickes Lorena, 2014)

La tecnología móvil, la telefonía regular ha perdido su lugar como elemento de comunicación, agregándole a esto, que cada día los teléfonos celulares han ido avanzando más, adoptando funciones más complejas y completas para el uso de este. Aunque la tecnología móvil es proporcionalmente más costosa, sus planes de pago se vuelven apropiados para cualquier usuario. (Rouge Lickes Lorena, 2014)

2.5.1. Características de la tecnología móvil

Tabla 7-2: Características de la Tecnología Móvil

Standard	AMPS	GSM	GPRS, EDGE	UTMS CDMA HSPA	HSPA+ LTE	LTE-Advanced
Generación	1G	2G	2.5G	3G	3.5G	4G
Tecnología	FDMA	TDMA	TDMA	(W)CDMA	(W)CDMA,	OFDMA
Multiplicación		CDMA	CDMA	A	OFDMA	
		Voz y Datos	Voz y datos simultáneos,	Aplicaciones multimedia, video,		Multimedia

Servicio	Voz analógica	(limitados)	mensajería instantánea	video conferencia	Multimedia	
Ancho de canal	30KHz	200KHz	200KHz	5MHz	5MHz	1.4 – 20MHz
Velocidad de Transferencia	2400 bauds	28Kbps y 272Kbps	56Kbps/14Kbps	2Mbps	7Mbps/5.8Mbps	150Mbps/50 Mbps
Conmutación	Circuitos	Circuitos	Circuitos	Paquetes	Paquetes	Paquetes
Tecnología	Analógica	Digital	Digital	IP	IP	IP

Fuente: (Martínez Evelio, 2001, p.4)

Elaborado por: (Saida Contreras, 2017)

Tabla 8 -2: Características de la Tecnología Móvil

Características de la Telefonía Móvil			
Tecnología	Servicio	Capacidad de Datos	Inicio de Operación
GSM	Datos conmutados por circuitos basados en el estándar GSM 07.07	9.6 a 14.4 Kbps	Disponible actualmente a nivel mundial
	HSCSD	28.8 a 56 Kbps	Disponible
	GPRS	IP y comunicaciones X.25 en el orden de Kbps	actualmente, operación limitada. Disponible en el 2001
	EDGE	Comunicaciones IP a 384 Kbps. Posible compatibilidad con las redes IS – 136	Periodo de pruebas en el 2001, lanzamiento del servicio en el 2002
	W – CDMA	Similar a EDGE pero con posibles velocidades a 2 Mbps en interiores	Lanzamiento inicial en el 2002 o 2003

<p>IS – 136</p>	<p>Datos conmutados por circuitos basados en el estándar IS-135</p> <p>EDGE</p> <p>WCDMA (o Wideband TDMA, WTDMA)</p>	<p>9.6 Kbps</p> <p>Comunicaciones IP a 384 Kbps. Posible compatibilidad con las redes GSM</p> <p>Similar a EDGE pero incorpora velocidades a 2 Mbps en interiores</p>	<p>Algunos carriers ofrecen el servicio, pero no se ha extendido como se esperaba debido a que los principales carriers ya ofrecen CDPD (Cellular Digital Packet Data)</p> <p>Lanzamiento inicial en el 2002 o 2003</p> <p>No hay planes de lanzamiento todavía definidos</p>
<p>CDMA</p>	<p>Datos conmutados por circuitos basados en el estándar IS-707</p> <p>IS-95B</p> <p>CDMA2000 – 1XRTT</p> <p>3XRTT</p>	<p>9.6 Kbps a 14.4 Kbps</p> <p>Comunicaciones IP a 64 Kbps</p> <p>Comunicaciones IP a 144 Kbps</p> <p>Comunicaciones IP a 384 Kbps en</p>	<p>Disponible actualmente por algunos carriers</p> <p>Lanzado en el mercado japonés a principios del 2000</p> <p>Periodo de pruebas en el 2001, lanzamiento del servicio en el 2002 CDMA2000</p>

		exteriores y 2 Mbps en interiores	Lanzamiento inicial en el 2002 o 2003
--	--	--------------------------------------	--

Fuente: (Martínez Evelio, 2001, p.4)

2.5.2. Tipos de tecnología móvil

2.5.2.1. La primera generación (1G)

La 1G de la telefonía móvil hizo su aparición en 1979, se caracterizó por ser analógica y estrictamente para voz. La calidad de los enlaces de voz era muy baja, baja velocidad 2400 bauds, la transferencia entre celdas era muy imprecisa, tenían baja capacidad [basadas en FDMA, Frequency Divison Multiple Access] y la seguridad no existía. La tecnología predominante de esta generación es AMPS (Advanced Mobile Phone System). (Martínez Evelio, 2001, p.4)

Si bien había diferencias en la especificación de los sistemas, eran conceptualmente muy similares. La información con la voz era transmitida en forma de frecuencia modulada al proveedor del servicio. Un canal de control era usado en forma simultánea para habilitar el traspaso a otro canal de comunicación de serlo necesario. La frecuencia de los canales era distinta para cada sistema. MNT usaba canales de 12.5KHz, AMPS de 30KHz y TACS de 25KHz. (Inzaurrealde Martin)

2.5.2.1.1. Características

- Buena calidad de voz, debido al procesador digital.
- Itinerancia.
- Deseo de implantación internacional.
- Terminales realmente portátiles (de reducido peso y tamaño) a un precio asequible.
- Compatibilidad con la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados).
- Instauration de un mercado competitivo con multitud de operadores y fabricantes.

(Rouge Lickes Lorena, 2014)

2.5.2.2. *Redes GSM y GPRS (2G)*

La 2G apareció en el año de 1990 y a diferencia de la primera se caracterizó por ser digital; esta tecnología 2 G utiliza protocolos de codificación más sofisticados y son los sistemas de telefonía celular usados en la actualidad. (Martínez Evelio, 2001, p.4)

Las tecnologías predominantes son: GSM (Global System for Mobile Communications); IS-136 (conocido también como TIA/EIA136 o ANSI-136) y CDMA (Code Division Multiple Access) y PDC (Personal Digital Communications), éste último utilizado en Japón. (Martínez Evelio, 2001, p.4)

Los protocolos empleados en los sistemas 2G soportan velocidades de información altas para voz pero limitados en comunicaciones de datos; también ofrecen servicios auxiliares tales como datos, fax y SMS [Short Message Service]. (Martínez Evelio, 2001, p.4)

La mayoría de los protocolos de 2G ofrecen diferentes niveles de encriptación, como por ejemplo en los Estados Unidos y otros países se le conocen a 2G como PCS (Personal Communications Services). (Martínez Evelio, 2001, p.4)

2.5.2.2.1. *Características*

- Tecnología digital.
- Varios protocolos: TDMA, CDMA y GSM.
- Velocidades entre 28Kbps y 272Kbps.
- Ancho de banda entre 30KHz y 1250KHz.
- Soporta velocidades de información muy altas para voz, pero limitadas para los datos.
- Ofrecen seguridad en diferentes niveles de encriptación. (Martínez Evelio, 2001, p.4)
- Servicios como datos, fax y SMS (Short Message Service). (Martínez Evelio, 2001, p.4)

2.5.2.2.2. *Generación 2.5 G*

GSM cumplió con todos los objetivos, pero después de un tiempo empezó a ser obsoleto ya que solo ofrecía un servicio de voz o datos a baja velocidad (9.6Kbps) y el mercado empezaba a requerir servicios multimedia, lo cual era necesario para la capacidad de transferencia de datos del sistema, para lo cual se optó por dar otro paso incluyendo el 2.5G, con nuevos servicios EMS (Especificación de Memoria Expandida) y MMS (Sistema de Mensajería Multimedia). (Rouge Lickes Lorena, 2014)

- EMS es el servicio de mensajería mejorado, que permite la utilización de melodías e íconos dentro del mensaje basándose en los SMS (Servicio de Mensajes Cortos); un EMS equivalente a 3 ó 4 SMS. (Rouge Lickes Lorena, 2014)
- MMS (Sistema de Mensajería Multimedia) son un tipo de mensajes que se envían mediante GPRS (Servicio General de Paquetería vía Radio) y permite la inserción de imágenes, sonidos, videos y texto. (Rouge Lickes Lorena, 2014)

Los servicios de telecomunicaciones se moverán a las redes 2.5G antes de entrar masivamente a 3G; esta tecnología 2.5G es más rápida y más económica para actualizar a 3G.

La generación 2.5G ofrece capacidades adicionales que los sistemas 2G tales como GPRS (General Packet Radio System), HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution), IS- La evolución de la telefonía móvil.doc 3/6 136B, IS-95B, entre otros. (Martínez Evelio, 2001)

2.5.2.3. *Uso de la tecnología móvil (3G)*

La 3G es tipificada por la convergencia de la voz y datos con acceso inalámbrico a Internet, aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos; los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan más altas velocidades de información enfocados para aplicaciones tales como audio (MP3), video en movimiento, video conferencia y acceso rápido a Internet, sólo por nombrar algunos. (Martínez Evelio, 2001)

Las redes 3G empezaron a operar en el 2001 en Japón por NTT DoCoMo, en Europa y parte de Asia en el 2002, posteriormente en Estados Unidos y otros países; los sistemas 3G alcanzaron velocidades de hasta 384 Kbps permitiendo una movilidad total a usuarios viajando a 120 kilómetros por hora en ambientes exteriores y alcanzará una velocidad máxima de 2 Mbps permitiendo una movilidad limitada a usuarios caminando a menos de 10 kilómetros por hora en ambientes estacionarios de corto alcance o en interiores. (Martínez Evelio, 2001)

Entre las tecnologías contendientes de la tercera generación se encuentran UMTS (Universal Mobile Telephone Service), cdma2000, IMT-2000, ARIB (3GPP), UWC-136, entre otras. El impulso de los estándares de la 3G está siendo apoyado por la ITU (International Telecommunications Union) y a este esfuerzo se le conoce como IMT-2000 (International Mobile Telephone). (Martínez Evelio, 2001)

La tecnología 3G se denomina técnicamente UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) y, aunque el funcionamiento es muy parecido a GSM.

2.5.2.3.1. Características

- Las frecuencias utilizadas se sitúan en un intervalo de frecuencias más altas que GSM. Esto básicamente implica que la señal se comporta de un modo más parecido a los rayos de luz que, por ejemplo, a la señal FM de la radio: menor capacidad de atravesar obstáculos, especialmente metálicos, que actúan como un espejo, y menor alcance, ya que la señal se atenúa más rápidamente en el espacio.
- Mayor ancho de banda: inicialmente eran 384 kbps —frente a los típicos 48 Kbps de GPRS—, pero en la actualidad la red ha evolucionado a velocidades muy superiores mediante técnicas complementarias (3,6 Mbps en España).
- Servicio de video - llamada: es posible llamar a una persona y, además de hablar con ella, verla mediante la cámara de su teléfono. (Inzaurrealde Martin)

2.5.2.4. Redes de alta velocidad (4G)

La evolución a la cuarta generación irá acompañada de un incremento importante en el ancho de banda. El objetivo es disponer de velocidades mínimas de acceso de 100 Mbps y que el tiempo medio que necesita la red para transportar la información entre dos puntos lejanos (denominado latencia) sea muy pequeño, comparable a las de las actuales redes de área local que se instalan en las oficinas. (Inzaurrealde Martin)

Esto permitirá descargas de vídeo de alta definición y música HiFi en tiempo real. Las investigaciones para el desarrollo de estos equipos van parejas al descubrimiento de baterías de menor tamaño y peso, y mayor duración, para el incremento del consumo esperado por parte de estos dispositivos. (Inzaurrealde Martin)

La cuarta generación es un proyecto a largo plazo que será 50 veces más rápida en velocidad que la tercera generación. Se planean hacer pruebas de esta tecnología hasta el 2005 y se espera que se empiecen a comercializar la mayoría de los servicios hasta el 2010. (Martínez Evelio, 2001)

2.5.2.4.1. Características

- Un punto importante de LTE es que persigue constituirse como estándar único de telecomunicaciones móviles a nivel mundial, aunque actualmente esto es más una utopía, por la conocida resistencia del gobierno chino a fabricar según estándares, para garantizar su liderazgo mundial como potencia industrial. (Inzaurrealde Martin)
- Los conceptos OFDM (Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales), MIMO y SDR (Software Defined Radios) se asocian al nuevo acceso radio, EUTRAN, en contraposición del UTRAN basado en WCDMA de UMTS. (*Diseño, Integración y Optimización de Estaciones Base de Segunda Generación*)
- Red basada completamente en IP. Tasas previstas de 100 Mbps en enlace descendente y 50 Mbps en enlace ascendente con un ancho de banda en ambos sentidos de 20Mhz. (*Diseño, Integración y Optimización de Estaciones Base de Segunda Generación*)

2.5.2.5. Ventajas de la tecnología móvil

- El protocolo IP está basado en paquetes.
- Velocidad de transmisión alta: fruto de la evolución de la tecnología, hoy en día se pueden alcanzar velocidades superiores a los 3 Mbps por usuario móvil.
- Más velocidad de acceso. (*Diseño, Integración y Optimización de Estaciones Base de Segunda Generación*)
- UMTS, sumado al soporte de protocolo de Internet (IP), se combinan para prestar servicios multimedia y nuevas aplicaciones de banda ancha.
- Transmisión de voz con calidad equiparable a la de las redes fijas.
- Herramienta muy práctica para realizar actividades importantes en cualquier momento y lugar.
- Los precios son cada vez más accesibles y cada persona elige el que más se adapte a sus necesidades.
- Todo esto hace que esta tecnología sea ideal para prestar diversos servicios multimedia móviles. (*Diseño, Integración y Optimización de Estaciones Base de Segunda Generación*)



Figura 10-2: Ventajas de la Tecnología Móvil
Fuente: (Rivadeneira, Veronica, 2016, p.5)

2.5.2.6. Desventajas de la tecnología móvil

- Cobertura limitada, dependiendo de la localización y área geográfica.
- Disminución de la velocidad, si el dispositivo desde el que nos conectamos está en movimiento.
- No orientado a conexión.

Tabla 9 -2: Evolución de la Tecnología Móvil

Tecnología	Nombre Común	Red Utilizada	Velocidad de Subida	Comentarios
GPRS	2,5 G	GSM	171 Kbps	La velocidad de bajada 57 Kbps por limitaciones del terminal o de la configuración de red.
UMTS	3 G	UTMS	64 Kbps	
HSDPA	3,5 G	UTMS	384 Kbps	La red gestiona su propia velocidad en función de la calidad de la señal y la velocidad a la que se mueve el usuario.
HSUPA	3,75 G	UTMS	1,5 Mbps	La velocidad de bajada es 7,2 Mbps

Fuente:(Inzaurrealde Martin, s. , p. 6.)

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

2.6. TECNOLOGÍA GPRS

La red GPRS nace como una evolución de la red GSM y por eso es considerada 2.5G (GSM es una red 2G). Esta red puede brindar velocidades de transmisión hasta de 56 kbps usando casi la misma infraestructura de su antecesor. (Salinas Paul, 2015)

Básicamente es una comunicación basada en paquetes de datos. En GSM, los intervalos de tiempo son asignados mediante una conexión conmutada, en tanto que en GPRS son asignados mediante un sistema basado en la necesidad a la conexión de paquetes. Es decir, que si no se envía ningún dato por el usuario, las frecuencias quedan libres para ser utilizadas por otros usuarios. (Inzaurrealde Martin)

2.6.1. Arquitectura

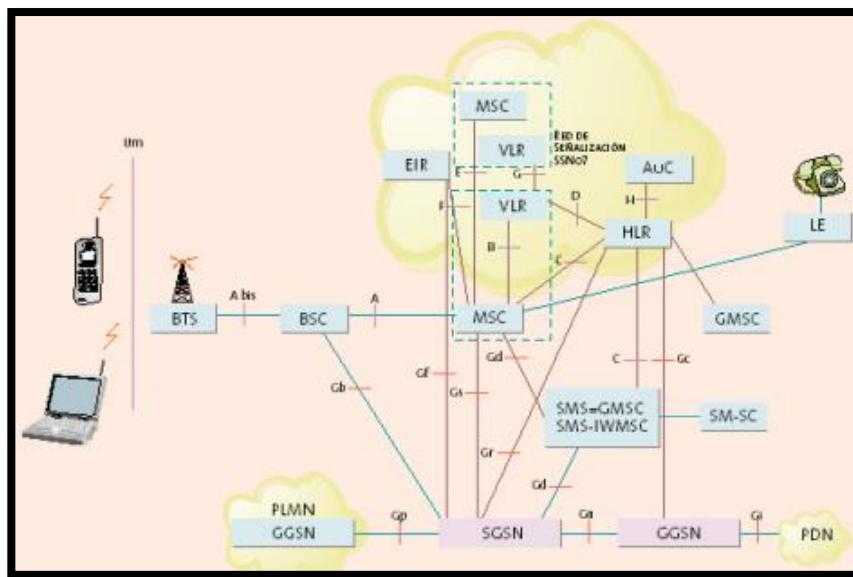


Figura 11-2: Arquitectura de GPRS

Fuente: (Salinas Paul, 2015, p.46)

Se puede visualizar el terminal de usuario (MS) conformado por chip SIM y transmisor GPRS que se conecta con el BTS (estación base), este BTS se conecta con el BSC (Controladora de Estación) formando ambas el BSS (sistema de estación base). Hasta ese momento, se replica lo mismo que la figura anterior que es la arquitectura GSM. En la figura siguiente, es posible visualizar los protocolos que usa GPRS durante su transmisión. (Salinas Paul, 2015, p.46)

2.6.2. Tipología de Servicios GPRS

El servicio GPRS pone a disposición dos topologías de servicios diferentes que son:

- Punto a Punto (Point To Point, PTP).
- Punto Multipunto (Point To Multipoint, PTM).

2.6.3. Modem GSM/GPRS

Las bandas de frecuencia para GSM son cuatro: 850, 900, 1800 y 1900 MHz. Las bandas de 900-1800 MHz se emplean en los países de Europa, Asia, Australia, Medio Oriente y África y las bandas de 850-1900 se emplean en los países de Estados Unidos, Canadá, México y la mayor parte de Centro América y Sudamérica. (Salinas Paul, 2015)

Un modem GPRS, es un modem GSM compatible con la tecnología GPRS para transmitir los datos. GPRS es una tecnología basada en conmutación de paquetes lo que significa que los datos están divididos en paquetes y es una extensión de GSM. (Salinas Paul, 2015)

En GPRS la velocidad de transmisión de datos es de 115,000 Kbps que es mayor a la velocidad de transmisión de datos que tiene GSM. (Salinas Paul, 2015)

Permite la transmisión de las variables a través de la red móvil y además de brindar las coordenadas geográficas del dispositivo. (Salinas Paul, 2015)

2.6.3.1. Información del Equipo

Son instrucciones codificadas que forman parte de un lenguaje de comunicación entre el hombre y un terminal MODEM. Estos comandos fueron creados por Dennis Hayes en 1977 para servir como una interfaz de comunicación con un MODEM y de esta manera poder configurarlo y proporcionarle instrucciones como marcar un número de teléfono.

Aunque al inicio fueron creados principalmente para la comunicación con MODEMS, la telefonía móvil también lo utiliza como estándar para poder comunicarse con sus terminales

permitiendo de esta forma realizar llamadas de datos o de voz, leer y escribir en la agenda de contactos y enviar mensajes SMS, además de muchas otras opciones de configuración del terminal. (Domínguez Alberto Castro.)

2.6.3.1.1. Acción realizada por el modulo

- **ATH:** descuelga el teléfono.
- **ATI:** revisa la memoria ROM del módulo.
- **ATM:** conexión/Desconexión del altavoz. (Domínguez Alberto Castro.)
-

2.6.3.1.2. Comandos del servicio de red

- **AT+CSQ:** obtener calidad de la señal.
- **AT+COPS:** selección de un operador.
- **AT+CREG:** registrarse en una red.
- **AT+WOPN:** leer nombre del operador. (Domínguez Alberto Castro.)

2.6.3.1.3. Comandos de seguridad

- **AT+CPIN:** introducir el PIN.
- **AT+CPINC:** obtener el número de reintentos que quedan.
- **AT+CPWD:** cambiar password (contraseña). (Domínguez Alberto Castro.)

2.6.3.1.4. Comandos para la agenda de teléfonos

- **AT+CPBR:** leer todas las entradas.
- **AT+CPBF:** encontrar una entrada.
- **AT+CPBW:** almacenar una entrada.
- **AT+CPBS:** buscar una entrada. (Domínguez Alberto Castro.)

2.6.3.1.5. Comandos para SMS

- **AT+CPMS:** seleccionar lugar de almacenamiento de los SMS.
- **AT+CMGF:** seleccionar formato de los mensajes SMS.
 - **AT+CMGF=0**, en modo PDU.
 - **AT+CMGF=1**, en modo texto.
- **AT+CMGR:** leer un mensaje SMS.
 - **AT+CMGR=1**, lee el mensaje 1. (Domínguez Alberto Castro.)
- **AT+CMGL:** listar los mensajes almacenados.
- **AT+CMGS:** enviar mensaje SMS.
- **AT+CMGW:** almacenar mensaje en memoria.
- **AT+CMSS:** enviar mensaje almacenado en la memoria.
- **AT+CSCA:** establecer el Centro de mensajes a usar.
- **AT+WMSC:** modificar el estado de un mensaje. (Domínguez Alberto Castro.)
- **AT+CNMI:** nuevas indicaciones del mensaje de texto.
 - **AT+CNMI=2,1,0,0,0:** configura buffers y avisos sobre nuevo mensaje (al llegar un SMS notifica).
 - **AT+CNMI=2,2,0,0,0:** en cuanto llega muestra el mensaje. (Domínguez Alberto Castro.)

2.7. ARDUINO UNO

2.7.1. Concepto de Arduino

Es una plataforma electrónica abierta utilizada para desarrollar prototipos basados en software y hardware, diseñados para crear entornos interactivos. (Calderón Sanmartín Nilder, 2016)

La placa de arduino es una placa de microcontrolador compuesta de 14 pines E/S digitales de los cuales seis son usados como salidas PWM, cuenta con seis entradas analógicas. (Calderón Sanmartín Nilder, 2016)



Figura 12-2: Arduino uno

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

2.7.2. Características Técnicas del Arduino Uno

Tabla 10 -2: Características Técnicas del Arduino Uno

Parámetros	Características
Microcontrolador de funcionamiento	AT mega 328
Voltaje de funcionamiento	5 V
Voltaje de Entrada (recomendado)	7 – 12 V
Voltaje de Entrada (limites)	6 – 20 V
Pines DC E/S	14 (6 proporcionan PWM)
Corriente DC E/S	6
Corriente CC pin 3.3. V	40 mA
Memoria Flash	50 mA
SRAM	32 Kb (0.5 Kb gestor de arranque)
EEPROM	2 Kb
	1 Kb
Tamaño del Vector de Interrupción	2 instituciones palabra /vector

Dimensiones	68.6 mm * 53.4 mm
-------------	-------------------

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

2.7.3. *Instalación de Arduino*

Para trabajar con Arduino primero se debe comprar una placa Arduino y un cable USB standart (para conectar al computador).

Arduino se ejecuta en Windows, Mac OS X y Linux, por lo que hay una versión de Arduino para cualquiera de estos sistemas operativos. En el sitio web del software de Arduino en <http://arduino.cc/en/Main/Software> se descarga la versión del software compatible con nuestro sistema operativo. (Calderón Sanmartín Nilder, 2016)

2.7.3.1. *Instalación en Windows*

Se descarga el archivo de Windows .zip y se descomprime. Esta carpeta de Arduino se guarda en un lugar específico de la computadora para después ejecutar el programa. La carpeta Archivos de programa podría ser un lugar adecuado para el software de Arduino. Es necesario instalar los controladores Arduino antes de poder empezar a trabajar con la placa. A continuación se describen estos pasos: (Calderón Sanmartín Nilder, 2016)

- Se conecta la placa al equipo y se espera a que Windows inicie el proceso de instalación del controlador.
- Hacer clic en el menú Inicio y abrir el Panel de control. (Calderón Sanmartín Nilder, 2016)
- Ir a la red y la seguridad, luego Sistema y luego en Administrador de dispositivos.
- Buscar el puerto Arduino Uno que aparece en Puertos (COM y LPT).
- Hacer clic derecho sobre él y seleccionar "Actualizar software de controlador", seleccionando "Buscar en mi sistema software de controlador". (Calderón Sanmartín Nilder, 2016)
- Por último, navegar y seleccionar el archivo controlador de Arduino Uno llamado ArduioUNO.inf, que se encuentra en la carpeta de controladores dentro de la carpeta

del software de Arduino que se descargó. Windows instalará con éxito la placa ahora. (Calderón Sanmartín Nilder, 2016)

2.7.4. Probar el Arduino

Una vez instalado el software y los controladores de Arduino, es necesario realizar una prueba para verificar su funcionamiento.

Entre los numerosos ejemplos de Arduino que se incluyen con el Arduino IDE, hay un ejemplo llamado Blink que hace que este LED incorporado comience a parpadear cada segundo. Se va a utilizar este ejemplo como una manera de averiguar si el Arduino puede comunicarse correctamente con el ordenador y si los ejemplos que vienen incluidos pueden ser cargados a la placa.

Se conecta la placa Arduino al ordenador y se ejecuta el software de Arduino. En el menú Herramientas, seleccionamos la placa Arduino Uno como se muestra en la Figura 13-2.

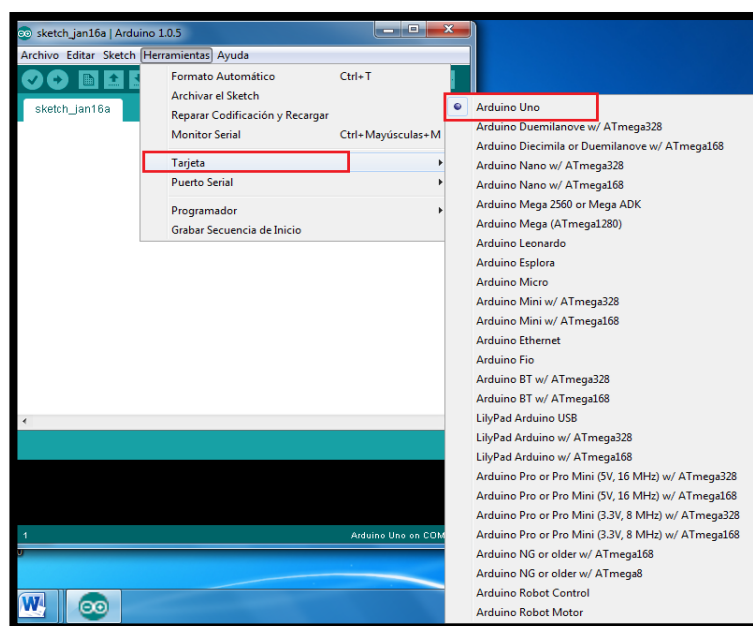


Figura 13-2: Selección de la placa.

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Después se selecciona el dispositivo serie en la opción de puerto serie en el menú Herramientas. En Windows el puerto es probable que sea COM4 o superior como se observa en la Figura 14-2.

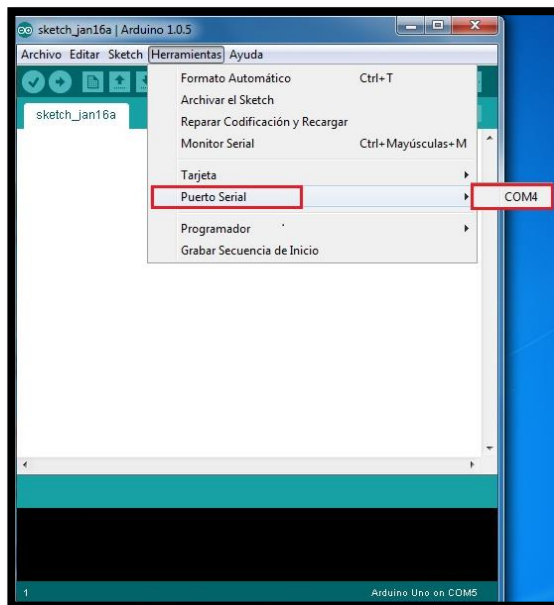


Figura 14-2: Selección del puerto serial.
 Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Ahora se carga el programa a la placa Arduino como se puede observar en la Figura 15-2. Para ello se da clic en el botón Abrir de la barra de herramientas y se busca el programa que se desea cargar en este caso "arduinoprograma". A continuación, subir el programa haciendo clic en el botón Upload. Después de algunos segundos, se visualiza un mensaje que dice "Carga terminada". (Biendicho Lleti Fidel, 2015)

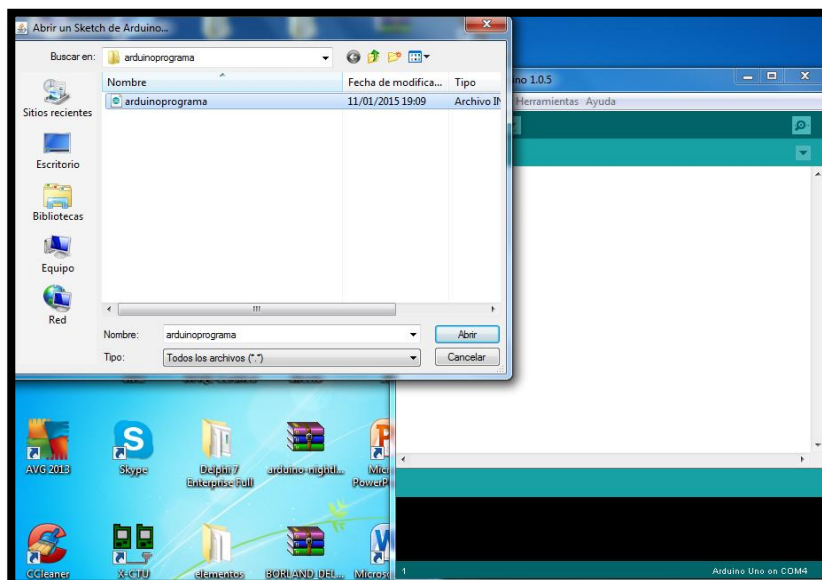


Figura 15-2: Abriendo el programa
 Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

2.7.5. Pines de entrada y salida de Arduino uno

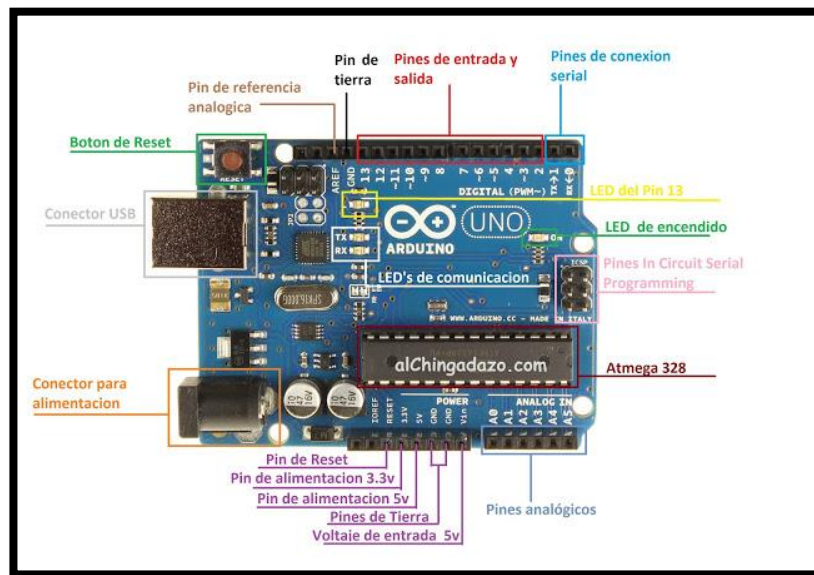


Figura 16-2: Pines de Arduino digitales y pines analógicos

Fuente: <http://electronicabyene19.blogspot.com/>

- **14 pines digitales:** Cada uno de estos pines se pueden utilizar como entrada o salida digital configurándolos con las funciones `pinMode()`, `digitalRead()` y `digitalWrite()`. Cada pin puede proporcionar o recibir un máximo de 40 mA y tienen una resistencia de pull-up (desconectada por defecto) de 20 a 50 kOhm.
- **PWM 3, 5, 6, 9,10 y 11:** Modulación por anchura de pulsos de 8 bits (256 valores) con la función `analogWrite()`.
- **Serial 0(RX) y 1(TX):** Se utilizan para recibir o transmitir datos en serie TTL. Cada uno de ellos está conectado a los pines correspondientes del chip USB-to-Serial ATmega16U2. (Biendicho Lleti Fidel, 2015)
- **SPI (Serial Peripheral Interface) pines 10 (SS), 11(MOSI), 12(MISO) y 13(SCK):** Estos pines se utilizan para la comunicación serie con periféricos conectados.
- **LED 13:** Es un LED en la placa ARDUINO UNO y conectado al pin 13. Cuando el valor de salida de este pin es de nivel alto (HIGH) el LED se enciende y cuando es de nivel bajo (LOW) el LED se apaga. (Biendicho Lleti Fidel, 2015)
- **6 entradas analógicas desde A0 a A5:** Digitalizan con una resolución de 10 bits. 6 entradas con un rango de 0 V a 5 V. (Biendicho Lleti Fidel, 2015)
- **AREF:** Se utiliza para cambiar el rango de las entradas analógicas con la función `analogReference()`.

- **Reset:** Si pones el valor de este pin a nivel bajo (LOW) reinicializará el microcontrolador. Suele utilizarse cuando quieres añadir un botón de reinicio externo porque no puedes acceder al de la placa Arduino. (Biendicho Lleti Fidel, 2015)

2.7.5.1. Pines Digitales

Arduino tiene 14 pines digitales, numerados de 0 a 13, estos se pueden configurar como entrada o salida, utilizando la función `pinMode ()`; en ambos modos, los pines digitales sólo pueden enviar o recibir señales digitales, que consisten en dos estados diferentes: ON (ALTAS, o 5V) y OFF (bajo, o de 0 V). (Biendicho Lleti Fidel, 2015)

Los pines se pueden establecer como OUTPUT (salida) y pueden proporcionar corriente a dispositivos externos. Los pines de INPUT (entrada) están listos para leer las corrientes de los dispositivos conectados a ellos. (Biendicho Lleti Fidel, 2015)

2.7.5.2. Pines Analógicos

La placa Arduino contiene seis canales de analógico a digital (ADC), la función es convertir una tensión de entrada analógica en un número digital proporcional a la magnitud de la tensión de entrada en relación con la tensión de referencia (5V).

Estos pines se establecen como pines de entrada o de salida exactamente como sus pines digitales, llamándolos A0, A1, etc.

2.7.6. Arduino IDE

El Entorno de Desarrollo Integrado o IDE por sus siglas en inglés, es un software que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring, también se puede utilizar otros lenguajes de programación, debido a que Arduino usa la transmisión serie de datos soportada por la mayoría de los lenguajes. Para los que no soportan el formato serie de forma nativa es posible utilizar software intermediario que traduzca los mensajes enviados por ambas partes para permitir una comunicación fluida. Arduino está basado en C y soporta todas las funciones del estándar C y algunas del C++. (Biendicho Lleti Fidel, 2015)

- Un editor de texto.- donde escribir el código del programa.
- Un área de mensajes.- a través del cual el usuario tendrá constancia en todo momento de los procesos que se encuentren en ejecución, errores en código, problemas de comunicación, etc.
- Una consola de texto.- mediante la que podremos comunicarnos con el hardware Arduino y viceversa.
- Una barra de herramientas.- donde podremos acceder a una serie de menús y a los botones con acceso directo a las principales funcionalidades de Arduino. (Domínguez Castro Alberto)

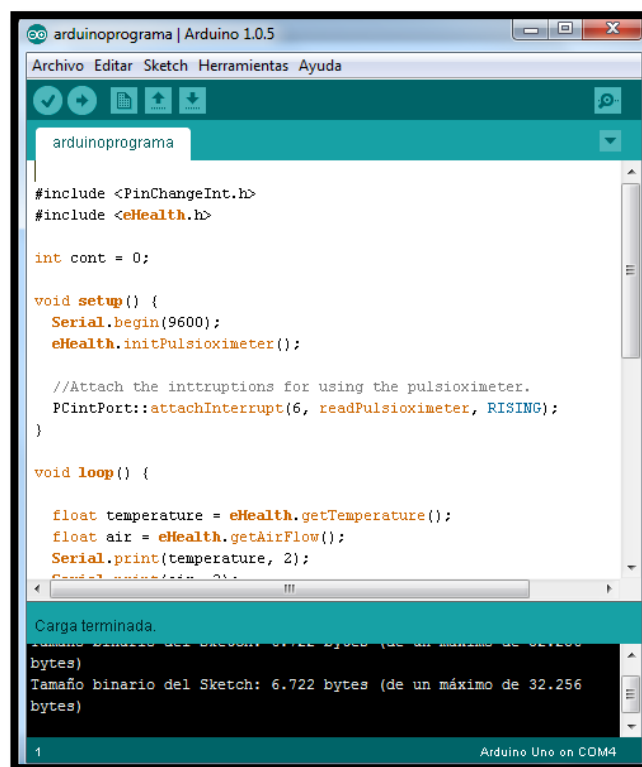







Figura 17-2: Arduino IDE.

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Se describe la utilidad de cada uno de los iconos que aparecen en la pantalla principal del entorno de desarrollo de Arduino:

-  “Verificar”.- Esta función se encarga de verificar el código del sketch en busca de posibles errores, luego manda mensajes notificando al usuario el resultado de dicha verificación.

En el caso de que se detecten errores en el código, éstos se detallarán junto con el número de línea en la que han sido detectados, cuando la comprobación resulta libre de errores se procede a la carga del código en la placa Arduino. (Domínguez Castro Alberto)

-  “Cargar”.- Permite compilar el código del sketch y lo carga en Arduino, cuando la carga a terminado se informa al usuario a través del área de mensajes, y podremos proceder a la apertura del monitor serial. (Domínguez Castro Alberto)
-  “Nuevo”.- Para la creación de un nuevo sketch, se abre una nueva hoja de texto donde escribiremos el código correspondiente al sketch. (Domínguez Castro Alberto)
-  “Abrir”.- Permite abrir un sketch existente que ha sido previamente guardado, también se puede abrir cualquiera de los sketches que trae instalados por defecto el IDE de Arduino. (Domínguez Castro Alberto)
-  “Guardar”.- Esta funcionalidad permite almacenar el sketch que está en desarrollo en ese momento, también permite elegir la ruta en la que se va a guardar, y crea automáticamente una carpeta con el mismo nombre que se le guardo, y se guarda el sketch del mismo nombre. (Domínguez Castro Alberto)

2.7.7. *Monitor Serial*

- Es el entorno de desarrollo de Arduino abre una nueva ventana a través de la cual podemos ver la comunicación establecida por el puerto serie entre la placa Arduino y el PC durante la ejecución del programa, la que contiene una barra de escritura mediante la que se puede comunicar con Arduino a través de su puerto serie, por ejemplo, para seleccionar distintas opciones que contemple un posible menú creado por el usuario dentro de un código, o para enviar directamente comandos AT a una shield GPRS/GSM que tengamos montada sobre el Arduino. En la figura 18-2: podemos ver

la pantalla correspondiente al Monitor Serial y la pestaña desplegable en la que podemos seleccionar las distintas opciones referentes a los caracteres de fin de línea. (Dominguez Castro Alberto)



Figura 18-2: Monitor Serial de Arduino

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

2.7.8. Software de programación de Arduino

Las placas son programadas a través del software propio de Arduino, el cual escribir y cargar el código de programación desde el computador hacia la placa; luego se ejecuta en los sistemas operativos de Windows, Mac OS X y Linux. El entorno está escrito en Java y basado en Processing y Wiring también de código abierto, disponible para la extensión por programadores experimentados. (Biendicho Lleti Fidel, 2015)

El lenguaje se puede ampliar a través de bibliotecas C++, también es posible utilizar otros lenguajes de programación y aplicaciones en Arduino como Java, Processing, Python, Mathematica, MATLAB, Perl, Visual Basic, etc. Del mismo modo, se puede agregar código del lenguaje de programación AVR-C. (Biendicho Lleti Fidel, 2015)

2.7.9. Hardware de programación de Arduino

El costo de la placa Arduino es relativamente bajo, y ésta se conecta directamente al puerto USB de un ordenador, a la cual se puede añadir sensores, actuadores y varios dispositivos más, para comunicarse e implementar el proyecto requerido. (Biendicho Lleti Fidel, 2015)

Arduino Uno es una placa electrónica basada en el ATmega328P, la cual tiene 14 pines digitales de entrada o salida, de los cuales 6 pueden utilizarse como salidas PWM, 6 entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado de ICSP y un botón de reinicio. Puede ser alimentada mediante una conexión USB o por alimentación externa. (Biendicho Lleti Fidel, 2015)

2.7.10. SHIELDS

Para ampliar las funciones de la plataforma Arduino, se puede recurrir a una gran variedad de shields compatibles prácticamente con cualquiera de sus modelos, así se puede dotar al dispositivo de funciones adicionales dedicadas específicamente a ofrecer algún tipo de servicio concreto. (Biendicho Lleti Fidel, 2015)

Un shield es un módulo de expansión en forma de placa impresa que se puede conectar a la parte superior de la placa Arduino para ampliar sus capacidades, permitiendo además ser apiladas unas encima de otras manteniendo un diseño modular, tal como podemos ver en la figura 19-2. (Biendicho Lleti Fidel, 2015)

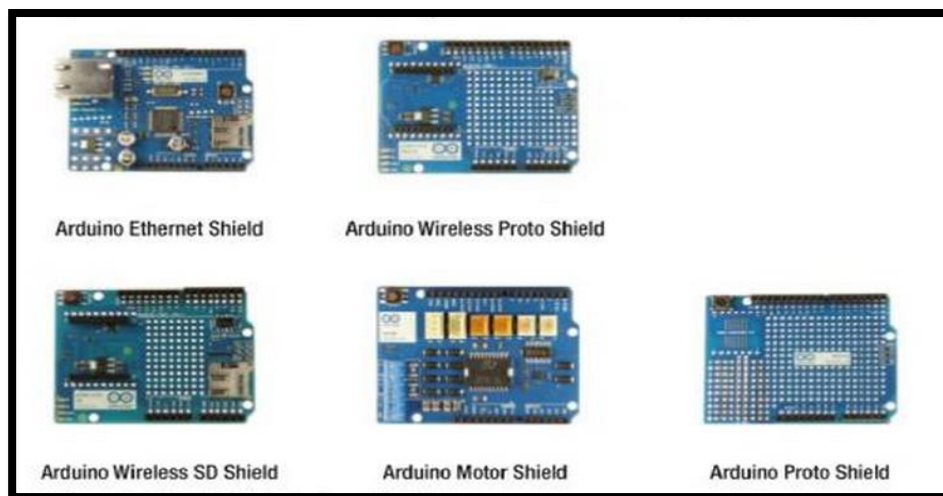


Figura 19-2: Shields oficiales Arduino

Fuente: <http://arduinodesdecero.blogspot.com/2013/10/arduino-shields-escudos.html>

Pasos del Shields:

1. Introducir las bibliotecas que se van a utilizar.
2. Inicialización de las variables del programa. (Biendicho Lleti Fidel, 2015)

3. void setup (): Función en el que se asignan como entrada (INPUT) o salida (OUTPUT) cada uno de los pines de la placa que se van a utilizar, con la función pinMode(pin,tipo). Se ejecuta sólo una vez, al inicio. (Biendicho Lleti Fidel, 2015)
4. void loop (): Función principal del programa donde ira el código que se ejecutará y hará funcionar al Arduino. Esta función se ejecuta continuamente, en bucle. (Biendicho Lleti Fidel, 2015)

2.7.11. Módulos Inalámbricos XBEE S1

Los módulos XBee de MaxStream permiten enlaces seriales de señales TTL en distancias de 30 metros en interiores, 100 metros en exteriores con línea de vista y hasta 1.5 Km con los módulos Pro. Fig. 1. Módulo XBee de MaxStream. (Arduino + XBee - Primeros Pasos, s. f.)



Figura 20-2: Modulo XBee

Fuente: <https://hangar.org/webnou/wp-content/uploads/2012/01/arduino-xbee-primeros-pasos.pdf>

XBee es el nombre comercial del Digi de una familia de módulos de comunicación por radio y están basados en el estándar zigbee, pero digi tiene muchos Xbee y algunos son zigbee estándar y otros son propietarios o modificaciones del estándar. Existen muchos módulos Xbee basados en el estándar IEEE 802.15.4. (Aprendiendo Arduino, s. f.)

Los módulos Xbee han sido diseñados para aplicaciones que requieren de un alto tráfico de datos, baja latencia y una sincronización de comunicación predecible. Por lo que básicamente XBee es propiedad de Digi basado en el protocolo Zigbee. En términos simples, los XBee son módulos inalámbricos fáciles de usar. (Aprendiendo Arduino, s. f.)

2.7.11.1. Serie 1 vs Serie 2

Existen dos tipos de módulos XBee, denominados: serie 1 y serie 2. Los mismos no son compatibles entre sí y no pueden comunicarse entre sí. (Pérez Bladimir, 2014) y

2.7.11.2. Configuración del Módulo XBEE

Los nodos XBee se pueden configurar de dos modos denominados: modo AT y API.

- Modo AT (Attention): En esta configuración los datos que se desean transmitir no reciben ningún tipo de modificación. El paquete puede ser enviado a un solo destino o a múltiples destinos. (Pérez Bladimir, 2014)
- Modo API (Application Programming Interface): Este modo realiza un encapsulamiento de los datos, proporcionando opciones adicionales como: checksum, direccionamiento y confirmación del paquete transmitido/recibido. (Pérez Bladimir, 2014)

Tabla 11-2: Algunos parámetros de XBee.

Comando	Descripción	Valores válidos	Valor por defecto
ID	El ID de red del módulo Xbee	0 - 0xFFFF	3332
CH	El canal del módulo Xbee	0x0B - 0x1A	0x0C
SH y SL	El número de serie del módulo Xbee (SH da los altos 32 bits, SL los bajos 32 bits). Sólo lectura.	0 - 0xFFFFFFFF (tanto para SH y SL)	diferente para cada módulo

MI	La dirección de 16 bits del módulo	0 - 0xFFFF	0
DH y DL	La dirección de destino para la comunicación inalámbrica (DH es el alto de 32 bits, la baja DL 32)	0 - 0xFFFFFFFF (tanto para DH y DL)	0 (tanto para DH y DL)
BD	La velocidad de transmisión utilizada para la comunicación serie con la placa Arduino o computadora	0 (1200 bps) 1 (2400 bps) 2 (4800 bps) 3 (9600) 4 (19200 bps) 5 (38400 bps) 6 (57600 bps) 7 (115200 bps)	3 (9600 baud)

Fuente: <http://arduino.cc/en/prwiki.php?n=Main/ArduinoXbeeShield>

CAPITULO III

3. IMPLEMENTACION DEL PROTOTIPO DE WSN

3.1. Diseño del Prototipo WSN

La red consta de cuatro sensores conectados a la placa e-Health Sensor Shield la que transmitirá al nodo receptor que es el Xbee S1 que está conectado a la PC para la visualización de los datos. Lo mismo que se puede observar en la figura 1-3.

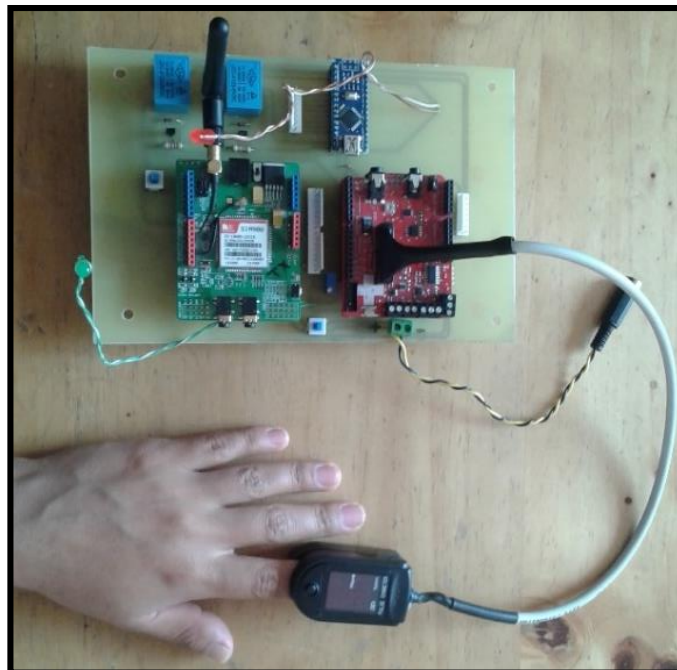


Figura 1-3: Prototipo de la WSN

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

3.2. Implementación del Prototipo WSN

Para realizar la implementación se va a ver el funcionamiento de los sensores a utilizar, para luego configurar en el Arduino y posteriormente configurar los XBee S1 para la transmisión de

los datos; se va a investigar el programa que brinde facilidad en el momento de la creación de la interfaz, para poder establecer conexión con la base de datos y con el puerto serial.

3.2.1. *Sensor de Flujo de Aire*

El sensor de flujo de aire mide la tasa de respiración de las personas. Este sensor consta de un hilo que se coloca detrás de los oídos y dos puntas que se colocan en la nariz, es a través de estas que se mide la respiración. La forma de conexión es conectar el cable rojo al terminal positivo y el cable negro al terminal negativo como se muestra en la figura 2-3:



Figura 2-3: Conexión del sensor de aire

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

3.2.2. *Sensor de Temperatura Corporal*

La temperatura corporal depende de muchos factores como el momento del día o el lugar del cuerpo en que se mida, esta medida nos puede ayudar a determinar los estados de temperatura corporal como se muestra en la tabla 1-3:

Tabla 1-3: Temperaturas Corporales

La hipotermia	Menor a 35 ° C
Normal	36,5-37,5 ° C
Fiebre o hipertermia	Mayor a 37,5-38,3 ° C
Hiperpirexia	Mayor a 40,0-41,5 ° C

Fuente: Lcda. Lupe Zabala.

El sensor de temperatura corporal para realizar las mediciones se conecta como se muestra en la figura 3-3. Y se coloca en el dedo de la mano o pie.

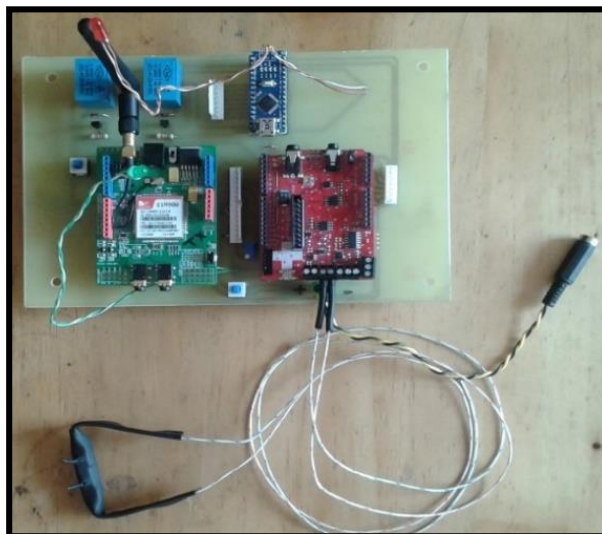


Figura 3-3: Sensor de temperatura corporal
Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

3.2.3. *Sensor de Pulso y Oxígeno en la Sangre (SpO2)*

Este sensor mide la cantidad de oxígeno en la sangre a través de la detección de la hemoglobina y desoxihemoglobina. Hemoglobina desoxigenada (Hb) tiene una absorción mayor a 660 nm y la hemoglobina oxigenada (HbO₂) tiene una mayor absorción en 940 nm.

Un fotodetector percibe la luz no absorbida de los LEDs para calcular la saturación arterial de oxígeno. Este sensor es muy útil para cualquier paciente. En la tabla 2-3 se muestra algunos porcentajes.

Tabla 2-3: Porcentaje de la oxigenación en la sangre

Normal	95 a 99 por ciento
Hipóxico	88 al 94 por ciento
Envenenamiento por monóxido de carbono	100

Fuente: Lcda. Lupe Zabala

En la tabla 2-3: se puede observar los valores normales de las pulsaciones por minuto en las personas adultas y los problemas causados por alguna alteración de estas:

Tabla 3-3: Pulsaciones por minuto

Normal	60 a 100 pulsaciones por minuto
Bradycardia	Menor a 60 pulsaciones por minuto
Taquicardia	Mayor a 100 pulsaciones por minuto

Fuente: Lcda. Lupe Zabala.

Con el oxímetro también se puede medir el número de pulsos. Y se conecta de la siguiente manera como se indica en la figura 4-3:

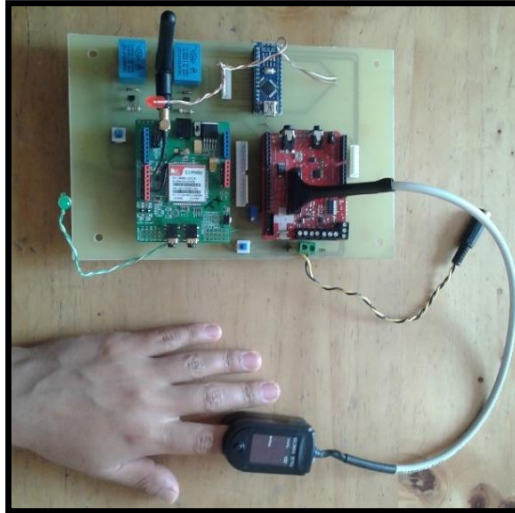


Figura 4-3: Sensor de pulso y oxígeno en la sangre
Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

3.3. Configuración de los Módulos XBEE S1

Para la configuración de los módulos XBee S1 se realiza mediante el software X-CTU en donde se va a configurar todas las características que va a tener la red, como es la dirección, la seguridad, el tipo de dispositivo que es en la red, para lo cual se debe utilizar el XBee USB Adapter que es donde se coloca el XBee S1.

- Primeramente se procede a abrir el programa X-CTU en donde se selecciona el número de puerto que tiene el Xbee USB Adapter que en este caso es el COM 3, además se selecciona los baudios de comunicación, Control de flujo, Bits de datos, Paridad y los bits de parada como se muestra en la Figura 5-3:

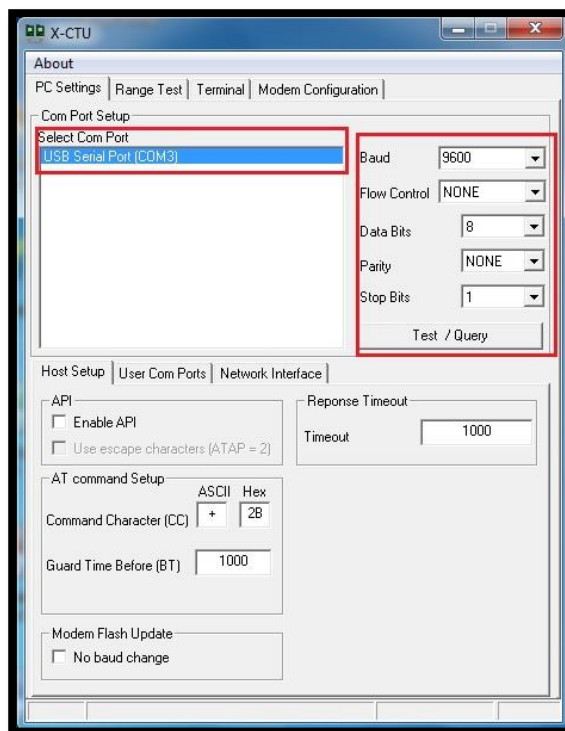


Figura 5-3: Pestaña PC settings del software X-CTU
 Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

- Luego se procede a dar clic en Modem Configuration y se da clic en Read para así leer los datos que van hacer configurados en el XBee S1 y verificar el funcionamiento del mismo, como se observa en la figura 6-3.

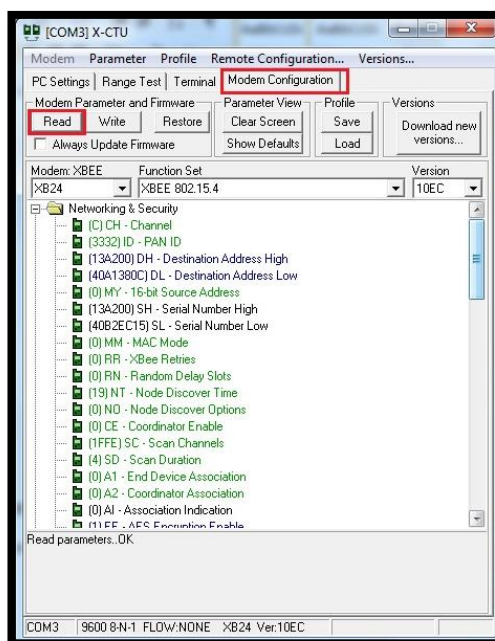


Figura 6-3: Pestaña Modem configuration del Software X-CTU
 Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

- Configuración de los parámetros necesarios para la comunicación de la red como son Channel, PAN ID, Destination Address High, Destination Address Low, MY y para la seguridad de la red se va a configurar en el modo AES Encryption Enable en la Tabla 4-3 se puede ver los valores que van a ser configurados.

Tabla 4-3: Parámetros de configuración XBEE s1

Parámetros	Valor XBee S1 (1)	Valor XBee S1 (2)
Channel	C	C
PAN ID	3332	3332
Destination Address High	13A200	13A200
Destination Address Low	40A1380C	40B2EC15
MY	1	0
AES Encryption Enable	1	1

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

- ✓ El canal que se está utilizando es el canal C aunque puede ser configurado en otros canales más.
- ✓ La dirección PAN ID con la que se va a configurar es 3332, esta dirección va hacer configurada en los dos XBee de modo que se va a tener un enlace punto a punto.
- ✓ La Destination Address High que está configurada es 13A200 esta dirección corresponde al número que viene en el XBee S1 desde su fabricación, por lo general esta dirección siempre es la misma en todos los XBee S1.
- ✓ La Destination Address Low con la que se configuro el XBee S1 es 40A1380C esta dirección es la dirección del otro dispositivo XBee S1, estas direcciones vienen en los dispositivos desde su fabricación, esta dirección es única en cada dispositivo.
- ✓ MY es la dirección de origen y es de 16 bits por lo general es “0” o “1”, en el primer XBee S1 se va a configurar con el “0” y en el segundo XBee S1 con “1”.

- ✓ AES Encryption Enable es la encriptación de los datos de manera que solo el receptor pueda leerlos, este tipo de encriptación es uno de los más seguros y más usados en la actualidad. Para activar este tipo de encriptación se da clic en la pestaña que contiene AES y se pone el número “1”, que indica que ya está activado. En la Figura 7-3 se muestra la configuración realizada en los dos XBee S1:

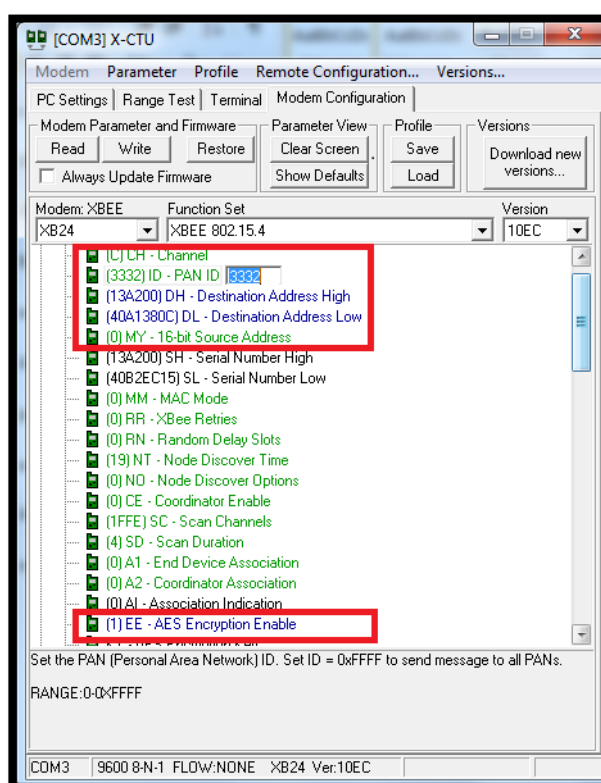


Figura 7-3: Configuración del CH, PAN ID, DH, DL, MY y AES en el software X-CTU.
Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

- Finalmente se da clic en Write mediante esta opción se permite guardar la configuración realizada en el XBee S1 y así se tiene listo para su utilización, al realizar esto al final nos da unos mensajes que indica que todo fue configurado correctamente como se puede observar en la Figura 8-3:

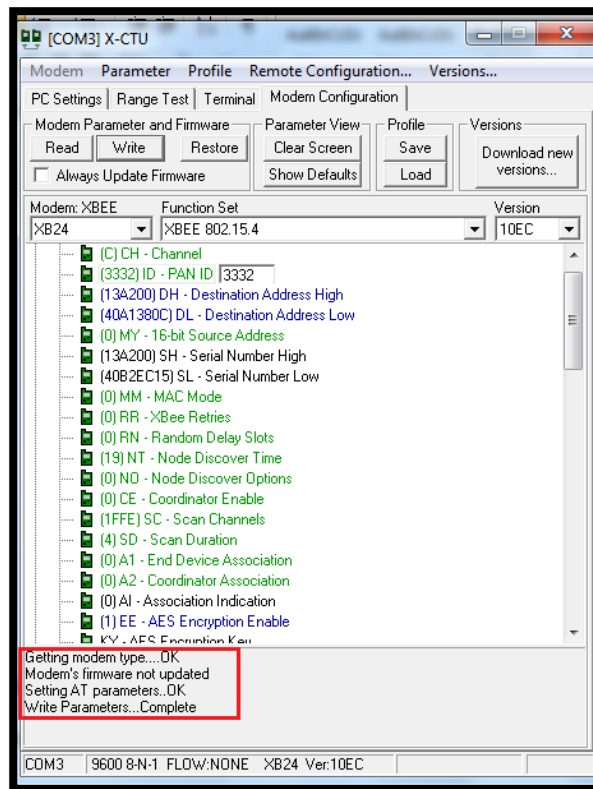


Figura 8-3: Guardando la configuración en el XBee S1
 Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

3.4. Configuración del Arduino UNO

Cada uno de los sensores son configurados en el Arduino uno, en la parte de configuración del programa en void setup (); pero antes hay que llamar a las siguientes librerías:

```
#include <PinChangeInt.h>
#include <eHealth.h>
```

Estas librerías se tienen que descargar desde el internet y copiar en las librerías de arduino.

Y en la parte de void setup () es en donde se llama a cada uno de los sensores. En el Serial. Begin() debe ser el mismo que el programado en los XBee S1 en este caso de 9600 baudios.

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  eHealth.initPulsioximeter();
```

```

    PCintPort::attachInterrupt(6, readPulsioximeter, RISING);
}

```

En la parte de ejecución del programa void loop() iniciamos la captura de los datos en cada sensor empezando por el sensor de respiración, temperatura y por último el sensor de pulso y oxigenación de la sangre, con un retardo de 1000s.

```

void loop() {

    float temperature = eHealth.getTemperature();
    float air = eHealth.getAirFlow();
    Serial.print(temperature, 2);
    Serial.print(air, 2);
    Serial.print(eHealth.getBPM());

    delay(1000);
}
    ○ Velocidad de los datos

    delay(250);
}

void readPulsioximeter(){
    cont ++;
    if (cont == 50) {
        eHealth.readPulsioximeter();
        cont = 0;
    }
}
}

```

Después de configurar este código en el arduino IDE se debe primero verificar que este correcto como se muestra en la Figura 9-3.

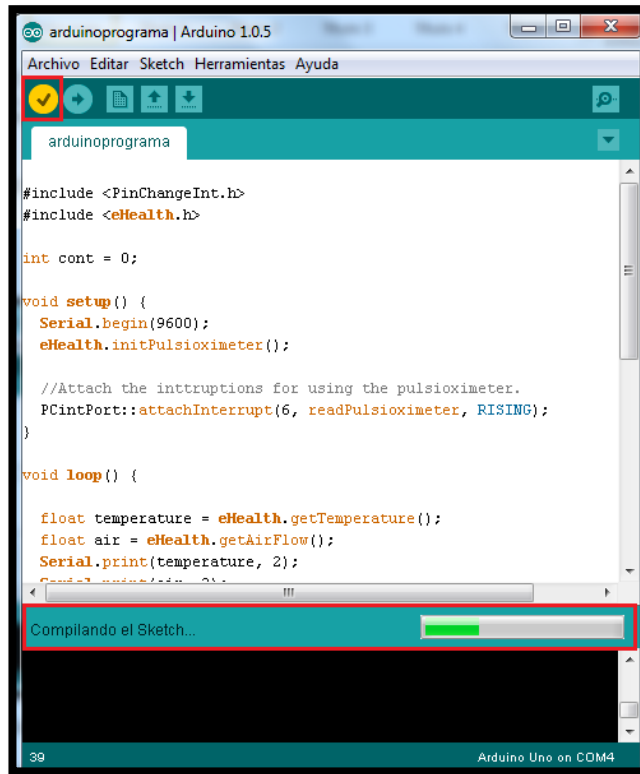


Figura 9-3: Verificación del programa en arduino.
 Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Si nos sale que no hay errores entonces hacemos clic en el siguiente botón para cargar en el arduino como se indica en la Figura 10-3.

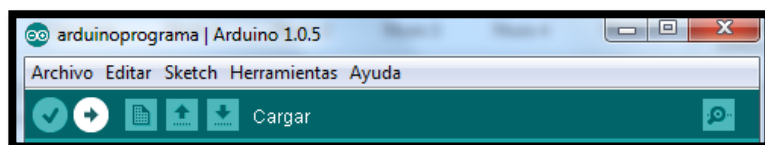


Figura 10-3: Cargando programa en arduino.
 Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

3.5. Elaboración de la Base de los Datos

Para la elaboración de la base de datos se toma en cuenta los datos que se tiene en el prototipo en este caso se va a tener una tabla en la cual se va a ir almacenando la información tomada por cada uno de los sensores, los datos que se van a tener en la tabla son: Temperatura, Pulso y Oxigenación de la sangre.

La construcción de la base de datos se realizó en MySQL, se utilizó este programa porque es open source además de que es muy rápido y fácil de usar.

La base de datos se llama Salud en la cual se va a tener los datos de todos los sensores como se puede visualizar en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3: Tabla de la base de datos

Número de Paciente	Nombre y Apellidos	Temperatura	Pulso	SpO2
1	Juan Pico	60	36,1	95
2	Washington Santos	83	34,2	98
3	Jefferson Barragán	84	36,2	96

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

3.6. Diseño de la Interfaz

3.6.1. Pasos para la creación de la Interfaz

- Para la creación de la interfaz se procede a abrir Delphi XE7 cómo se puede visualizar en la Figura 11-3.



Figura 11-3: Abriendo Delphi XE7
 Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

- A continuación se configura la interfaz que se va a llamar Sistema de Toma de Signos Vitales, en la pantalla principal se va a tener un menú: Pacientes, Ingreso de Pacientes y Toma de Signos. En el menú Pacientes se tiene la opción de realizar consultas de pacientes como se puede observar en la figura 11-3:

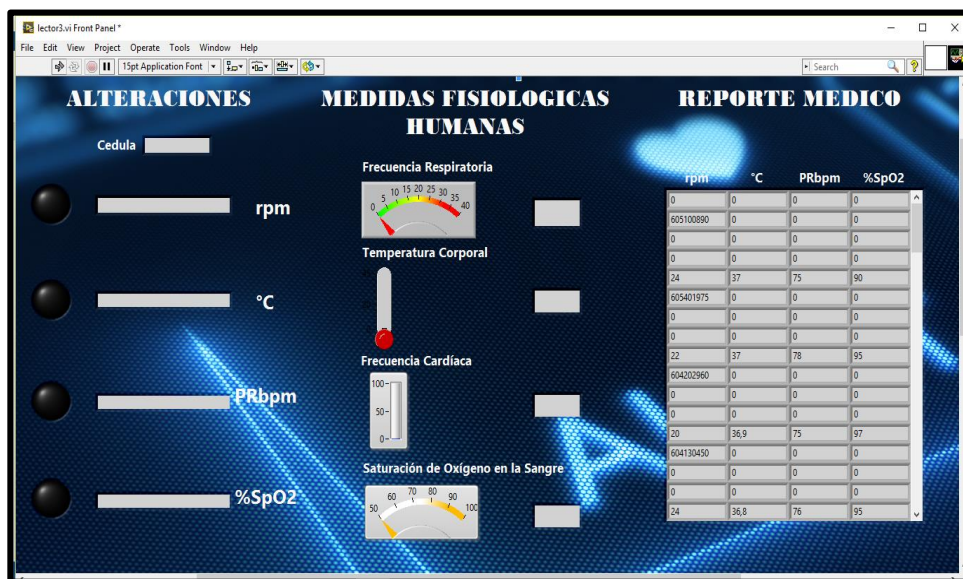


Figura 12-3: Pantalla principal de la interfaz gráfica.
 Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

- Para la configuración de esta pantalla principal se realiza mediante el diseño de formularios visuales haciendo más fácil la programación, aquí se va conectando a cada formulario según el diseño que se desee, en la figura 12-3 se puede visualizar como está estructurado los formularios utilizados:

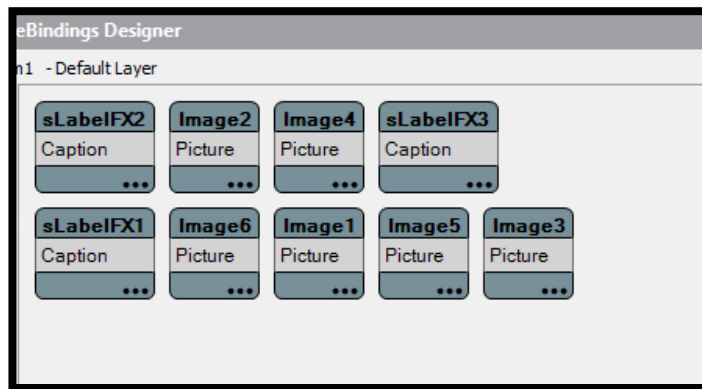


Figura 13-3: Estructura en bloques de la configuración de la interfaz gráfica.
Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

- En el menú de ingreso de Paciente se tiene los siguientes datos que se deben llenar de los pacientes, aquí se tiene las opciones de Aceptar, Borrar, Agregar, Refrescar y Cancelar como se observa en la Figura 13-3:



Figura 14-3: Ventana para el ingreso de pacientes en la interfaz gráfica.
Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

- La estructura de los formularios para la pantalla de Ingreso de Pacientes es la siguiente, como se puede visualizar estos formularios facilitan la programación mediante estructuras que van conectadas una con otras como se observa en la Figura 14-3:

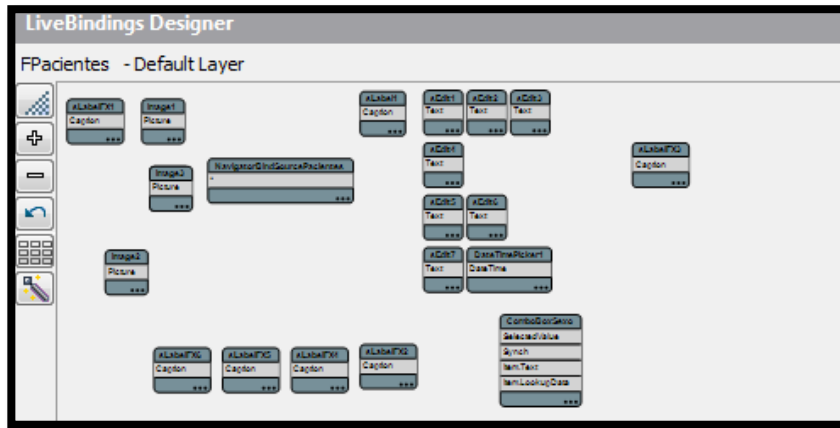


Figura 15-3: Estructura en bloques de la ventana para el ingreso de pacientes.

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

- En la pantalla de Signos Vitales se puede visualizar como está la interfaz que va a mostrar los signos de cada paciente, en esta pantalla se tiene las alarmas que va a presentar en la alteración de cualquier signo vital:



Figura 16-3: Ventana de los signos vitales.

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

- La estructura de los formularios que se utilizó para la construcción de esta interfaz se encuentra en la Figura 16-3. Como se puede observar en esta parte se tiene muchos más formularios que en las otras pantalla esto es debido a que en esta parte se tiene las alarmas de cada sensor, además de la visualización de los datos del paciente:

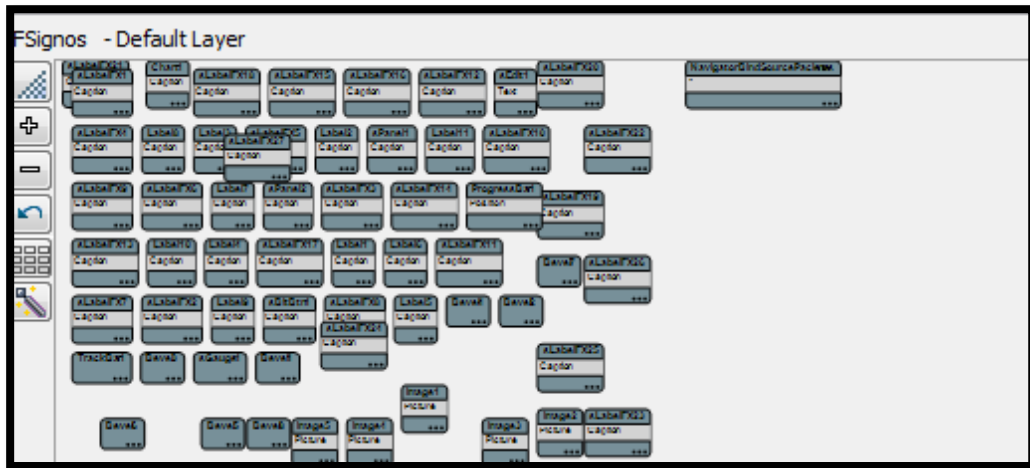


Figura 17-3: Estructura de la ventana de la visualización de los signos vitales.
 Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

3.6.2. Activación de Alarmas

Para la activación de las alarmas se tomó en cuenta los valores de referencia que fueron facilitados por la Lcda. Lupe Zabala, como se puede observar en la Figura 18-3. las alarmas se van a activar dependiendo si la temperatura, pulso, oxigenación de la sangre se alteran dándonos un mensaje como en el caso de que la temperatura este alta nos dirá Fiebre Moderada, o en el caso de que el pulso este fuera de los valores normales nos dirá Taquicardia.



Figura 18-3: Visualización de los controles.
 Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

3.6.3. Guardar la Información

Para guardar la información mostrada en la interfaz se lo hizo de dos maneras la primera lo va hacer cuando se active cualquier alarma de algún signo vital, el sistema lo va a guardar; con esto se tiene un sistema automático que no va hacer necesario que una persona esté pendiente de guardar la información en caso de surgir una emergencia. La segunda forma es de manera manual en el caso de que la persona encargada quiera hacerlo.

3.6.4. Comunicación Puerto Serial

Para la comunicación a través del puerto serial en este caso puerto COM3 se utilizó ComPort que es un componente de Delphi XE7 para puerto serial que facilita la comunicación en Windows, en este COM se va a tener la información recibida por el segundo XBee S1, que es el receptor en la red y los datos receptados por este van hacer guardados en la base de datos y visualizados en la interfaz, en la Figura 19-3 se visualiza el ComPort en Delphi XE7 y la librería en donde se encuentra.

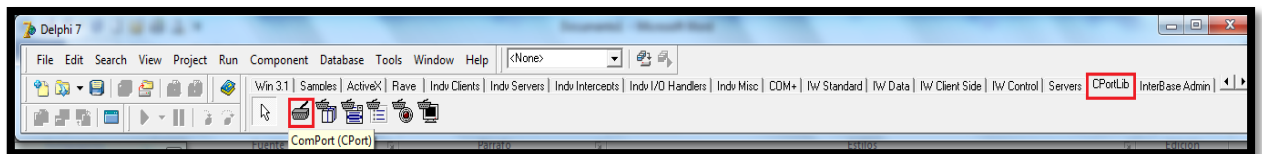


Figura 19-3: Puerto ComPort en Delphi EX7

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Las líneas de código que se necesita configurar para que empiece a recibir la información en la base de datos es la siguiente en donde se indica el número de puerto por el cual se va a conectar, los baudios de comunicación, los bits de paridad y los bits de datos:

```
object ComPort1: TComPort
  BaudRate = br9600
  Port = 'COM3'
  Parity.Bits = prNone
  StopBits = sbOneStopBit
  DataBits = dbEight
```

3.7. Conexión con la Base de Datos

Para la conexión con la base de datos se utiliza el icono ADOConnection (ADODB) en donde se podrá configurar la base de datos que se tiene creado, la misma que se llama SALUD y se procede a probar la conexión y luego de esto se da clic en OK en donde ya se tiene una conexión exitosa.

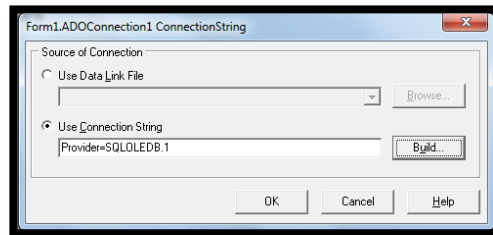


Figura 20-3: Conexión de la interfaz con la base de datos.

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

3.8. Funcionamiento del Prototipo de Red

Para determinar el correcto funcionamiento del prototipo se procedió a tomar datos en el Centro de Atención Integral en Salud de la ESPOCH, a las personas que acuden a este centro médico, durante un periodo de una semana los datos fueron tomados de dos maneras: la primera con el Prototipo como se observa en la Imagen 21-3 y la segunda de manera manual como tradicionalmente se lo hace, esto se hizo con la ayuda de la Lcda. Lupe Zabala como se observa en la Imagen 22-3.



Figura 21-3: Medición de signos vitales

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

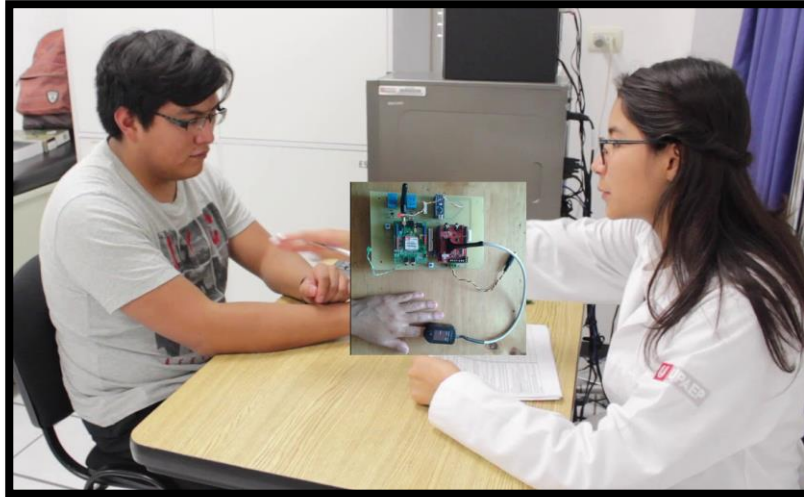


Figura 22-3: Medición de signos vitales con prototipo
 Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Para poder ver los cambios que surgen en la transmisión de la información se planteó tres escenarios en donde se ha tomado en cuenta el tiempo de la transmisión con el prototipo y la distancia a la que estaban ubicados tanto el prototipo como el receptor de la información.

3.9. Escenario 1

Para este escenario se ubicó el prototipo y el dispositivo receptor XBee S1 a una distancia de 2m en el centro médico en donde se va a observar el tiempo que tarde en transmitirse los datos al receptor Figura 23-3.

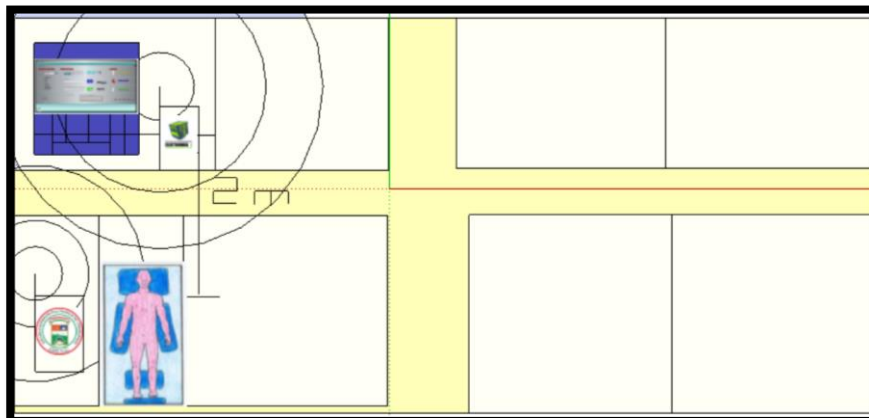


Figura 23-3: Escenario 1 del prototipo.
 Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

3.10. Escenario 2

En este escenario se analizó la eficiencia en la transmisión de medidas fisiológicas humanas mediante la comparación de los tiempos empleados en la toma de las mismas a una distancia de 100 metros y 437 metros entre el modulo transmisor y el modulo receptor, como se puede observar en la Figura 24-3.

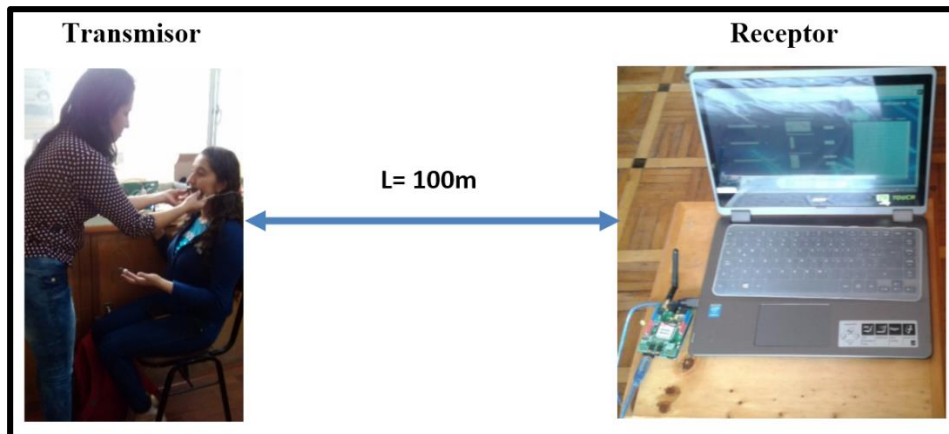


Figura 24-3: Escenario 2 del prototipo.

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)



Figura 25-3: Transmisión de las medidas Fisiológicas a 437m

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

3.11. Escenario 3

En este escenario se analizó la eficacia en la transmisión de medidas fisiológicas humanas realizando tomas con el prototipo en movimiento y sin movimiento.



Figura 26-3: Transmisión de Medidas Fisiológicas a 437 Metros

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

CAPITULO IV

4. ANALISIS Y RESULTADOS

4.1. Comprobación de la Simulación del Prototipo de Red en NS-2

Después de obtener las variables en los tres escenarios con diferentes tiempos de simulación vamos a compararlos para determinar el mejor escenario.

4.1.1. Método a Utilizar

El método aplicado para analizar las variables obtenidas de los tres escenarios, es el Método Estadístico de Diseño Completamente Aleatorizado también llamado modelo de análisis de la varianza para clasificación simple de las observaciones. Este método es muy fácil de implementar y se lo realiza de la siguiente manera:

Determinar el número de variables (n)

$$n = (t * r)$$

Dónde:

- t : número de tratamiento
- r : número de repeticiones de n

Modelo estadístico del Diseño Completamente Aleatorizado

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

- Y_{ij} : Variable respuesta de la ij -ésima unidad experimental
- μ : Efecto de la media general
- τ_i : Efecto del i -ésimo tratamiento
- ε_{ij} : Efecto del error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental

Análisis de Varianza

Hipótesis Nula H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ (Los i tratamientos tienen el mismo efecto sobre la variable en estudio)

Hipótesis Alternativa H_a : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$ (No todos los tratamientos tienen el mismo efecto sobre la variable en estudio)

Tabla de Datos

Tabla 1-4: Datos del método al azar.

Tratamientos	Repeticiones					$Y_{i.}$
	1	2	3	4	r	
1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	...	Y_{1r}	$Y_{1.}$
2	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	...	Y_{2r}	$Y_{2.}$
3	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}	...	Y_{3r}	$Y_{3.}$

.
.
.
R	Y_{t1}	Y_{t2}	Y_{t3}	...	Y_{tr}	$Y_{..}$

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Tabla de Análisis de Varianza

Tabla 2-4: Tabla Anova.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc Calculada	Ft Requerida
Tratamientos	$t - 1$	$\sum[(Y^2_{.r} / r) - Y^2_{..} / (tr)]$	S_{cstrat} / gl_{total}	$S_{cmedios} / C_{merror}$	
Error	$t (r - 1)$	$S_{ctotal} - S_{cstrat}$	S_{cerror} / gl_{error}		
Total	$t r - 1$	$\sum \sum [(Y_{ij} - Y^2_{..}) / (tr)]$			

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Cuando se va a calcular la tabla de la varianza, se puede fácilmente crear por medio de Microsoft Excel.

Interpretación de los datos

Por medio de la tabla de análisis de la varianza o tabla anova se puede rechazar o aceptar la hipótesis H_0 por medio del valor de la probabilidad que es p . Entonces si $p > 0.05$ se acepta pero si $p < 0.05$ se rechaza. Permitiendo así un nivel de confianza del 95%.

4.1.1.1. Población y Muestra

4.1.1.1.1. Población

La población viene a ser los tres escenarios propuestos.

4.1.1.1.2. Muestra

Para la muestra vamos a tomar en cuenta todas las variables se obtuvimos a través de los filtros las cuales son el rendimiento, el retardo, throughput y el consumo de energía de los tres escenarios.

4.1.2. Análisis Comparativo

Se realizaron 30 tomas de cada uno de los tres escenarios para realizar el análisis comparativo de los mismos. En donde el número de muestras es igual:

$$n = (t * r) = 3 * 30 = 90$$

Los datos obtenidos se pueden observar a continuación:

Tabla 3-4: Muestra de los datos Escenario 1

N° MUESTRA	TAMAÑO PAQUETE CBR	RENDIMIENTO (%)	DELAY (ms)	THROUGHPUT (KBps)	ENERGÍA CONSUMIDA (J)
1	32	99	0,0162136	0,7690	46662,835839
2	34	99	0,013928	0,7720	46661,711578
3	36	92	0,026583	0,7130	46683,359945
4	37	85	0,0574047	0,6600	46704,064239
5	40	82	0,0563183	0,6375	46705,416622
6	42	78	0,0469619	0,6095	46716,343167
7	44	98	0,0552169	0,7590	46670,903782
8	46	57	0,0980343	0,4425	46692,323585

9	47	88	0,0157487	0,6825	46668,245658
10	50	82	0,0627333	0,6410	46701,132841
11	52	82	0,0276981	0,6410	46683,188190
12	54	82	0,0480168	0,6385	46685,607406
13	56	87	0,0243196	0,6805	46672,061656
14	57	88	0,0174263	0,6885	46670,036151
15	62	97	0,023792	0,7520	46673,161581
16	64	76	0,0766033	0,5940	46724,287233
17	66	79	0,0861704	0,6155	46714,538542
18	67	93	0,0459686	0,7235	46681,848307
19	72	73	0,0982693	0,5685	46730,552203
20	74	64	0,2644035	0,4975	46743,831205
21	76	99	0,0185254	0,7720	46669,775354
22	77	76	0,1000313	0,5900	46725,644404
23	82	71	0,0875079	0,5565	46738,009951
24	84	77	0,1454495	0,6020	46726,867843
25	86	65	0,1116446	0,5090	46753,407250
26	87	65	0,1441265	0,5080	46747,807666
27	92	67	0,136837	0,5255	46742,111987
28	94	66	0,2882289	0,5135	46720,768643
29	96	80	0,0410743	0,6245	46692,424297
30	97	87	0,0192798	0,6770	46679,305476

Fuente: Simulador ns2.

Tabla 4-4: Muestra de los datos Escenario 2

N° MUESTRA	TAMAÑO PAQUETE CBR	RENDIMIENTO (%)	DELAY (ms)	THROUGHPUT (kbps)	ENERGIA CONSUMIDA (J)
1	32	52	0,0457787370	0,40750	46677,106038
2	34	46	0,4185345840	0,36000	46701,738189
3	36	54	0,0885274670	0,41950	46688,032297
4	37	58	0,0653597500	0,44900	46682,461268
5	40	50	0,1483892190	0,38850	46687,629197
6	42	50	0,2420166700	0,38750	46694,293716
7	44	48	0,2050329560	0,37550	46694,033497
8	46	31	0,4404890000	0,01750	46657,110382
9	47	43	0,1798124570	0,33450	46717,749945
10	50	54	0,2038457400	0,42500	46688,796054
11	52	44	0,1062588080	0,34750	46685,761989
12	54	35	0,1335073300	0,27700	46690,794054
13	56	33	0,1174054640	0,26250	46686,717753
14	57	62	0,0363148640	0,48150	46692,410692
15	62	35	0,1163949270	0,27450	46706,775066
16	64	47	0,0964452390	0,36400	46715,022372
17	66	43	0,1322138350	0,33500	46697,403884
18	67	49	0,1871095630	0,38350	46696,478366
19	72	40	0,1119539760	0,31600	46697,307525
20	74	72	0,6164522310	0,55800	46775,044541
21	76	58	0,0892894530	0,45000	46704,418459
22	77	38	0,1641746370	0,29600	46712,178959
23	82	38	0,3470962080	0,29500	46706,754897
24	84	48	0,5214752220	0,37300	46709,992426

25	86	55	0,0466499480	0,43200	46703,254153
26	87	48	0,1525509840	0,37700	46695,647077
27	92	46	0,1014504670	0,36300	46716,672257
28	94	50	0,4534974660	0,38800	46696,917560
29	96	40	0,2506232540	0,31700	46684,734236
30	97	53	0,2047248180	0,41300	46702,874189

Fuente: Simulador ns2.

Tabla 5-4: Muestra de los datos Escenario 3

N° MUESTRA	TAMAÑO PAQUETE CBR	RENDIMIENTO (%)	DELAY (ms)	THROUGHPUT (kbps)	ENERGIA CONSUMIDA (J)
1	32	78	0,019496876	0,6040	46675,641612
2	34	58	0,050893107	0,4565	46678,885071
3	36	49	0,093091453	0,3835	46687,895954
4	37	48	0,076385453	0,3765	46698,893083
5	40	79	0,257725805	0,6125	46741,302134
6	42	66	0,047308418	0,5165	46682,721726
7	44	41	0,131451319	0,3215	46711,168269
8	46	47	0,22761193	0,3640	46686,110504
9	47	62	0,027322256	0,4840	46683,732067
10	50	66	0,033853033	0,5110	46686,621763
11	52	77	0,308801871	0,5960	46770,853946
12	54	52	0,03864503	0,4085	46669,205254
13	56	55	0,028128763	0,4310	46685,060745
14	57	51	0,494450038	0,3955	46689,139179
15	62	65	0,022738215	0,5040	46677,914350

16	64	53	0,261250503	0,4170	46672,319144
17	66	51	0,070233127	0,3955	46689,461933
18	67	58	0,061645056	0,4550	46679,589547
19	72	48	0,411852069	0,3750	46715,476204
20	74	69	0,310609117	0,5360	46744,043979
21	76	56	0,078151118	0,4340	46687,610704
22	77	68	0,249080528	0,5295	46757,806009
23	82	70	0,205268391	0,5495	46701,426481
24	84	45	0,170549819	0,3485	46677,198938
25	86	66	0,093153382	0,5145	46681,597412
26	87	53	0,03514944	0,4145	46696,802549
27	92	48	0,090835042	0,3760	46711,183421
28	94	50	0,040756225	0,3895	46709,014398
29	96	53	0,057424911	0,4110	46701,615774
30	97	61	0,043360191	0,4735	46684,973958

Fuente: Simulador ns2.

Tabla 6-4: Promedios de las muestras de los tres escenarios con 100s.

ESCENARIOS	RENDIMIENTO (%)	RETARDO(ms)	THROUGHPUT (Kbps)	ENERGÍA CONSUMIDA (J)
PROMEDIO ESCENARIO 1	81,13333300	0,075150500	0,632100000	46701,385753
PROMEDIO ESCENARIO 2	58,10000000	0,134574100	0,452800000	46697,842204
PROMEDIO ESCENARIO 3	47,33333333	0,200779176	0,362266667	46698,870368

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Tabla 7-4: Promedios de las muestras de los tres escenarios con 3600s.

ESCENARIOS	RENDIMIENTO (%)	RETARDO(ms)	THROUGHPUT (Kbps)	ENERGÍA CONSUMIDA (J)
PROMEDIO ESCENARIO 1	84,0333333	0,05957333	25,06505	48774,1402
PROMEDIO ESCENARIO 2	43,6	0,20912134	12,4386167	47166,818
PROMEDIO ESCENARIO 3	31,8	0,48688542	9,35925	47124,8115

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

➤ **RENDIMIENTO CON 100s**

Planteamiento de la hipótesis

H_0 : El rendimiento es igual en el escenario 1, escenario 2 y escenario 3.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

H_1 : El rendimiento es diferente en el escenario 1, escenario 2 y escenario 3.

$$H_0: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Calculo de la varianza

Tabla 8-4: Varianza del rendimiento (100s)

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
ESCENARIO 1	30	2434	81,1333333	138,395402
ESCENARIO 2	30	1743	58,1	106,162069

ESCENARIO 3	30	1420	47,33333333	82,3678161
--------------------	----	------	-------------	------------

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Análisis de los Resultados (ANOVA)

Tabla 9-4: Anova del Rendimiento (100s)

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	17888,95556	2	8944,477778	82,07818	9,3652E-21	3,10129576
Dentro de los grupos	9480,833333	87	108,9750958			
Total	27369,78889	89				

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Gráfico

En la figura 1-4 se observa la variación del rendimiento el escenario 1 tiene presenta un rendimiento 20% mayor que el escenario 2, mientras que el escenario 3 tiene un rendimiento 10 % menor que el escenario 2.

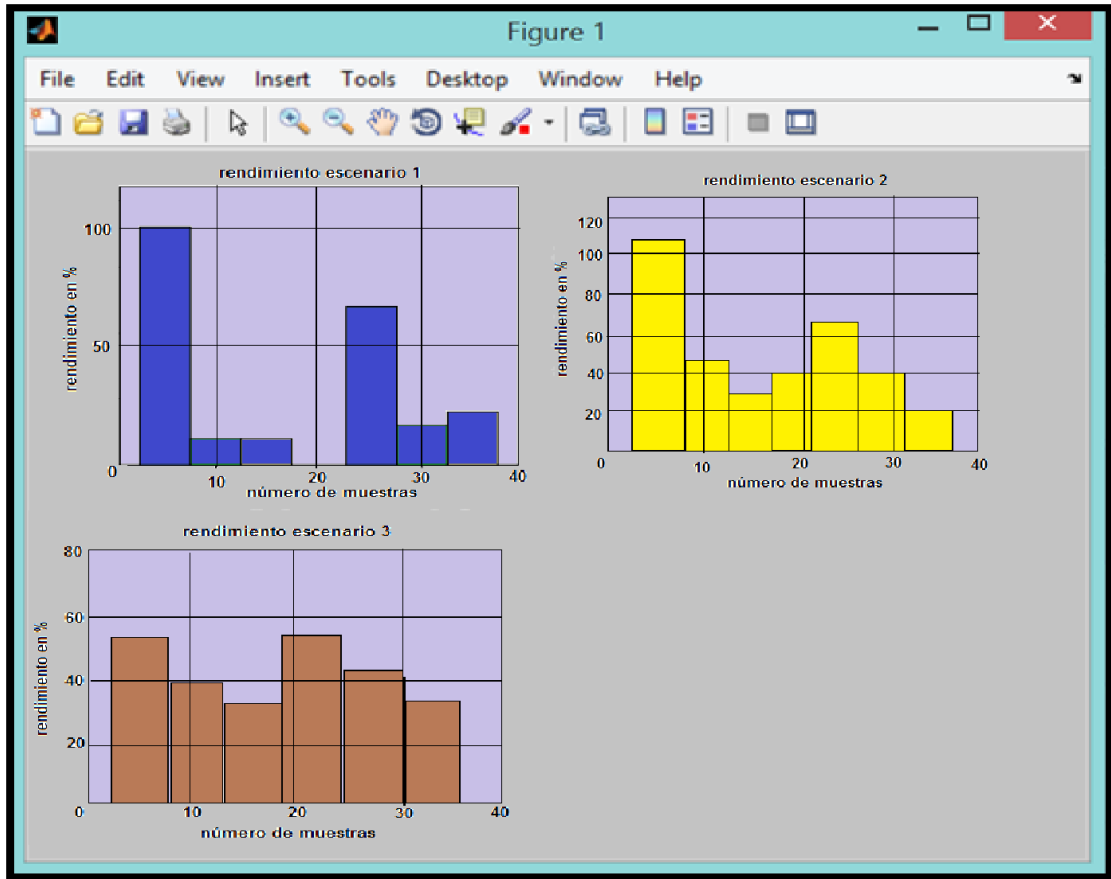


Figura 1-4: Promedio del Rendimiento (100s)
 Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Interpretación

Por medio de la obtención de la tabla ANOVA se sabe que la probabilidad es de $9,3652E-21$ y entonces definimos que $p < 0.05$; así que la hipótesis H_0 se rechaza. Por lo tanto se dice que el escenario 1 presenta un mejor rendimiento que los otros escenarios.

➤ **RETARDO CON 100s**

Planteamiento de la hipótesis

H_0 : El retardo es igual en el escenario 1, escenario 2 y escenario 3.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

H1: El retardo es diferente en el escenario 1, escenario 2 y escenario 3.

$$H0: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Calculo de la varianza

Tabla 10-4: Varianza del retardo (100s)

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
ESCENARIO 1	30	2,254515899	0,0751505	0,00458677
ESCENARIO 2	30	4,037222548	0,1345741	0,01599673
ESCENARIO 3	30	6,023375274	0,2007792	0,02262487

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Análisis de los Resultados (ANOVA)

Tabla 11-4: Anova del Retardo (100s)

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,236968296	2	0,1184841	8,22647296	0,00053429	3,101296
Dentro de los grupos	1,253042576	87	0,0144028			
Total	1,490010872	89				

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Gráfico.

En la Figura 2-4 se visualiza la variación del retardo que presentan en los tres escenarios propuestos. En el escenario 1 se observa que el retardo es casi la mitad que los otros escenarios, mientras que el escenario 2 y escenario 3 la diferencia de retardo es poca, porque hay solo una diferencia de cuatro nodos.

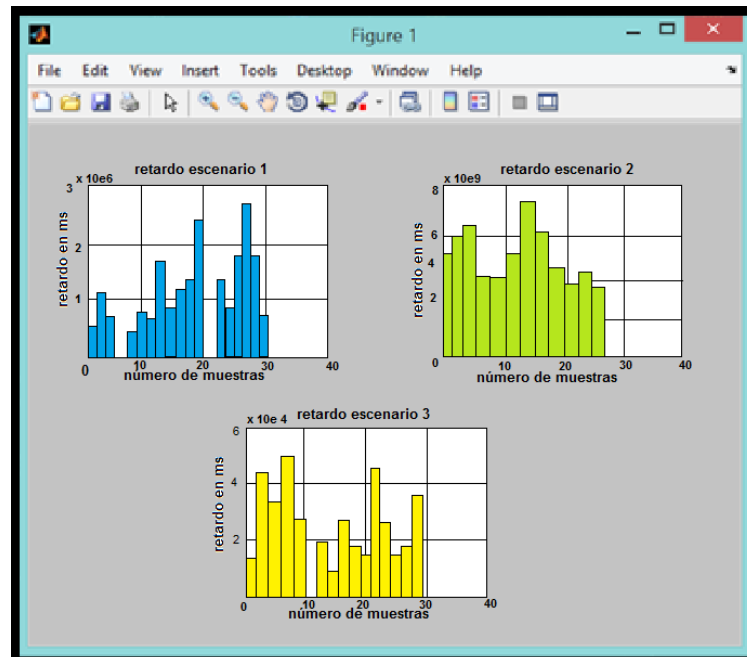


Figura 2-4: Promedio del Retardo (100s).

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Interpretación

Por medio de la tabla ANOVA se obtiene que la probabilidad de 0,00053429 y se define que $p < 0.05$; así que la hipótesis H_0 se rechaza. Por lo tanto se dice que el escenario 1 presenta un menor retardo que los otros escenarios.

➤ **THROUGHPUT CON 100s**

Planteamiento de la hipótesis

H_0 : El throughput es igual en el escenario 1, escenario 2 y escenario 3.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

H1: El throughput es diferente en el escenario 1, escenario 2 y escenario 3.

$$H_0: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Calculo de la varianza

Tabla 12-4: Varianza del throughput (100s)

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
ESCENARIO 1	30	18,964	0,63211667	0,00825
ESCENARIO 2	30	13,584	0,4528	0,0063
ESCENARIO 3	30	10,868	0,36226667	0,00848

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Análisis de los Resultados (ANOVA)

Tabla 13-4: Anova del Throughput (100s)

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1,13169774	2	0,56584887	73,7047	1,8844E-19	3,10129576
Dentro de los grupos	0,66792001	87	0,00767724			
Total	1,79961775	89				

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Gráfico.

En este caso vamos a observar el THROUGHPUT real que han presentado cada escenario durante la simulación en el ns2.

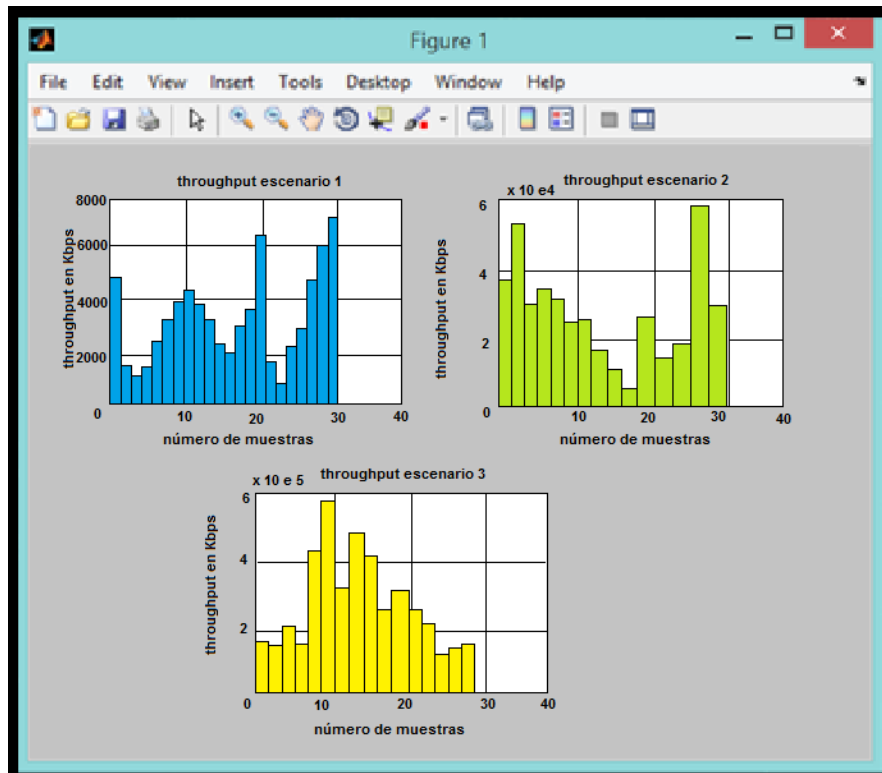


Figura 3-4: Promedio de THROUGHPUT (100s).

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Interpretación

A través de la tabla ANOVA se observa que la probabilidad de $1,8844E-19$ y se obtiene que $p < 0.05$; así pues la hipótesis H_0 se rechaza. Por lo tanto se dice que el escenario 1 presenta un mayor THROUGHPUT que los otros escenarios.

➤ CONSUMO DE ENERGÍA CON 100s

Planteamiento de la hipótesis

H_0 : El consumo de energía es igual en el escenario 1, escenario 2 y escenario 3.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

H_1 : El consumo de energía es diferente en el escenario 1, escenario 2 y escenario 3.

$$H_0: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Calculo de la varianza

Tabla 14-4: Varianza del consumo de energía (100s)

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
ESCENARIO 1	30	1401041,57	46701,3858	818,430279
ESCENARIO 2	30	1400935,27	46697,8422	651,179849
ESCENARIO 3	30	1400966,11	46698,8704	371,16482

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Análisis de los Resultados (ANOVA)

Tabla 15-4: Anova del Consumo de Energía (100s)

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	199,410307	2	99,7051536	0,16249431	0,8502783	3,10129576
Dentro de los grupos	53382,4735	87	613,591649			

Total	53581,8838	89				

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Gráfico.

En este caso vamos a observar que el consumo de energía es el mismo en cada escenario durante la simulación en el ns2.

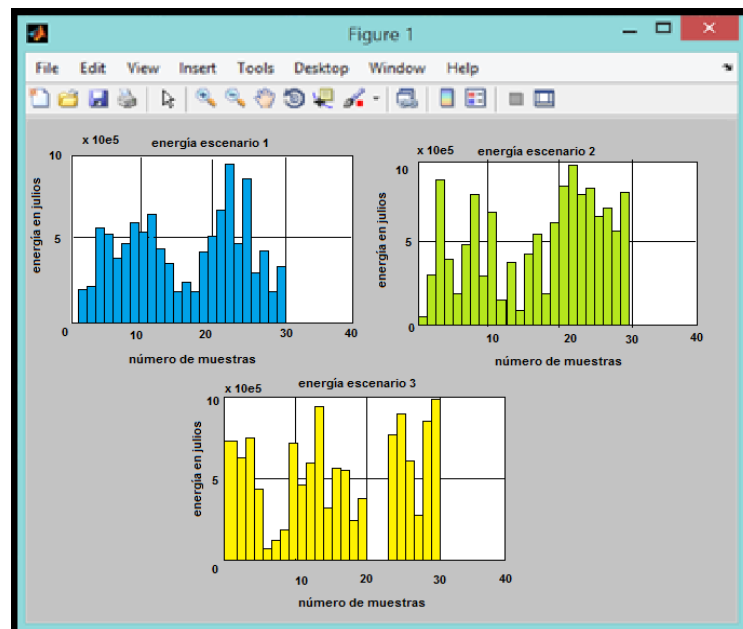


Figura 4-4: Promedio de consumo de energía (100s).

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Interpretación

A través de la tabla ANOVA se observa que la probabilidad de 0,8502783 y se obtiene que $p > 0.05$; así pues la hipótesis H_0 se acepta. Por lo tanto se dice que el escenario 1, escenario 2 y escenario 3 presenta un mismo consumo de energía como se puede observar en la gráfica anterior hay una diferencia mínima.

➤ **RENDIMIENTO CON 3600s**

Planteamiento de la hipótesis

H_0 : El rendimiento es igual en el escenario 1, escenario 2 y escenario 3.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

H_1 : El rendimiento es diferente en el escenario 1, escenario 2 y escenario 3.

$$H_0: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Cálculo de la varianza

Tabla 16-4: Varianza del rendimiento (3600s)

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
ESCENARIO1	30	2521	84,03333333	50,8609195
ESCENARIO2	30	1308	43,6	287,627586
ESCENARIO3	30	954	31,8	239,544828

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Análisis de los Resultados (ANOVA)

Tabla 33 17-4: Anova del Rendimiento (3600s)

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	45024,1556	2	22512,0778	116,837956	2,2657E-25	3,10129576

Dentro de los grupos	16762,9667	87	192,677778			
Total	61787,1222	89				

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Gráfico.

En este caso vamos a observar que el rendimiento de cada escenario durante la simulación en el ns2. En el escenario el rendimiento de 30% mayor que en los otros escenarios., mientras que en los escenario 2 y escenario 3 existe una variación del 10%.

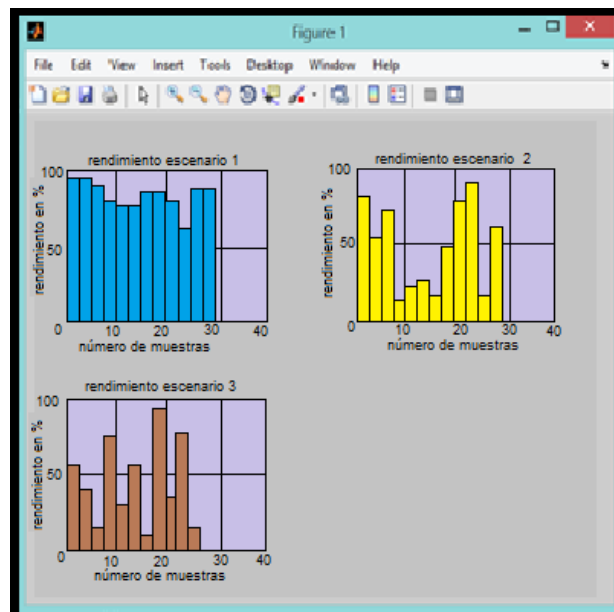


Figura 5-4: Promedio de rendimiento (3600s).

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Interpretación

Con los datos obtenidos de la tabla ANOVA se observa que la probabilidad es de $2,2657E-25$ y se observa que $p < 0.05$; entonces la hipótesis H_0 se rechaza. Por lo tanto se dice que el escenario 1 tiene el mejor rendimiento de los tres escenarios.

➤ **RETARDO CON 3600s**

Planteamiento de la hipótesis

H0: El retardo es igual en el escenario 1, escenario 2 y escenario 3.

$$H0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

H1: El retardo es diferente en el escenario 1, escenario 2 y escenario 3.

$$H0: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Calculo de la varianza

Tabla 18-4: Varianza del retardo (3600s)

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
ESENCARIO1	30	1,78720004	0,05957333	0,0012541
ESENCARIO2	30	6,2736403	0,20912134	0,17583953
ESENCARIO3	30	14,6065626	0,48688542	0,2979372

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Análisis de los Resultados (ANOVA)

Tabla 19-4: Anova del Retardo (3600s)

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>

Entre grupos	2,82113107	2	1,41056553	8,90825683	0,00030227	3,10129576
Dentro de los grupos	13,775894	87	0,15834361			
Total	16,597025	89				

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Gráfico.

En este caso vamos a visualizar el retardo que tiene cada escenario durante la simulación en el ns2. Se va incrementando mientras más nodos se incluyen en la red, aunque en el escenario2 y tres la diferencia es poca; ya que solo aumenta en 4 nodos.

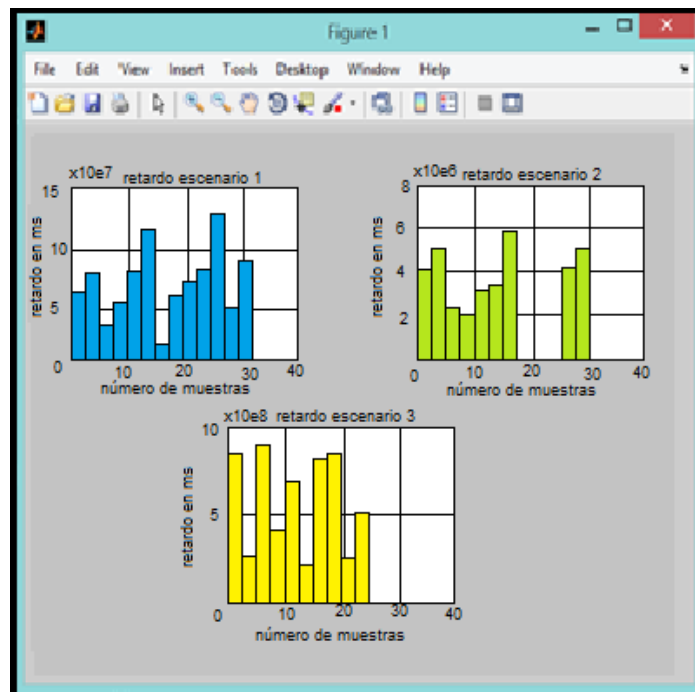


Figura 6-4: Promedio de retardo (3600s).

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Interpretación

Con los datos obtenidos de la tabla ANOVA se observa que la probabilidad es de 0,00030227 y define que $p < 0.05$; entonces la hipótesis H_0 se rechaza. Por lo tanto se dice que el escenario 1 tiene el menor retardo en el envío de paquetes de los tres escenarios.

➤ **THROUGHPUT CON 3600s**

Planteamiento de la hipótesis

H_0 : El throughput es igual en el escenario 1, escenario 2 y escenario 3.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

H_1 : El throughput es diferente en el escenario 1, escenario 2 y escenario 3.

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Calculo de la varianza

Tabla 20-4: Varianza del throughput (3600s)

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
ESCENARIO1	30	751,9515	25,06505	5,75724556
ESCENARIO2	30	373,1585	12,4386167	26,9564263
ESCENARIO3	30	280,7775	9,35925	24,3818198

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Análisis de los Resultados (ANOVA)

Tabla 21-4: Anova del Throughput (3600s)

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	4155,81471	2	2077,90736	109,180636	1,9041E-24	3,10129576
Dentro de los grupos	1655,76926	87	19,0318305			
Total	5811,58397	89				

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Gráfico.

En la Figura 7-4 observaremos el THROUGHPUT tiene cada escenario durante la simulación en el ns2.

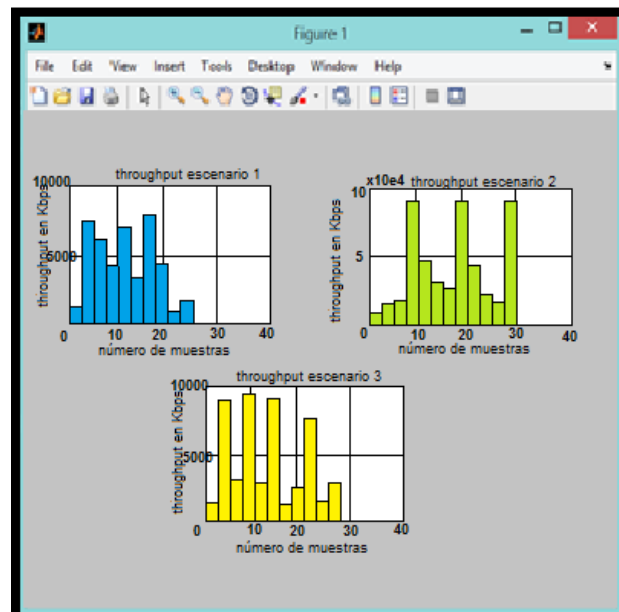


Figura 7-4: Promedio de throughput (3600s).

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Interpretación

Con los datos obtenidos de la tabla ANOVA se observa que la probabilidad es de 1,9041E-24 y define que $p < 0.05$; entonces la hipótesis H_0 se rechaza. Por lo tanto se dice que el escenario 1 tiene mayor throughput que los otros escenarios.

➤ CONSUMO DE ENERGÍA CON 3600s

Planteamiento de la hipótesis

H_0 : El throughput es igual en el escenario 1, escenario 2 y escenario 3.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

H_1 : El throughput es diferente en el escenario 1, escenario 2 y escenario 3.

$$H_0: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Cálculo de la varianza

Tabla 22-4: Varianza del consumo de energía (3600s)

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
ESCENARIO1	30	1463224,21	48774,1402	830634,305
ESCENARIO2	30	1415004,54	47166,818	31072,5317
ESCENARIO3	30	1413744,34	47124,8115	54008,5276

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Análisis de los Resultados (ANOVA)

Tabla 39 23-4: Anova del Consumo de Energía (3600 s)

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	53055343	2	26527671,5	86,9080258	1,8136E-21	3,10129576
Dentro de los grupos	26555745,6	87	305238,455			
Total	79611088,6	89				

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Gráfico.

En la Figura 8-4 observaremos el consumo de energía tiene cada escenario durante la simulación en el ns2.

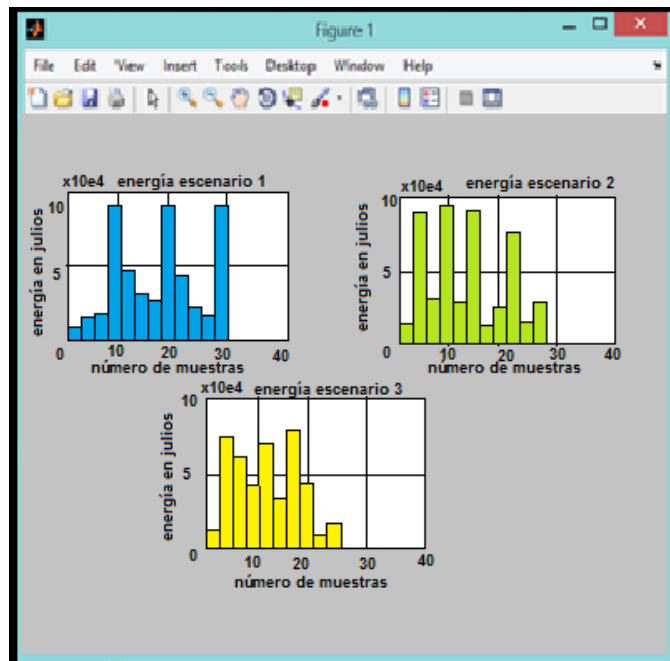


Figura 8-4: Promedio del consumo de energía (3600s).

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Interpretación

Con los datos obtenidos de la tabla ANOVA se observa que la probabilidad es de $1,8136E-21$ y define que $p < 0.05$; entonces la hipótesis H_0 se rechaza. Por lo tanto se dice que el escenario 1 tiene un mayor consumo de energía que los otros escenarios al transcurrir mayor tiempo.

4.2. Comprobación de la Implementación del prototipo de red WSN

Después de obtener los datos de temperatura, pulso y respiración en el Centro de Atención Integral en Salud captados por el prototipo y además de medir los mismos signos de manera tradicional; se va a determinar el tiempo de respuesta de los mismos para determinar el mejor sistema.

4.2.1. Método a Utilizar

El método aplicado para analizar el tiempo de respuesta obtenido en tres distancias diferentes de 2m, 15m y 30m, este es el Método Estadístico de Diseño Completamente Aleatorizado también llamado modelo de análisis de la varianza para clasificación simple de las observaciones. Este método es muy fácil de implementar y se lo realiza de la siguiente manera:

4.2.1.1. Población y Muestra

4.2.1.1.1. Población

La población viene dada por todos los pacientes que asisten al centro de salud durante el semestre.

4.2.1.1.2. Muestra

En la muestra se analiza el tiempo de respuesta que tiene el prototipo frente a la toma de datos manual de los signos vitales, donde se capturan los datos a diferentes distancias de 2m porque es la más homogénea a la toma de datos manual, 15m es la mitad de la cobertura descrita en el datasheet de los módulos XBee S1 que son 30m y 20 metros que es el máximo alcance que tiene el prototipo.

4.2.2. Análisis Comparativo

Se realizaron 30 tomas de cada distancia para realizar el análisis comparativo de los mismos. En donde el número de muestras es igual:

$$n = (t * r) = 3 * 30 = 90$$

Los datos obtenidos se pueden observar a continuación:

Tabla 24-4: Captura de datos fisiológicos de la manera manual

# Paciente	Nombre	Apellido	Pulso	Temperatura	Tiempo (seg)
1	Johana	Ucles	88	36	120
2	Tobias	Cando	62	36	180
3	Rocio	Rojas	64	35,6	150
4	Dayana	Villareal	70	36,2	138
5	Pico	Juan	60	36,1	180
6	Washington	Santos	83	37,6	180
7	Jeferson	Barragan	68	36,2	150
8	David	Humandante	75	36,9	120
9	Marcela	Castillo	80	36,1	150
10	Kimberly	Niama	84	34,4	150

11	Julio	Mejia	73	36,2	120
12	Jorge	León	81	36,1	180
13	Braulio	Zarabia	68	34,4	180
14	Jhon	Tene	65	34,8	150
15	Erica	Zurita	60	36	120
16	Viviana	Guamanquispe	67	35,7	180
17	Cristian	Vasquez	78	35,5	180
18	Mayra	Carrillo	84	35,6	120
19	Carlos	Chamba	74	36,4	120
20	Miguel	Miranda	93	36,5	150
21	Fernanda	Pilamunga	68	35,6	150
22	Naybol	Machado	88	36,2	150
23	Marely	Cruz	80	36	180
24	viviana	Robalino	65	36,5	120
25	Jorge	Pazmiño	65	36,1	150
26	Erick	Villacres	72	35,3	180
27	Fernando	Marquez	60	35,9	180
28	Franklin	Lopez	80	36,8	180
29	Angel	Ortega	83	35,4	180
30	Fernando	Cudco	86	36,2	150
31	Freddy	Lopez	70	35,5	120
32	Tatiana	Chavez	70	36	150
33	Richard	Montesdeoca	97	35	180
34	Dario	Jordan	86	36,5	180
35	Ricardo	Aguilar	80	35,1	150
36	Cristian	Tarco	101	36,5	180

37	Daniel	Ripalda	79	35,7	180
38	Felipe	Valle	66	35,9	180
39	Katherine	Gavilanez	82	35,3	180
40	Isabel	Castillo	87	35,5	150
41	Mayra	Ortiz	75	38,9	120
42	Marllory	Cobos	82	36,4	120
43	Cristian	Jacho	61	35	180
44	Alvaro	Veintimilla	70	34,7	180
45	Ruben	Paucar	60	35,9	180
46	Cristian	Pazmiño	95	35,8	180
47	Juliana	Moya	73	36,5	120
48	Jose	Manobanda	78	36,9	120
49	Andrea	Montesdeoca	93	37,2	120
50	Lenin	Tierra	81	35,3	180
51	Andres	Solis	59	36,7	150
52	Jeferson	Iza	65	34,6	180
53	Edison	Borja	68	35,5	180
54	Santiago	Murillo	64	36,5	150
55	Marlon	España	81	36	150
56	Pamela	Barrazueta	78	35,6	150
57	Ivan	Armijo	73	36	180
58	David	Ojeda	60	36	180
59	Maria	Zambrano	52	35,1	180
60	Johana	Barreno	78	36,8	150
61	Pamela	Gusqui	56	35,3	120
62	Marilyn	Carrion	102	39,8	120

63	Gabriela	Rodriguez	55	37	150
64	Mercy	Loachamin	70	35,1	180
65	Walter	Crow	60	37	120
66	Jhon	Loaiza	90	35,4	180
67	Alex	Yautibuto	60	36,2	150
68	Liliana	Arias	74	35,5	150
69	Jonatan	Quezada	89	36	120
70	Karen	Paredes	70	36,9	120
71	Valeria	Sanchez	83	36,2	120
72	Cristian	Monar	74	35,7	180
73	Cristian	Viteri	70	36,5	180
74	Jairo	Arce	60	36	180
75	Edison	Bonilla	76	37,2	150
76	Andres	Carranza	58	36,2	150
77	Galo	Hurtado	70	35,6	150
78	Miriam	Vega	61	36,9	120
79	Paola	Obregon	85	35,4	120
80	Geovanna	Guerrero	63	35,7	180
81	Tatiana	Padilla	77	37,5	120
82	Geovanny	Cherrez	75	35,7	150
83	Cristian	Yugcha	74	35,5	150
84	Jessica	Proaño	80	36,7	150
85	Mario	Suarez	71	35,8	180
86	Liseth	Cevallos	74	35,1	180
87	Genova	Quispe	97	34,8	180
88	Alexandra	Parreño	80	37,9	120

89	Rebeca	Tenenaula	62	38,4	120
90	Jonatan	Leon	83	37,7	120

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Tabla 4125-4: Captura de datos fisiológicos con el prototipo

# Paciente	Nombre	Apellido	Tiempo (seg)	Distancia	Temperatura	Pulso
1	Johana	Ucles	23	2	36,22	87
2	Tobias	Cando	20	2	36,19	65
3	Rocio	Rojas	15	2	35,95	74
4	Dayana	Villareal	40	2	37,43	71
5	Pico	Juan	17	2	36,1	59
6	Washington	Santos	10	2	38,33	93
7	Jeferson	Barragan	44	2	36,5	70
8	David	Humandante	25	2	37,53	73
9	Marcela	Castillo	23	2	36,07	78
10	Kimberly	Niama	45	2	34,76	85
11	Julio	Mejia	10	2	35,67	75
12	Jorge	León	53	2	36,55	74
13	Braulio	Zarabia	24	2	34,9	76
14	Jhon	Tene	45	2	34,99	76
15	Erica	Zurita	40	2	36,13	61
16	Viviana	Guamanquispe	35	2	35,81	75
17	Cristian	Vasquez	30	2	35,72	81
18	Mayra	Carrillo	29	2	35,87	87
19	Carlos	Chamba	40	2	36,95	77
20	Miguel	Miranda	30	2	36,88	97
21	Fernanda	Pilamunga	17	2	35,78	78

22	Naybol	Machado	30	2	36,1	87
23	Marely	Cruz	20	2	37,87	82
24	viviana	Robalino	14	2	37,28	67
25	Jorge	Pazmiño	21	2	36,61	64
26	Erick	Villacres	15	2	35,54	80
27	Fernando	Marquez	21	2	35,63	63
28	Franklin	Lopez	27	2	36,58	89
29	Angel	Ortega	13	2	35,78	86
30	Fernando	Cudco	19	2	36,67	86
31	Freddy	Lopez	25	15	35,66	71
32	Tatiana	Chavez	27	15	36,1	70
33	Richard	Montesdeoca	16	15	35,84	103
34	Dario	Jordan	31	15	36,64	86
35	Ricardo	Aguilar	15	15	35,13	80
36	Cristian	Tarco	24	15	36,73	105
37	Daniel	Ripalda	21	15	35,25	81
38	Felipe	Valle	18	15	35,78	71
39	Katherine	Gavilanez	23	15	35,45	86
40	Isabel	Castillo	42	15	35,57	87
41	Mayra	Ortiz	21	15	39,03	75
42	Marllory	Cobos	32	15	36,5	82
43	Cristian	Jacho	18	15	35,04	64
44	Alvaro	Veintimilla	27	15	34,87	68
45	Ruben	Paucar	15	15	35,95	64
46	Cristian	Pazmiño	19	15	35,98	95
47	Juliana	Moya	23	15	36,61	73

48	Jose	Manobanda	30	15	37,59	78
49	Andrea	Montesdeoca	21	15	37,96	97
50	Lenin	Tierra	18	15	35,19	93
51	Andres	Solis	21	15	36,64	59
52	Jeferson	Iza	24	15	34,62	63
53	Edison	Borja	30	15	35,72	71
54	Santiago	Murillo	20	15	36,07	66
55	Marlon	España	29	15	36,16	82
56	Pamela	Barrazueta	29	15	35,95	73
57	Ivan	Armijo	23	15	36,13	73
58	David	Ojeda	30	15	36,1	60
59	Maria	Zambrano	40	15	35,07	53
60	Johana	Barreno	34	20	36,88	74
61	Pamela	Gusqui	38	20	35,36	52
62	Marilyn	Carrion	40	20	39,97	106
63	Gabriela	Rodriguez	43	20	37,4	55
64	Mercy	Loachamin	19	20	35,57	71
65	Walter	Crow	23	20	37,19	63
66	Jhon	Loaiza	16	20	35,45	94
67	Alex	Yautibuto	20	20	36,13	64
68	Liliana	Arias	27	20	35,6	74
69	Jonatan	Quezada	32	20	36,16	90
70	Karen	Paredes	38	20	36,88	74
71	Valeria	Sanchez	23	20	36,16	83
72	Cristian	Monar	21	20	35,69	78
73	Cristian	Viteri	20	20	36,43	70

74	Jairo	Arce	21	20	36,01	62
75	Edison	Bonilla	27	20	37,53	75
76	Andres	Carranza	21	20	36,95	58
77	Galo	Hurtado	13	20	35,72	73
78	Miriam	Vega	20	20	37,01	61
79	Paola	Obregon	21	20	35,42	87
80	Geovanna	Guerrero	35	20	35,84	68
81	Tatiana	Padilla	26	20	37,93	77
82	Geovanny	Cherrez	10	20	35,84	75
83	Cristian	Yugcha	15	20	35,48	75
84	Jessica	Proaño	13	20	36,65	81
85	Mario	Suarez	22	20	35,75	71
86	Liseth	Cevallos	15	20	35,07	76
87	Genova	Quispe	21	20	34,75	96
88	Alexandra	Parreño	19	20	37,96	80
89	Rebeca	Tenenaula	22	20	38,4	62
90	Jonatan	Leon	18	20	37,83	80

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

➤ **TIEMPO DE RESPUESTA (2 METROS PROTOTIPO Y 1 METRO TRADICIONAL)**

Planteamiento de la hipótesis

H_0 : El tiempo de respuesta es igual en el prototipo a 2 metros y el método tradicional a un metro.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

H1: El tiempo de respuesta es diferente en el prototipo a 2 metros y el método tradicional a 1 metro.

$$H0: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Calculo de la varianza

Tabla 26-4: Varianza del tiempo de respuesta (2m prototipo y 1m tradicional)

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
PROTOTIPO	30	795	26,5	135,086207
TRADICIONAL	30	4638	154,6	572,731034

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Análisis de los Resultados (ANOVA)

Tabla 27-4: Anova del tiempo de respuesta (2m prototipo y 1m manual)

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	246144,15	1	246144,15	695,50199	5,4842E-34	4,00687289
Dentro de los grupos	20526,7	58	353,908621			
Total	266670,85	59				

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Gráfico

En la Figura 9-4 se observa la variación del tiempo en la toma de los signos vitales y encontramos que la toma de signos manual toma hasta el triple del tiempo que del prototipo, el mismo que está ubicado a 2 metros del receptor.



Figura 9-4: Tiempo de respuesta (2m prototipo y 1m manual)
Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Interpretación

Por medio de la obtención de la tabla ANOVA se sabe que la probabilidad es de $5,4842E-34$ y entonces definimos que $p < 0.05$; así que la hipótesis H_0 se rechaza. Por lo tanto se dice que el prototipo tiene un tiempo de respuesta menor que el método tradicional de tomar los signos vitales.

➤ **TIEMPO DE RESPUESTA (15 metros PROTOTIPO Y 1 metro TRADICIONAL)**

Planteamiento de la hipótesis

H_0 : El tiempo de respuesta es igual en el prototipo a 15 metros y el método tradicional a un metro.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

H_1 : El tiempo de respuesta es diferente en el prototipo a 15 metros y el método tradicional a 1 metro.

$$H_0: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Calculo de la varianza

Tabla 28-7:

Tabla 28-4: Varianza del tiempo de respuesta (15m prototipo y 1m tradicional)

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
PROTOTIPO	30	746	24,8666667	46,9471264
TRADICIONAL	30	4800	160	579,310345

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Análisis de los Resultados (ANOVA)

Tabla 29-4: Anova del tiempo de respuesta (15m prototipo y 1m manual)

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	273915,267	1	273915,267	874,768859	1,1163E-36	4,00687289
Dentro de los grupos	18161,4667	58	313,128736			

Total	292076,73 3	59				

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Gráfico

En la Figura 10-4 se observa la variación del tiempo de respuesta del prototipo a una distancia mucho mayor a la anterior, con 100 metros de distancia entre el paciente y el ordenador de recepción de datos e incluso a esa distancia la toma manual de datos sigue tardando el triple del tiempo.

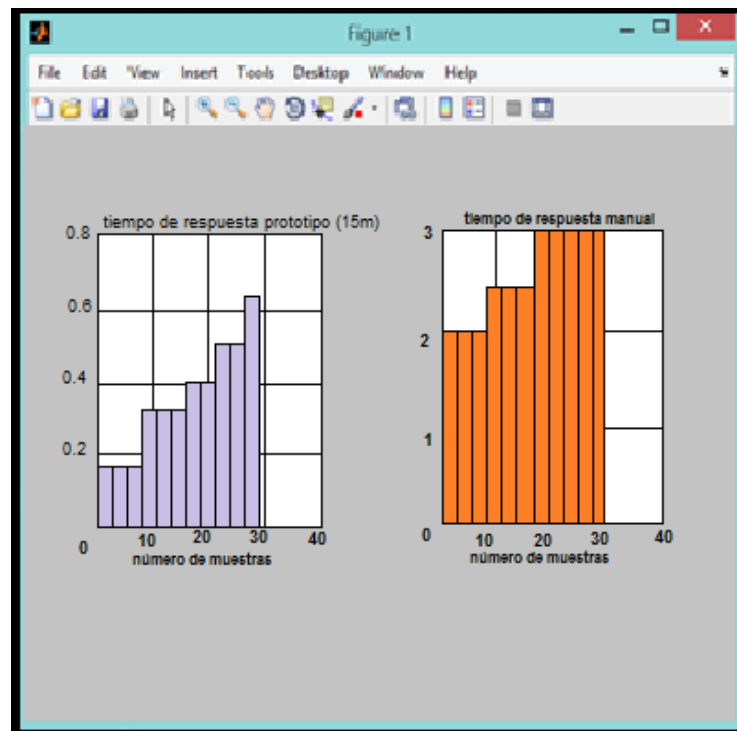


Figura 10-4: Tiempo de respuesta (100m prototipo y 1m manual)
Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Interpretación

Por medio de la obtención de la tabla ANOVA se sabe que la probabilidad es de $1,1163E-36$ y entonces definimos que $p < 0.05$; así que la hipótesis H_0 se rechaza. Por lo tanto se dice que el prototipo tiene un tiempo de respuesta menor que el método tradicional al tomar los signos

vitales de un paciente a pesar de que la distancia aumente en la recepción el tiempo de respuesta del prototipo es mucho menor permitiendo usar este sistema en casos de emergencia.

➤ **TIEMPO DE RESPUESTA (20 METROS PROTOTIPO Y 1 METRO TRADICIONAL)**

Planteamiento de la hipótesis

H_0 : El tiempo de respuesta es igual en el prototipo a 20 metros y el método tradicional a un metro.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

H_1 : El tiempo de respuesta es diferente en el prototipo a 20 metros y el método tradicional a 1 metro.

$$H_0: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Calculo de la varianza

Tabla 30-4: Varianza del tiempo de respuesta (20m prototipo y 1m tradicional)

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
PROTOTIPO	30	699	23,3	70,837931
TRADICIONAL	30	4410	147	642,413793

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Análisis de los Resultados (ANOVA)

Tabla 4731-4: Anova del tiempo de respuesta (100m prototipo y 1m manual)

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
'Entre grupos	229525,35	1	229525,35	643,60265	4,3572E-33	4,00687289
Dentro de los grupos	20684,3	58	356,625862			
Total	250209,65	59				

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Gráfico

En la Figura 11-4 se observa la variación del tiempo de respuesta del prototipo a su máximo alcance de cobertura que son 437 metros de distancia entre el paciente y el ordenador de recepción de datos. La toma de signos de manera manual sigue tardando el más tiempo que el prototipo.

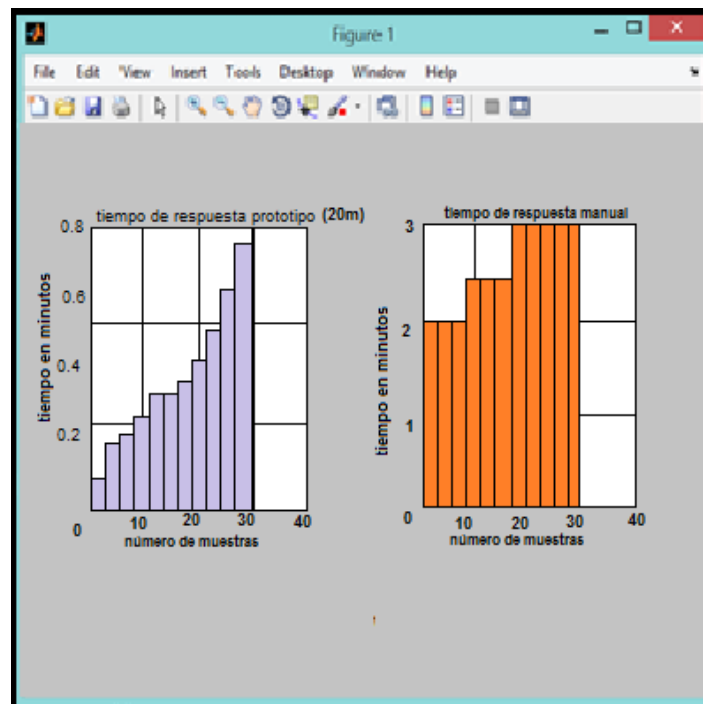


Figura 11-4: Tiempo de respuesta (437m prototipo y 1m manual)

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Interpretación

Por medio de la obtención de la tabla ANOVA se sabe que la probabilidad es de $4,3572E-33$ y entonces definimos que $p < 0.05$; así que la hipótesis H_0 se rechaza. Por lo tanto se dice que el prototipo tiene un tiempo de respuesta menor que el método tradicional al tomar los signos vitales de un paciente a pesar de que la distancia aumente en la recepción el tiempo de respuesta del prototipo es mucho menor permitiendo usar este sistema en casos de emergencia.

4.2.3. Comprobación de la Hipótesis

Hipótesis de la Investigación

Es posible mediante el diseño e implementación de un prototipo de red de sensores inalámbricos para el monitoreo de los pacientes en el Centro de atención integral en salud de la ESPOCH mejorar el tiempo de respuesta de atención en casos de emergencia.

Proceso

Para la comprobación de la hipótesis se realiza una tabla de los promedios obtenidos del tiempo de respuesta a las diferentes distancias que se captó los datos tomados por el prototipo y de la manera manual a una misma distancia. Las siguientes tablas nos ayudan a visualizar mejor los resultados.

Tabla 32-4: Valoración

VALOR	SIGNIFICADO
	MAS RÁPIDO

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

En la Figura 11-4 y 12-4 se muestran los signos vitales tomados por el prototipo y la toma manual utilizada en el Centro de atención integral en salud, nuestro prototipo tiene un 3% de error demostrando que este sistema es fiable y eficiente.

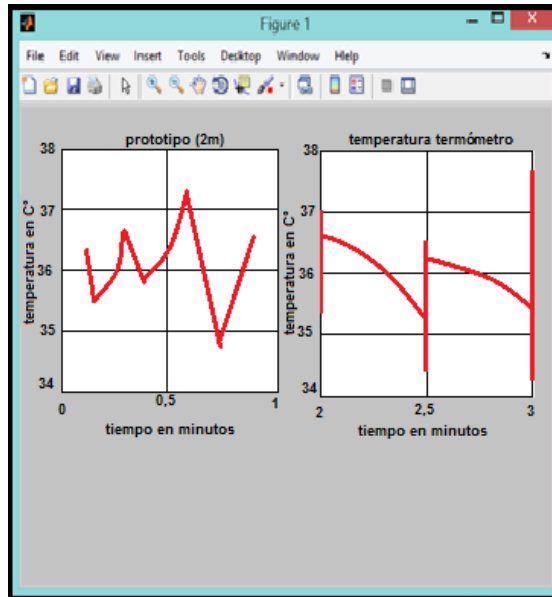


Figura 12-4: Tiempo de respuesta (100 m prototipo y 1m manual)
 Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

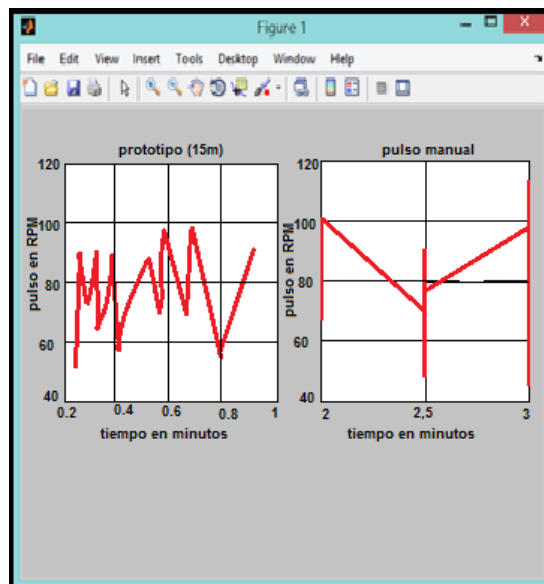


Figura 13-4: Tiempo de respuesta (437 m prototipo y 1m manual)
 Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Tabla 33-4: Resultados

ESCENARIOS	PROTOTIPO	MÉTODO TRADICIONAL
VARIABLES		
TIEMPO DE RESPUESTA (segundos)	<input checked="" type="checkbox"/> 26,5 a 2 m	154,6 a 1 m
TIEMPO DE RESPUESTA (segundos)	<input checked="" type="checkbox"/> 24,8666667 a 100 m	160 a 1 m
TIEMPO DE RESPUESTA (segundos)	<input checked="" type="checkbox"/> 23,3 a 437 m	147 a 1 m

Elaborado por: (Saida Contreras, 2018)

Después de visualizar los resultados obtenidos, se puede interpretar que el prototipo para la red de sensores inalámbricos permite brindar un tiempo de respuesta mucho menor siendo un 80% más rápido que el método tradicional con la que se trabaja en la actualidad en el Centro de Atención Integral en Salud.

CONCLUSIONES

- Una vez realizada la investigación respectiva de la toma de las medidas fisiológicas humanas se puede decir que las principales medidas fisiológicas en casos de emergencia son: el pulso, la temperatura, la respiración y la oxigenación en la sangre.
- Los sensores más óptimos para la toma de las medidas fisiológicas en caso de emergencia son los sensores: respiración, temperatura, pulso y oxigenación e la sangre.
- Arduino Uno se usa para la programación en tiempo real ya que posee un microcontrolador optimizado para actuar con el exterior siendo la mejor opción al momento de trabajar con cualquier tipo de sensor, además tiene su propio software de configuración que es el IDE Arduino basado en C++ y es multiplataforma lo cual le permite interactuar con cualquier software para realizar una interfaz gráfica.
- Con la información recolectada sobre la Tecnología Móvil, se utilizó GPRS, por ser la tecnología inalámbrica de datos con más cobertura a nivel nacional, sus largas distancias sin línea de vista, su disponibilidad en cualquier momento y lugar, además por su bajo costo.
- Con los resultados obtenidos de las medidas fisiológicas humanas tomadas en forma manual y con el prototipo multimodal se obtuvo un resultado favorable del 77.87% permitiendo al sistema multimodal ser más rápido, eficiente y eficaz, que la toma de medidas fisiológicas en forma manual.
- El prototipo multimodal optimiza el tiempo empleado en la lectura de las medidas fisiológicas humanas en casos de emergencia, en tiempo real.
- Al analizar los valores obtenidos en la red de sensores inalámbricos permite brindar un tiempo de respuesta mucho menor siendo un 80% más rápido que el método tradicional con la que se trabaja en la actualidad en el Centro de Atención Integral en Salud.

RECOMENDACIONES

- Antes de salir a realizar la toma de las medidas fisiológicas humanas, con el prototipo multimodal, se debe calibrar los sensores médicos de manera diaria (es decir tomar dos muestras antes de su utilización) o caso contrario contar con la ayuda de un especialista que certifique que los sensores están bien calibrados.
- Para la alimentación del prototipo multimodal se recomienda utilizar baterías de celdas solares, power band (battery pack) o la batería del vehículo de emergencia, para no depender de la energía eléctrica, ya que el equipo va estar en movimiento.
- La velocidad de transmisión de los datos debe ser la misma en todos los dispositivos del prototipo multimodal para su correcto funcionamiento.
- Para trabajos de investigación a futuro se puede incorporar la base de datos del Registro Civil al prototipo multimodal ya que cuenta con la información completa de los personas de nuestro país.

BIBLIOGRAFIA

1. ***Aprendiendo Arduino.*** (s. f.). Recuperado a partir de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/xbee/>
2. ***Arduino + XBee - Primeros Pasos.*** (s. f.). Recuperado a partir de <https://hangar.org/webnou/wp-content/uploads/2012/01/arduino-xbee-primeros-pasos.pdf>
3. **BIENDICHO, Lleti Fidel.** (2015). *Comunicación Bluetooth entre un Arduino Uno y Android aplicado a un detector de mentiras.* Gandía, Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Politécnica de Gandía. Recuperado a partir de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/57549/Memoria.pdf?sequence=1>
4. **CALDERON SANMARTIN, Nilder Agustín.** (2016). *Sistema de localización automática aplicada a la flota de vehículos de recolección y transporte de Residuos Sólidos Municipales del GADML.* Loja, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja. Recuperado a partir de <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/15934/1/CalderonSanmartinNilderAgustin.pdf>
5. **CALVILLO TERIBIO, Ainhoa.** (2013). *Estudio y diseño de una red WIMAX para dar cobertura de banda ancha en un entorno rural.* Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado a partir de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/34530/Memoria.pdf?sequence=1>
6. **DIGNANNI, Jorge Pablo.** (2011). *Análisis del Protocolo Zigbee.* Universidad Nacional de la Plata. Recuperado a partir de http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carreras/Especializaciones/Redes_y_Seguridad/Trabajos_Finales/Dignanni_Jorge_Pablo.pdf
7. ***Diseño, Integración y Optimización de Estaciones Base de Segunda Generación.*** (s. f.). Recuperado a partir de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11980/fichero/CAP%C3%8DTULO+2+>

-

+LA+EVOLUCI%C3%93N+DE+LA+TELEFON%C3%8DA+M%C3%93VIL%252F2.2+La+evoluci%C3%B3n+de+las+redes+de+telefon%C3%ADa.pdf

8. **DOMÍNGUEZ CASTRO, Alberto.** (s. f.). *Sistema de control de temperatura a través de Arduino y la tecnología GSM/GPRS.* Recuperado a partir de http://oa.upm.es/22322/1/PFC_ALBERTO_CASTRO_DOMINGUEZ.pdf
9. **FLORES FLORES, Eduardo.** (2009). *Modelo de simulación para redes WIMAX con topología en malla, sin coordinador.* Colina, Colombia: Universidad de Colina, Facultad de Telemática. Recuperado a partir de http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/FLORES_FLORES_EDUARDO.pdf
10. **GALLEGO, Juan Carlos.** (s. f.). *Instalación y Mantenimiento de redes para transmisión de datos.* España: Editex S.A. Recuperado a partir de https://books.google.com.ec/books?id=qt_SCQAAQBAJ&pg=PA36&dq=estandares+de+la+ieee&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjBtDmXI_ZAhXM64MKHVjACc0Q6AEITTAH#v=onepage&q=estandares%20de%20la%20ieee&f=false
11. **GARCÍA VARGAS, Alejandro.** (s. f.). *Bluetooth.* Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones Recuperado a partir de <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10725/Bluetooth.pdf?sequence=1>
12. **GARIN Dante, H. M.** (2013). *Bluetooth.* Recuperado a partir de <http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo322/1s13/project/reports/Bluetooth.pdf>
13. **INZAURREALDE, Martin; IZA, Jorge, GARDENES, Javier.** (s. f.). *Telefonía Celular.* Montevideo, Uruguay: Universidad de la Republica. Recuperado a partir de https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-06_11-27-111104608.pdf
14. **JARA WERCHAU, Pablo; N. P.** (2009). *Estándar IEEE 802.11 X de las WAN.* Tucumán. Universidad Tecnológica Nacional, Departamento de Ingeniería en

Sistemas de Información. Recuperado a partir de http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/standard_802_11.pdf

15. **LOYOLA PINOS, María Augusta, B. D. P. A.** (2015). *Manual para la Aplicación de la tecnología Zigbee para edificios inteligentes en la ciudad de Cuenca*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, Carrera de Ingeniería Electrónica. Recuperado a partir de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7986/1/UPS-CT004855.pdf>
16. **MARTÍNEZ, Evelio.** (2001). *La evolución de la tecnología Móvil*. Revista Red. Recuperado a partir de http://www.adecom.biz/pdf/pdf_agosto2005/La%20evolucion%20de%20la%20telefonía%20movil.pdf
17. **MORENO, Javier Martin, R. F. D.** (2007). *Protocolo Zigbee (IEEE 802.15.4)*. Recuperado a partir de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1109/7/Informe_ZigBee.pdf
18. **ORTEGA HUEMBÉS, Carlos Alberto, O. H. C. A. R. D. del S., UBEDA SEQUIERA, Leslie Eduardo.** (2008). *Trabajo de Técnicas de Alta Frecuencia TAF*. Managua: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Electrónica. Recuperado a partir de <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/zigbee/zigbee.pdf>
19. **PÉREZ, Bladimir, K. J.; GARCÍA, Fernando; CARMONA, Juan.** (2014). *Automatización, Monitoreo y Control remoto de un sistema de riego agrícola con código abierto*. Guayaquil, Ecuador. Recuperado a partir de <http://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/RefereedPapers/RP132.pdf>
20. **ROUGE LICKES, Lorena del Carmen.** (2014). *El uso del teléfono celular en el proceso de comunicación entre padres e hijos, por estudiantes de la Facultad de Ingeniería del primer año de la Universidad Rafael Landívar*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Facultad de Humanidades. Recuperado a partir de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/05/09/Rouge-Lorena.pdf>
21. **SALINAS DELGADO, Paul Sócrates, Z. H. S. D.** (2015). *Desarrollo de un sistema de Telemetría de Neveras mediante la red GPRS y la gestión Web*. Perú:

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Electrónica. Recuperado a partir de <http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/593059/1/PROYECTO+PROFESIONAL-FINAL.pdf>

22. **SÁNCHEZ, Tamara.** (s. f.). *Aplicaciones de redes inalámbricas de sensores.* Recuperado a partir de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11759/fichero/PFC+Tamara+S%C3%A1nchez+%252F3.-Tecnolog%C3%ADa+Zigbee.pdf>

23. **SIMO REIGADAS, Francisco Javier.** (2007). *Modelado y optimización de 802.11 para su aplicación en el despliegue de redes extensas en zonas rurales aislados de países en desarrollo.* Madrid, España. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado a partir de http://oa.upm.es/1039/1/FRANCISCO_JAVIER_SIMO_REIGADAS.pdf

ANEXOS

Anexo A: Datasheet Arduino uno

Features

- **High Performance, Low Power AVR[®] 8-Bit Microcontroller**
- **Advanced RISC Architecture**
 - 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 20 MIPS Throughput at 20 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- **High Endurance Non-volatile Memory Segments**
 - 4/8/16/32K Bytes of In-System Self-Programmable Flash program memory (ATmega48PA/88PA/168PA/328P)
 - 256/512/512/1K Bytes EEPROM (ATmega48PA/88PA/168PA/328P)
 - 512/1K/1K/2K Bytes Internal SRAM (ATmega48PA/88PA/168PA/328P)
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- **Peripheral Features**
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Six PWM Channels
 - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
 - Temperature Measurement
 - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
 - Temperature Measurement
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I²C compatible)
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- **Special Microcontroller Features**
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- **I/O and Packages**
 - 23 Programmable I/O Lines
 - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- **Operating Voltage:**
 - 1.8 - 5.5V for ATmega48PA/88PA/168PA/328P
- **Temperature Range:**
 - -40°C to 85°C
- **Speed Grade:**
 - 0 - 20 MHz @ 1.8 - 5.5V
- **Low Power Consumption at 1 MHz, 1.8V, 25°C for ATmega48PA/88PA/168PA/328P:**
 - Active Mode: 0.2 mA
 - Power-down Mode: 0.1 µA
 - Power-save Mode: 0.75 µA (Including 32 kHz RTC)

Anexo B: Datasheet Xbee s1

Specification	XBee	XBee-PRO
Performance		
Indoor/Urban Range	Up to 100 ft (30 m)	Up to 300 ft. (90 m), up to 200 ft (60 m) International variant
Outdoor RF line-of-sight Range	Up to 300 ft (90 m)	Up to 1 mile (1600 m), up to 2500 ft (750 m) international variant
Transmit Power Output (software selectable)	1mW (0 dBm)	63mW (18dBm)* 10mW (10 dBm) for International variant
RF Data Rate	250,000 bps	250,000 bps
Serial Interface Data Rate (software selectable)	1200 bps - 250 kbps (non-standard baud rates also supported)	1200 bps - 250 kbps (non-standard baud rates also supported)
Receiver Sensitivity	-92 dBm (1% packet error rate)	-100 dBm (1% packet error rate)
Power Requirements		
Supply Voltage	2.8 – 3.4 V	2.8 – 3.4 V
Transmit Current (typical)	45mA (@ 3.3 V)	250mA (@3.3 V) (150mA for international variant) RPSMA module only: 340mA (@3.3 V) (180mA for international variant)
Idle / Receive Current (typical)	50mA (@ 3.3 V)	55mA (@ 3.3 V)
Power-down Current	< 10 μ A	< 10 μ A
General		
Operating Frequency	ISM 2.4 GHz	ISM 2.4 GHz
Dimensions	0.960" x 1.087" (2.438cm x 2.761cm)	0.960" x 1.297" (2.438cm x 3.294cm)
Operating Temperature	-40 to 85° C (industrial)	-40 to 85° C (industrial)
Antenna Options	Integrated Whip, Chip or U.FL Connector, RPSMA Connector	Integrated Whip, Chip or U.FL Connector, RPSMA Connector
Networking & Security		
Supported Network Topologies	Point-to-point, Point-to-multipoint & Peer-to-peer	
Number of Channels (software selectable)	16 Direct Sequence Channels	12 Direct Sequence Channels
Addressing Options	PAN ID, Channel and Addresses	PAN ID, Channel and Addresses
Agency Approvals		
United States (FCC Part 15.247)	OUR-XBEE	OUR-XBEEPRO
Industry Canada (IC)	4214A XBEE	4214A XBEEPRO
Europe (CE)	ETSI	ETSI (Max. 10 dBm transmit power output)*
Japan	R201WW07215214	R201WW08215111 (Max. 10 dBm transmit power output)*
Australia	C-Tick	C-Tick

Specifications

PCB size	54.9mm X 58.8mm X 1.6mm
Indicators	PWR State, DI, DO, RSSI, ON, ASS
Power supply	5V DC
Communication Protocol	UART/XBee
RoSH	Yes

Electrical Characteristics

Specification	Min	Type	Max	Unit
Power Voltage	4.5	5	5.5	VDC
Input Voltage VH:	4.5	5	5.5	V
Input Voltage VL:	-0.3	0	0.5	V
Current Consumption	-	20	40	mA

Anexo D: Instalación de NS2

Previamente antes de realizar la instalación de NS2 es necesario instalar lo siguiente:

1. Instalación de programas necesarios.
 - `sudo apt-get update`
 - `sudo apt-get install tcl8.5-dev tk8.5-dev`
 - `sudo apt-get install build-essential autoconf automake`
 - `sudo apt-get install perl xgraph libxt-dev libx11-dev libxmu-dev`
2. Descargar desde la página oficial el archivo fuente NS2.
 - <http://sourceforge.net/projects/nsnam/files/allinone/ns-allinone-2.35/download>
 - El archivo que se descarga es: “ns-allinone-2.35.tar.gz”
3. Descomprimir el archivo que se descargó en el paso 2 dentro de la carpeta “home”
 - `tar -zxvf ns-allinone-2.35.tar.gz -C/home/mary`
4. Instalación de NS2 se ubica dentro de la carpeta que la contiene.
 - `cd /home/mary/ns-allinone-2.35`
 - `sudo ./install`
5. Modificar el archivo `gedit /home/mary/.bashrc`
 - Dentro de este archivo al final se añade lo siguiente:

```
PATH=$PATH:/home/stan/ns-allinone-2.35/bin:/home/mary/ns-  
allinone-2.35/tcl8.5.10/unix:/home/mary/ns-allinone-  
2.35/tk8.5.10/unix
```

```
LD_LIBRARY_PATH=$LD_LIBRARY_PATH:/home/mary/ns-  
allinone-2.35/otcl-1.14:/home/mary/ns-allinone-2.35/lib
```

```
TCL_LIBRARY=$TCL_LIBRARY:/home/mary/ns-allinone-  
2.35/tcl8.5.10/library
```

- Activar el PATH ejecutando el comando: `source .bashrc`

6. Modificar el PATH para que se ejecute itm/tclsh/wish/xgraph

- `/home/mary/ns-allinone-2.35/bin:/home/mary/ns-allinone-
2.35/tcl8.5.10/unix:/home/mary/ns-allinone-2.35/tk8.5.10/unix`

7. Instalar NS2 ejecutando el comando:

- `cd /home /mary /ns-allinone-2.35`
- `./install`

8. Ejecutar la validación dentro del archive `cd /home /mary /ns-allinone-2.35 /ns-2.35`

- `./validate`

9. Verificar si está instalado correctamente NS2 con el siguiente comando en el terminal:

- `ns`
- Saldrá un símbolo: `“%ns”`

Airflow Sensors

AWM2000 Series

Microbridge Mass Airflow/Unamplified

AWM2000 SERIES ORDER GUIDE (Performance Characteristics @ 10.01 ±0.01 VDC, 25°C)

Catalog Listings	AWM2100V	AWM2150V	AWM2200V	AWM2300V
Flow Range (Full Scale)	±200 sccm	±30 sccm		±1000 sccm
Pressure Range (See Application Note #1)			±4.0" H ₂ O (10 mBar)	
Output Voltage @ Trim Point	30 mV @ 100 sccm	11.8 mV @ 25 sccm	20 mV @ 2" H ₂ O	50 mV @ 650 sccm
Null Voltage Shift, Typ. +25° to -25°C, +25° to 85°C	±0.20 mV	±0.20 mV	±0.20 mV	±0.20 mV
Output Voltage Shift, Max. +25° to -25°C +25° to +85°C	+2.5% Reading -2.5% Reading	+5% Reading -5% Reading	+22% Reading (Note 2) -22% Reading	+5% Reading -5% Reading
Repeatability & Hysteresis, Max.	±0.35% Reading	±0.35% Reading	±0.35% Reading	±1% Reading
	Min.	Typ.	Max.	
Excitation (VDC) (Note 1)	8.0	10±0.01	15	
Power Consumption (mW)	—	30	50	
Null Voltage (mV)	-1.0	0.0	+1.0	
Response Time (msec)	—	1.0	3.0	
Common Mode Pressure (psi)	—	—	25	
Sensor Resistance (kΩ) Pin 2-Pin 1, Pin 6-Pin 1	—	5	—	
Sensor Current (mA) Pin 2-Pin 1, Pin 6-Pin 1	—	—	0.6	
Temperature Range	Operating: -25° to +85°C (-13° to +185°F); Storage: -40° to +90°C (-40° to +194°F)			
Termination	2,54 mm (.100") centers, 0,635 mm (0.025") square			
Weight (grams)	10.8			
Shock Rating	100 g peak (5 drops, 6 axes)			



Airflow and Temperature Sensor

TMP12

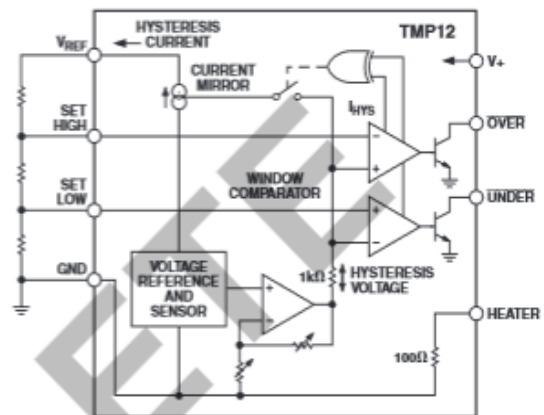
FEATURES

- Temperature Sensor Includes 100 Ω Heater
- Heater Provides Power IC Emulation
- Accuracy ± 3 Typ from -40°C to $+100^{\circ}\text{C}$
- Operation to 150°C
- 5 mV/ $^{\circ}\text{C}$ Internal Scale Factor
- Resistor Programmable Temperature Setpoints
- 20 mA Open-Collector Setpoint Outputs
- Programmable Thermal Hysteresis
- Internal 2.5 V Reference
- Single 5 V Operation
- 400 μA Quiescent Current (Heater Off)
- Minimal External Components

APPLICATIONS

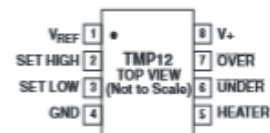
- System Airflow Sensor
- Equipment Overtemperature Sensor
- Overtemperature Protection
- Power Supply Thermal Sensor
- Low Cost Fan Controller

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



PIN CONNECTION

8-Lead SOIC



GENERAL DESCRIPTION

The TMP12 is a silicon-based airflow and temperature sensor designed to be placed in the same airstream as heat generating components that require cooling. Fan cooling may be required continuously or during peak power demands. For example, if the cooling systems of a power supply fails, system reliability and/or safety may be impaired. By monitoring temperature while emulating a power IC, the TMP12 can provide a warning of cooling system failure.

The TMP12 generates an internal voltage that is linearly proportional to Celsius (Centigrade) temperature, nominally 5 mV/ $^{\circ}\text{C}$. The linearized output is compared with voltages from an external resistive divider connected to the TMP12's 2.5 V precision reference. The divider sets up one or two reference voltages, as required by the user, providing one or two temperature setpoints. Comparator outputs are open-collector transistors able to sink over 20 mA. There is an on-board hysteresis generator provided to speed up the temperature-setpoint output transitions; this also reduces erratic output transitions in noisy environments. Hysteresis is programmed by the external resistor chain and is determined by the total current drawn from the 2.5 V reference. The TMP12 airflow sensor also incorporates a precision, low temperature coefficient 100 Ω heater resistor that may be connected directly to an external 5 V supply. When the heater is activated, it raises the die temperature approximately 20°C

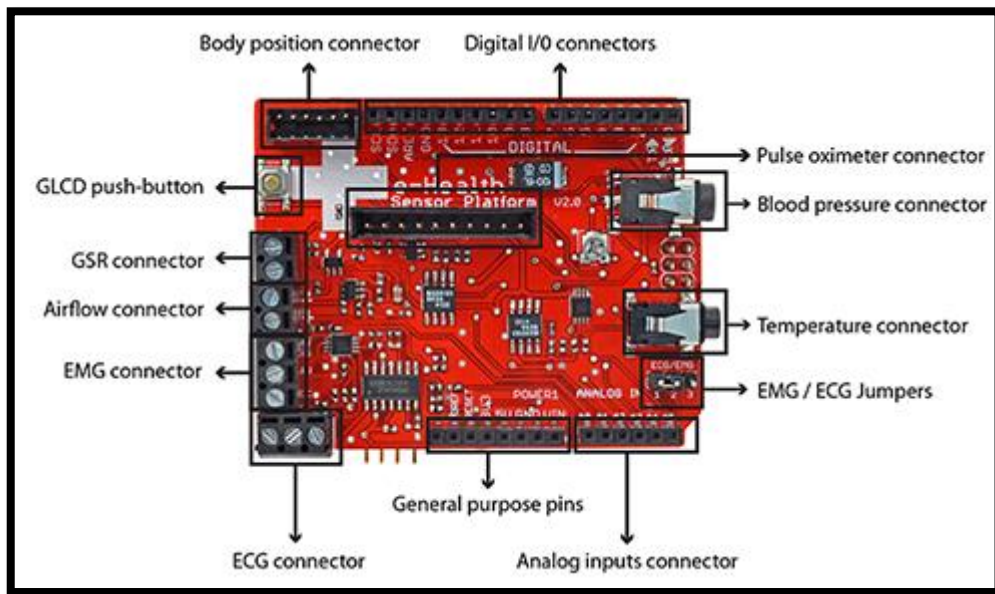
above ambient (in still air). The purpose of the heater in the TMP12 is to emulate a power IC, such as a regulator or Pentium[®] CPU, which has a high internal dissipation.

When subjected to a fast airflow, the package and die temperatures of the power device and the TMP12 (if located in the same airstream) will be reduced by an amount proportional to the rate of airflow. The internal temperature rise of the TMP12 may be reduced by placing a resistor in series with the heater, or by reducing the heater voltage.

The TMP12 is intended for single 5 V supply operation, but will operate on a 12 V supply. The heater is designed to operate from 5 V only. Specified temperature range is from -40°C to $+125^{\circ}\text{C}$, and operation extends to 150°C at 5 V with reduced accuracy.

The TMP12 is available in 8-lead SOIC packages.

Anexo G: Health Sensor Shield



Anexo H: Antena Whip



WH2400 Whip Antenna Antenna for Use with 2.4GHz ELPRO Products



Description

The WH2400-SMA Whip Antenna is a 1/4 wave antenna suitable for ELPRO 2.4GHz product range. The antenna is vertically polarized with an omnidirectional radiation pattern.

These antennas are mounted directly onto the ELPRO product and are intended for demonstration use or short range communications only.

Specifications	
Parameters	
Frequency	2380 - 2520MHz
Gain	-2dBi
Bandwidth	140MHz of Center Frequency
VSWR	< 1.5:1
Polarization	Vertical
H Plane	Omnidirectional
Termination	
Termination	SMA Male
General	
Size	54mm (2.1")
Housing	PVC/wire
Mounting	SMA Male Connector Base to Module
Weight	0.1kg (0.22lbs)
Wind Loading	N/A
Note: Specifications subject to change.	

Ordering

To order, select product code from the table and specify country of application.

Product Code	Description	Frequency
WH2400-SMA	Whip Antenna - 54mm (2.1"), SMA Male, -2dBi Gain	2380 - 2520MHz