



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA TELECOMUNICACIONES

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE GEOLOCALIZACIÓN
MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE
COMUNICACIÓN INALÁMBRICA PARA EL MONITOREO DE NIÑOS
EN LA ESCUELA “JOSÉ ANTONIO LIZARZABURU”

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES

AUTOR: DARWIN MISAEL MUÑOZ TIERRA

DIRECTOR: Ing. MARCO VINICIO RAMOS VALENCIA MSc.

Riobamba – Ecuador

2023

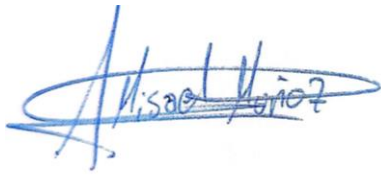
©2023, Darwin Misael Muñoz Tierra

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, DARWIN MISAEL MUÑOZ TIERRA, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos 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 Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 21 de marzo de 2023

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Darwin Misael Muñoz Tierra', with a large, stylized flourish underneath.

Darwin Misael Muñoz Tierra

060515318-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA TELECOMUNICACIONES

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Propuesta Tecnológica, **IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE GEOLOCALIZACIÓN MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA PARA EL MONITOREO DE NIÑOS EN LA ESCUELA “JOSÉ ANTONIO LIZARZABURU”**, realizado por el señor **DARWIN MISAEL MUÑOZ TIERRA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Fabricio Javier Santacruz Sulca MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023/03/21
Ing. Marco Vinicio Ramos Valencia MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2023/03/21
Ing. Mayra Alejandra Pacheco Cunduri MSc. ASESORA DEL TRIBUNAL		2023/03/21

DEDICATORIA

A mis queridos padres, por brindarme su apoyo incondicional ya que gracias a ellos estoy culminando una etapa muy importante de mi vida. A mi pareja Maribel, por estar a mi lado en todo momento, motivándome siempre a seguir adelante.

Darwin

AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindarme la vida llena de experiencias y felicidad. A mis padres German y Gladys, que me han formado con buenos valores para ser un hombre de bien y por todo su esfuerzo que han hecho en todo el transcurso de mi vida. A cada uno de mis docentes de la carrera de Telecomunicaciones, quienes brindaron su conocimiento durante mi formación académica, en especial a mi tutor Ing. Marco Vinicio Ramos Valencia MgS., que mediante su aporte de conocimiento, experiencia y tiempo ha permitido la finalización del presente Trabajo de Integración Curricular.

Darwin

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL.....	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Formulación del Problema	3
1.3. Sistematización del Problema.....	3
1.4. Justificación Teórica	3
1.5. Justificación Aplicativa.....	4
1.6. Objetivos.....	5
1.6.1. <i>Objetivo General</i>	5
1.6.2. <i>Objetivos Específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Geolocalización.....	6
2.1.1. <i>Sistemas de Geolocalización</i>	6
2.1.1.1. <i>Global Positioning System (GPS)</i>	7
2.1.1.2. <i>Telefonía Móvil</i>	9
2.1.1.3. <i>Basadas en la red</i>	10
2.1.2. <i>Comparativa entre los sistemas de Geolocalización</i>	12
2.2. Red de Sensores Inalámbricos (WSN).....	12
2.2.1. <i>Arquitectura de la Red WSN</i>	12
2.2.2. <i>Topología de la Red WSN</i>	13
2.2.3. <i>Comparativa entre las topologías de la Red</i>	16

2.3.	Internet de las cosas	16
2.3.1.	<i>Características</i>	17
2.3.2.	<i>Protocolos de comunicación</i>	17
2.4.	Tecnologías de Comunicación Inalámbrica de Corto Alcance	18
2.4.1.	<i>Tecnología Bluetooth</i>	18
2.4.2.	<i>Tecnología Zigbee</i>	21
2.4.3.	<i>Tecnología Z-Wave</i>	24
2.4.4.	<i>Tecnología UWB</i>	24
2.4.5.	<i>Tecnología Wi-Fi</i>	25
2.5.	Tarjetas para Desarrollo de Hardware	27
2.5.1.	<i>Arduino</i>	27
2.5.2.	<i>Raspberry pi</i>	28
2.5.3.	<i>NodeMCU</i>	28
2.6.	Software	29
2.7.	Cálculo del tamaño de la muestra de una población infinita	29

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	31
3.1.	Metodología	31
3.1.1.	<i>Metodología Descriptiva</i>	31
3.1.2.	<i>Metodología Teórica</i>	31
3.1.3.	<i>Metodología Cuasi-Experimental</i>	31
3.2.	Comparativa para la elección de las tecnologías inalámbricas de corto alcance ...	31
3.3.	Requisitos a nivel de Software y Hardware	33
3.3.1.	<i>Tarjeta de desarrollo</i>	33
3.3.2.	<i>Módulo Zigbee</i>	34
3.3.3.	<i>Módulo GPS</i>	35
3.3.4.	<i>Sistema de alarma</i>	36
3.3.5.	<i>Fuente de Alimentación</i>	37
3.3.6.	<i>Plataforma de visualización y análisis de datos</i>	37
3.4.	Esquema general del Prototipo	38
3.5.	Diagrama de Bloques del Nodo de Rastreo	39
3.6.	Diagrama de Bloques del Nodo de Control	40
3.7.	Diagrama Esquemático de la tecnología WiFi	41
3.8.	Diagrama Esquemático de la tecnología Zigbee	42
3.9.	Ensamblaje de la estructura del prototipo	44

3.10. Comunicación entre los elementos que componen el Prototipo ..	44
3.10.1. <i>Comunicación con el módulo GPS</i>	45
3.10.2. <i>Comunicación entre nodo de rastreo y nodo de control con tecnología Wi-Fi</i>	46
3.10.3. <i>Comunicación entre nodo de rastreo y nodo de control con tecnología Zigbee</i>	47
3.10.4. <i>Comunicación con la interfaz Móvil y Web</i>	48
3.11. Desarrollo de la interfaz móvil	49
3.11.1. <i>Experiencia de usuario</i>	51

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
4.1. Comparación Likert de las tecnologías inalámbricas de corto alcance	53
4.2. Mediciones del retardo entre los nodos de comunicación	54
4.2.1. Promedio del retardo entre los nodos de comunicación con tecnología Wi-Fi	54
4.2.2. Promedio del retardo entre los nodos de comunicación con tecnología Zigbee	57
4.3. Rango de comunicación entre los nodos	59
4.3.1. Rango de comunicación entre los nodos con tecnología Wi-Fi	59
4.3.2. Rango de comunicación entre los nodos con tecnología Zigbee	60
4.3.3. Comparación Likert del rango de operación entre Wi-Fi y Zigbee	60
4.4. Precisión del Prototipo con cada tecnología	61
4.4.1. Precisión del Prototipo con tecnología Wi-Fi	62
4.4.2. Precisión del Prototipo con tecnología Zigbee	64
4.5. Comparación del consumo de baterías	66
4.5.1. Consumo de la batería con tecnología Wi-Fi	66
4.5.2. Consumo de la batería con tecnología Zigbee	67
4.6. Visualización de coordenadas y alertas	67
4.7. Prueba de Geolocalización en tiempo real	69
4.8. Evaluación de la interfaz móvil mediante el cuestionario UEQ	71
4.9. Análisis Económico del prototipo de geolocalización	72

CONCLUSIONES

.....74

RECOMENDACIONES75

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Comparativa entre los 3 principales sistemas de Geolocalización.....	12
Tabla 2-2:	Comparativa entre las topologías de red.....	16
Tabla 3-2:	Características más importantes de IoT.....	17
Tabla 4-2:	Protocolos de datos para IoT	17
Tabla 5-2:	Protocolo para el estándar de comunicación Wi-Fi.....	26
Tabla 1-3:	Escala de Likert para selección de elementos.....	32
Tabla 2-3:	Cuadro comparativo entre las tecnologías inalámbricas de corto alcance.....	32
Tabla 3-3:	Selección de las dos opciones de tarjeta de desarrollo	33
Tabla 4-3:	Módulos XBee y sus características	34
Tabla 5-3:	Módulos GPS y sus características	35
Tabla 1-4:	Comparación de Likert con las tecnologías inalámbricas.....	53
Tabla 2-4:	Muestras obtenidas del retardo de la tecnología Wi-Fi	55
Tabla 3-4:	Muestras obtenidas del retardo de la tecnología Zigbee.....	57
Tabla 4-4:	Prueba de rango de comunicación con Wi-Fi.....	59
Tabla 5-4:	Prueba de rango de comunicación con Zigbee	60
Tabla 6-4:	Muestras obtenidas del retardo de la tecnología Wi-Fi	62
Tabla 7-4:	Muestras obtenidas del retardo de la tecnología Zigbee.....	57
Tabla 8-4:	Comparación del consumo de baterías	66
Tabla 9-4:	Resultados del cuestionario corto de UEQ aplicado a los maestros ..	71
Tabla 10-4:	Comparación del presupuesto de precios.....	72

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1:	Bosquejo del prototipo de geolocalización.....	5
Ilustración 1-2:	Ejemplo de Geolocalización de un dispositivo móvil.....	6
Ilustración 2-2:	(a) Ubicación real estimada. (b) Ubicación manipulada con un VPN.....	11
Ilustración 3-2:	Elementos de una red WSN.....	13
Ilustración 4-2:	Topología en Árbol.....	14
Ilustración 5-2:	Topología en malla.....	14
Ilustración 6-2:	Topología en estrella.....	15
Ilustración 7-2:	Topología en bus.....	15
Ilustración 8-2:	Arquitectura de Hardware.....	19
Ilustración 9-2:	Arquitectura de Hardware.....	20
Ilustración 10-2:	Capas de la pila de protocolos para Zigbee.....	22
Ilustración 11-2:	Tarjetas Arduino.....	28
Ilustración 12-2:	Tarjetas Raspberry Pi.....	28
Ilustración 13-2:	Generaciones del NodeMCU.....	29
Ilustración 14-2:	Blynk Server.....	29
Ilustración 1-3:	Módulo de desarrollo Node MCU Esp 32 y Arduino Nano.....	34
Ilustración 2-3:	XBee ZB S2C TH.....	34
Ilustración 3-3:	Modulo GPS6Mv2.....	36
Ilustración 4-3:	Buzzer Zumbador 5V.....	36
Ilustración 5-3:	Batería recargable de Litio.....	37
Ilustración 6-3:	Blynk Server.....	38
Ilustración 7-3:	Esquema del prototipo Propuesto Wi-Fi.....	38
Ilustración 8-3:	Esquema del prototipo Propuesto Zigbee.....	39
Ilustración 9-3:	Diagrama de Bloques del Nodo de Rastreo.....	40
Ilustración 10-3:	Diagrama de Bloques del Nodo de Control.....	40
Ilustración 11-3:	(a) Conexiones nodo de rastreo. (b) Conexiones nodo de control.....	41
Ilustración 12-3:	Circuito PCB del Nodo de Rastreo.....	42
Ilustración 13-3:	Circuito PCB del Nodo de control.....	42
Ilustración 14-3:	a) Conexiones nodo de rastreo. (b) Conexiones nodo de control.....	42
Ilustración 15-3:	Circuito PCB del Nodo de Rastreo.....	43
Ilustración 16-3:	Circuito PCB del Nodo de control.....	43
Ilustración 17-3:	Vista 3D de la caja del nodo de rastreo Wi-Fi y Zigbee.....	44
Ilustración 18-3:	Vista 3D de la caja del nodo de control Wi-Fi y Zigbee.....	45
Ilustración 19-3:	Monitor Serial de la comunicación con el módulo GPS.....	46

Ilustración 20-3:	Datos para transmitir al nodo de control con tecnología Wi-Fi.....	46
Ilustración 21-3:	Datos recibidos en el nodo de control con tecnología Wi-Fi.....	47
Ilustración 22-3:	Datos para transmitir al nodo de control con tecnología Zigbee	47
Ilustración 23-3:	Datos recibidos en el nodo de control con tecnología Zigbee	48
Ilustración 24-3:	Monitor Serial de la comunicación con la plataforma Blynk	48
Ilustración 25-3:	Dispositivos nuevos agregados.....	49
Ilustración 26-3:	Widgets utilizados para la interfaz móvil	50
Ilustración 27-3:	Interfaz móvil para Geolocalización terminada	51
Ilustración 1-4:	Escala de comparación tecnológica	56
Ilustración 2-4:	Retardo de la tecnología Wi-Fi.....	56
Ilustración 3-4:	Monitor serial de pruebas de retardo tecnología Wi-Fi.....	56
Ilustración 4-4:	Retardo de la tecnología Zigbee	58
Ilustración 5-4:	Monitor serial de pruebas de retardo tecnología Zigbee.....	58
Ilustración 6-4:	Escala comparativa a rango de operación.....	58
Ilustración 7-4:	Punto de referencia	62
Ilustración 8-4:	Distribución de los datos obtenidos y su media con tecnología Wi-Fi.....	63
Ilustración 9-4:	Distribución de los datos obtenidos y su media con tecnología Zigbee	65
Ilustración 10-4:	Datos mostrados en los Widgets de la plataforma Blynk.	68
Ilustración 11-4:	Datos obtenidos en la interfaz móvil Blynk.....	69
Ilustración 12-4:	Pruebas de recorrido del prototipo con tecnología Wi-Fi.....	70
Ilustración 13-4:	Pruebas de recorrido del prototipo con tecnología Zigbee	70
Ilustración 14-4:	Media de los aspectos del cuestionario UEQ.....	72

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: DATASHEET DE LOS ELEMENTOS UTILIZADOS

ANEXO B: COMPONENTES DEL PROTOTIPO

ANEXO C: CÓDIGO IDE DEL PROTOTIPO

ANEXO D: PRUEBAS DE RETARDO DEL PROTOTIPO

ANEXO E: PRUEBAS DE RANGO DE OPERACIÓN

ANEXO F: PRUEBAS TIEMPO DE DURACIÓN DE LA BATERÍA

ANEXO G: CUESTIONARIO USER EXPERIENCE QUESTIONNAIRE (UEQ)

ANEXO H: ENTREGA E INSTALACIÓN DEL PROTOTIPO TERMINADO

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

3GPP	3rd Generation Partnership Project (Proyecto de asociación de tercera generación)
AMQP	Advanced Message Queuing Protocol (Protocolo de cola de mensajes avanzado)
API	Application Programming Interface (Interfaz de Programación de Aplicaciones)
CoAP	Constrained Application Protocol (Protocolo de aplicación restringida)
DoD	Department of Defense (Departamento de Defensa)
GPS	Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)
GSM	Global System for Mobile Communications
HTTP	Hypertext Transfer Protocol (Protocolo de transferencia de hipertexto)
IoT	Internet of Things (Internet de las Cosas)
IP	Internet Protocol (Protocolo de Internet)
LTE	Long Term Evolution (Evolution a Largo Plazo)
PCB	Printed circuit board (Placa de circuito impreso)
PPS	Precise Positioning Service (Servicio de Posicionamiento Preciso)
REST	Representational State Transfer (Transferencia de Estado Representacional)
RFID	Radio Frequency Identification (Identificación por radiofrecuencia)
SPS	Standard Positioning Service (Servicio de Posicionamiento Estándar)
TCP	Transmission Control Protocol (Protocolo de Control de Transmisión)
UDP	User Data Protocol (Protocolo de datos de usuario)
UEQ	User Experience Questionnaire (Cuestionario de experiencia del usuario)
UI	User Interface (Interfaz del Usuario)
UWB	Ultra-wideband (Banda Ultraanacha)
VPN	Virtual Private Network (Red Privada Virtual)
WPAN	Wireless Personal Área Network (Red de Área Personal Inalámbrica)
WSN	Wireless Sensor Networks (Redes de sensores Inalámbricos)

RESUMEN

En el presente Trabajo de Integración Curricular, se implementó un prototipo de geolocalización para el monitoreo de niños en la escuela “José Antonio Lizaraburu” utilizando tecnología Wi-Fi y Zigbee respectivamente para la conexión de los nodos de comunicación. Se empezó con la investigación teórica y posterior selección de dos tecnologías inalámbricas mediante la técnica de Likert, en cuanto al diseño se determinó cada uno de los dispositivos, a través de una comparativa sistemática la cual permitió comparar características de funcionamiento y costo. El prototipo consta de dos Nodos de comunicación: Nodo de rastreo, que obtiene los valores de latitud, longitud y Nodo de control, que se encarga de enviar los datos a la nube. La comunicación Wi-Fi se realiza mediante el módulo inalámbrico de la tarjeta MCU ESP 32 y para la comunicación Zigbee a través del módulo Xbee S2C. Para la visualización de los datos obtenidos se desarrolló una interfaz móvil utilizando un software como servicio (Blynk) que permite observar la posición del niño en tiempo real, la cual se demostró que es sencilla de manejar aplicando el cuestionario UEQ a los maestros de la institución. De las pruebas realizadas al prototipo se evaluaron los siguientes parámetros: promedio de retardo Wi-Fi: 26,29 [ms] Zigbee: 103,16 [ms], rango de operación Wi-Fi: 130 [m] Zigbee: 100 [m], finalmente el consumo de corriente Wi-Fi: 289 [mA] Zigbee: 159 [mA] con una duración de 6 y 12 horas respectivamente. Se concluyó que, en términos de transmisión la tecnología Wi-Fi supera a la tecnología Zigbee en dos de los tres parámetros evaluados. Se recomienda utilizar tecnologías LPWAN, que permitan tener una mayor cobertura y así monitorear el movimiento de los niños más allá del área de la institución.

Palabras claves: <TELECOMUNICACIONES>, <GEOLOCALIZACIÓN>, <INTERNET DE LAS COSAS (IOT)>, <TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS>, <USER EXPERIENCE QUESTIONNAIRE (UEQ)>.



0479-DBRA-UPT-2023

SUMMARY

In the present Curricular Integration Work, a geolocation prototype was implemented for the monitoring of children in the "José Antonio Lizarraburu" school using Wi-Fi and Zigbee technology respectively for the connection of the communication nodes. The theoretical investigation and subsequent selection of two wireless technologies was carried out using the Likert technique; As for the design, each of the devices was determined through a systematic comparison, which allowed comparing operating characteristics and cost. The prototype consists of two communication nodes: Tracking Node, which obtains the latitude and longitude values, and Control Node, which is responsible for sending the data to the cloud. Wi-Fi communication is done via the wireless module on the ESP 32 MCU card and for Zigbee communication via the Xbee S2C module. For the visualization of the data obtained, a mobile interface was developed using software as a service (Blynk) that allows observing the position of the child in real time, which was shown to be easy to handle by applying the user experience questionnaire (UEQ) to the teachers of the institution. De las pruebas realizadas al prototipo, se evaluaron los siguientes parámetros: promedio de retardo Wi-Fi: 26,29 [ms] Zigbee: 103,16 [ms], rango de operación Wi-Fi: 130 [m] Zigbee: 100 [m], finalmente el consumo de corriente Wi-Fi: 289 [mA] Zigbee: 159 [mA] con una duración de 6 y 12 horas respectivamente. It was concluded that, in terms of transmission, Wi-Fi technology surpasses Zigbee technology in two of the three parameters evaluated. It is recommended to use low power wide area network (LPWAN) technologies, which allow for greater coverage and thus monitor the movement of children beyond the area of the institution.

Keywords: <TELECOMMUNICATIONS>, <GEOLOCATION>, <INTERNET OF THINGS (IOT)>, <WIRELESS TECHNOLOGIES>, <USER EXPERIENCE QUESTIONNAIRE (UEQ)>.



Msc. Wilson G. Rojas

CI 0602361842

INTRODUCCIÓN

Desde el principio de la humanidad, el hombre se vio en la necesidad de ingeniar sistemas que le permitieran regresar a su hogar, se empezó con señalar el sitio que frecuentaban constantemente, utilizaban señales de humo, se orientaban por medio de las estrellas o utilizando instrumentos más avanzados como la brújula, estos métodos quedaron obsoletos permitiendo el surgimiento del posicionamiento vía satélite, todo esto tiene un propósito saber dónde nos encontramos.

La geolocalización en la actualidad es de suma importancia debido a que es una tecnología que nos ayuda a mejorar varios aspectos de las actividades diarias del ser humano como obtener la ruta o ubicación en tiempo real de una persona, animal u objeto mediante la navegación web a través de direcciones IP, teléfonos móviles, Identificadores de radiofrecuencia (RFID), Dispositivos netamente GPS, etc. Es por esto que millones de personas utilizan estos servicios de geolocalización para el monitoreo en tiempo real de las actividades de los niños, de esta manera se puede detectar situaciones fuera de lo común ayudando así a precautelar su seguridad.

Una parte muy importante de los sistemas de geolocalización son las tecnologías de comunicación inalámbrica las cuales permiten conectar dispositivos remotos sin mayor dificultad, independientemente que estos estén a varios metros de distancia, sin la necesidad de romper paredes para pasar cables o instalar conectores, lo que ha hecho que el uso de esta tecnología incremente considerablemente hasta la actualidad.

El acelerado crecimiento y la aparición de nuevas tecnologías de comunicación inalámbrica aplicadas a dispositivos localizadores difieren en varios aspectos como la velocidad, frecuencia de transmisión, alcance de sus transmisiones, etc. Es por esto que el presente trabajo de titulación tiene como finalidad realizar una evaluación óptima de las diferentes tecnologías de comunicación inalámbrica mediante indicadores de transmisión lo que posibilita elegir la más adecuada en términos de comunicación para el prototipo de geolocalización que ayude a precautelar la seguridad de los niños.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

En este capítulo se detallan antecedentes, problema y justificación del que está inmerso el trabajo de titulación. Así también se realiza una revisión de publicaciones existentes a nivel Internacional, Latinoamericano y localmente sobre temas relacionados que han tenido un impacto.

1.1. Antecedentes

La infraestructura de la escuela de educación básica “José Antonio Lizaraburu” del cantón Guano es vulnerable a que los niños puedan escaparse en cualquier momento sin que los maestros lo noten, lo que representa un gran riesgo tanto para los niños como para la institución.

Un proyecto de fin de carrera realizado por el estudiante Abilio Caetano estudiante de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla, en donde se implementó un Keruve. Reloj localizador y receptor portable especializado para personas con Alzheimer y sus cuidadores, el mismo que localiza la posición del portador del reloj mediante cuatro sistemas de posicionamiento, lo que ofrece la tranquilidad de saber que, aunque falle el sistema GPS se podrá localizar al familiar (Caetano, 2016, p.11).

Una tesis realizada en Perú por los estudiantes Gustavo Chocos y Rodrigo Silva estudiantes de la Universidad de San Martín de Porres en donde diseñaron e implementaron un prototipo de detección, localización y seguimiento en tiempo real de niños en los interiores de centros educativos utilizando la técnica de fingerprinting con tecnología Wi-fi la cual se basa en la distancia euclidiana y aplicando rigor matemático y científico para estimar la ubicación. El resultado ha sido un diseño capaz de localizar y seguir el movimiento de un dispositivo con un procesamiento en tiempo real y arrojando un margen de error menor a los 5 metros (Chocos, y Silva, 2016, p.11).

En nuestro país los estudiantes de la carrera de ingeniería electrónica de la universidad Politécnica Salesiana, desarrollaron un rastreador GPS para la ubicación y desplazamiento de niños en rutas o zonas configuradas en una aplicación, el cual utilizó la tecnología Sigfox para la transmisión de datos, la cual ya se encuentra implementada en el país, pero cuyas aplicaciones aún no se encuentran desarrolladas (Rea, 2021, p.10).

En función a los trabajos estudiados, se puede decir que se han creado sistemas que están enfocados a monitorear personas, pero no se ha realizado una evaluación de tecnologías de comunicación inalámbrica que permita determinar cuál es la tecnología que presente un mejor rendimiento en términos de transmisión, además se definen zonas de riesgo en donde se clasifiquen como zona segura, media e insegura, es por esto que la investigación pretende desarrollar un prototipo de geolocalización el cual podrá rastrear la ubicación de los niños dentro de las zonas establecidas aumentando así la protección su integridad.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo solucionar de manera óptima la falta de control y seguridad de los niños existente en la escuela “José Antonio Lizaraburu”?

1.3. Sistematización del problema

- ¿Qué tecnología de comunicación inalámbrica aporta de manera teórica mejores beneficios a los requerimientos del prototipo de geolocalización?
- ¿Cuáles son los dispositivos necesarios para la implementación de un prototipo de geolocalización?
- ¿Cómo los maestros pueden observar la ubicación de los niños en tiempo real desde sus dispositivos móviles?
- ¿Qué tecnología de comunicación inalámbrica presenta mejor rendimiento en términos de transmisión para el prototipo de geolocalización?

1.4. Justificación teórica

La escuela de educación básica “José Antonio Lizaraburu” de la parroquia Santa Fe De Galán perteneciente al cantón Guano presenta una infraestructura vulnerable es decir que no posee las debidas medidas de seguridad para que los niños permanezcan dentro de la institución por lo que los niños pueden escaparse en cualquier momento sin que los maestros lo noten, lo que representa un gran riesgo tanto para los niños como para la institución y es por esta razón que se ha decidido implementar este prototipo en dicha institución.

En la actualidad no se ha desarrollado un sistema con estas características en las escuelas del cantón Guano por tal motivo es relevante que la investigación se centre en la implementación de un prototipo de geolocalización para el monitoreo de niños en tiempo real, que además de clasificar las zonas de riesgo y emitir alertas según en qué zona se encuentren los niños, se realiza una evaluación de las tecnologías de comunicación inalámbrica en donde se compara sus parámetros como son rango, tiempo de retardo, consumo de potencia entre otras, de esta manera se logrará escoger dos tecnologías cuyas características serán las más eficientes para realizar las pruebas de funcionalidad del prototipo y comparar los resultados de trabajar con cada una de las dos tecnologías de comunicación inalámbrica.

1.5. Justificación aplicativa

El presente Trabajo de Integración Curricular, pretende implementar dos escenarios en donde se va a realizar pruebas de campo con las dos tecnologías de comunicación inalámbrica resultantes de la evaluación teórica con el fin de escoger la que mejor rendimiento presente en términos de transmisión.

El prototipo de geolocalización a implementarse constará de dos mecanismos, uno de rastreo y otro de control los cuales se conectaran por medio de tecnología de comunicación inalámbrica, por un lado, el mecanismo de rastreo tendrá la función de determinar la ubicación mediante el sensor GPS, la información recolectada por el sensor será enviada al mecanismo de control el cual se encargará de enviar la información a la plataforma de almacenamiento, los maestros de los niños podrán ver la ubicación de los mismos en tiempo real. Asimismo, se ha clasificado el sitio en dos zonas que son: seguro e inseguro, si los niños salen de la zona segura se les notificará a los maestros mediante un mensaje de alerta a su dispositivo móvil.

Este prototipo constituye una herramienta muy útil y de bajo costo que será de gran ayuda para que los maestros puedan controlar de mejor manera las actividades de los niños en las jornadas de clases, brindándoles así la posibilidad de dirigirse al lugar donde se produjo la alerta y verificar si los niños se encuentran bien.



Ilustración 1-1: Bosquejo del prototipo de geolocalización

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

1.6. Objetivos

1.6.1. *Objetivo general*

Implementar un prototipo de geolocalización mediante la evaluación de tecnologías de comunicación inalámbrica para el monitoreo de niños en la escuela “José Antonio Lizaraburu”

1.6.2. *Objetivos específicos*

- Estudiar las diferentes tecnologías de comunicación inalámbrica a partir del análisis técnico-económico para la selección óptima de las dos tecnologías que mejores beneficios aporten a los requerimientos del prototipo.
- Determinar los dispositivos necesarios para la implementación del prototipo de geolocalización de acuerdo a los requerimientos de la infraestructura de la escuela José Antonio Lizaraburu.
- Desarrollar una interfaz móvil de monitoreo para el prototipo de geolocalización que sea sencilla de manejar donde los maestros puedan observar la ubicación de los niños en tiempo real.
- Evaluar el funcionamiento del prototipo de geolocalización con indicadores de transmisión para determinar cuál de las dos tecnologías de comunicación inalámbrica es la mejor opción en la comunicación para el prototipo propuesto.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se lleva a cabo un estudio de los sistemas de geolocalización, tecnologías inalámbricas de corto alcance, además se describe dispositivos hardware y plataformas software.

2.1. Geolocalización

El objetivo de un sistema de geolocalización es obtener un punto específico en cualquier parte del planeta y así obtener coordenadas de latitud y longitud, ya sea de un objeto que se mantiene estacionario en un plano fijo o situarlo cuando este en movimiento. Para obtener una posición, necesita la ayuda de satélites en órbita espacial que transmiten señales entre el transmisor y el receptor, lo que permite la triangulación entre los satélites (Pérez, y Torres, 2020, p.8).

La geolocalización se establece como la caracterización de la posición de instrumentos por ejemplo un celular, Tablet, o en sí algún instrumento enlazado a internet, se coordina mediante métodos de rastreo de la ubicación, con la cualidad que agrega información de vías, edificaciones, etc., (Datacentric, 2018).

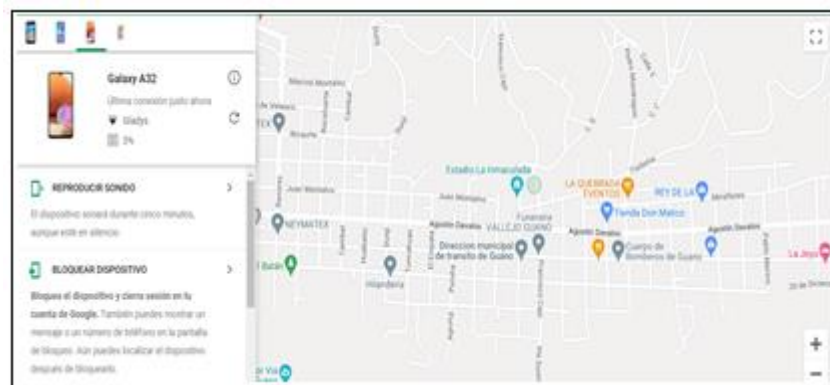


Ilustración 1-2: Ejemplo de Geolocalización de un dispositivo móvil

Fuente: Google Maps, 2023.

2.1.1. *Sistemas de Geolocalización*

Los sistemas de geolocalización tienen como objetivo obtener la ubicación de cualquier persona u objeto, esta ubicación intenta aproximarse lo más posible a la realidad manteniendo un pequeño margen de error el cual dependerá de la tecnología y sistema de navegación a emplearse.

Los sistemas de geolocalización más empleados en la actualidad son tres, tenemos geolocalización GPS la cual existe debido a una red global de 30 satélites artificiales que gravitan alrededor del planeta, por otro lado, tenemos geolocalización GSM está la aportan las torres de telefonía móvil y por último tenemos geolocalización Wi-fi que se da por la dirección IP de un router.

2.1.1.1. Global Positioning System (GPS)

Es un sistema que determina en todo el planeta la ubicación de un objeto con una exactitud de inclusive centímetros si se utiliza la técnica GPS diferencial, no obstante, lo usual son unos pocos metros de exactitud, está basado en satélites artificiales alineados en una constelación de 24 de ellos. Este sistema fue diseñado inicialmente para emplearse con fines militares, sobre cualquier punto de la superficie terrestre y en cualquier momento, luego de dar a conocer las propuestas originales de este sistema, se tenía claro que el GPS podía ser utilizado además en aplicaciones civiles como navegación y topografía. Este sistema funciona a partir del año 1973, se llevó a cabo por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD), en donde su primer satélite fue lanzado el 22 de febrero de 1978 (Góngora, 2011, p. 24).

- Arquitectura del Sistema GPS

El sistema GPS está comprendido en tres segmentos básicos:

- Segmento Espacial. Se constituye por 24 satélites GPS los cuales están distribuidos en 6 planos orbitales es decir cada plano con 4 satélites en una órbita de 26560 Km de radio y con un periodo de 12 h. Estos 6 planos se encuentran espaciados entre si 60° y constituyen un ángulo de aproximadamente 55° con el plano definido por el ecuador (Pérez, y Torres, 2020, p.8).
- Segmento de control. Se constituye de 5 estaciones monitoras las cuales tienen la finalidad de conservar en órbita los satélites y controlar su óptimo funcionamiento, es decir tres antenas ubicadas en la superficie terrestre envían a los satélites las señales que estos deben transmitir y una estación especializada en la supervisión de todas las operaciones (Pérez, y Torres, 2020, p.8).
- Segmento de usuario. Se constituye por receptores y antenas ubicadas en tierra. Dichos receptores, a través de los mensajes que llegan de cada satélite visible, calculan distancias y dan un aproximado de posición y tiempo (Pérez, y Torres, 2020, p.8).

- *Niveles de Servicio GPS*

El sistema GPS pone a disposición dos niveles distintos de servicio que diferencian el uso civil del militar:

- Servicio de Posicionamiento Estándar (SPS, Standard Positioning Service). Este servicio es gratuito y se encuentra disponible para todos los usuarios de forma permanente y global, se refiere a la precisión normal del posicionamiento civil la cual se logra conseguir mediante la utilización del código C/A de frecuencia simple (Huerta et al., 2005, p.76).
- Servicio de Posicionamiento Preciso (PPS, Precise Positioning Service). Este servicio de uso militar se lo autoriza a las fuerzas armadas de los Estados Unidos, sus aliados y organizaciones de gobierno correspondientemente autorizadas, es un posicionamiento dinámico que ofrece una precisión mayor está basado en el código P es decir de frecuencia dual, y solo está disponible para usuarios autorizados (Huerta et al., 2005, p.76).

- *Principios de funcionamiento del sistema GPS*

- Trilateraciones satélites. Calcular el recorrido que existe del satélite al receptor se conoce como principio de posicionamiento, es decir conocer la distancia existente hacia satélite, quiere decir que nos encontramos ubicados en la zona geométrica de la totalidad de puntos que distan esa distancia, como en una esfera que tiene de radio esa distancia. Si se conociera la distancia a un segundo satélite, podríamos decir que estamos sobre otra esfera con otra distancia de radio, es decir que nos ubicamos en la intersección en el espacio de dos esferas, como en una circunferencia. Si además se da una tercera medición a un satélite, con esto nos ubicaríamos sobre una tercera esfera, o dicho de mejor manera donde esta tercera esfera corta la circunferencia producida por la intersección. En este momento solo podemos estar ubicados en dos puntos en el espacio. Para determinar el punto correcto entre los dos puntos, se poseen dos alternativas, determinar una cuarta medición, o simplemente suponer que una alternativa de las dos que se tiene es absurda (Góngora, 2011, pp. 25-30).

- Medición de la distancia. Este principio tiene como base el tiempo que demora un mensaje de radio en viajar desde el satélite hacia el receptor.

Los satélites GPS emiten una señal interrumidamente, si decimos que dicha señal se transmite en el momento t_T , el receptor en Tierra lo recibe en el tiempo t_R , y deduciendo que dicha señal viaja en el vacío a la velocidad de la luz, c , se puede deducir que la distancia que existe desde el satélite hacia el receptor es equivalente al tiempo de viaje que realiza la señal a la velocidad de la luz.

$$d = c(t_R - t_T)$$

Donde d es la distancia real si los tiempos t_T y t_R hubieran sido medidos con un mismo reloj, pero al realizarse dicha medición con relojes distintos se la denomina pseudodistancia (Góngora, 2011, pp. 25-30).

- Sincronismo de los relojes. Para este punto es importante que los relojes tanto del transmisor como del receptor estén sincronizados. Los relojes de los satélites están contruidos con osciladores de cesio o rubidio esto hace que se tenga una precisión de 10^{-13} ó 10^{-12} segundos respectivamente en la medición del tiempo, como es lógico estos relojes poseen un precio muy elevado para instalarlos en un receptor, motivo por el cual se realiza una medición adicional de la distancia entre el satélite y el receptor, de esta manera se contrarresta un imperfecto sincronismo por el lado del receptor (Góngora, 2011, pp. 25-30).
- Saber la ubicación exacta en el espacio de los satélites. La altura a la que orbitan los satélites sobre la Tierra es de unos 20.000 Km, a esta altura se consigue que la atmósfera no produzca modificaciones de alto impacto en la órbita del satélite, todo esto se basa en las Leyes de Kepler. El plan maestro GPS tiene una órbita muy exacta, las cuales son conocidas con anticipación, y los receptores tienen programado el almanaque que señalan los instantes donde aparecerán los satélites en el espacio (Góngora, 2011, pp. 25-30).
- Retardo de la señal emitida por los satélites. La señal emitida por los satélites pasa por la atmósfera, lo que produce retrasos por dos componentes: el creado por la Ionosfera y el creado por la Troposfera. Para atenuar estos errores existen dos formas: la primera por medio de modelos de predicción de la variación de la velocidad y el segundo midiendo esta variación en dos frecuencias diferentes (Góngora, 2011, pp. 25-30).

- *Aplicaciones de los GPS*

Son diversos los campos de aplicación de los sistemas GPS tenemos tanto aplicaciones con necesidades de alta exactitud en la medida del tiempo como también sistemas de ayuda a la navegación, como en esquematización del espacio atmosférico y terrestre.

2.1.1.2. Telefonía Móvil

La ubicación mediante este sistema se calcula a través de la infraestructura de las torres celulares. Está basado en su totalidad en redes celulares móviles, desde 2G en adelante.

Este sistema de geolocalización funciona como apoyo al mencionado GPS, debido a que, si un teléfono no tiene forma de obtener la ubicación a través de una antena GPS, este por su parte

puede utilizar la Trilateración de torres celulares. Se considera la distancia entre la torre celular y el teléfono, es decir calcula el tiempo que tarda la señal celular en ir y venir.

Entre las diferentes técnicas de localización por tecnologías móvil tenemos:

- Fingerprinting.
- Cell ID (identificador de celda). Esta técnica ofrece una precisión de 2km-4km para zonas rurales y 200m en zonas urbanas.
- TOA Y TDOA. Esta técnica está basada en calcular la distancia mediante la medida temporal entre las torres móviles y el móvil.
- E-OTD (Enhanced Observed Time Difference). Esta técnica depende de la disponibilidad que presenta la red en cuanto a sus LMUs y su precisión esta entre 50m-200m.
- AOA (ángulo de llegada). Esta técnica mide las diferencias de fase a partir de array de antenas.
- A-GPS (Assisted GPS o Sistema de Posicionamiento Global Asistido).

La geolocalización por telefonía móvil presenta varias ventajas, pero la principal es que tiene una reducida interferencia gracias a que la telefonía móvil utiliza bandas licenciadas de esta manera se tiene un espectro no tan saturado ya que esas frecuencias no deberían ser utilizadas por otros sistemas (Arancibia, 2016, p. 17).

La ubicación del usuario se encuentra en redes GSM mediante la celda en donde se encuentra el teléfono celular, luego se obtiene el ángulo incidente, y de esta manera encontramos de donde procede la señal para lograr emplear algoritmos de posicionamiento para determinar la ubicación (Arancibia, 2016, p. 17).

En redes UMTS, se definió técnicas para dar con la posición de un terminal mediante el apoyo de los servicios de localización LCS (LoCation Services) y la infraestructura de red. Para redes LTE, el Equipamiento de usuario (UE) da a conocer su Cell-ID, IDs, tiempos estimados y potencia de las celdas vecinas detectadas al Centro de Localización móvil de Servicio Mejorado (E-SMLC). El enodeB remite datos al E-SMLC. El E-SMLC encuentra la ubicación del UE apoyándose en estos datos y las ubicaciones de las células (Arancibia, 2016, p. 17).

2.1.1.3. Basadas en la red

Como último recurso para determinar la ubicación de un dispositivo conectado a internet se tiene la geolocalización mediante IP, esto se debe a su reducida precisión en comparación con los sistemas mencionados en los apartados 2.1.1.1 y 2.1.1.2. No solo es la más imprecisa sino también

es la más propensa a ser manejada esto gracias a que las VPN que existen en la actualidad, estas modifican la dirección IP por lo que se tiene una posición errónea distinta a la original.

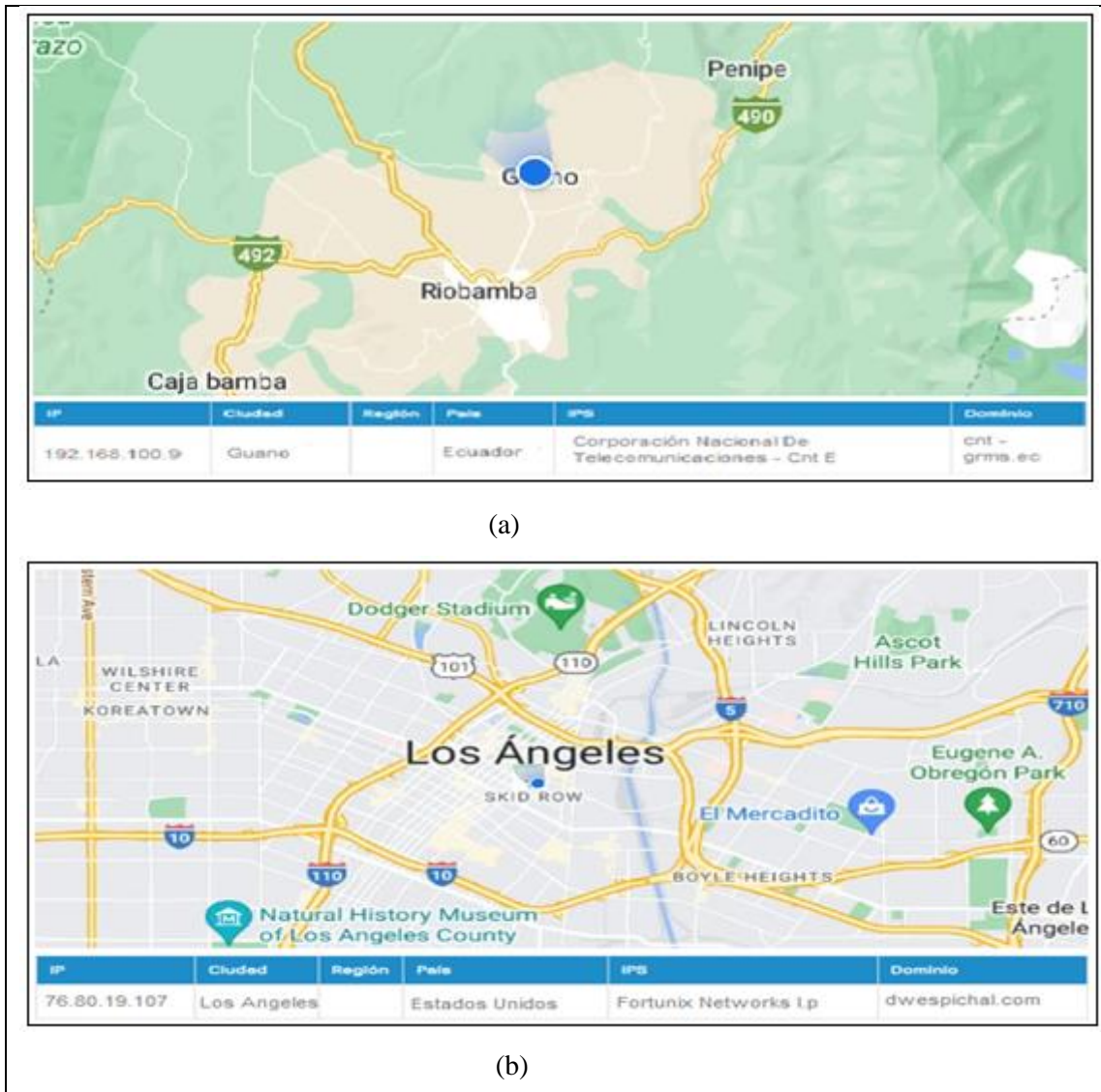


Ilustración 2-2: (a) Ubicación real estimada. (b) Ubicación manipulada con un VPN

Fuente: Google Maps, 2023.

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Es posible asignar direcciones IP a un área geográfica. el LANIC en América latina, ARIN en estados unidos o RIPE NCC en Europa, tienen la función de asignar y supervisar las direcciones IP en las regiones que les corresponden.

Este método se usa principalmente en la seguridad como puede ser: ubicar extorsionadores, reducir el uso ilegal de tarjetas de crédito, entre otras.

2.1.2. Comparativa entre los sistemas de Geolocalización

Una vez detallado las diversas técnicas que nos brindan geolocalización es importante hacer una comparación mediante una tabla indicando las características de cada técnica donde se puede observar los pro y contras que presentan dichos sistemas, A continuación, la tabla 1-2 nos muestra las características más importantes de los diferentes sistemas.

Tabla 1-2: Comparativa entre los 3 principales sistemas de Geolocalización.

SISTEMA	GPS	3GPP	INTERNET
Forma para ubicarse	Mediante el tiempo de triangulación de los satélites.	Mediante la triangulación y mediante la información de torres celulares	Basada en la IP o por los proveedores de geolocalización de terceros.
Precisión [metros]	0.5-10	50-3000	100-4000
T. adquisición[minutos]	12	<1	<1
Conectividad	No	Si	Si
Cobertura en zonas Rurales	5/5	3/5	2/5
Cobertura en zonas Urbanas	3.5/5	4.5/5	4.5/5
Hardware	GPS	SIM (micro-nano)	Wi-fi / Ethernet
Velocidad de desplazamiento	Si+ Rumbo	No	No
Corrección de errores	Si	Si	No
Costo	Alto	Alto	Bajo
Consumo de Energía	Muy alto	Alto	Alto

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

2.2. Red de Sensores Inalámbricos (WSN)

Una red de sensores inalámbricos WSN es una red con varios dispositivos repartidos espacialmente, que emplean sensores para controlar varias condiciones en diferentes puntos, entre las cuales tenemos localización, sonido, vibración, movimiento, etc. La autonomía de los dispositivos consta de un microcontrolador, una fuente de energía (batería), un radio transceptor y un componente sensor (Santos, 2019, p. 29).

2.2.1. Arquitectura de la Red WSN

Esta arquitectura se fundamenta mediante un conjunto de dispositivos denominados nodo sensor, el cual tiene la función de recoger información y enviar los datos recolectados a la estación base

por medio del Gateway, en la ilustración 3-2 se observa los elementos que componen una red de sensores inalámbricos.

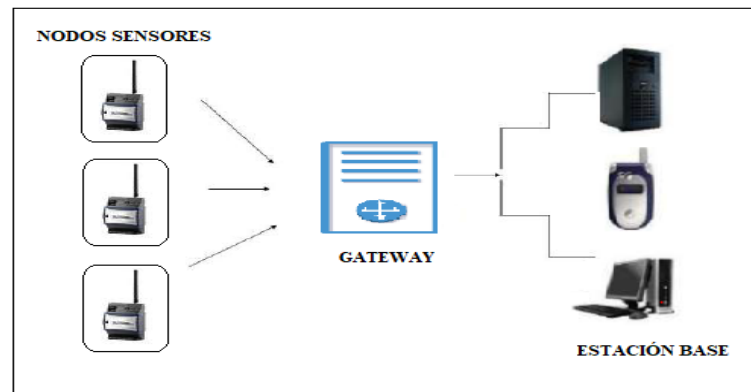


Ilustración 3-2: Elementos de una red WSN

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

- **Nodos Sensores.** Se los denomina también con el nombre de mota por sus características de ser livianos y pequeños, estos sensores recogen una variedad de datos como temperatura, humedad, latitud, longitud, entre otros. Estos datos se encargan de comunicar el nodo sensor con la estación base con un intermediario que es el Gateway (Ávila, 2019, p. 11).
- **Gateway.** Trabaja como un intermediario en la interconexión de la comunicación entre los nodos sensores y una red TCP/IP (Ávila, 2019, p. 11).
- **Estación Base.** Almacena la información recolectada por los sensores en una base de datos donde el usuario final puede analizar y observar dicha información (Ávila, 2019, p. 11).

2.2.2. Topología de la Red WSN

La conexión de los dispositivos y nodos en la red tanto física como lógica, permite una interacción entre sí al transmitir la información. Las topologías que utiliza una red WSN y topologías en general son las siguientes: árbol, malla, estrella y bus las cuales tienen su funcionalidad dependiendo de los requerimientos del usuario.

Topología en Árbol: La comunicación se realiza de manera jerárquica esto significa que la información se enviará desde un nodo menos jerárquico hacia otro con mayor jerarquía donde los datos se enviarán hasta el nodo central. Se caracteriza por brindar una buena expansión de la red esto conlleva a tener mayor flexibilidad, pero esto trae un inconveniente cuando uno de sus nodos falle hará que una rama de la topología se caiga y la comunicación no logre llegar a su destino (Ávila, 2019, p. 13).

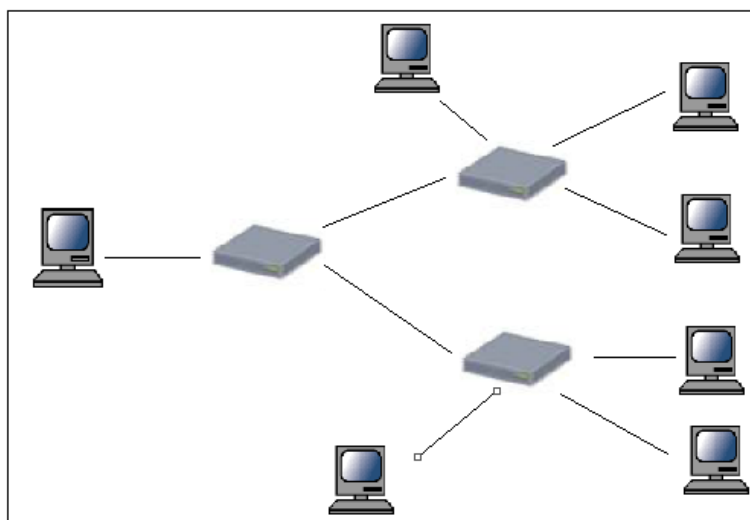


Ilustración 4-2: Topología en Árbol

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Topología en Malla: Se trata de un sistema multisalto es decir que cada nodo puede enviar y recibir información de los diferentes nodos que conforman la red, esta topología se caracteriza por ser fiable y flexible lo que la hace una de las más utilizadas (Ávila, 2019, p. 12).

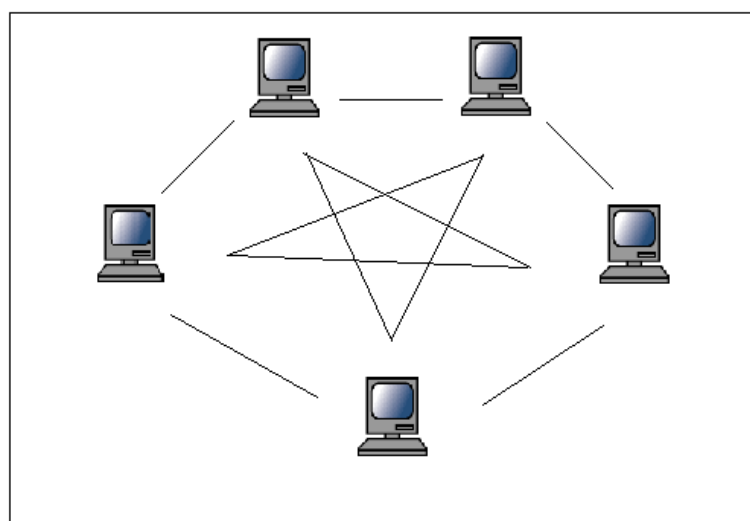


Ilustración 5-2: Topología en Malla

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Topología en Estrella: En esta topología el nodo central de la red se encuentra en la mitad de los dispositivos finales, el sistema envía la información ya sea en un solo sentido a los demás nodos sensores y a una distancia entre 30 a 100 metros. Por medio de la puerta de enlace se transmite la información hacia los nodos finales y estos no pueden compartir información entre ellos. La ventaja que presenta esta topología es el bajo consumo de energía, y como se mencionó también presenta la limitación de transmisión entre cada nodo. No tiene una vía de comunicación

alternativa esto representa que si existe una obstrucción en uno de los nodos la información se perderá (Ávila, 2019, p. 12).

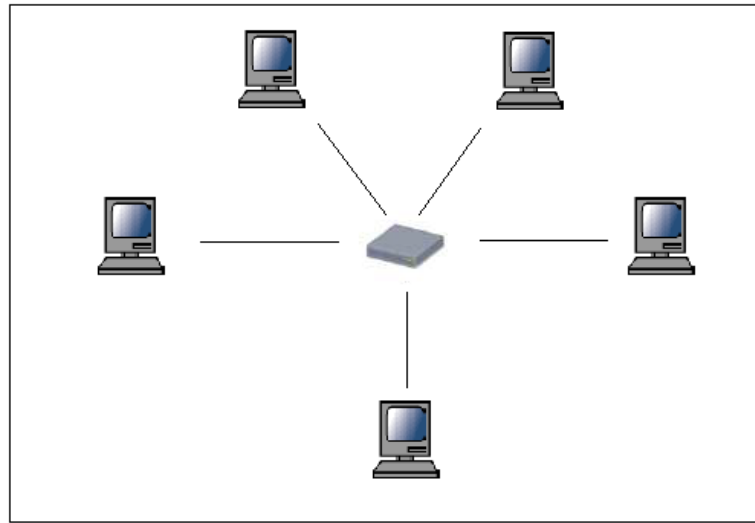


Ilustración 6-2: Topología en Estrella

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Topología Bus: La comunicación se realiza mediante la conexión de un único canal por lo que recibe el nombre de topología en bus, presenta una fácil implementación, pero un gran inconveniente en su red de enlace si esta llegase a fallar todos los datos se perderán y los nodos estarán incomunicados (Ávila, 2019, p. 14).

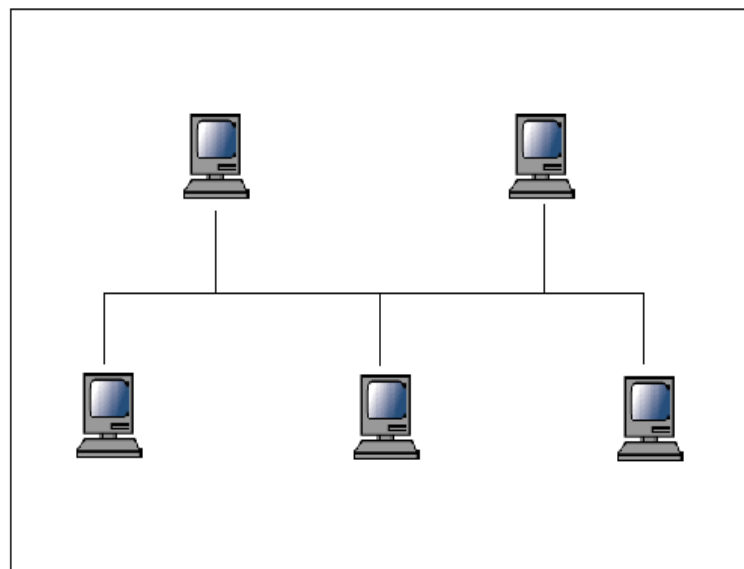


Ilustración 7-2: Topología en Bus

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

2.2.3. Comparativa entre las topologías de la Red WSN

Una vez analizado las diferentes topologías se realiza una tabla comparativa indicando las características como el costo de poder añadir otros equipos, cable, tráfico y sus desventajas. A continuación, la tabla 2-2 nos muestra las características mencionadas de las diferentes topologías.

Tabla 2-2: Comparativa entre las topologías de red

TOPOLOGÍA	TRÁFICO	CABLE	COSTO	FACILIDAD DE AÑADIR EQUIPOS.	DESVENTAJAS
ESTRELLA	Es muy sencillo y fácil de controlar	Par Trenzado	Alto por la cantidad de cables	Depende de los puertos	Limitación de transmisión entre cada nodo y puerta de enlace
MALLA	Su velocidad puede variar	Fibra óptica la más recomendable	Costo es Elevado	Difícil cuando existen demasiados cables y ordenadores	Su elevado costo
ÁRBOL	Mantiene poco tráfico al aumentar dicho tráfico la rapidez decae	Punto a punto	No es muy Costoso	La expansión de la red permite tener mayor flexibilidad	Si uno de los nodos sufre un error queda aislado de los demás
BUS	Fácil control es decir, su transmisión es lenta	Es necesario cableado para su instalación	Más barato a comparación de los demás.	Implementación fácil.	Si el enlace falla todos los datos se perderán.

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

2.3. Internet de las cosas

En 1999, Kevin Ashton de Procter y Gamble expusieron el término "Internet de las cosas". En pocas palabras, Internet de las cosas (IoT) es una red de cosas integrada con sensores, software y otras tecnologías relacionadas principalmente para comunicarse, intercambiar y transmitir datos con otros dispositivos y sistemas en Internet. Estos dispositivos pueden cambiar desde simples artículos para el hogar hasta complicadas herramientas y tecnologías comerciales e industriales. Se puede decir que es un ecosistema en el que las personas, las cosas/dispositivos e Internet interactúan entre, es decir se cruzan y dan origen al Internet de las Cosas (Ahmad, 2021, p. 16).

2.3.1 Características

Entre las muchas funciones que ofrece actualmente el Internet de las cosas, hay algunas que destacan y son consideradas características esenciales del IoT.

Tabla 3-2: Características más importantes del IoT

CARACTERÍSTICA	EXPLICACIÓN
Establecimiento de comunicación entre dispositivos con la red	Los dispositivos pueden estar enlazados a la red mediante tecnología inalámbrica como Wi-fi o por cables y utilizar los servicios disponibles.
Detección del entorno	Los dispositivos tienen la capacidad de recolectar información del entorno mediante sensores.
Actuación	Los dispositivos IoT cuentan con actuadores los cuales se activan mediante eventos.
Localización	Los dispositivos reconocen su posición física de manera que pueden ser ubicados mediante tecnología de geolocalización.
Computación en la nube como servicio	Se puede utilizar software ya implementado que es de mucha ayuda para complementar proyectos.

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Estas características ayudan a la comunicación entre dispositivos permitiendo ser localizados de manera física o mediante la red a la que esté conectado.

2.3.2 Protocolos de comunicación

Debido a que el internet es el facilitador esencial para que trabajen los sistemas IoT. De la misma manera es adecuado tener protocolos similares a TCP/IP para los sistemas IoT. A continuación, se detallan los más importantes.

Tabla 4-2: Protocolos de datos para IoT

PROTOCOLO	DESCRIPCIÓN
HTTP (HyperText Transfer Protocol)	-Protocolo de comunicación del nivel de aplicación. -Usualmente utilizado en transferencias de información a través la Web.
CoAP (Constrained Application Protocol)	-Es similar a HTTP. -Se ejecuta sobre el protocolo UDP. -Reduce la cabecera HTTP.
MQTT (Message Queing Telemetry Transport)	-Tiene como objetivo la conexión de dispositivos empotrados.

	-Está construido sobre TCP. -Protocolo ideal para IoT y M2M.
AMQP (Advanced Message Queuing Protocol)	-Permite integrar multiplexación a través de su arquitectura. -Protocolo que permite trasladar la información con un intermediario.

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

2.4. Tecnologías de Comunicación Inalámbrica de Corto Alcance

Para que se dé la comunicación inalámbrica o denominada también comunicación sin cables, se ocupa la modulación de ondas electromagnéticas que viajan a través del espacio a distintas direcciones. Esto es posible gracias a la transmisión de datos mediante una antena con su respectiva fuente de energía (Ávila, 2019, p. 15).

Con el progreso de la tecnología de la misma manera ha sido imprescindible el desarrollo de las tecnologías de comunicación inalámbrica para obtener un mejor rendimiento en las diferentes áreas de aplicación. A continuación, se nombran algunas posibilidades de tecnologías para implementar redes de sensores inalámbricas, las cuales son las más comunes en este tipo de redes: Bluetooth, ZigBee, Z-Wave, UWB y Wi-Fi a continuación se detalla cada una de estas tecnologías (Ávila, 2019, p. 16).

2.4.1. Tecnología Bluetooth

Bluetooth es una tecnología de radiofrecuencia (RF) de corto alcance, fue creada en el año de 1998 por su principal fundador Ericsson con el apoyo de Nokia, IBM, Intel y Toshiba, dan a conocer a todo el planeta lo que hoy en día es Bluetooth (Suquilanda, y Idrovo, 2013, p.1).

Su mercado principal se basa en la transferencia de datos y voz entre computadores personales y dispositivos, es una tecnología que permite tener una distancia de conexión de 10 metros o más, dependiendo de la potencia del transmisor, gracias a que las señales emitidas son de radiofrecuencia RF los dispositivos conectados no necesariamente necesitan una línea de vista directa debido a que estas señales pueden atravesar paredes u otros objetos no metálicos sin ningún problema (Camargo, 2009, p. 35).

Según (Vilañez, 2019, p. 26) las características que presenta la tecnología Bluetooth, son las siguientes:

- Opera en la banda 2.4 GHz-ISM (industrial, scientific and medical) en el rango de frecuencias va desde 2.400 hasta 2483.5 MHz sujeto al país o región en donde se encuentre con una tasa binaria máxima de 720 kbps.
- Utiliza la técnica de espectro ensanchado con saltos de frecuencia (Spread Spectrum Frequency Hopping), lo cual especifica 79 canales de radiofrecuencia (RF) con 1600 saltos por segundo.
- La modulación que emplea es GFSK (modulación FSK con un filtrado gaussiano).
- Utiliza TDD (duplexación en el tiempo).
- Una piconet soporta hasta 8 dispositivos (siete esclavos y un maestro)
- Las piconets consiguen combinarse para de esta forma lograr obtener lo que se denomina scatternets.
- Los rangos de potencia están comprendidos entre 0 dBm y 20 dBm.
- Para la transmisión de datos utiliza un canal asíncrono.
- Para servicios que requieren calidad utiliza un canal síncrono.

Arquitectura de Hardware: Bluetooth está compuesto por dos partes en el aspecto de hardware: un dispositivo de radio y un controlador digital. El dispositivo de radio está encargado de modular y transmitir la señal por el contrario el controlador digital está constituido por un CPU, por un procesador de señales digitales denominado Link Controller y finalmente por las interfaces con el dispositivo anfitrión.

El Link Controller se encarga del procesamiento banda base y del control de los protocolos ARQ y FEC de capa física. Sobre el CPU corre un software llamado Link manager el cual es el encargado de escuchar las instrucciones del dispositivo anfitrión relacionadas con Bluetooth (Gonzales, 2008, p. 15).

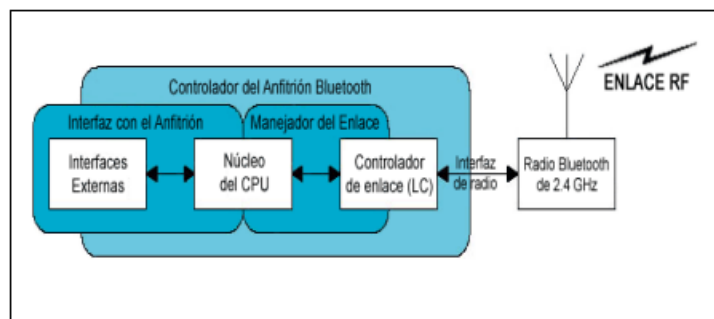


Ilustración 8-2: Arquitectura de Hardware

Fuente: Gonzales, 2008, p. 15

- Arquitectura de software

Lo que busca esta arquitectura es extender la compatibilidad de los dispositivos Bluetooth, la interfaz denominada HCI (Host Controller Interface) es la intermediaria entre los dispositivos que se apegan al estándar (teléfono, celular, etc) y el dispositivo bluetooth como tal (chip bluetooth) (Gonzales, 2008, p. 16).

Tenemos como protocolos de nivel alto:

- SDP. Usado para detectar otros dispositivos Bluetooth que se encuentren dentro del rango de comunicación.
- RFCOMM. Usado para poder emular conexiones de puerto serial.
- TCS. Sirve para el control de telefonía.
- L2CAP. Es el encargado de la segmentación y reensamblaje de los paquetes de esta manera se puede enviar paquetes de mayor tamaño por medio de la conexión bluetooth.

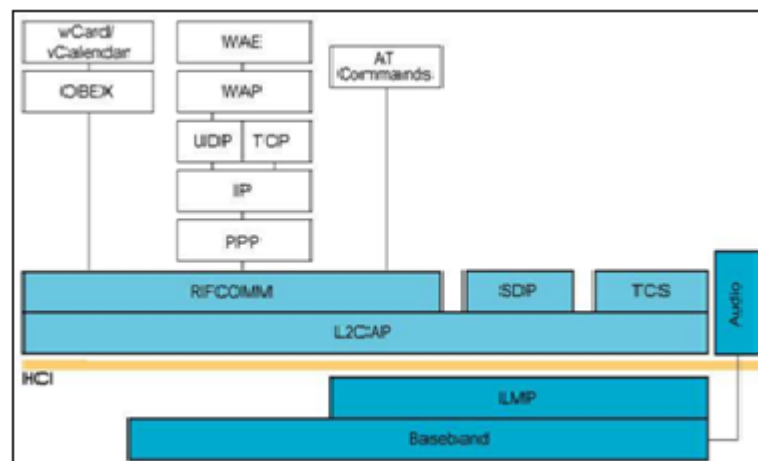


Ilustración 9-2: Arquitectura de Hardware

Fuente: Gonzales, 2008, p. 16.

La tecnología Bluetooth tiene una modulación del tipo GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) con un BT de 0.5 (Tiempo de Ancho de Banda). El índice de modulación debe estar en medio de los valores 0.28 y 0.35. Si tenemos un 1 binario se lo identifica con una desviación positiva de frecuencia, y un 0 binario se lo identifica con una desviación negativa de frecuencia (Archundia, 2003, p. 14).

La desviación mínima de frecuencia para cada canal de transmisión viene dada de esta manera ($F_{min} = \text{la menor de } \{F_{min+}, F_{min-}\}$) que pertenece a la secuencia 1010 esta tiene que ser menor a $\pm 80\%$ de la desviación de frecuencia (fd) que pertenece a la secuencia 00001111. Además, la desviación mínima de frecuencia tiene que ser menor a 115 kHz. La transmisión de datos posee una tasa de 1 Msímbolos/s (Archundia, 2003, p. 14).

De forma predeterminada, la mayoría de los dispositivos bluetooth funcionan en modo "no seguro" sin protección. La seguridad se proporciona de tres formas: a través de saltos de banda de frecuencia pseudoaleatorios, autenticación y encriptación.

Cuando la seguridad del enlace está habilitada, los dispositivos Bluetooth deben completar un intercambio de "vinculación" inicial para obtener claves de encriptación y autenticación de enlace por pares. El usuario debe dar a ambos dispositivos el mismo código PIN, que luego se mezcla con una clave de unidad definida de fábrica. Pero este proceso de emparejamiento puede verse comprometido por el uso de códigos PIN débiles o predecibles. Para reducir el riesgo, los dispositivos deben emparejarse en una ubicación privada, utilizando un código PIN aleatorio largo. Evite los códigos PIN predeterminados, los códigos PIN fáciles de adivinar por ejemplo ("0000") y los dispositivos que no admiten códigos PIN configurables. Después de la vinculación, los dispositivos Bluetooth emparejados se asocian entre sí cada vez que desean intercambiar datos.

2.4.2. Tecnología Zigbee

ZigBee es un estándar de comunicaciones inalámbricas, conformado por aproximadamente 100 compañías populares entre las que destacan Motorola, Samsung y Philips estas empresas fomentan y exponen al mundo la tecnología inalámbrica ZigBee, regulada por medio del estándar IEEE 802.15.4 enfocado a las redes inalámbricas de área personal (WPAN) (Sifuentes, 2018, pp. 20-21).

Existe una gran diferencia de ZigBee con respecto a los otros estándares inalámbricos, fue diseñado con el propósito de abarcar una variedad de aplicaciones con conectividad más sofisticada que sistemas inalámbricos anteriores. Se enfoca en mejorar segmentos que otras tecnologías no lo hacen como son: el bajo ciclo de servicio de conectividad, la baja tasa de transmisión de datos y bajo costo (Acosta, 2006, p. 22).

El motivo de fomentar un estándar nuevo, es con la razón de tener una interoperabilidad entre diferentes dispositivos fabricados por varias compañías. La tecnología Zigbee además de las capas PHY (Physical Layer) y MAC (Medium Access Control) que maneja el estándar IEEE 802.15.4 la Alianza ZigBee añade las capa NWK (Network Layer) y APS (Application Layer) (Acosta, 2006, p. 23).

Según (Vilañez, 2019, p. 10-11) las características que presenta la tecnología Zigbee, son las siguientes:

- Brinda un consumo de energía bajo
- El ahorro de energía en Megavatios que brindan los dispositivos de Zigbee al ser más ecológicos que sus predecesores es a despliegue total.
- Menor precio en dispositivos, instalación y mantenimiento.
- La vida de las baterías se extenderá gracias a los dispositivos Zigbee, las mismas que durarán varios años.
- La simplicidad que ofrece Zigbee permite la implementación de redes que necesitan poco mantenimiento.
- Zigbee permite la implementación de redes de alta densidad de nodos. Esta propiedad es imprescindible para el establecimiento de redes masivas de sensores.
- Facilita un stack de protocolos sencillo que se estima en un aproximado de ¼ del stack de la tecnología Bluetooth, esta simplicidad es importante tanto para el mantenimiento, costo e interoperabilidad.
- Implementación global, Zigbee utiliza la banda ISM, específicamente 915 MHz en Estados Unidos, 868 MHz en Europa y 2,4 GHz en todo el mundo.

Se define la arquitectura para Zigbee por una pila de protocolos o un conjunto de capas que son independientes una de la otra. Cada una de estas capas ejecutan funciones específicas para la capa que está ubicada a un nivel superior.

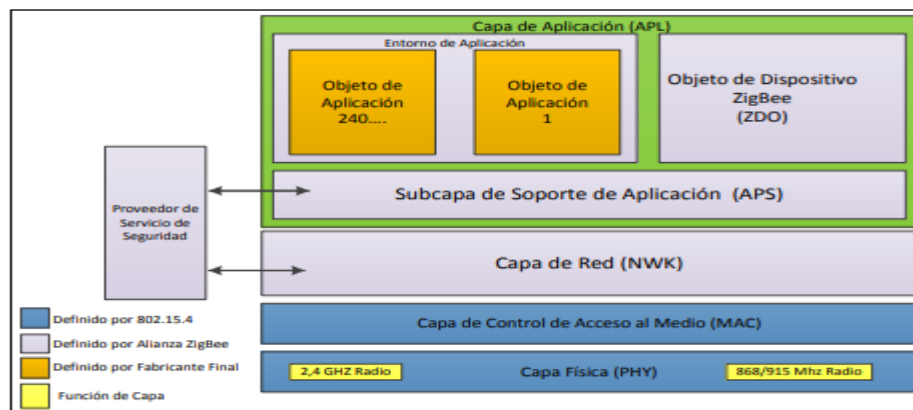


Ilustración 10-2: Capas de la pila de protocolos para Zigbee

Fuente: Vilañez, 2019, p. 11

Application Layer (APL): La capa de aplicación está dividida en tres subcapas: Entorno de aplicación, objeto de dispositivo ZigBee (ZigBee Device Object - ZDO) y Subcapa de Soporte de Aplicación (Application Support Sub-Layer) se caracteriza por ser la interfaz entre el nodo Zigbee y sus usuarios.

Entorno de aplicación: Los objetos de aplicación se encuentran en este campo, estos objetos representan las aplicaciones que se utilizan en el dispositivo Zigbee. Objeto de Dispositivo ZigBee (ZigBee Device Object - ZDO). Es la encargada de asignar el rol que tiene el dispositivo en la red, coordinador, router o dispositivo final son algunos de estos roles que deben cumplir los dispositivos. Subcapa de Soporte de Aplicación (Application Support Sub-Layer). Esta subcapa tiene la función de facilitar una interfaz entre las capas de Red y Aplicación.

Network Layer (NWK): La capa red se fomenta por encima de las características que proporciona la capa MAC del estándar IEEE 802.15.4, con el propósito de proporcionar una mayor cobertura de la red con esto nuevas redes tendrán la oportunidad de ser adicionadas y consolidarse según la aplicación que se necesite. Gracias a que el stack de protocolos de ZigBee es inciertamente simple en comparación con otros stacks de protocolos de comunicaciones.

Medium Access Control Layer (MAC): La capa de Enlace de Datos se encuentra conformada por dos subcapas: LLC y MAC (Vilañez, 2019, p. 12). Logical Link Control (LLC). Esta subcapa está definida en el estándar IEEE 802.2, y es común su estructura para diversos tipos de tecnologías como Bluetooth, Wi-fi, Ethernet, WiMax y ZigBee (Vilañez, 2019, p. 12). Medium Access Control (MAC). Esta subcapa está definida dentro del estándar IEEE 802.15.4-2006, y sirve de conexión entre la capa física y la subcapa LLC. El tipo de hardware que está en la capa física es de la que depende esta subcapa (Vilañez, 2019, p. 12).

Physical Layer (PHY): La capa física es la encargada de la emisión y la recepción de los datos en un canal de radio de acuerdo con las técnicas de modulación y spreading. La IEEE 802.15.4 trabaja en tres bandas de frecuencia: 915MHz, 868 MHz y 2.4 GHz. El estándar IEEE 802.15.4 emplea la técnica DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) para la emisión de la información a través del medio. También, las velocidades de emisión son de 40 Kbps en la banda de 915 MHz, 20 Kbps en la banda de 868 MHz y 250 Kbps en la banda de 2.4 GHz (Vilañez, 2019, p. 13).

Se modula mediante BPSK (Binary Phase Shift Keying) si las frecuencias son de 915 MHz y 868 MHz. En cambio, se utiliza una técnica de modulación O-QPSK cuando se trabaja con la frecuencia 2.4 GHz. Hablando de eficiencia (energía requerida por bit), la modulación ortogonal aumenta su rendimiento en 2 dB que BPSK. Pero, en el aspecto de sensibilidad de recepción, se tiene una ventaja de 6-8 dB para las frecuencias 868MHz y 915 MHz, debido a que posee velocidades de transmisión más bajas.

En términos de seguridad, ZigBee está en la capacidad de utilizar la encriptación AES 128bits, que brinda la autenticación y encriptación de los datos. También, aparece un elemento en la red

denominado Trust Center (Centro de validación) que brinda cierto mecanismo de seguridad en el cual se utilizan dos tipos de claves, la clave de enlace y de red.

2.4.3. Tecnología Z-Wave

Los dispositivos pueden comunicarse por sí solos de punto a punto hasta 30 metros. Cada red Z-Wave está en la capacidad de aceptar hasta 232 dispositivos. Opera en la banda de los 868MHz de esta manera elude la gran cantidad de señales en la banda de los 2,4GHZ y fácilmente llega a trabajar a 40 kbit/s pudiendo así trabajar en distancias de hasta 30 metros en condiciones ideales. Para brindar seguridad usan encriptación AES-128 (Jiménez, 2018, p. 29).

Z-Wave se fundamenta en una red tipo mesh. De esta manera se logra que cada dispositivo instalado en la red se transforme en un repetidor de señal. De esta manera, mientras más dispositivos tenga la red implementada, más robusta será la misma. En la arquitectura se define dos tipos de dispositivos: Los controladores y los esclavos.

- Controladores. El primer controlador que instalemos será el controlador primario y este tendrá que crear la red. Por lógica debe haber un controlador primario por red Z-Wave.
- Esclavos. Estos son los dispositivos a los cuales van dirigidas las ordenes, las mismas que serán ejecutadas.

Poseen un ancho de banda de 9.6 0 100 Kbps que son interoperables, la modulación que presenta es codificación de canal GFSK Manchester, trabaja en diferentes bandas de frecuencia entre las más importantes tenemos 908.42 MHz (Estados Unidos) y 868.42 MHz (Europa).

2.4.4. Tecnología UWB

Se caracteriza por ser una tecnología que ocupa señales de poca energía, con un ancho de banda (AB) grande. UWB en el espectro de 6 Ghz y 9Ghz esta tecnología limita el grado de emisión de la señal a -41,3 dBm/Mhz (Flores, 2021, p. 23).

UWB es muy aplicada en GPR (Ground Penetrating Radar), servicios militares, radares, sistemas de transporte, sistemas anticolidión civil, etc (Flores, 2021, p. 24).

Según (Camargo, 2009, p. 36-37) las características que presenta UWB son:

- Las redes son seguras debido que posee encriptación de información basada en el estándar Advanced Encryption Standard (AES 128).

- Tiene un coordinador dinámico. No depende de una red con backbone. Además, trabaja en un ambiente multirutas.
- El IEEE 802.15.3 opera en la banda libre ISM de los 2.4 GHz.
- El rango de velocidad de transmisión varía entre 480 y 500 Mbps.
- Los canales tienen un ancho de banda de 15 MHz. Con 3 o 4 canales libres de traslape (3 canales alineados con el IEEE 802.11b, para su coexistencia).
- La potencia de transmisión de datos es de 8 dBm. Para una distancia aproximada de 10 – 30 metros.

En cuanto a la arquitectura, las estructuras de superframe consisten en 3 secciones: Beacon, Periodo opcional de acceso a contención (CAP) (CSMA/CA), Periodo libre de contención (CFP).

- Beacon. Transmite parámetros de control a la picored.
- Periodo opcional de acceso a contención (CAP) (CSMA/CA); se lo utiliza en la autenticación, parámetros de flujo, solicitud y otros comandos del frame.
- Periodo libre de contención (CFP); Está constituido por ranuras de tiempo unidireccionales (GTS) que son asignadas por el dispositivo maestro.

UWB utiliza diferentes tipos de modulación, pero la más importante es la Modulación por Posición de Pulso (PPM/Time Hopping) esta modulación proporciona una técnica de filtro casado de recepción óptima. Para los receptores se utiliza un correlator cruzado, por el cual se puede encontrar la señal en el nivel más bajo del ruido (Villacrés, 2006, pp. 48-49).

Los niveles de seguridad varían según las necesidades del usuario.

- En el modo 0 no existe seguridad.
- En el modo 1 se proporciona al usuario la capacidad de restringir el acceso a la picored.
- En el modo 2 se tiene autenticación por criptografía.
- En el modo 3 se ofrece protección de la información del usuario, así como autenticación por criptografía.

2.4.5. Tecnología Wi-Fi

Wifi consta en las redes WLAN, opera en las bandas de 5 Ghz y de 2.4 Ghz, es una tecnología sustentada en el estándar 802.11 y tiene un rango de operación de 100 metros teóricamente en espacios abiertos (Pisano, 2018, p. 27).

Tabla 5-2: Protocolo para el estándar de comunicación Wi-Fi

IEEE	BANDA	TASA DE TRANSFERENCIA
802.11.a	5 GHz	54 Mbps
802.11b	2,4 GHz	11 Mbps
802.11.g	2,4 GHz	54 Mbps
802.11n	2,4 GHz y 5 GHz	600 Mbps
802.11ac	6 GHz	1 Gbps - 500 Mbps
802.11ax	2,4 GHz y 5 GHz	1 Gbps – 1,2 Gbps

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Esta tecnología posee una mayor seguridad en los datos, debido a que se tienen mecanismos de cifrado y autenticación de datos. Teóricamente se tasa de transferencia es de hasta 600Mbps. Su uso es muy popular en todo el planeta y una vez establecida la red para el acceso esta no necesita más gasto en infraestructura ni cableado (Flores, 2021, p. 22).

Según (Valencia, 2019, pp. 17-18) WiFi entre sus principales características se puede citar:

- Posee bajo consumo energético en sus dispositivos.
- Su topología estructurada conformada por dispositivos llamados puntos de acceso, los mismos que brindan una conexión de dispositivos a redes existentes.
- WiFi no es compatible con ninguna otra tecnología inalámbrica.
- Algo importante son los repetidores inalámbricos, cuya función es ampliar la señal, es decir reciben una señal atenuada, y la amplifican permitiendo un mayor rango de cobertura.
- Las señales emitidas por esta tecnología pierden potencia cuando atraviesan elementos del entorno como paredes, montañas, árboles, entre otros.

Capa Física (PHY): Se establece especificaciones para transformar paquetes de datos que vienen desde la Capa MAC en señales eléctricas analógicas adecuadas para ser emitidas al medio, que en comunicación inalámbrica es el aire.

La capa física radica en dos protocolos: Una función de convergencia de capa física y Un sistema PMD (Castillo, 2012, pp. 47-48).

Nivel de Acceso al Medio (Media Access Control MAC): La arquitectura MAC del estándar 802.11 se constituyen por dos funcionalidades: La función de coordinación distribuida (DCF) y la función de coordinación Puntual (PCF).

La función de coordinación distribuida (DCF). Tiene la función que determina dentro de un conjunto básico de servicios (BSS), si una estación está en la capacidad de transmitir y/o recibir unidades de datos a través del medio inalámbrico a nivel MAC (Castillo, 2012, p. 49).

Existen los siguientes parámetros de modulación:

- El estándar 802.11b trabaja con DSSS a nivel de capa física basándose en el procedimiento de acceso descrito en el estándar CSMA/CA. Transmite con una velocidad que va entre 5,5 Mbps como mínima y 11 Mbps como máxima.
- El estándar 802.11g trabaja con modulación OFDM en la capa física. Transmite con una velocidad de 54 Mbps.
- El estándar 802.11n trabaja con tecnología MIMO y alcanza una velocidad de hasta 600 Mbps como máximo.

La tecnología Wi-Fi posee un sistema de cifrado llamado WEP, WAP y WAP 2. El primero soluciona el problema que ocasionan las redes abiertas, el segundo apareció para solucionar los problemas que poseía el cifrado WEP y el tercero soluciona la vulnerabilidad detectada en la primera versión (WPA).

2.5. Tarjetas para desarrollo de Hardware

Denominadas también placas de desarrollo que en la actualidad tiene varias transformaciones en sus versiones y diseños, las placas utilizadas por diversos sistemas poseen lenguajes de programación y sistema operativo propios, una de sus cualidades principales es que son compatibles con otros dispositivos (Ávila, 2019, p. 18).

2.5.1. Arduino

Arduino básicamente es una plataforma electrónica caracterizada por ser de código abierto cuenta con hardware y software de fácil uso. Esta placa de desarrollo puede leer entradas como luz en un sensor o un mensaje de Twitter y transformarlo en una salida como activar un motor o encender un led.

Posee una programación semejante a C y C++, siendo esto un componente fundamental de la placa. En el mercado se encuentran diferentes modelos de Arduino cada uno con diversas características como forma, nombre y funciones (Arduino, 2018).



Ilustración 11-2: Tarjetas Arduino

Fuente: Arduino, 2018.

2.5.2. *Raspberry pi*

La Raspberry Pi es una placa reducida de costo relativamente bajo, fue creada en Reino Unido por la fundación Raspberry. Tiene programas y lenguajes de programación conocidos como son C++ y Python, los sistemas operativos que puede utilizar son GNU/Linux y Windows 10. Cuenta con una memoria RAM, procesador Broadcom, USB, Ethernet, HDMI y un conector para cámara (Herrera, 2014, p.4).

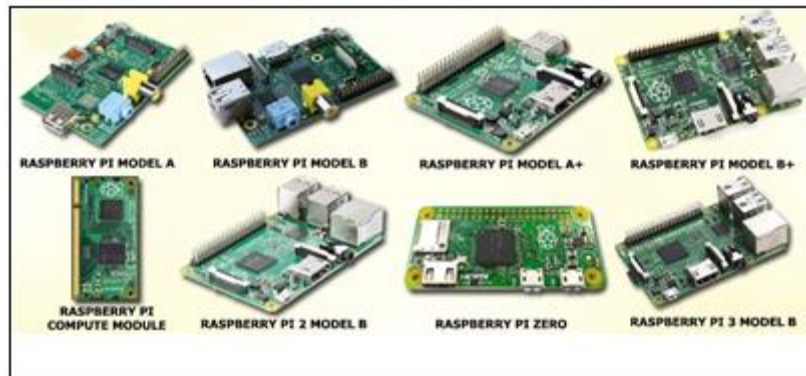


Ilustración 12-2: Tarjetas Raspberry Pi

Fuente: Herrera, 2014, p.4

2.5.3. *NodeMCU*

Es una placa de desarrollo por el código abierto en su totalidad, el chip ESP8266 de la placa NodeMCU ocupa como lenguaje de programación el LUA para aplicaciones que demandan una conexión WiFi en un tiempo mínimo. Esta tarjeta de desarrollo cuenta con un almacenamiento y procesamiento que se adapta tanto para aplicaciones como a sensores mediante GPIOs con una

ejecución baja. NodeMCU tiene compatibilidad con Arduino y se puede realizar aplicaciones en IoT (Hernández, 2017).

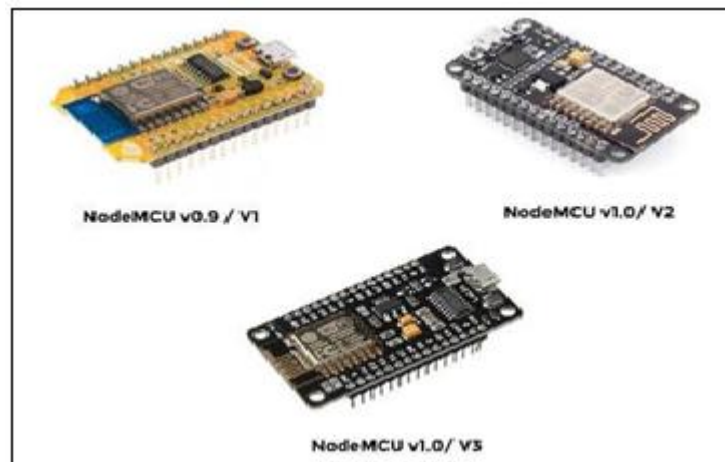


Ilustración 13-2: Generaciones del NodeMCU

Fuente: Hernández, 2017.

2.6. Software

Los entornos de desarrollo tienen como objetivo crear almacenamiento web y servidores para aplicaciones con el fin de tratar los datos recolectados con los sensores. Con este fin se tienen una gran variedad de tipos de software que nos facilitan esos servicios dependiendo de las necesidades de implementación (Saltos, 2018, pp.21-40).

Blynk. Es un software que dota de varias soluciones para usuarios que trabajan con aplicaciones IoT. Permite controlar de forma remota la parte del hardware, visualizar y almacenar datos de los sensores, etc.

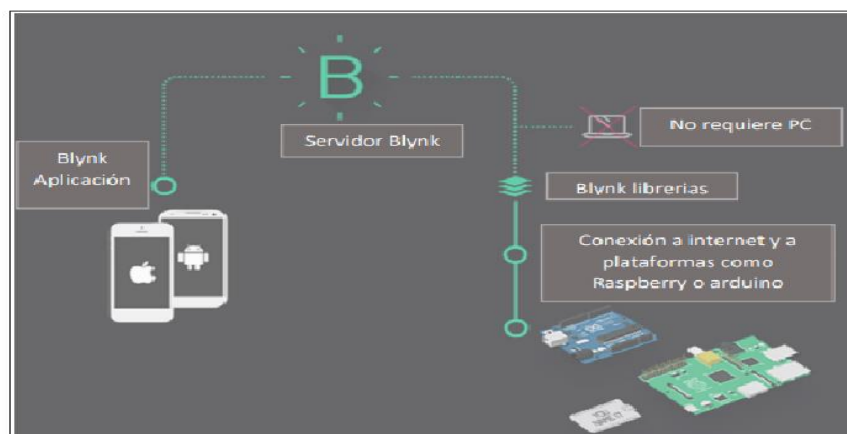


Ilustración 14-2: Blynk Server

Fuente: Miño, 2021, p. 25.

Posee arquitectura API e interfaz de usuario (UI) semejantes tanto para los usuarios como para el hardware compatible, con respecto a la conexión con la nube se la realiza por medio de diferentes tecnologías como Wi-Fi, Bluetooth, GSM, Ethernet (Miño, 2021, pp.24-26).

2.7. Cálculo del tamaño de la muestra de una población infinita

Para determinar se establece un tamaño para la muestra sin la necesidad de considerar la población (Torres, 2010).

$$n = \frac{(z^2 * p * q)}{E^2} \quad (1 - 1)$$

Cada parámetro representa:

n: Tamaño de la muestra que se va a evaluar

z: Parámetro de confianza

p: Probabilidad de ocurrencia

q: (1-p) Probabilidad de no ocurrencia

E: Error estimado límite

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

El presente capítulo aborda los procedimientos realizados para el diseño e implementación del prototipo de geolocalización para el monitoreo en tiempo real de niños en la escuela José Antonio Lizaraburu, comparación de las diferentes tecnologías inalámbricas de corto alcance, esquema del sistema, equipamiento necesario para el prototipo, desarrollo de la interfaz móvil, esquemas de conexión y ensamblaje. Se detallará cada uno de los elementos a nivel de hardware y software requeridos en el diseño del prototipo. Se especificará los diferentes componentes tanto de hardware como de software requeridos para la implementación del prototipo.

3.1. Metodología

3.1.1. *Metodología Descriptiva*

Se utilizó esta metodología para poder determinar los parámetros óptimos que deben tener las tecnologías de comunicación inalámbrica además de las características de los diferentes dispositivos que serán integrados al prototipo.

3.1.2. *Metodología Teórica*

Esta metodología permitió orientar la investigación hacia las necesidades de nuestro proyecto obteniendo conocimientos con bases sólidas para poder seleccionar tecnologías y dispositivos necesarios para el desarrollo del proyecto.

3.1.3. *Metodología Cuasi-Experimental*

Mediante esta metodología se realizó la evaluación del prototipo en un ambiente de pruebas controlado con indicadores de transmisión como son retardo, rango, consumo de potencia y precisión del prototipo el cual está destinado al monitoreo de niños en tiempo real.

3.2. Comparativa para la elección de las tecnologías inalámbricas de corto alcance

Para la selección de las dos tecnologías de comunicación inalámbrica de corto alcance expuestas en el capítulo I, se utiliza la escala de Likert que se basa en asignar valores numéricos a las

características principales de cada tecnología buscando las que mejores beneficios aporten a las necesidades del prototipo.

Tabla 1-3: Escala de Likert para selección de elementos

ALTERNATIVAS	VALOR
Excelente	4
Muy Bueno	3
Bueno	2
Malo	1
Muy malo	0

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Observamos en la tabla 1-3 las distintas alternativas con su correspondiente valor numérico para efectuar las comparaciones de Likert de las distintas tecnologías y pruebas del prototipo.

Con la utilización de la técnica de Likert, se aspira seleccionar de manera óptima dos tecnologías inalámbricas que aporten los mejores beneficios al prototipo de geolocalización. Para la elección se evaluó determinados parámetros como: rango de operación, velocidad de transferencia de datos, operación en zonas rurales, duración de las baterías, tamaño de la red, costo operativo y de mantenimiento.

Tabla 2-3: Cuadro comparativo entre las tecnologías inalámbricas de corto alcance

Tecnologías Características	Bluetooth	ZigBee	Z-Wave	UWB	Wi-Fi
Rango de operación	(10-30) metros	(10-100) metros	(10-30) metros	(10-30) metros	(10-100) metros
Velocidad de transferencia de datos	750 kbps	250 kbps	100 kbps	(480-500) Mbps	(11-54-600) Mbps
Operación en zonas rurales	SI	SI	SI	SI	SI
Duración de las baterías	Media	Larga	Larga	Media	Media
Tamaño de la red	Hasta 7 Dispositivos	Hasta 65000 Dispositivos	Hasta 232 Dispositivos	Hasta 7 Dispositivos	Hasta 32 Dispositivos
Costo operativo	Medio	Medio	Alto	Medio	Medio
Costo de mantenimiento	Medio	Bajo	Alto	Alto	Bajo

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

3.3. Requisitos a nivel de Software y Hardware

En este punto, determinamos la selección de los componentes tanto del software como del hardware que fueron utilizados para el diseño e implementación del prototipo.

3.3.1. Tarjeta de desarrollo

Se determina las tarjetas de desarrollo mediante el análisis de las diferentes características que presenta cada tarjeta de esta manera se escoge la mejor opción para las demandas del prototipo.

Tabla 3-3: Selección de las dos opciones de tarjeta de desarrollo

Tarjetas de Desarrollo / Características	Arduino Nano	Raspberry Pi	NodeMCU	Lilygo Ttgo	Arduino Uno
Microcontrolador	ATmega	ARM11	SoC ESP32	ARM Cortex A8	ATmega
Fácil de conseguir en el País	Si	Si	Si	Si	Si
Programación	Fácil	Intermedia	Fácil	Fácil	Fácil
Compatible Modulo GPS NEO 6m	Si	Si	Si	Si	Si
Compatible con Modulo WiFi	Si	Incorporado	Incorporado	Incorporado	Si
Compatible con Modulo XBee ZB S2C TH	Si	Si	Si	Si	Si
Tamaño	Pequeño	Grande	Pequeño	Mediano	Mediano
Precio	Bajo	Alto	Bajo	Intermedio	Intermedio

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Las características mencionadas en la tabla 3-3 nos permiten seleccionar las tarjetas que mejor se adapten a los requerimientos del prototipo las mismas que son: la NodeMCU ESP32, que sobresale por su tamaño pequeño, bajo costo y además incluye el módulo de tecnología inalámbrica WiFi, esto permite realizar la comunicación sin la necesidad de comprar un módulo externo y la tarjeta Arduino Nano, al ser de un tamaño pequeño, de bajo costo y no poseer módulos de comunicación incorporados es ideal para poder realizar la comunicación integrando el módulo de comunicación Zigbee, lo que facilitará tener un dispositivo portable.

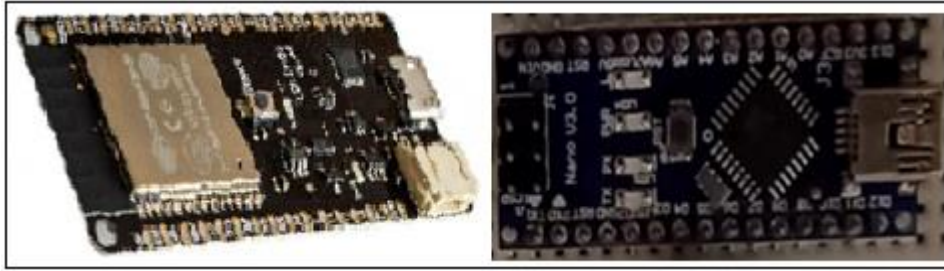


Ilustración 1-3: Módulo de desarrollo NodeMCU Esp 32 y Arduino Nano

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

3.3.2. Módulo Zigbee

Para la selección del módulo Zigbee se tiene en cuenta rango de operación, disponibilidad en el país y precio.

Tabla 4-3: Módulos XBee y sus características

Módulos XBee Características	XBee ZB S2C TH	XBee PRO ZB S2C TH	XBee PRO 900HP	Digi XBee3 ZigBee 3.0
Velocidad de Transferencia	250 kbps	250 kbps	10kbps	250 kbps
Potencia de transmisión	6.3mW	63mW	250mW	6.3mW
Fácil de conseguir en el País	Si	Si	Si	No
Rango en exterior	1200m	3200m	15.5Km	1200m
Precio	Medio	Alto	Alto	Alto

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Con la investigación realizada acerca de los módulos XBee se tiene que Digi fabrica más de 70 tipos de estos módulos con diferentes características de los cuales se ha escogido para el análisis los más populares.

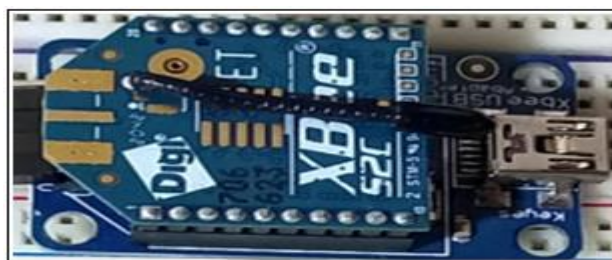


Ilustración 2-3: XBee ZB S2C TH

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Con las características mencionadas en la tabla 4-3 se escogió para el desarrollo del prototipo la utilización del módulo XBee ZB S2C TH el cual es compatible para la tarjeta de desarrollo Arduino Nano seleccionada anteriormente, También al considerar la infraestructura de la escuela José Antonio Lizarraburu que está ubicada en un sector rural y posee un ambiente abierto no se necesita de módulos con rangos de cobertura muy grande ya que los mismos tienen un precio muy elevado por esta razón en particular se eligió este módulo.

3.3.3. Módulo GPS

Para la selección del módulo GPS se tiene en cuenta la precisión, disponibilidad en el país y precio ya que GPS tiene un protocolo de comunicación estandarizado.

Tabla 5-3: Módulos GPS y sus características

Módulos GPS Características	U-Blox NEO 6m	U-Blox NEO 7m	NEO/LEA-M8T series
Área de Cobertura	Global	Global	Global
Oscilador	TCXO (Cristal)	TCXO (Cristal)	TCXO (Cristal)
Tamaño[mm]	12,2 x 16 x 2,4	12,2 x 16 x 2,4	17 x 22,4 x 2,4
Fácil de conseguir en el País	Si	Si	No
Sensibilidad	-165dBm	-161dBm	-167dBm
Precisión	3m	1.5m	0.9m
Cobertura en zonas Rurales	5/5	5/5	5/5
Precio	Bajo	Bajo	Alto

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Se ha realizado una investigación acerca de los módulos GPS consiguiendo información de diversas marcas. Una de las marcas que presenta una gran diversidad de módulos GPS es U-blox, estos módulos poseen características convenientes para el prototipo como son: buena precisión y un precio muy conveniente.

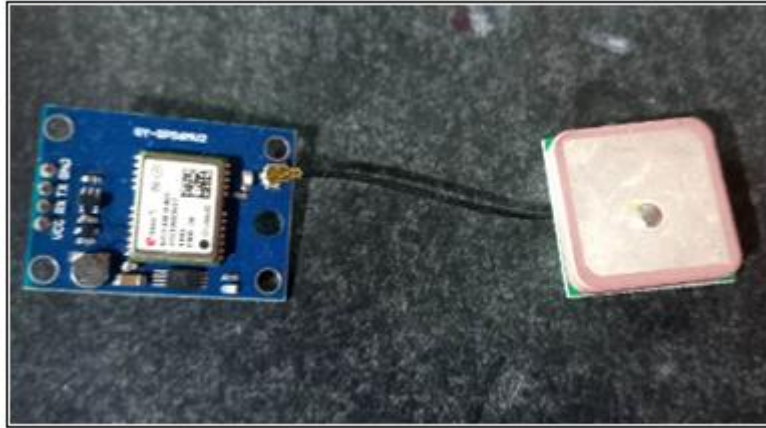


Ilustración 3-3: Modulo GPS6Mv2

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Basándonos en las características expuestas en la tabla 5-3 se definió para el desarrollo del prototipo la utilización del módulo U-Blox NEO-6m el cual es compatible para las tarjetas de desarrollo seleccionadas anteriormente, además al considerar la infraestructura de la escuela José Antonio Lizarraburu la misma que está ubicada en un sector rural y posee un ambiente abierto es ideal este módulo para la recepción de las señales emitidas por los satélites. Por su parte también se tiene una precisión y precio aceptable.

3.3.4. Sistema de alarma

Considerando el tamaño final de la placa PCB del nodo de control además de la infraestructura de la escuela debido a que se colocara este nodo en el centro de la institución se optó por elegir el dispositivo Buzzer Zumbador 5V, gracias a su tamaño reducido es ideal para colocarlo en la placa PCB además al estar ubicado en una zona central su emisión de ruido es adecuada para alertar que el niño salió de la zona segura.



Ilustración 4-3: Buzzer Zumbador 5V

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

3.3.5. Fuente de alimentación

Apoyado en los detalles técnicos mencionados en los datasheet de cada dispositivo, el valor del voltaje de alimentación varía de 3 a 5 Voltios. En trabajos relacionados (Flores, 2021, p. 38) autores recomiendan una fuente de alimentación de 3.7 Voltios.



Ilustración 5-3: Batería recargable de Litio

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

En términos de consumo de potencia la batería debe proporcionar energía a dispositivos como: módulo GPS, tarjeta de desarrollo y módulo de comunicación inalámbrico. Para esto la elección de la batería se determinó considerando el tamaño del prototipo final, precio, método de carga. En si el proyecto tiene como objetivo comparar el consumo de potencia que tiene cada tecnología implementada por lo que la se selecciona una batería recargable de litio con el fin de establecer mediante métodos de prueba error cual tecnología consume más potencia.

3.3.6. Plataforma de visualización y análisis de datos

La plataforma Blynk proporciona simplicidad e integridad además que sirve para crear interfaces móviles (IOS y Android) de esta manera se puede progresar con el desarrollo del prototipo de manera fluida.

Blynk APP posibilita crear una interfaz móvil desplazando y soltando widgets, botones, campos de texto, gráficos, etc. Además, Blynk tiene dos formas de conexión: Blynk Server privado (ilimitado) o Blynk cloud (limitada).

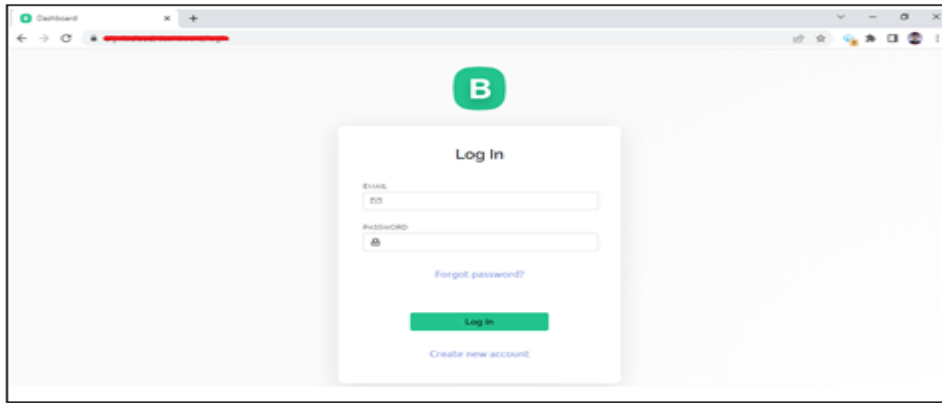


Ilustración 6-3: Blynk Server

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Se eligió Blynk principalmente por la facilidad que ofrece para crear interfaces móviles que es de mucha ayuda para el desarrollo del prototipo permitiendo monitorear niños en tiempo real.

3.4. Esquema general del Prototipo

Una vez establecidos los requerimientos tanto de la parte de hardware como la del software, procedemos con la realización del esquema general del prototipo el mismo que se observa en la ilustración 7-3. Para la comunicación entre nodos se ocupa tecnología WiFi como se observa en la ilustración 7-3 (a) y Zigbee en la ilustración 7-3 (b).

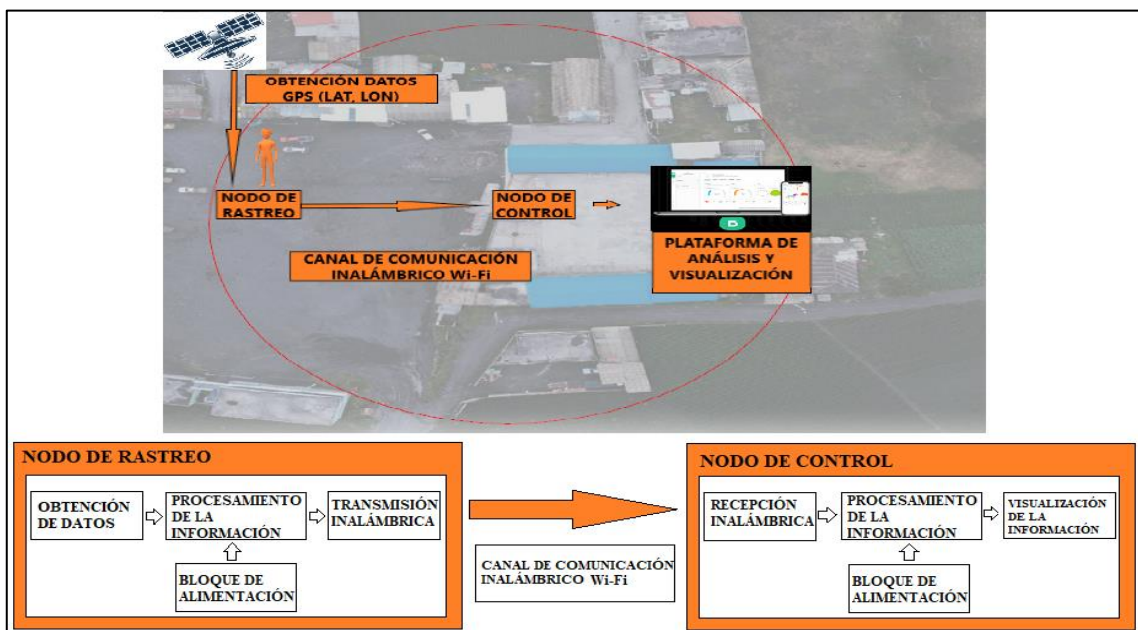


Ilustración 7-3: Esquema del prototipo Propuesto-Tecnología Wi-fi

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

(a)

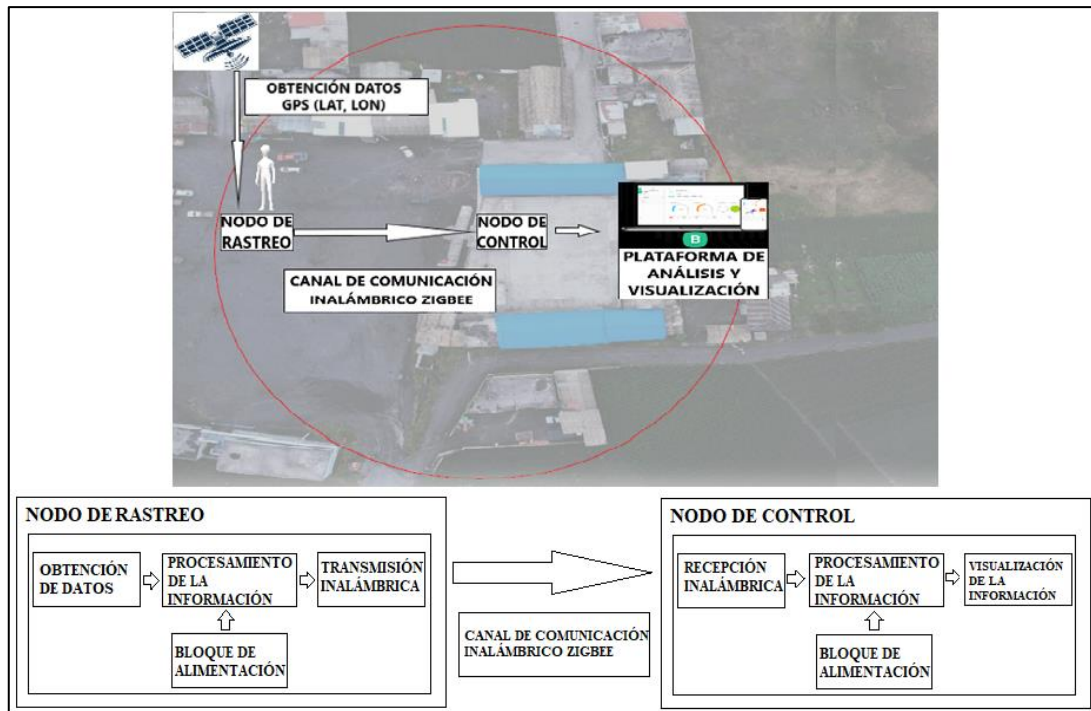


Ilustración 8-3: Esquema del prototipo Propuesto-Tecnología Zigbee

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

3.5. Diagrama de Bloques del Nodo de Rastreo

El nodo de rastreo como podemos observar en la Ilustración 8-3 consta de 4 bloques cada uno de estos los describiremos a continuación:

- Bloque de obtención de datos. Este bloque tiene la función de leer el puerto serial del GPS para obtener los datos brutos recibidos de los satélites GPS que están en formato NMEA.
- Bloque de procesamiento de la información. Este bloque se encarga de procesar los datos obtenidos por el bloque anterior debido a que esos datos vienen en formato NMEA y lo que se desea es Latitud y Longitud, se compone de una tarjeta de desarrollo (ESP 32 para Wifi y Arduino Uno para Zigbee) las mismas que para la obtención de datos utilizan salidas digitales, .
- Bloque de alimentación. Este bloque provee de energía completamente a todo el nodo de rastreo.
- Bloque de transmisión inalámbrica. Este bloque se encarga del envío de los datos hacia el nodo de control.

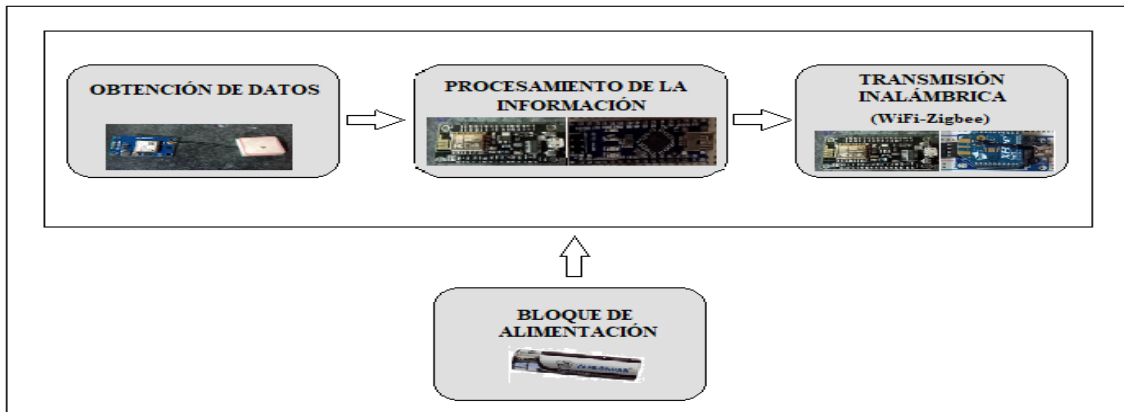


Ilustración 9-3: Diagrama de Bloques del Nodo de Rastreo

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

3.6. Diagrama de Bloques del Nodo de Control

El nodo de control como podemos observar en la Ilustración 9-3 consta de 4 bloques cada uno de estos los describiremos a continuación:

- Bloque recepción inalámbrica. Este bloque tiene la función de recibir los datos transmitidos por el nodo de rastreo.
- Bloque de procesamiento de la información. Este bloque se compone de una tarjeta de desarrollo (ESP 32 para Wifi y Zigbee) las mismas que envían la información al bloque de visualización.
- Bloque de alimentación. Este bloque provee de energía completamente a todo el nodo de control.
- Bloque de visualización. Este bloque muestra parámetros como: latitud, longitud, estado del nodo y alertas a través de la interfaz móvil desarrollada en Blynk 2,0.

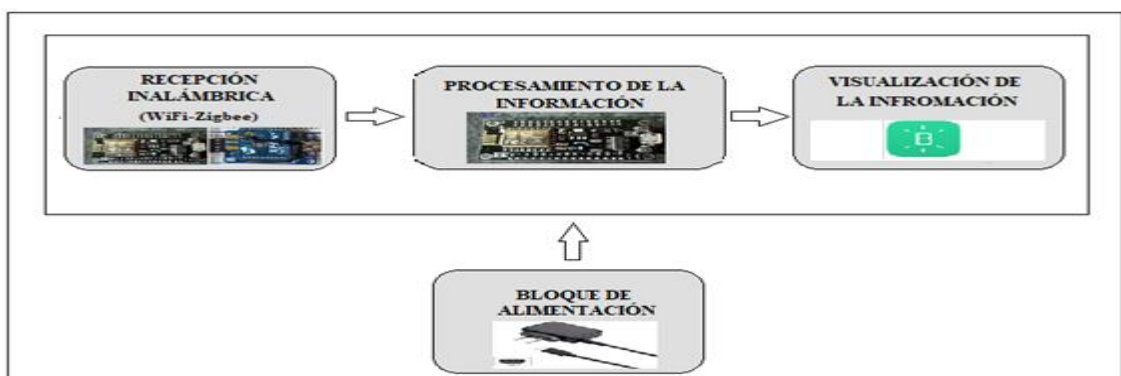


Ilustración 10-3: Diagrama de Bloques del Nodo de Control

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

3.7. Diagrama Esquemático de la tecnología WiFi

La ilustración 11-3(a) nos indica las respectivas conexiones del nodo de rastreo que consta de la tarjeta de desarrollo ESP32 con el módulo GPS, el módulo de carga y el módulo Wifi (incluido en la tarjeta). La ilustración 10-3(b) nos muestra las conexiones del nodo de control el cual posee la tarjeta de desarrollo, el módulo Wifi (incluido en la tarjeta) y el dispositivo de alarma.

Con respecto a la alimentación el nodo de rastreo se alimenta mediante el módulo de carga y el nodo de control directamente con una fuente de 5 v, es importante la verificación de los pines que se van a utilizar para no tener problemas con la tarjeta de desarrollo ya que estas son muy sensibles.

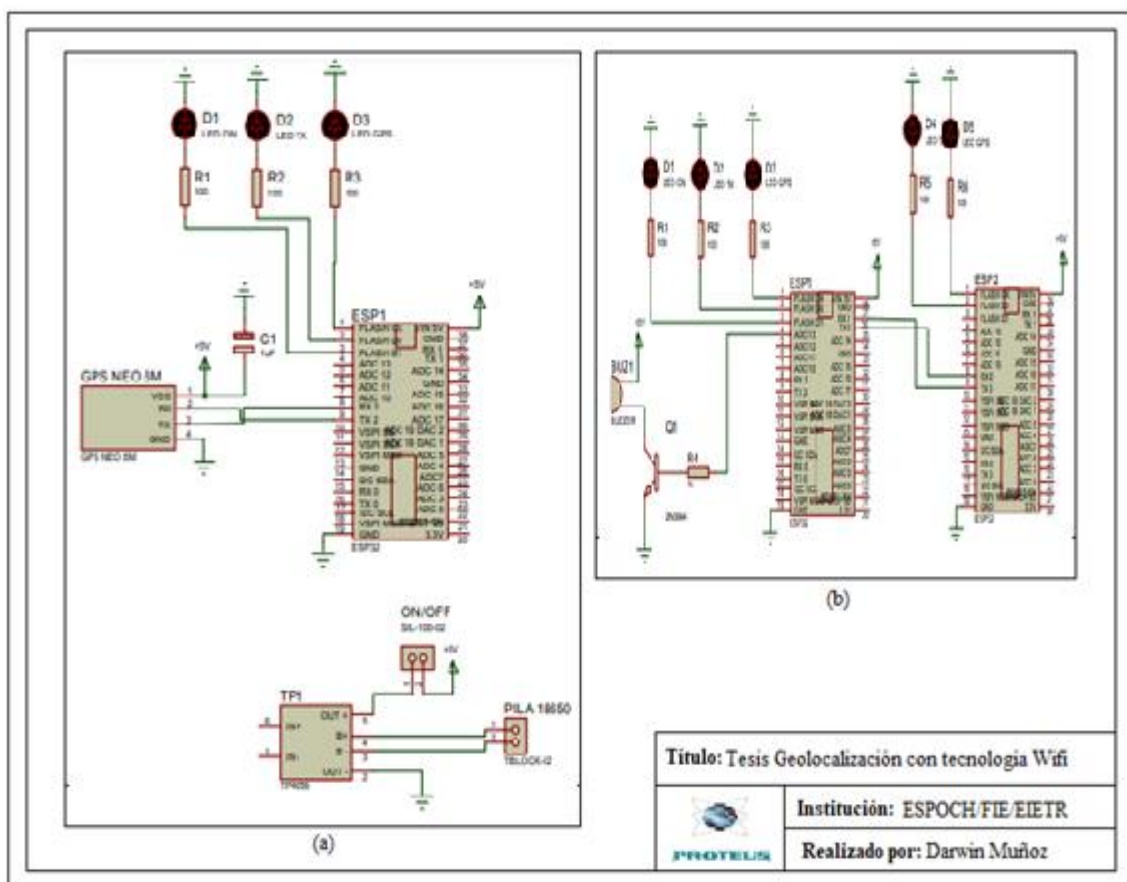


Ilustración 11-3: (a) Conexiones nodo de rastreo. (b) Conexiones nodo de control

Realizado por: Darwin, Muñoz, 2023.

A continuación, se construyó dimensionando las conexiones en una placa PCB utilizando el software Proteus 8.12, en este software se puede crear un elemento desde cero o valerse de librerías creadas por otras personas. Esto se lo realizo con el fin de obtener un dispositivo final portable.

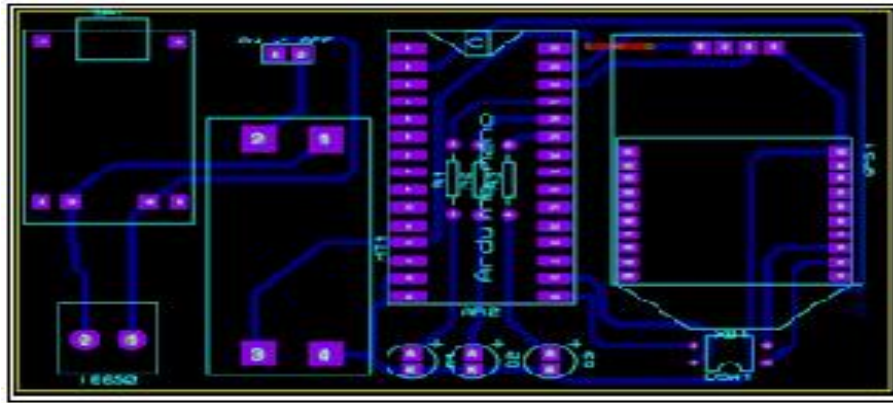


Ilustración 12-3: Circuito PCB del Nodo de Rastreo

Realizado por: Darwin, Muñoz, 2023.

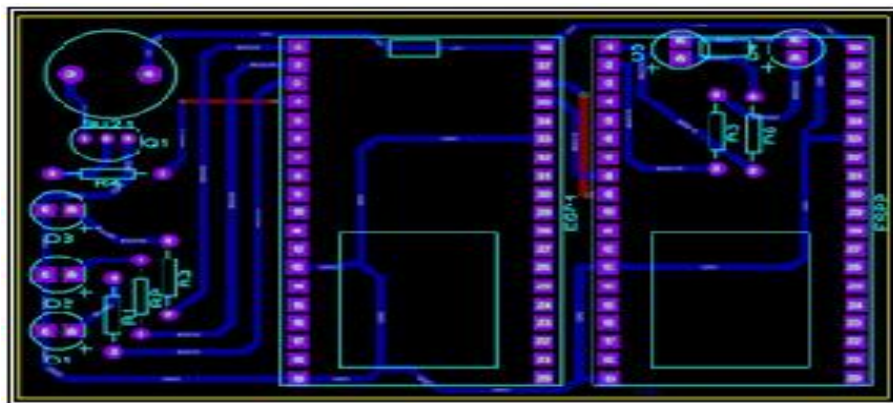


Ilustración 13-3: Circuito PCB del Nodo de Control

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Podemos observar en las ilustraciones 12-3 y 13-3 la placa PCB en 2D es aquí donde tenemos el circuito impreso tanto del nodo de rastreo como del nodo de control.

3.8. Diagrama Esquemático de la tecnología Zigbee

La ilustración 14-3(a) nos indica las correspondientes conexiones del nodo de rastreo en este apartado con tecnología Zigbee que consta de la tarjeta de desarrollo Arduino Uno con el módulo GPS, el módulo XBee S2C y el módulo de carga. La ilustración 14-3(b) nos muestra las conexiones del nodo de control el cual posee la tarjeta de desarrollo, el módulo XBee S2C y el dispositivo de alarma.

En cuanto a la alimentación de igual manera que se lo realizó con la tecnología WiFi el nodo de rastreo se alimenta mediante el módulo de carga y el nodo de control directamente con una fuente

de 5 v, es importante la verificación de los pines que se van a utilizar para no tener problemas con la tarjeta de desarrollo ya que estas son muy sensibles.

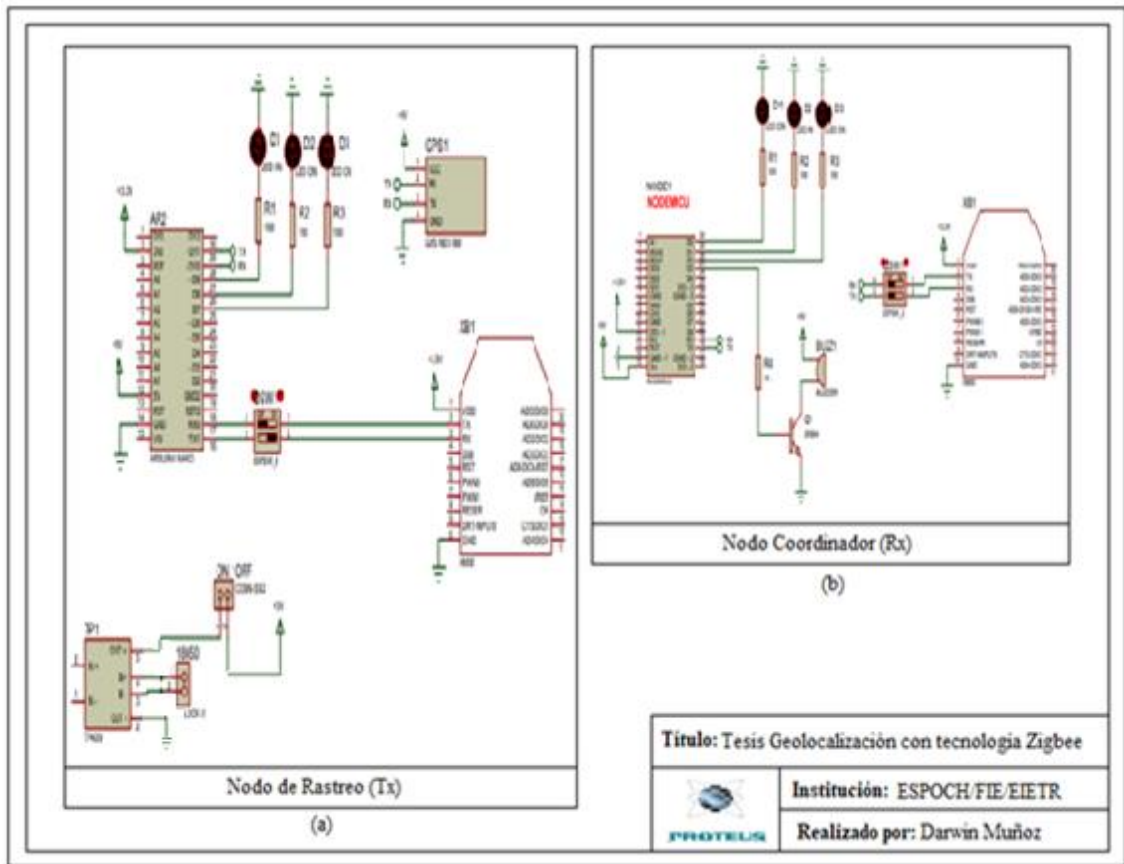


Ilustración 14-3: (a) Conexiones nodo de rastreo. (b) Conexiones nodo de control

Realizado por: Darwin, Muñoz, 2023.

Al igual que en el apartado 3.7, después de tener el esquemático se procedió con la fabricación de una placa PCB de 2 capas mediante el software Proteus 8.12 en este caso para la tecnología Zigbee.

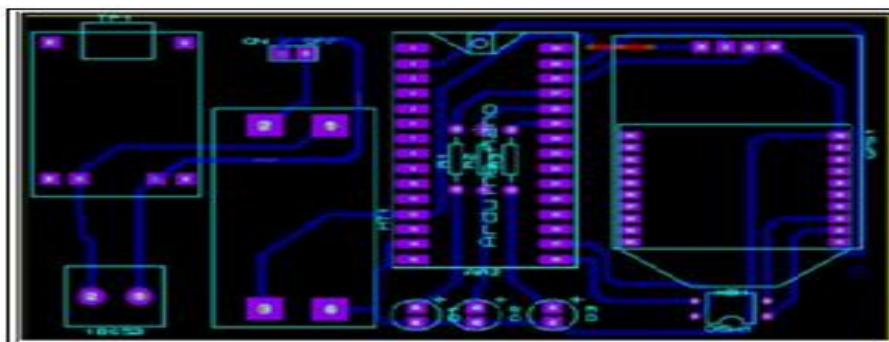


Ilustración 15-3: Circuito PCB del Nodo de Rastreo

Realizado por: Darwin, Muñoz, 2023.

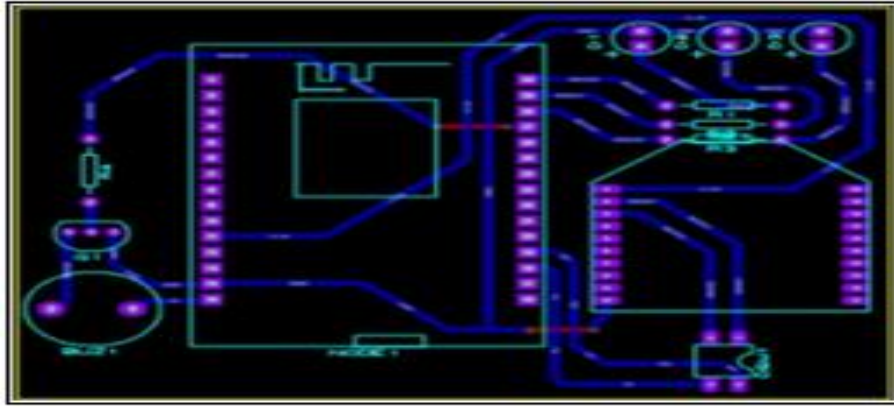


Ilustración 16-3: Circuito PCB del Nodo de Control

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Podemos observar en las ilustraciones 15-3 y 16-3 la placa PCB en 2D es aquí donde tenemos el circuito impreso tanto del nodo de rastreo como del nodo de control, pero ahora trabajando con los componentes para la tecnología Zigbee.

3.9. Ensamblaje de la estructura del prototipo

Mediante el software SOLIDWORKS se diseñaron los modelos de las cajas que sirven para colocar los circuitos PCB tanto del nodo de rastreo como el de control, este software permite modelar piezas y sacar planos técnicos como otro tipo de información para la elaboración de dichas piezas.

En la ilustración 17-3(a) se observa el diseño ensamblado de la estructura de la caja correspondiente al nodo de rastreo para la tecnología Wi-Fi y en la ilustración 17-3(b) para la tecnología Zigbee.

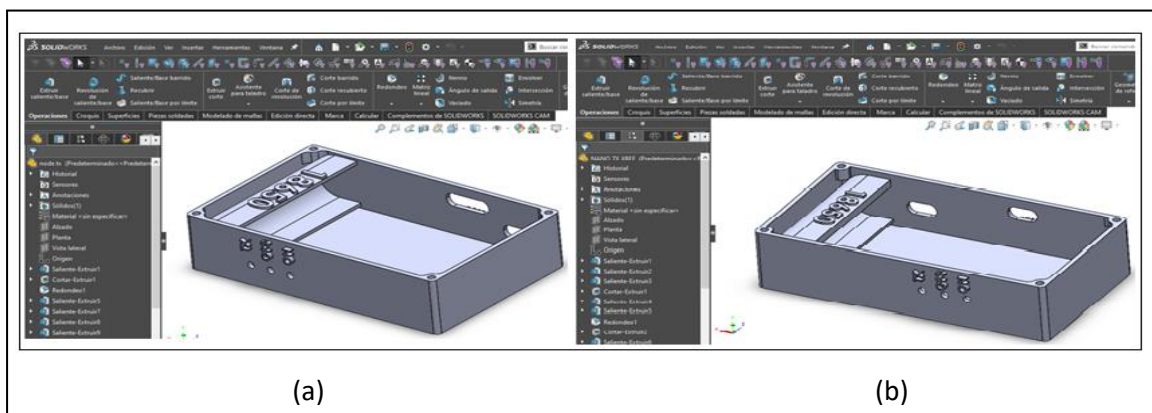


Ilustración 17-3: Vista 3D de la caja del nodo de rastreo (a) Wi-Fi (b) Zigbee

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

En la ilustración 18-3(a) se observa el diseño ensamblado de la estructura de la caja correspondiente al nodo de control para la tecnología Wi-Fi y en la ilustración 18-3(b) para la tecnología Zigbee.

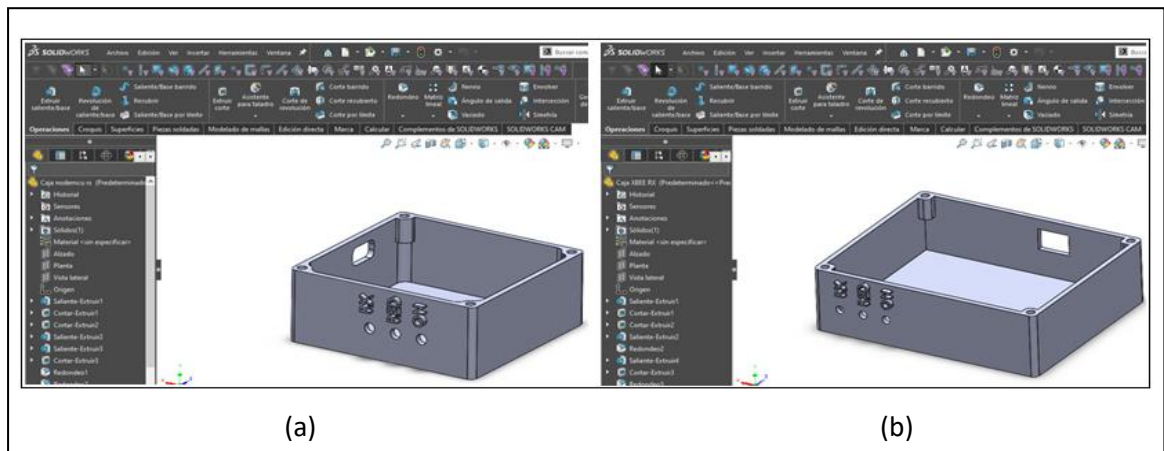


Ilustración 18-3: Vista 3D de la caja del nodo de control (a) Wi-Fi (b) Zigbee

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

3.10. Comunicación entre los elementos que componen el Prototipo

3.10.1. Comunicación con el módulo GPS

Mediante el módulo GPS se obtuvo las señales de posicionamiento de los satélites de esta manera se muestran las coordenadas de la ubicación del nodo de rastreo, este módulo emplea comunicación serial es decir que tiene dos pines el primero de transmisión (TX) y el segundo de recepción (RX), los mismos se conectaron de manera inversa a los pines de la tarjeta de desarrollo es decir el TX del GPS al RX de la tarjeta de desarrollo y el RX del GPS al TX de la tarjeta de desarrollo.

Cabe recalcar que se utilizaron librerías como <TinyGps++.h> para obtener la longitud y latitud debido a que los datos que recibe el GPS tienen una estructura NMEA.

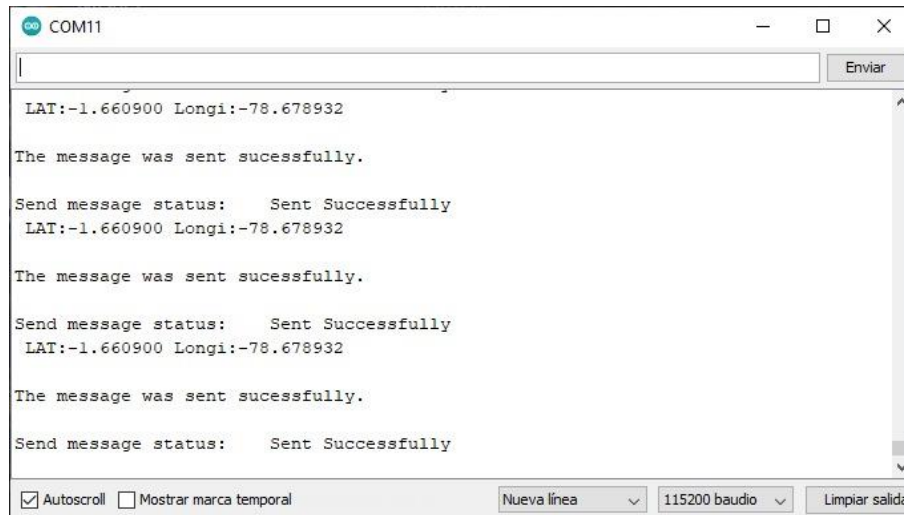


Ilustración 19-3: Monitor Serial de la comunicación con el módulo GPS

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

En la ilustración 19-3 observamos que la comunicación es correcta, además se debe considerar algunos aspectos como la demora en recibir datos la primera vez que se inicializa el GPS esta demora fue entre 30-45 segundos o más; es importante mencionar que la precisión depende de factores naturales como las nubes, el clima y otros como casas, etc.

3.10.2. Comunicación entre nodo de rastreo y nodo de control con tecnología Wi-Fi

La comunicación entre el nodo de rastreo y el nodo de control se la realizó mediante comunicación inalámbrica con tecnología Wi-Fi, para esto se utilizó tarjetas de desarrollo Node MCU Esp 32 las mismas que tienen integrado un módulo Wi-Fi, en la ilustración 20-3 podemos observar los datos que se van a transmitir.

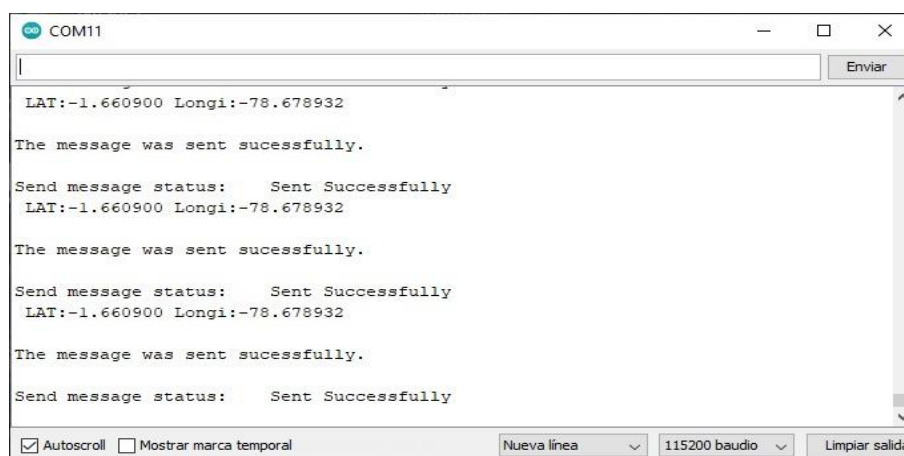


Ilustración 20-3: Datos para transmitir al nodo de control con tecnología Wi-Fi

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

En la ilustración 21-3 podemos observar los datos recibidos en el nodo de control, los datos fueron enviados mediante tramas que en el receptor por medio de la concatenación se fueron ordenando la longitud y latitud.

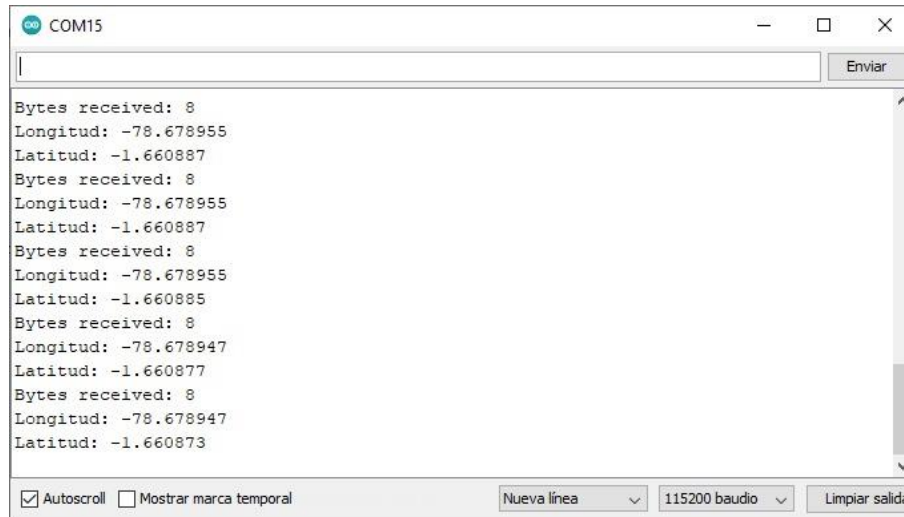


Ilustración 21-3: Datos recibidos en el nodo de control con tecnología Wi-Fi

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

3.10.3. Comunicación entre nodo de rastreo y nodo de control con tecnología Zigbee

La comunicación entre el nodo de rastreo y el nodo de control se realizó mediante comunicación inalámbrica con tecnología Zigbee, para esto se utilizó módulos XBee ZB S2C TH los mismos que fueron configurados mediante la aplicación XCTU, en la ilustración 22-3 podemos observar los datos que se van a transmitir.

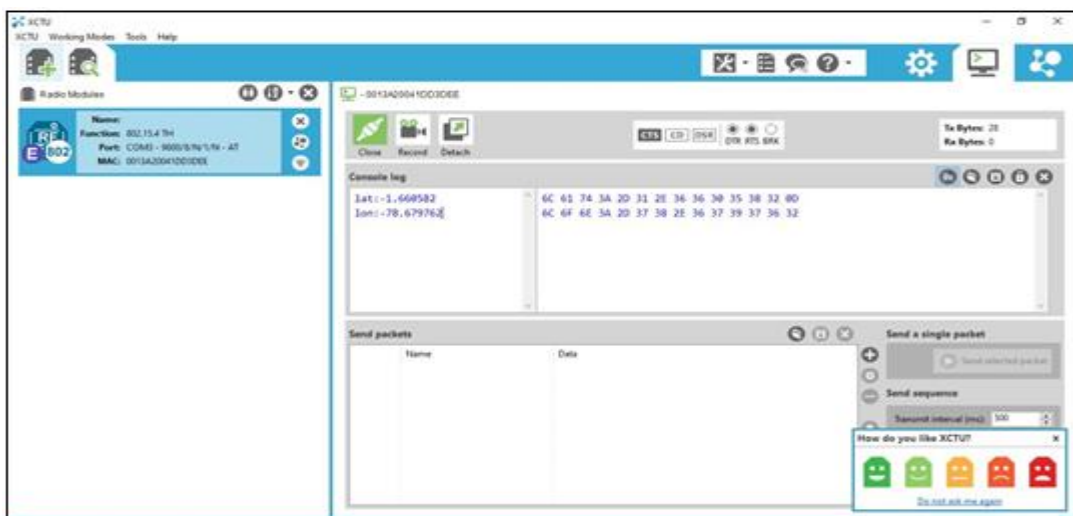


Ilustración 22-3: Datos para transmitir al nodo de control con tecnología Zigbee

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

En la ilustración 23-3 podemos observar los datos recibidos en el nodo de control, los parámetros modificados en la aplicación XCTU fueron CH Channel, ID PAN ID, DH destination Address Low y CE Coordinator Enable los demás parámetros se los mantiene con sus valores por defecto.

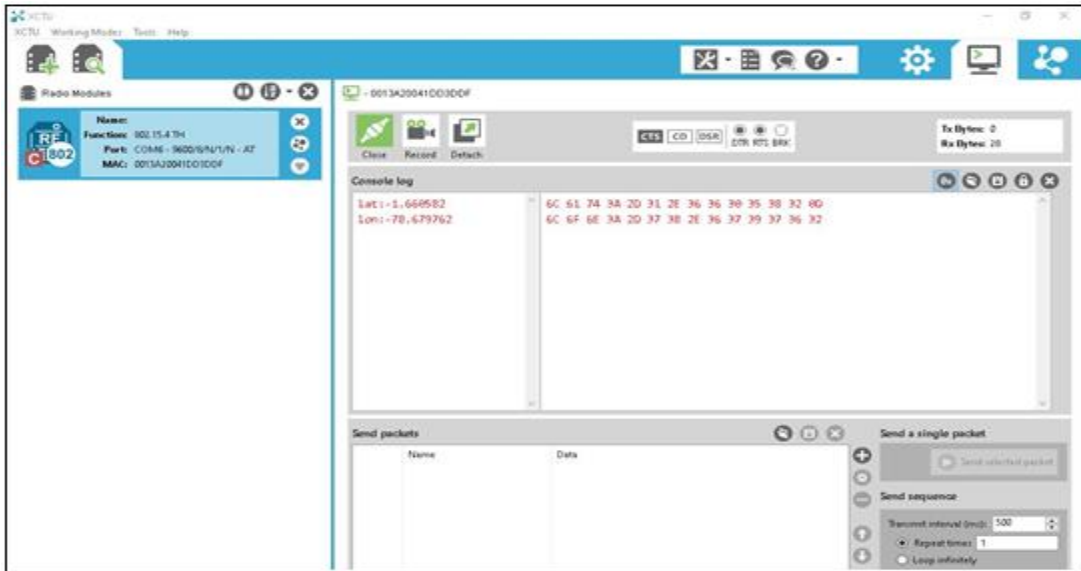


Ilustración 23-3: Datos recibidos en el nodo de control con tecnología Zigbee

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

3.10.4. Comunicación con la Interfaz Móvil y Web

Para generar la comunicación tanto con la interfaz móvil como con la interfaz web de Blynk se debe crear un nuevo proyecto en donde se tienen widgets que permiten la elaboración de un dashboard, estos widgets permiten el intercambio de datos entre el hardware y la interfaz de Blynk se asignó pines virtuales a los widgets utilizados, estos pines virtuales son distintos a los pines de (E/S) tanto digitales y analógicos y fueron una idea insertada por Blynk Inc.



Ilustración 24-3: Monitor Serial de la comunicación con la plataforma Blynk

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Para conseguir asignar los pines virtuales, en cada valor leído por la plataforma se debe agregar en el código el siguiente comando “Blynk.virtualWrite(vPIN, valor)”, de esta manera al momento de arrastrar cada widget nos enseña la manera de como programar para que cada valor sea leído de manera correcta.

3.11. Desarrollo de la interfaz móvil.

La Plataforma Blynk permite el desarrollo de interfaces móviles como se mencionó en el capítulo II apartado 2.6 estas interfaces se crean mediante el uso de widgets, los pasos a seguir para la creación de la interfaz móvil de monitoreo son los siguientes:

Como primer paso, se crearon dos nuevos dispositivos a los cuales se les asignó el nombre Comunicación XBEE y comunicación WIFI respectivamente, se escogió la tarjeta de desarrollo y el tipo de conexión.

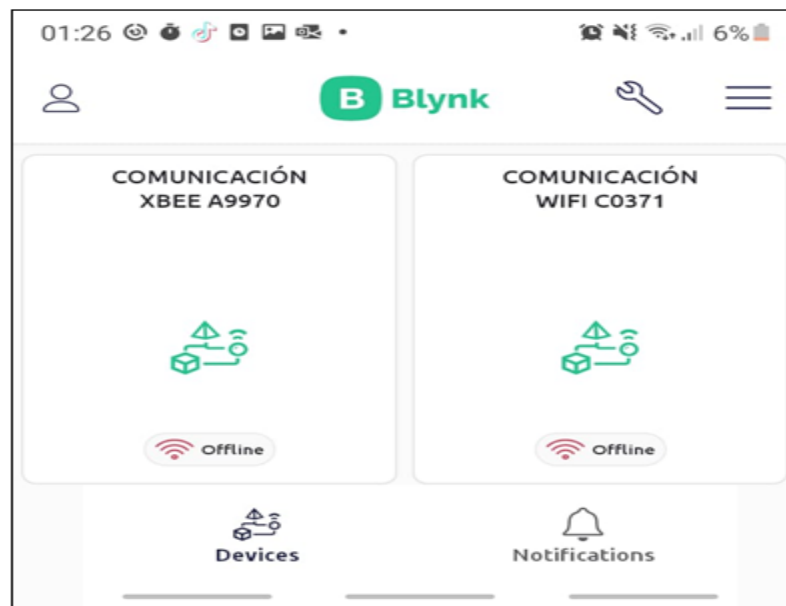


Ilustración 25-3: Dispositivos nuevos agregados

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Luego, se selecciona el símbolo \oplus y se despliega un menú con diferentes opciones de widgets de los cuales seleccionamos “Map”, este widget permite la geolocalización mediante las coordenadas obtenidas en el nodo de rastreo por medio del mapa de Google, adicionalmente seleccionamos 5 veces el widget “Button” el cual nos indica los diferentes parámetros como son: latitud, longitud, área delimitada, conexión con el nodo de control, etc.

Estos son los widgets utilizados que permitieron tener una interfaz móvil de monitoreo en tiempo real del dispositivo, cabe recalcar que Blynk posee una gran variedad de widgets con los cuales se podría agregar reportes, notificaciones, gráficas, tablas, entre otros.

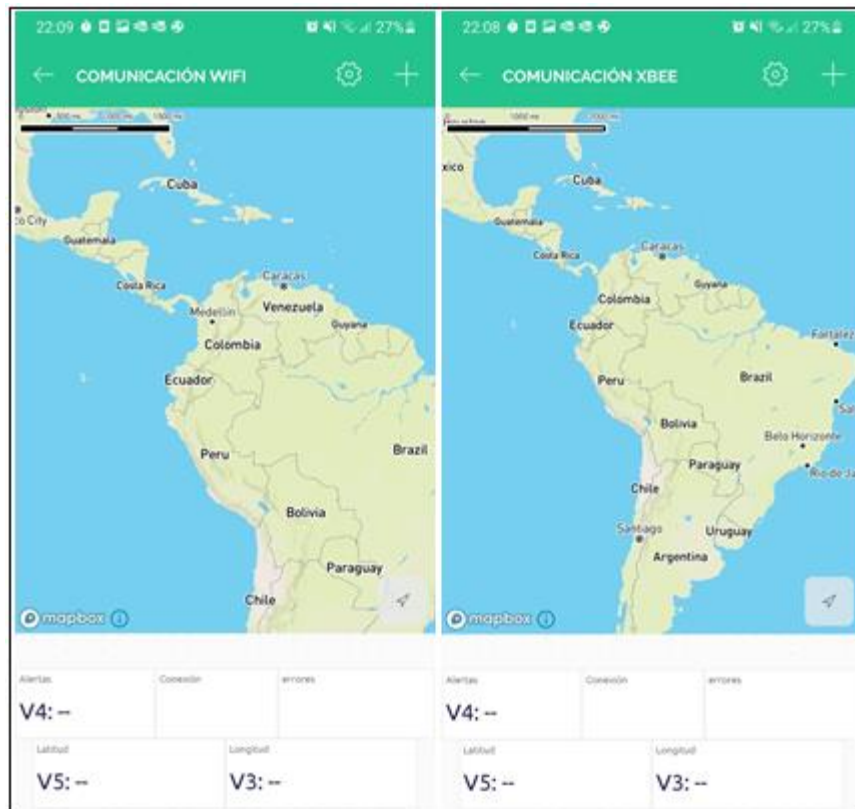


Ilustración 26-3: Widgets utilizados para la interfaz móvil

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Para finalizar con la creación de la interfaz móvil de monitoreo se debe darle al botón siguiente ▷ y esperar que los datos conseguidos del satélite comiencen a indicarse en los widgets configurados anteriormente.

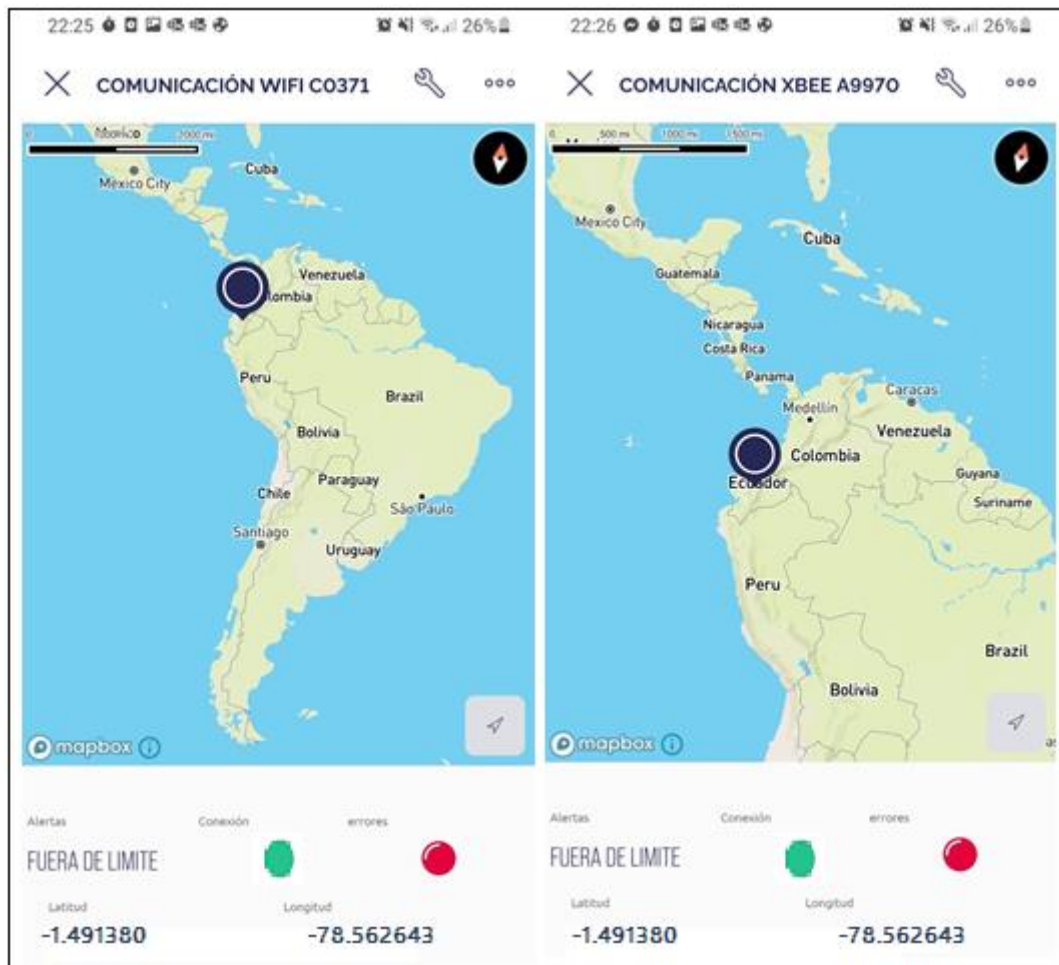


Ilustración 27-3: Interfaz móvil para Geolocalización terminada

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

3.11.1. Experiencia de usuario

Para medir la experiencia del usuario se aplicó el cuestionario (UEQ-S) en su versión corta (UEQ, 2018), a los maestros de la escuela José Antonio Lizaraburu. El cuestionario ayuda a medir de manera rápida y segura la experiencia del usuario ante un producto software, la versión reducida del cuestionario consiste en preguntas de pares de aspectos opuestos que miden cualidades como la experiencia del usuario y la usabilidad del producto.

La aplicación de este cuestionario consiste en medir 6 atributos los cuales se detallan a continuación:

1. Claridad. Facilidad de uso del producto software.
2. Eficiencia. Virtud en resolver las tareas para las que fue creada.
3. Atractivo. Impacto ocasionado por el producto.
4. Estímulo. Mide si el producto es motivador o emocionante.

5. Confianza. Control del usuario sobre el producto.
6. Novedad. Evalúa que tan innovador es el producto

Estos aspectos se evaluarán mediante la ayuda de 8 preguntas que conforman el cuestionario (UEQ-S) en su versión corta, que enfrentan dos cualidades opuestas separadas por un intervalo de puntos que van desde el 1 al 7.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se detallan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al prototipo de geolocalización. Se realizó un análisis comparativo de los parámetros retardo, rango y consumo de potencia entre las dos tecnologías de comunicación inalámbrica utilizadas en este proyecto, finalmente se presenta la funcionabilidad, precisión y análisis económico del prototipo.

4.1. Resultados comparación Likert de las tecnologías inalámbricas de corto alcance

Tabla 1-4: Comparación Likert de las tecnologías inalámbricas de corto alcance

Tecnologías Características	Bluetooth	ZigBee	Z-Wave	UWB	Wi-Fi
Rango de operación	2	4	2	2	4
Velocidad de transferencia de datos	3	2	1	4	4
Operación en zonas rurales	4	4	4	4	4
Duración de las baterías	2	4	4	2	2
Tamaño de la red	1	4	3	1	2
Costo operativo	3	3	1	3	3
Costo de mantenimiento	3	4	1	1	4
Total	18	25	16	17	23

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

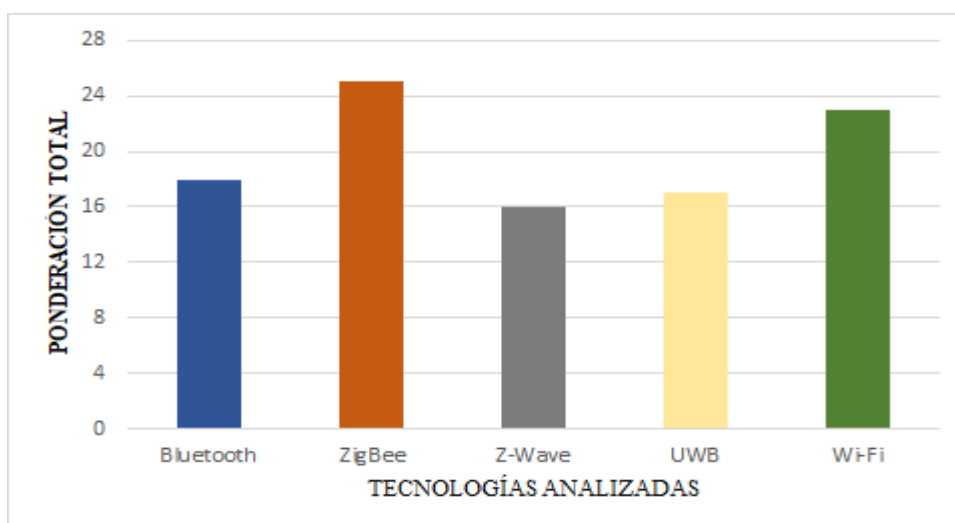


Ilustración 1-4: Escala de comparación tecnologías inalámbricas según Likert

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Por medio de la tabla 1-4 y la ilustración 1-4 tenemos como resultado las dos tecnologías que mejores beneficios aportan al desarrollo del prototipo de geolocalización estas son la tecnología Zigbee con una ponderación de 25 puntos equivalente al 89% y la tecnología Wi-Fi con una ponderación de 23 puntos equivalente a 82% de un total de 28 puntos igual al 100 % en la escala de Likert.

Mediante la escala de Likert se ha considerado que las dos tecnologías inalámbricas más óptimas para el desarrollo del prototipo son Zigbee y Wi-Fi, tanto técnicamente como en la parte económica analizando flexibilidad, una buena velocidad de transferencia de datos, poseen un rango de operación adecuado a la infraestructura de la escuela, compatibilidad con una amplia gama de dispositivos, un bajo costo de implementación y de mantenimiento.

4.2. Mediciones del retardo entre los nodos de comunicación

Para determinar el número de muestras necesarias se utilizó la ecuación (1-1) donde los parámetros establecidos fueron una probabilidad de confianza del 95% por lo que nuestro valor de z es 1.96 y un error estimado límite del 5%, la probabilidad de ocurrencia es del 98% y la probabilidad de no ocurrencia es el complemento de p es decir $(1-p) = 2\%$. Al sustituir los valores en la ecuación (1-1) tenemos que:

$$n = \frac{1.96^2 * 0.98 * 0.02}{0.05^2} = 30,12 = 31 \text{ muestras}$$

Con el número de muestras obtenido se compara el retardo que existe en la comunicación de las dos tecnologías inalámbricas enviando datos constantes desde nodo de rastreo (emisor) hacia el nodo de control (receptor), los datos que se enviaron fueron latitud y longitud del punto central de la escuela José Antonio Lizaraburu del cantón Guano.

4.2.1. Promedio del retardo entre los nodos de comunicación con tecnología Wi-Fi

En la tabla 2-4 se observa las 31 muestras obtenidas para el análisis, las mismas fueron recogidas del puerto COM 11 mediante el reloj de la tarjeta de desarrollo, esto se lo realiza midiendo el tiempo en que tardan los datos en llegar desde el nodo de rastreo hacia el nodo de control.

Tabla 2-4: Muestras obtenidas del retardo de la tecnología Wi-Fi

Muestra	Hora de envío (Emisor)	Hora de llegada (Receptor)	Tiempo de retardo [ms]
1	20:15:10:100	20:15:10:110	10
2	20:15:10:120	20:10:38:130	10
3	20:15:10:140	20:15:11:150	10
4	20:15:36:660	20:15:36:670	10
5	20:15:36:680	20:15:36:690	10
6	20:15:36:700	20:15:36:710	10
7	20:16:00:445	20:16:00:455	10
8	20:16:00:466	20:16:00:475	9
9	20:16:00:485	20:16:00:495	10
10	20:16:37:334	20:16:37:344	1
11	20:16:37:339	20:16:37:346	7
12	20:16:37:354	20:16:37:362	8
13	20:17:17:702	20:17:17:713	11
14	20:17:17:722	20:17:17:732	10
15	20:17:17:745	20:17:17:761	16
16	20:18:02:128	20:18:02:136	8
17	20:18:02:144	20:18:02:152	8
18	20:18:02:176	20:18:02:199	23
19	20:18:25:207	20:18:25:230	38
20	20:18:25:258	20:18:25:282	24
21	20:18:25:305	20:18:25:333	28
22	20:18:52:105	20:18:52:156	51
23	20:18:52:198	20:18:52:202	4
24	20:18:52:230	20:18:52:269	39
25	20:19:14:16	20:19:14:185	25
26	20:19:14:213	20:19:14:275	62
27	20:19:14:282	20:19:14:289	7
28	20:19:34:463	20:19:34:489	26
29	20:19:34:511	20:19:34:532	21
30	20:19:34:559	20:19:34:814	255
31	20:20:39:958	20:20:40:012	54

Realizado por: Darwin, Muñoz, 2023.

Los retardos producidos entre los nodos de comunicación con tecnología Wi-Fi varían dependiendo de la distancia de separación que tienen los nodos uno respecto al otro, condiciones climáticas, interferencias producidas por la infraestructura del lugar, entre otras. En la ilustración 2-4 observamos la variabilidad de los retardos con respecto al número de muestras establecidas.

Es importante mencionar que los retardos tienen valores muy similares debido a que la distancia de separación fue constante.

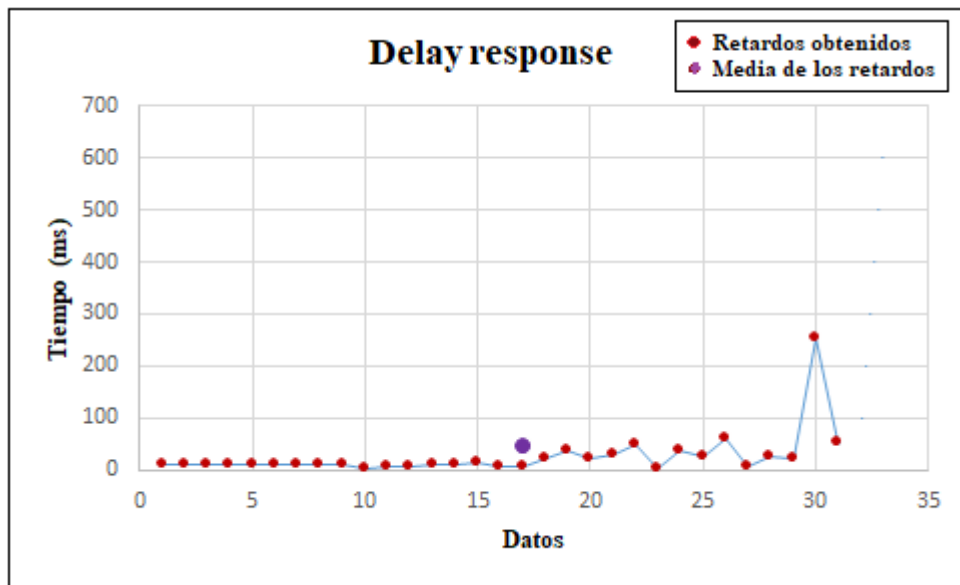


Ilustración 2-4: Retardo de la tecnología Wi-Fi

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Los datos obtenidos se observan en el puerto COM11 para el caso de la tecnología Wi-Fi en la ilustración 3-4 se detalla los valores arrojados en el puerto COM11.



Ilustración 3-4: Monitor serial de pruebas de retardo tecnología Wi-Fi

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

4.2.2. Promedio del retardo entre los nodos de comunicación con tecnología Zigbee

De igual manera como se lo realizó con la tecnología Wi-Fi se calcula los retardos producidos por la tecnología Zigbee, en la tabla 3-4 se indican las 31 muestras determinadas para el análisis del promedio de retardo, cabe mencionar que los tiempos arrojados por el puerto COM 7 del ide de Arduino vienen dados en milisegundos por lo que se tomó en consideración la hora de inicio de la prueba para asignar una determinada hora a los valores obtenidos.

Tabla 3-4: Muestras obtenidas del retardo de la tecnología Zigbee

Muestra	Hora de envío (Emisor)	Hora de llegada (Receptor)	Tiempo de retardo [ms]
1	20:30:30:300	20:30:30:404	104
2	20:30:30:508	20:30:30:612	104
3	20:30:30:716	20:30:30:820	104
4	20:32:22:074	20:32:22:180	106
5	20:32:22:286	20:32:22:392	106
6	20:32:22:499	20:32:22:605	106
7	20:32:48:422	20:32:48:528	106
8	20:32:48:634	20:32:48:740	106
9	20:32:48:846	20:32:48:953	107
10	20:33:13:482	20:33:13:588	106
11	20:33:13:695	20:33:13:801	106
12	20:33:13:907	20:33:14:013	106
13	20:33:40:256	20:33:40:362	106
14	20:33:40:469	20:33:40:575	106
15	20:33:40:681	20:33:40:787	106
16	20:34:12:591	20:34:12:698	107
17	20:34:12:804	20:34:12:910	106
18	20:34:13:017	20:34:13:123	106
19	20:35:27:468	20:35:27:574	106
20	20:35:27:681	20:35:27:787	106
21	20:35:27:893	20:35:28:000	107
22	20:35:54:834	20:35:54:940	106
23	20:35:55:046	20:35:55:153	107
24	20:35:54:259	20:35:54:365	106
25	20:36:25:786	20:36:25:892	106
26	20:36:25:998	20:36:26:105	107
27	20:36:26:211	20:36:26:317	106
28	20:36:50:045	20:36:50:64	19
29	20:36:50:124	20:36:50:229	105
30	20:36:50:335	20:36:50:442	107

31	20:38:34:686	20:38:34:792	106
----	--------------	--------------	-----

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

En la ilustración 4-4 observamos la variabilidad de los retardos con respecto al número de muestras establecidas.

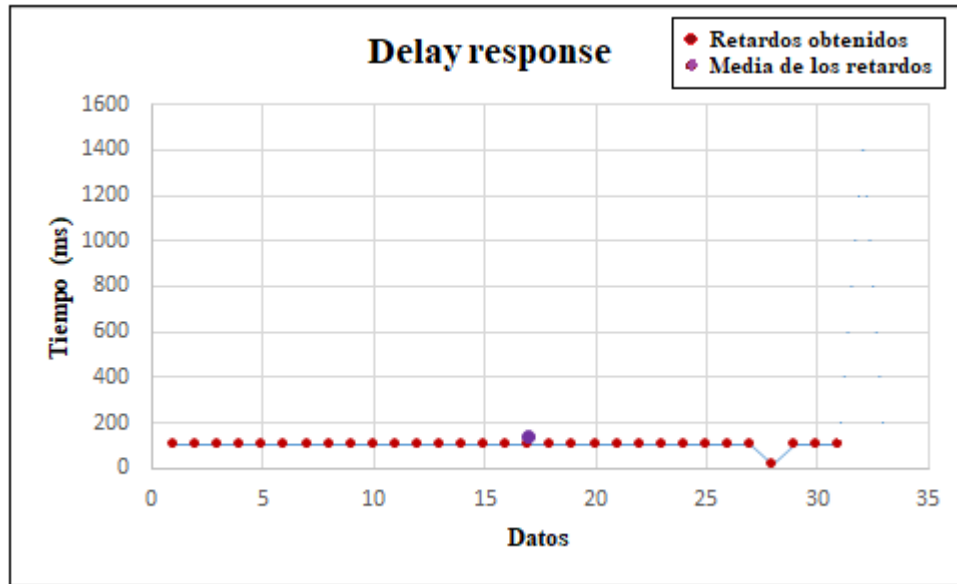


Ilustración 4-4: Retardo de la tecnología Zigbee

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

En el caso de Zigbee los valores obtenidos se observan en el puerto COM7 en la ilustración 5-4 se detalla los tiempos arrojados en el puerto COM7.

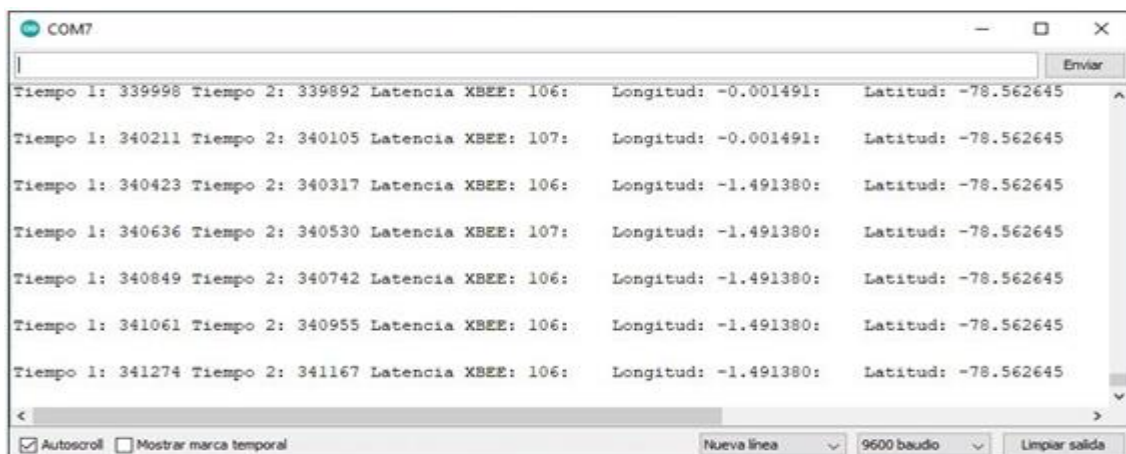


Ilustración 5-4: Monitor serial de pruebas de retardo tecnología Zigbee

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

4.3. Rango de comunicación inalámbrica entre los nodos

Se utilizó el método prueba y error para determinar el rango de comunicación que existe entre el nodo de rastreo con el nodo de control tanto con la tecnología Wi-Fi como con la tecnología Zigbee, es decir se iban separando los módulos uno del otro con intervalos de 10 metros hasta que los datos transmitidos no lleguen a su destino, para asignar una calificación se utilizó la escala de Likert expuesta en el capítulo III apartado 3.2.

4.3.1. Rango de comunicación entre los nodos con tecnología Wi-Fi

En la tabla 4-4 observamos que la comunicación es excelente hasta los 50 metros, al sobrepasar ese rango los datos empiezan a tener una variabilidad de retardo es decir que se empiezan a perder aun así la comunicación es estable hasta los 130 metros, este valor es el rango más alto en el que puede operar esta tecnología a partir de esta distancia la comunicación entre nodos se pierde por lo que el dispositivo queda en estado no operacional.

Tabla 4-4: Prueba de rango de comunicación con Wi-Fi

Distancia (metros)	Valor Likert
1-10	4
10-20	4
20-30	4
30-40	4
40-50	4
50-60	3
60-70	3
70-80	3
80-90	3
90-100	3
100-110	2
100-120	2
120-130	2
130-140	0
140-150	0
Total	41

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Cabe mencionar que es de suma importancia las interferencias como casas, desniveles del suelo, buses, entre otras. Estas afectaran la comunicación entre los nodos disminuyendo el rango de alcance considerablemente.

4.3.2. Rango de comunicación entre los nodos con tecnología Zigbee

En la tabla 5-4 observamos que la comunicación es excelente hasta los 80 metros, es decir que presenta un retardo mucho más lineal a lo que se obtuvo con la tecnología Wi-Fi, pero sin embargo al sobrepasar ese rango los datos empiezan a tener de igual manera una variabilidad del retardo es decir que se empiezan a perder aun así la comunicación se da hasta los 100 metros, de igual manera la conexión se pierde luego de sobrepasar esa distancia.

Tabla 5-4: Prueba de rango de comunicación con Zigbee

Distancia (metros)	Valor Likert
1-10	4
10-20	4
20-30	4
30-40	4
40-50	4
50-60	4
60-70	4
70-80	4
80-90	3
90-100	3
100-110	0
100-120	0
120-130	0
130-140	0
140-150	0
Total	38

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

4.3.3. Resultados comparación Likert del rango de operación entre las tecnologías Wi-Fi y Zigbee

Por medio de la tabla 4-4 y 5-4 tenemos como resultado que la tecnología Wi-Fi presenta un mayor alcance con una ponderación de 41 puntos logrando un rango de operación de 130 metros por su parte la tecnología Zigbee con una ponderación de 38 puntos logra un rango de comunicación de 100 metros.

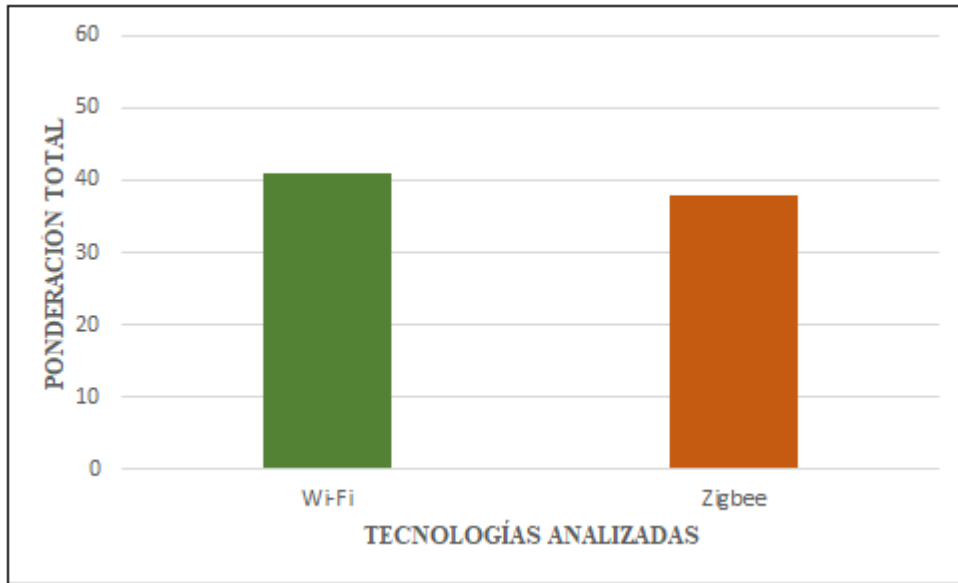


Ilustración 6-4: Escala comparativa rango de operación

Fuente: Muñoz, Darwin, 2023.

4.4. Precisión del Prototipo con cada tecnología

El número de muestras necesarias para una población infinita se lo obtuvo en el apartado 4.2, por lo que se requieren 31 muestras para establecer que tan preciso y exacto es nuestro dispositivo. Una vez obtenido el número de muestras necesarias se procede a sacar una media de los datos de esta manera y con un punto de referencia establecido en la ilustración 5-4 reemplazamos estos valores en la ecuación (1-4) para encontrar la distancia en kilómetros entre dos puntos geográficos.

$$Distancia [Km] = 6371 * d^{\circ} \quad (1 - 4)$$

Donde:

$$d^{\circ} = \arccos[\cos(lat1) \cos(lat2) + \sin(lat1)\sin(lat2) \cos(lon1 - lon2)] \quad (2 - 4)$$

Reemplazando la ecuación (2-4) en la ecuación (1-4) se obtiene la precisión en kilómetros para pasarla a metros se realiza la siguiente conversión.

$$d(Km) \left(\frac{1000m}{1km} \right) = d(m)$$



Ilustración 7-4: Punto de referencia

Fuente: Google Earth, 2023.

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

4.4.1. *Precisión del Prototipo con tecnología Wi-Fi*

Las mediciones con el prototipo funcionando con tecnología Wi-Fi se la realizaron en el exterior de las aulas de clase en un punto medio de la escuela el día 28 de julio del 2022 por un lapso de tiempo de 10 minutos, la lectura de los datos empezó 1 minutos después de encender el dispositivo de rastreo dándonos como resultados los datos mostrados en la tabla 6-4.

Tabla 6-4: Muestras obtenidas en las mediciones del prototipo con tecnología Wi-Fi

Muestra	Latitud	Longitud	Hora GMT-05
1	-1,491339	-78,56266	10:45:10
2	-1,49134	-78,56266	10:45:30
3	-1,491337	-78,56266	10:45:50
4	-1,491331	-78,56266	10:46:10
5	-1,491334	-78,562683	10:46:30
6	-1,491333	-78,562675	10:46:50
7	-1,491333	-78,56266	10:47:10
8	-1,491334	-78,56266	10:47:30
9	-1,491335	-78,56266	10:47:50
10	-1,491335	-78,56266	10:48:10
11	-1,491333	-78,562675	10:48:30
12	-1,491339	-78,562675	10:48:50

13	-1,491337	-78,56266	10:49:10
14	-1,491335	-78,56266	10:49:30
15	-1,491329	-78,56266	10:49:50
16	-1,491327	-78,562653	10:50:10
17	-1,491324	-78,562653	10:50:30
18	-1,491325	-78,562653	10:50:50
19	-1,491327	-78,562653	10:51:10
20	-1,491327	-78,562653	10:51:30
21	-1,491325	-78,562653	10:51:50
22	-1,491326	-78,562653	10:52:10
23	-1,49132	-78,562653	10:52:30
24	-1,491316	-78,562645	10:52:50
25	-1,491315	-78,562645	10:53:10
26	-1,491322	-78,562645	10:53:30
27	-1,491327	-78,562653	10:53:50
28	-1,491329	-78,56266	10:54:10
29	-1,491332	-78,56266	10:54:30
30	-1,491335	-78,56266	10:54:50
31	-1,491335	-78,56266	10:55:10

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Para entender de mejor manera la distribución de los errores de medida se realizó una gráfica mediante la herramienta Excel donde se representaron los puntos en un plano 2D, además se calculó la media para encontrar la distancia de error con respecto al punto de referencia.

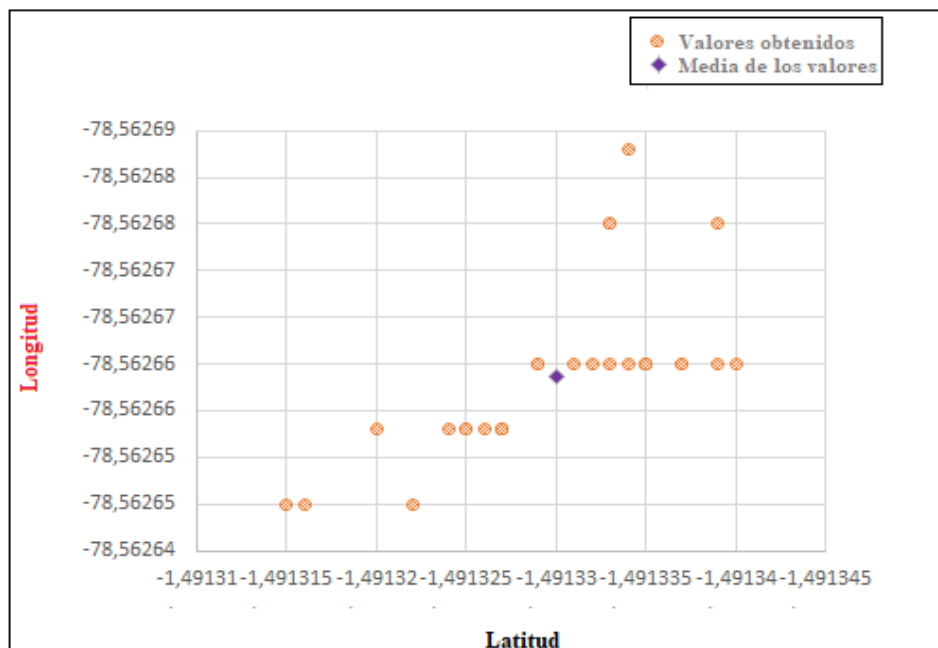


Ilustración 8-4: Distribución de los datos obtenidos y su media con tecnología Wi-Fi

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Como resultado tenemos que el valor de la media es (latitud = -1.491330033; longitud = -78.56265867), por el contrario, el punto de referencia es (latitud = -1,491336; longitud = -78,56265). Se reemplaza los datos obtenidos en la ecuación (2-4) dándonos como resultado la distancia de la media con respecto al punto de referencia de 1,17 metros.

4.4.2. *Precisión del Prototipo con tecnología Zigbee*

Considerando el mismo punto de referencia se empezó con las mediciones del prototipo con tecnología Zigbee, el día 28 de julio del 2022 por un lapso de tiempo de 10 minutos, en este caso la lectura de los datos empezó de igual manera 1 minuto después de arrancar el dispositivo de rastreo obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 7-4: Muestras obtenidas en las mediciones del prototipo con tecnología Zigbee

Muestra	Latitud	Longitud	Hora GMT-05
1	-1,491319	-78,562653	11:12:10
2	-1,491327	-78,562653	11:12:30
3	-1,491329	-78,562653	11:12:50
4	-1,491331	-78,562653	11:13:10
5	-1,491331	-78,562653	11:13:33
6	-1,491324	-78,562645	11:13:50
7	-1,491321	-78,562645	11:14:10
8	-1,491322	-78,562645	11:14:30
9	-1,491325	-78,562637	11:14:50
10	-1,491326	-78,562637	11:15:10
11	-1,491325	-78,562637	11:15:30
12	-1,491322	-78,562645	11:15:50
13	-1,491321	-78,562645	11:16:10
14	-1,491321	-78,562645	11:16:30
15	-1,49132	-78,562645	11:16:50
16	-1,491316	-78,562645	11:17:10
17	-1,491317	-78,562645	11:17:30
18	-1,491318	-78,562645	11:17:50
19	-1,491316	-78,562645	11:18:10
20	-1,491313	-78,562645	11:18:30
21	-1,491311	-78,562645	11:18:50
22	-1,491312	-78,562653	11:19:10
23	-1,491314	-78,562645	11:19:30
24	-1,491315	-78,562645	11:19:50
25	-1,491316	-78,562653	11:20:10
26	-1,491317	-78,562645	11:20:30
27	-1,491318	-78,562653	11:20:50

28	-1,491319	-78,562645	11:21:10
29	-1,49132	-78,562645	11:21:31
30	-1,491319	-78,562645	11:21:50
31	-1,491319	-78,562645	11:22:10

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Se realizó una gráfica con los datos obtenidos por medio de Excel donde se representaron los puntos en un plano 2D, además se obtuvo la media para encontrar la distancia de error con respecto al punto de referencia.

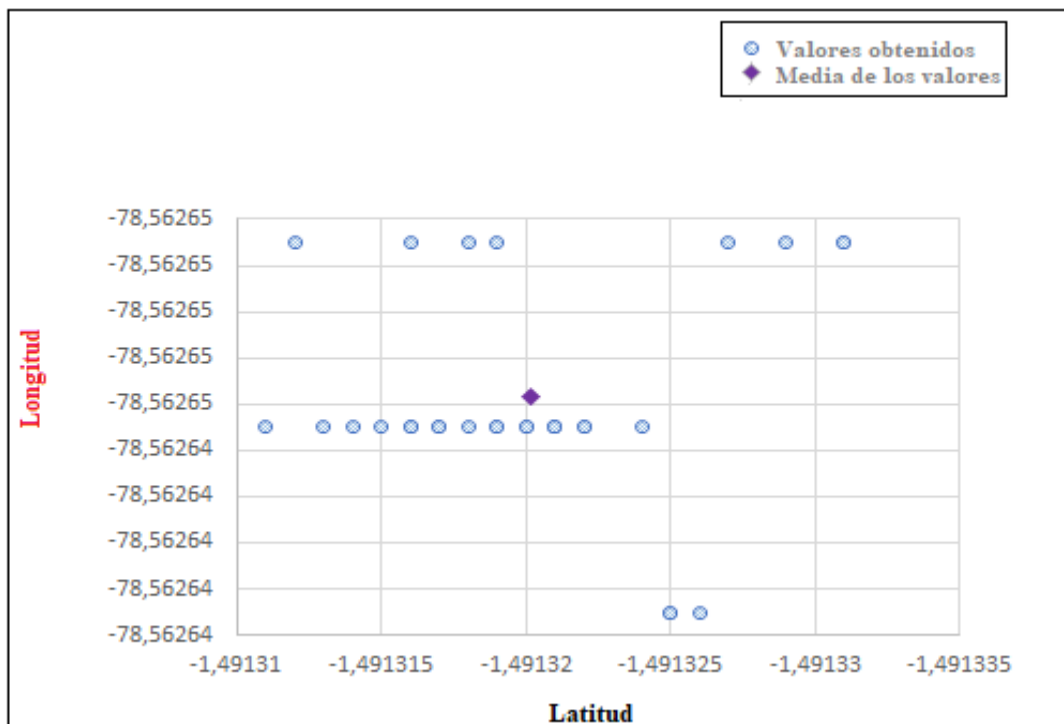


Ilustración 9-4: Distribución de los datos obtenidos y su media con tecnología Zigbee

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

El valor de la media calculado es (latitud = -1,491320167; longitud = -78,56264633), en cuanto al punto de referencia es el mismo (latitud = -1,491336; longitud = -78,56265). Se reemplaza los datos obtenidos en la ecuación (2-4) dándonos como resultado la distancia de la media con respecto al punto de referencia de 1,81 metros.

Se pudo deducir que el error de distancia respecto a la media en los dos casos es muy similar esto es debido a que dicho error depende de la calidad del sensor GPS, por lo que la comunicación inalámbrica entre los nodos de rastreo y control no interviene en la precisión del dispositivo.

4.5. Comparación del consumo de baterías

Para realizar el análisis del nivel de consumo de energía del nodo de rastreo con las diferentes tecnologías de comunicación inalámbrica se describe el valor de corriente que necesita cada elemento que conforma el nodo en la tabla 8-4 observamos los valores que consume cada elemento.

Tabla 8-4: Comparación del consumo de baterías

Distancia (metros)	Elemento	Cantidad	Corriente
Tecnología Wi-Fi	ESP 32	1	180 mA
	Sensor GPS	1	100 mA
	LEDs	3	9mA
	Total		289 mA
Tecnología Zigbee	Arduino Nano	1	20 mA
	Módulo XBee	1	30 mA
	Sensor GPS	1	100 mA
	LEDs	3	9mA
	Total		159 mA

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

El cálculo de la duración de la batería del nodo de rastreo establecido con dos tecnologías inalámbricas se lo realizó mediante la ecuación (3-4), en donde se necesita saber el valor de la batería para la alimentación del dispositivo el cual es de 3200mA y además el total de consumo. Para la tecnología Wi-Fi se tiene un consumo absoluto de 289 mA por el otro lado la tecnología Zigbee consume un total de 159 mA.

$$\text{Tiempo de duración (Horas)} = \frac{\text{Capacidad batería (mAh)}}{\text{Consumo total dispositivo (mA)}} * 0.7$$

4.5.1. Consumo de la batería con tecnología Wi-Fi

$$\text{Tiempo de duración (Horas)} = \frac{3200 \text{ (mAh)}}{289 \text{ (mA)}} * 0.7 = 7.75 \text{ (horas)}$$

Remplazando los valores de capacidad de la batería y del consumo total del dispositivo en la ecuación (3-4) se tiene una duración aproximada de la batería para el nodo de rastreo configurado con tecnología Wi-Fi de 7.75 horas.

4.5.2. Consumo de la batería con tecnología Zigbee

$$\text{Tiempo de duración (Horas)} = \frac{3200 \text{ (mAh)}}{159 \text{ (mA)}} * 0.7 = 14.09 \text{ (horas)}$$

Remplazando los valores de capacidad de la batería y del consumo total del dispositivo en la ecuación (3-4) se tiene una duración aproximada de la batería para el nodo de rastreo configurado con tecnología Zigbee de 14.09 horas.

Los resultados obtenidos indican que el nodo configurado con tecnología Zigbee consume menos corriente por lo que tiene una duración de la batería mayor debido a que la tarjeta de desarrollo Arduino nano y el módulo XBee ZB S2C TH tiene un consumo muy bajo en comparación con la tarjeta de desarrollo NodeMCU Esp 32.

La comprobación del consumo de batería se lo realizó mediante el método prueba y error aplicado al prototipo, es decir se lo dejó encendido y se tomó el tiempo que dura el prototipo enviando datos mediante un cronómetro hasta que la batería se agote y los datos dejen de ser enviados de esta manera se obtuvo que el prototipo con tecnología Wi-Fi tiene una duración de la batería de 6 horas 15 minutos mientras que el prototipo con tecnología Zigbee tiene una duración de la batería de 12 horas 10 minutos como se observa en el anexo F, valores más pequeños que los calculados con la ecuación (3-4).

4.6. Visualización de coordenadas y alertas

Como resultado entre la comunicación de los diferentes dispositivos con tecnología Wi-Fi y Zigbee se logró obtener los datos tanto en la plataforma de almacenamiento como en la interfaz móvil. Para la visualización de los valores se crearon dos dispositivos, uno para el nodo con tecnología Wi-Fi y otro para el nodo tecnología Zigbee los parámetros establecidos fueron los mismos de tal manera que cada dispositivo recibe los datos recolectados por el nodo de control que le corresponde.

En la ilustración 10-4 se observa cada Widget configurado como son: latitud, longitud, ledgps, lederr y un indicador de zona para saber si se sale del límite asignado como zona segura. Cada una de estas variables tienen su propósito latitud y longitud nos muestran las coordenadas del dispositivo de rastreo, ledgps nos indica que la conexión con el nodo de control está activa, lederr al igual que el indicador de zona son alertas de que el dispositivo de rastreo salió del área asignada

como segura, además se tiene configurado en el nodo de control una alarma que se activa al momento en que el dispositivo salga de la zona segura

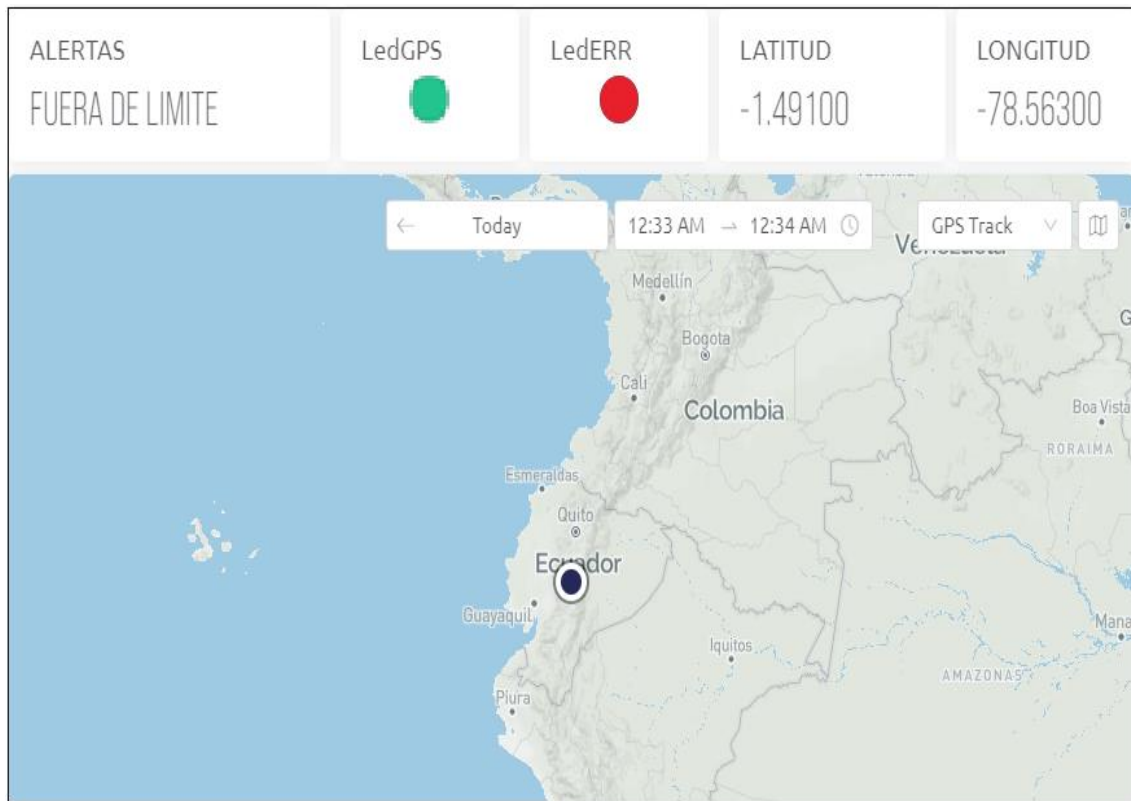


Ilustración 10-4: Datos mostrados en los Widgets de la plataforma Blynk.

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Las coordenadas mostradas en la interfaz móvil configurada en la plataforma Blynk se actualizan cada 500 ms. Para la visualización del mapa se tienen dos formas la primera como vista en satélite y la segunda en mapa de preferencia se debe utilizar la vista en mapa de esta manera se pueden observar lugares de referencia como calles, y lugares conocidos entre otras.

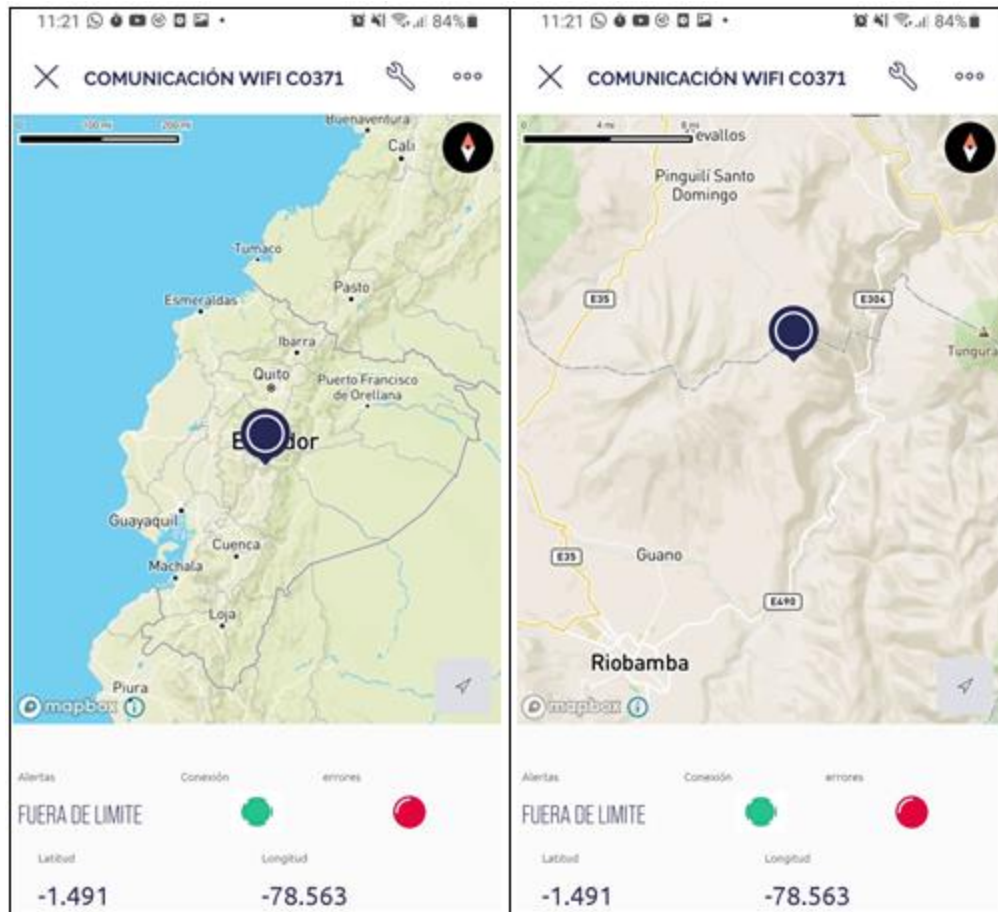


Ilustración 11-4: Datos obtenidos en la interfaz móvil Blynk.

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

Con los datos obtenidos la plataforma Blynk nos permite descargar reportes en formato .CSV que representan de manera sencilla los datos extraídos en forma de tablas. De esta manera se puede realizar un profundo análisis de los valores permitiendo establecer alertas preventivas y el monitoreo del niño de acuerdo a eventos y movimientos, de esta manera se puede ayudar a precautelar la seguridad de los niños cuando estén dentro de la institución.

4.7. Prueba de Geolocalización en tiempo real

Las pruebas de seguimiento se las realizó en la escuela José Antonio Lizarzaburu del cantón Guano, el recorrido empezó dentro de la institución exactamente desde las aulas de clases hacia la parte exterior de la escuela. Mediante el Widget Map configurado en la plataforma Blynk se pudo visualizar en la interfaz móvil el recorrido en tiempo real.

En la ilustración 12-4 podemos observar el recorrido realizado por un niño del día 30 de julio del 2022, el rango de comunicación entre los nodos al estar trabajando con tecnología Wi-Fi fue

aproximadamente de 100 metros posterior a esa distancia se encuentran casas e inclinaciones de las calles que no permiten establecer conexión entre los nodos, además se activan las alertas de aviso que el dispositivo salió de la zona segura.



Ilustración 12-4: Pruebas de recorrido del prototipo con tecnología Wi-Fi

Fuente: Muñoz, Darwin, 2023.

En la ilustración 13-4 de la misma forma se observa el recorrido realizado por un niño el día 28 de julio del 2022, el rango de comunicación entre los nodos al estar trabajando en este caso con tecnología Zigbee fue de igual manera que con la tecnología Wi-Fi aproximadamente de 100 metros posterior a esa distancia se dejó de recibir los datos de latitud y longitud.



Ilustración 13-4: Pruebas de recorrido del prototipo con tecnología Zigbee

Fuente: Muñoz, Darwin, 2023.

4.8. Evaluación de la interfaz móvil mediante el cuestionario UEQ

Como se mencionó en el capítulo II apartado 3.11.1 se evaluó la interfaz móvil de monitoreo mediante el cuestionario de experiencia del usuario (UEQ) (UEQ, 2018), aplicado a los 12 maestros de la institución José Antonio Lizarzaburu perteneciente al cantón Guano. En la tabla 9-4 se observa los resultados obtenidos en donde tenemos la calificación asignada por cada maestro a las 8 preguntas correspondientes al cuestionario UEQ, además se calculan las medias de cada aspecto a evaluar.

Tabla 9-4: Resultados del cuestionario corto de UEQ aplicado a los maestros

Maestros	Calificación asignada a los diferentes aspectos del cuestionario corto UEQ 1 al 7							
	Impulsor-apoyo	Obstruccionista	Complicado-Fácil	Ineficiente-Eficiente	Confuso-Claro	Aburrido-Emocionante	No interesante-Interesante	Conventional-Original
Jenny Falconí	5	6	6	6	5	5	5	6
Gladys Tierra	6	7	7	7	6	6	4	5
Segundo Duche	5	7	7	7	5	5	5	6
Hugo Yanza	7	6	6	6	4	6	6	5
Olga Ramos	6	7	6	7	5	7	4	6
Rocío Gualpa	6	7	6	7	6	6	5	5
Rosa Baldeon	5	6	7	6	5	5	4	6
Nelly Ramos	7	6	7	6	6	6	5	6
Ligia Guadalupe	6	7	7	7	4	6	5	5
Samuel Yuquilema	6	7	7	7	5	5	4	6
Diego Guadalupe	5	6	6	6	6	6	6	5
Baltasara Tenesaca	5	7	6	7	5	5	5	5
Valor de la media	5,75	6,58	6,50	6,58	5,17	5,67	4,83	5,50

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

De los resultados obtenidos en la tabla 9-4 se graficó los valores de las medias de cada pregunta correspondiente al cuestionario UEQ como se observa en la ilustración 14-4

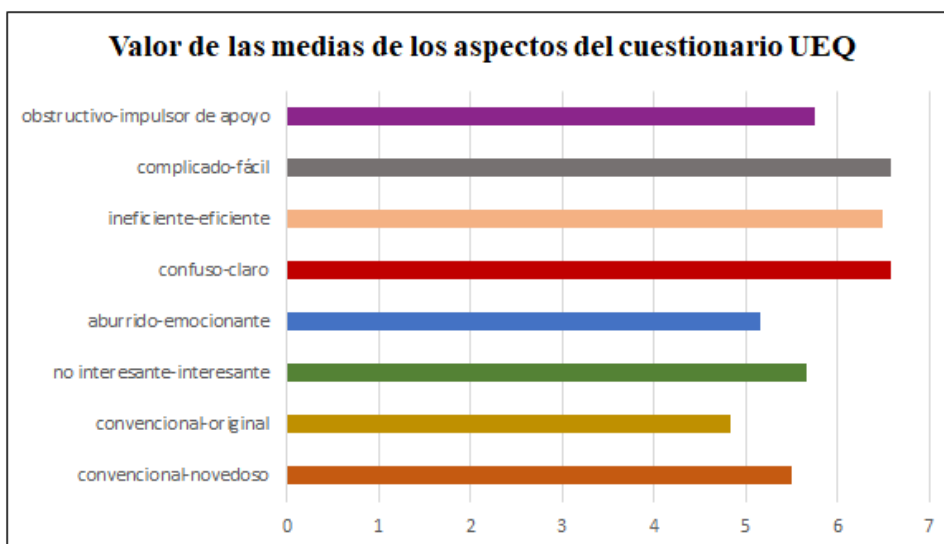


Ilustración 14-4: Media de los aspectos del cuestionario UEQ

Fuente: Muñoz, Darwin, 2023.

En la ilustración 14-4 se observa que los resultados fueron muy favorables teniendo todas las preguntas con valores por encima del dato intermedio de la escala de evaluación, es importante mencionar los aspectos que obtuvieron un mayor puntaje estos fueron la facilidad con una media de 6.58, la claridad con una media de 6.58 y la eficiencia con una media de 6.50 con lo cual la interfaz móvil de monitoreo brinda un entorno sencillo donde cumple eficientemente su propósito de monitorear niños en tiempo real.

4.9. Análisis Económico del prototipo de geolocalización

En este apartado se detalla un presupuesto de precios de cada uno de los dispositivos que conforman el prototipo como se observa en la tabla 10-4.

Tabla 10-4: Comparación del presupuesto de precios

PROTOTIPO	EQUIPO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Wi-Fi	Tarjeta de desarrollo ESP 32	3	\$13	\$39
	Modulo GPS NEO-6m	1	\$16	\$16
	Batería 18650 recargable	1	\$3	\$3
	Módulo de carga tp4056	1	\$1.50	\$1.50
	Buzzer zumbador 5v	1	\$0,80	\$0,80
	Placa PCB	2	\$4	\$8
	Ensamblaje cajas	2	\$10	\$20
	Resistencias	7	\$0,10	\$0,70
	Leds	6	\$0,20	\$1,20

	Blynk (Mensual)	1	\$7	\$7
	Chaleco	1	\$8	\$8
	Total			\$105,2
Zigbee	Tarjeta de desarrollo Arduino Nano	1	\$15	\$15
	Tarjeta de desarrollo ESP8266	1	\$8	\$8
	XBee ZB S2C TH	2	\$42	\$84
	Modulo GPS NEO-6m	1	\$16	\$16
	Batería 18650 recargable	1	\$3	\$3
	Módulo de carga tp4056	1	\$1.50	\$1.50
	Buzzer zumbador 5v	1	\$0,80	\$0,80
	Placa PCB	4	\$4	\$8
	Ensamblaje cajas	2	\$10	\$20
	Resistencias	7	\$0,10	\$0,70
	Leds	6	\$0,20	\$1,20
	Chaleco	1	\$8	\$8
	Total			\$166,2

Realizado por: Muñoz, Darwin, 2023.

De los precios se deduce que una implementación con tecnología Wi-Fi tiene un precio de \$105 y con tecnología Zigbee tiene un precio de \$166 lo que indica que una implementación con tecnología Wi-Fi genera un ahorro de dinero de más o menos el 36% con respecto a una implementación con tecnología Zigbee.

CONCLUSIONES

- Las tecnologías de comunicación inalámbrica que mejores beneficios aportaron de manera técnica-económica a los requerimientos del prototipo según el estudio comparativo de parámetros como rango de operación, velocidad de transferencia de los datos, operación en zonas rurales, duración de las baterías, tamaño de la red, costo operativo y costo de mantenimiento fueron Wi-Fi y Zigbee con un porcentaje de 82% y 89% respectivamente en la escala de Likert.
- Según los requerimientos de la infraestructura de la escuela José Antonio Lizaraburu se determinaron los siguientes parámetros de selección compatibilidad, facilidad de adquisición en el país y precio que nos permitieron escoger los dispositivos que son los módulos GPS6MV2, XBee ZB S2C TH, las tarjetas de desarrollo Arduino nano y NodeMCU Esp 32.
- Para una correcta visualización de la ubicación de los niños se desarrolló una interfaz móvil utilizando un software como servicio (Blynk), la cual se demostró que es sencilla de manejar mediante la aplicación del cuestionario UEQ a los maestros de la institución, obteniendo resultados favorables con medias de 6.58, 6.58 y 6.50 en una escala de 1 a 7 para los aspectos de facilidad, claridad y eficiencia respectivamente.
- Del funcionamiento del prototipo se determinó mediante la evaluación de los parámetros retardo, rango de operación y consumo de corriente, que Wi-Fi presenta un mejor rendimiento en dos de los tres parámetros evaluados con respecto a Zigbee con los siguientes resultados en promedio de retardo Wi-Fi 45,42 [ms] menor a Zigbee 142,06 [ms], en rango de operación Wi-Fi 130 [m] mayor a Zigbee 100 [m], en consumo de corriente Wi-Fi 289 [mA] mayor a Zigbee 159 [mA] con una duración de 6 y 12 horas respectivamente.

RECOMENDACIONES

- Como valor añadido se puede agregar a futuros trabajos otro tipo de sensores que posibiliten la medición de más variables como pulso cardíaco, temperatura, entre otros que permitan tener un monitoreo más completo de los niños.
- Se recomienda para el desarrollo del proyecto seleccionar hardware que sea fácil de conseguir en el país de no ser así el precio final del prototipo aumentaría.
- Para el caso de comunicación entre los nodos, se recomienda utilizar tecnologías LPWAN, que permitan tener una mayor cobertura y así monitorear el movimiento de los niños más allá del área de la institución.
- Se recomienda trabajar aún más en la miniaturización del prototipo con el fin de obtener un dispositivo final más pequeño que sea más cómodo para los niños.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, M. *Estudio del estándar IEEE 802.15.4 "ZIGBEE" para comunicaciones inalámbricas de área personal de bajo consumo de energía y su comparación con el estándar IEEE 802.15.1 "BLUETOOTH"* [en línea]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/55/1/CD-0024.pdf>

AHMAD, N. *Internet of Things Tapping into Security and Privacy issues associated with internet of things* [en línea] 2021. p. 26. Disponible en: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1613697/FULLTEXT01.pdf>

ARANCIBIA, M. *Desarrollo de plataforma de localización GMLC en red GSM/UMTS* [en línea]. Universidad Autónoma De Chile, Santiago, Chile. 2016. p. 17. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/2465/1/1080224407.pdf>

ARCHUNDIA, F. *Wireless Personal Area Network (WPAN) & Home Networking* [en línea] Universidad de las Américas Puebla, México. 2003. pp. 14-15. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/archundia_p_fm/capitulo3.pdf

ARDUINO, *What is Arduino?* [en línea]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>

AVILA, D. *Implementación de un prototipo electrónico autosustentable geo-localizado con nodos inalámbricos para la ubicación de mascotas mediante una red de sensores* [en línea]. 2019. p. 11. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13368/1/98T00249.pdf>

CAETANO, A. *Keruve. Reloj localizador y receptor portable especializado para personas con Alzheimer y sus cuidadores* [en línea] 2016. p. 11. Disponible en: <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/12365/fichero/memoria.pdf>

CAMARGO, J. *Modelo de cobertura pararedes inalámbricas deinteriores* [en línea] 2009. pp. 35-37. Disponible en: <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/11761/fichero/Volumen1%252F6Cap%C3%ADulo2++Redes+inal%C3%A1mbricas+de+%C3%A1rea+personal+%28WPAN%29.pdf+>

CASTILLO, S. *Análisis de tecnologías WiFi y Zigbee que optimice las comunicaciones*

inalámbricas para el control de temperatura de un invernadero [en línea] 2012. pp. 47-49. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17531/1/UPS%20-%20ST004133.pdf>

CHOCOS, G. y SILVA, A. *Diseño e implementación de un prototipo de detección, localización y seguimiento en tiempo real de niños en los interiores de centros educativos utilizando la técnica de fingerprinting con tecnología WI-FI* [en línea] p 11. Disponible en: https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/3367/chocos_silva.pdf?sequence=1&isAllowed=y

DATACENTRIC, *Cómo distinguir entre geolocalización y georreferenciación.* [en línea]. 2018. Disponible en: <https://www.datacentric.es/blog/geomarketing/diferencia-entre-geolocalizaciogeoreferenciacion/>

GONGORA, E. *Estudio de la localización virtual vía satélite* [en línea] 2011. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/2465/1/1080224407.pdf>

GONZALES, S. *Tecnología Bluetooth* [en línea] México. 2008. pp. 15-16. Disponible en: <https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/619/640/641/3805.pdf>

HERNANDÉZ, L. *NodeMCU tutorial paso a paso desde cero* [en línea] 2018. Disponible en: <https://programarfacil.com/podcast/nodemcu-tutorial-paso-a-paso/>

HUERTA, E et al. *GPS Posicionamiento Satelital* [en línea]. Rosario-Argentina: UNR Editora, 2005. p. 76. [en línea]. Disponible en: https://www.fceia.unr.edu.ar/gps/GGSR/libro_gps.pdf

JIMÉNES, C. *Integración de tecnología domótica Z-Wave en la plataforma FIBARO* [en línea] 2018. p. 29. Disponible en: <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/92099/fichero/TFG-2099-JIMENEZ+GARCIA.pdf>

LESANO, A. *Implementación y evaluación de dos prototipos basados en tecnologías inalámbricas para la adquisición y procesamiento de señales cardiacas en tiempo real* [en línea] 2018. pp. 27-30. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10939/1/98T00229.pdf>

MIÑO, H. *Diseño e implementación de un prototipo de cerradura con registro de acceso,*

supervisión remota y videovigilancia [en línea] 2021. pp. 24-26. Disponible en: [file:///C:/Users/DELL/Downloads/CD%2011149%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/DELL/Downloads/CD%2011149%20(1).pdf)

PEREZ, N. y TORRES, B. *Desarrollo de un prototipo para la geolocalización y monitorización de frecuencia cardiaca de mascotas en la ciudad de Quito* [en línea] Ecuador. 2020. p. 8. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19072/1/UPS%20-%20TTS072.pdf>

PISANO, A. *Internet de la Cosas* [en línea] 2018. p. 27. Disponible en: <https://repositorio.udesa.edu.ar/jspui/bitstream/10908/16159/1/%5bP%5d%5bW%5d%20T.%20M.%20Ges.%20Pisano%2c%20Ariel.pdf>

REA, A. *Desarrollo de un rastreador gps para ubicación y desplazamiento de niños en rutas o zonas configuradas en una aplicación* [en línea] 2021. p. 10. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20714/1/UPS%20-%20TTS443.pdf>

SALTOS, E. *Diseño de un prototipo de sistema de parqueo inteligente para el edificio de la fie utilizando tecnologías basado en el internet de las cosas* [en línea] 2018. pp. 21-40. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10930/1/98T00224.pdf>

SANTOS, P. *Red inalámbrica de sensores (WSN) de monitoreo de la calidad del agua para estanques de truchas* [en línea] 2019. p. 29. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/29894>

SIFUENTES, R. *Enlace inalámbrico zigbee para un sistema de alumbrado led autónomo* [en línea] 2018. pp. 20-21. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1759/CIE-SIF-JIM19.pdf>

SUQUILANDA, T. y IDROVO, M. *Diseño y montaje de enlace inalámbrico para transmisión de datos utilizando tecnología BLUETOOTH* [en línea] 2013. p. 1. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4785/1/UPS-CT002640.pdf>

UEQ, User Experience Questionnaire [en línea]. 2018. Disponible en: <https://www.ueq-online.org/>

VALENCIA, C. *Evaluación de tecnologías inalámbricas en redes de área doméstica para*

obtener la curva característica de carga en edificios inteligentes [en línea] 2019. pp. 17-18. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17531/1/UPS%20-%20ST004133.pdf>

VILAÑEZ, D. *Implementación de un prototipo de sistema de seguridad doméstico basado en wpan para una red IoT* [en línea] 2019. p. 10-13. Disponible en: <http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/13493/1/98T00262.pdf>

VILLACRÉS, J. *Estudio de la tecnología UWB (Ultra Wide Band) en redes inalámbricas de comunicaciones* [en línea] 2006. pp. 48-49. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/94/T-ESPE-014272.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: DATASHEET DE LOS ELEMENTOS UTILIZADOS

DATASHEET TARJETA DE DESARROLLO NODE MCU ESP 32

No.	DESCRIPTION
1	In Table IO_MLIX, the boxes highlighted in yellow indicate the GPIO pins that are input-only. Please see the following note for further details. GPIO pins 34-39 are input-only. These pins do not feature an output driver or internal pull-up/pull-down circuitry. The pin names are: SPNSR0_VP (GPIO36), SPNSR0_CAP (GPIO37), SPNSR0_CANT (GPIO38), SPNSR0_VN (GPIO39), VDET_1 (GPIO34), VDET_2 (GPIO35).
2	The pins are grouped into four power domains: VDDA (analog power supply), VDDP3, RTC (RTC power supply), VDDP3_CPLU (power supply of digital ICs and CPU cores), VDD_S0IO (power supply of S0IO ICs), VDD_S0IO is the output of the internal S0IO-LDO. The voltage of S0IO-LDO can be configured at 1.8 V or be the same as that of VDDP3, RTC. The strapping pin and SPNSR bits determine the default voltage of the S0IO-LDO. Software can change the voltage of the S0IO-LDO by configuring register bits. For details, please see the column "Power Domain" in Table IO_MLIX.
3	The functional pins in the VDDP3_RTC domain are those with waking functions, including the 32 kHz crystal oscillator, ADC, DAC, and the capacitive touch sensor. Please see column "Awake Function 0 ~ 7" in Table IO_MLIX.
4	These VDDP3_RTC pins support the H1() function, and can work during Deep-sleep. For example, an RTC GPIO can be used for waking up the chip from Deep-sleep. For the GPIO pins support up to six digital functions, as shown in column "Function 0 ~ 5" in Table IO_MLIX. The function selection registers will be set as "N", where N is the function number. Below are some definitions:
5	<ul style="list-style-type: none"> • S0_* is for signals of the S0IO slave. • HS1_* is for Port 1 signals of the S0IO host. • HS2_* is for Port 2 signals of the S0IO host. • MTR_* is for signals of the JTAG. • U0_* is for signals of the UART0 module. • U1_* is for signals of the UART1 module. • U2_* is for signals of the UART2 module. • SPI_* is for signals of the SPI0 module. • HSP1_* is for signals of the SPI2 module. • VOPN_* is for signals of the OPN module.

ESP32 38 PINES ESP WROOM 32

PINOUT

The diagram shows the pinout for the ESP32 38 Pines ESP WROOM 32 module. The pins are numbered 1 through 38. The functions are color-coded: red for power (3.3V, EN, GND), green for digital I/O (GPIOs), blue for analog (ADCs, DACs, TOUCHs), purple for touch (TOUCHs), yellow for SPI (SPI MS0, SPI SCK, SPI SS, TX0, TX1, RX0, RX1), orange for I2C (I2C SCL, I2C SDA), and pink for other functions (VSP MS0, VSP SCK, VSP SS, TX2, RX2, TOUCH0, TOUCH1, TOUCH2, TOUCH3, FLASH CS, FLASH D0, FLASH D1, FLASH D2, FLASH D3, TX0, TX1, RX0, RX1, RX2, RX3).



SYNACORP TRADING & SERVICES
 No. 100, Jalan Pagar Utama, 13000 Simpang Ampat, Pulau Pinang
 Tel: +604 594 1617 | Fax: +604 592 1722
 Email: info@synacorp.com.my

Arduino GY-NEO6MV2 GPS Module with Antenna & I2C Sensor EEPROM



GY-NEO6MV2 board features the H-Micro NEO-6M GPS module with antenna and I2C EEPROM. This is compatible with various high-resolution boards designed to wear with a GPS module.

Technical Specifications:

- Power Supply Range: 3 V to 5 V
- Model: GY-NEO6MV2
- Generic module
- EEPROM for saving the configuration data when powered off
- Backup battery
- LED signal indicator
- Mounting Hole Diameter: 3 mm
- Distance from Board: 9600 bps
- Module size: 27mm x 30mm
- Accuracy: 12.5 ~ 12.5m
- Code: 201404

Features:

- 1.65 VAA12, 1.612 module, ATME, firmware, with high-precision accuracy
- TTL level, compatible with 3.3V/5V system
- The default baud rate: 9600
- with on-board battery backup, can store the configuration data when it powers down, and makes the system easy.
- Suitable for IIC, sound display, navigation

For purchase & enquiries, please contact sales@synacorp.com.my or call 04 5941617

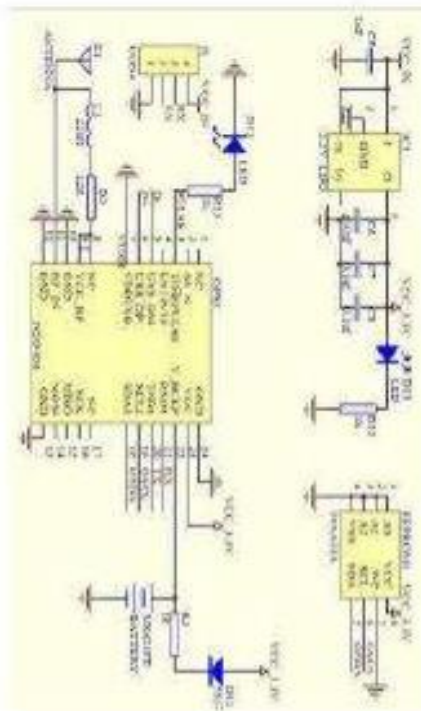


SYNACORP TRADING & SERVICES
 No. 100, Jalan Pagar Utama, 13000 Simpang Ampat, Pulau Pinang
 Tel: +604 594 1617 | Fax: +604 592 1722
 Email: info@synacorp.com.my

Pin out:

- VCC: Connect 3.3V/5V
- GND: Connect GND
- I2C: Connect for I2C
- LED: Connect to LED

Schematic:

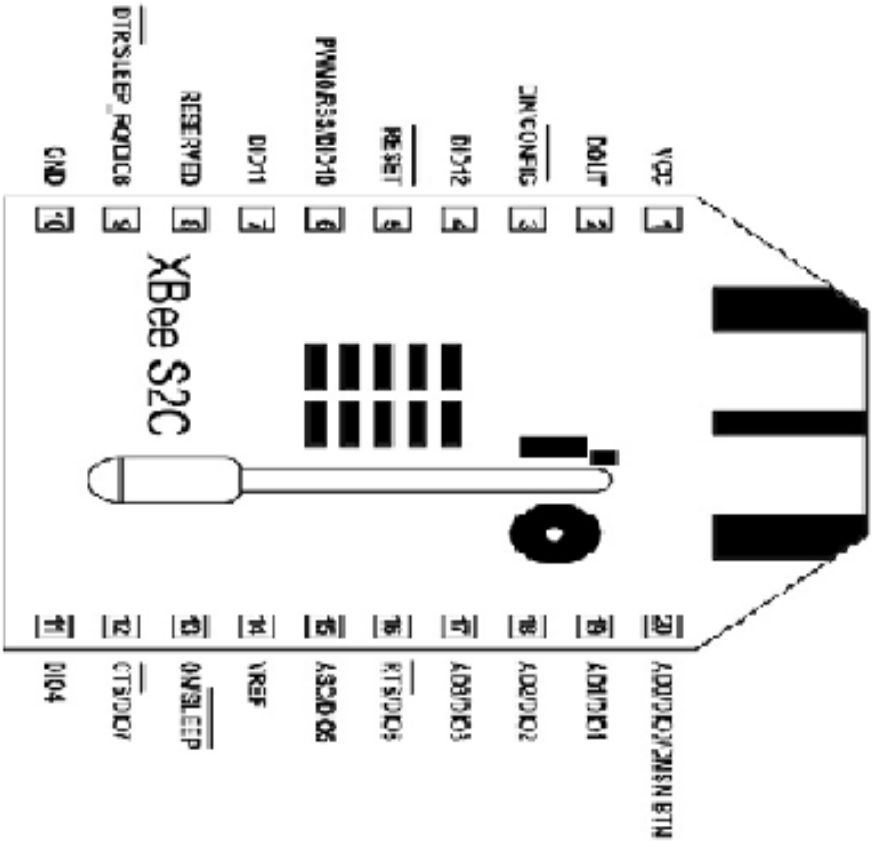


For purchase & enquiries, please contact sales@synacorp.com.my or call 04 5941617

DATASHEET XBEE ZB S2C TH

The following table shows the pin signals and their descriptions for the surface-mount device

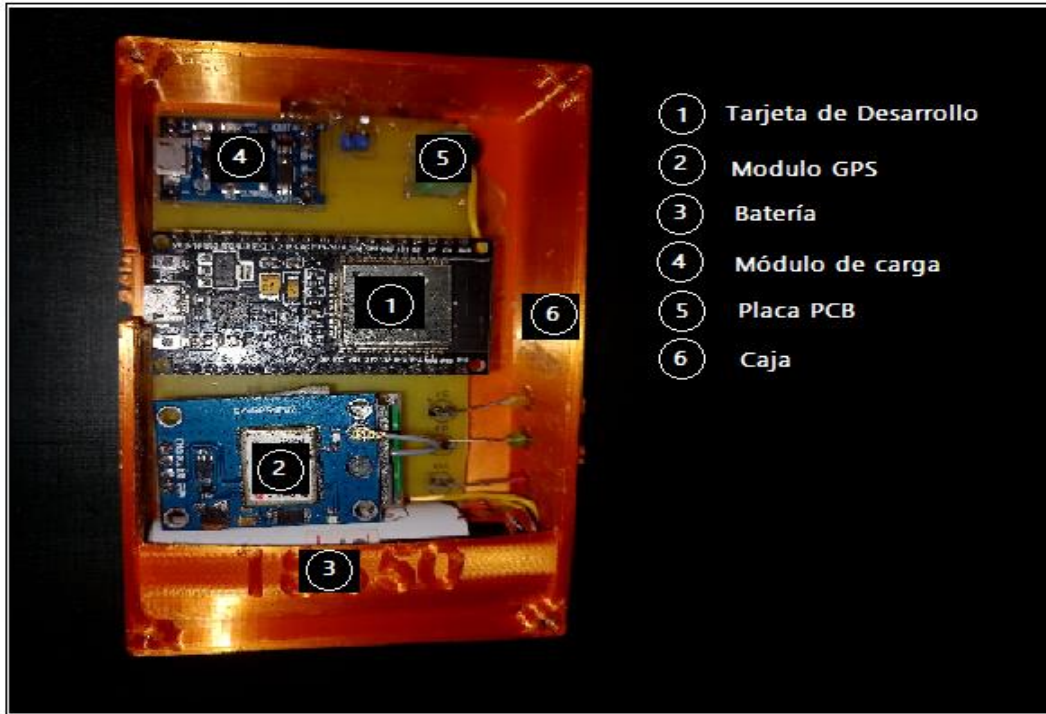
pin	name	direction	Default state	description
1	GND	-	-	ground
2	VCC	-	-	Power supply.
4	DATA_IN/DATA	both	output	UART data out /GPIO
4	DATA_OUT/DATA	both	input	UART data in /GPIO.
5	GPIO2	both	-	gpio
6	RESET	input	-	Device reset.
7	RSSI_PWM/DIO16	both	output	RSSI signal strength indicator /GPIO.
8	PWM1/PWM11	both	disabled	Pulse-width modulator/GPIO.
9	[reserved]	-	Disabled	Do not connect.
10	DTRSLEEP_IRQ/DIO8	both	input	Pin sleep control line/gpio
11	GND	-	-	ground
12	DATA_IN/DIO14/DIO15	output	output	serial peripheral interface attention Do not tie low on side.
13	GND	-	-	ground
14	SPI_CK/PDIO18	input	input	Serial peripheral interface clock/gpio
15	SPI_MOSI/DIO17	input	input	Serial peripheral interface master select/GPIO.
16	SPI_MISO/DIO16	input	input	Serial peripheral interface data in/gpio
17	SPI_MISO/DIO15	output	output	Serial peripheral interface data out/GPIO.



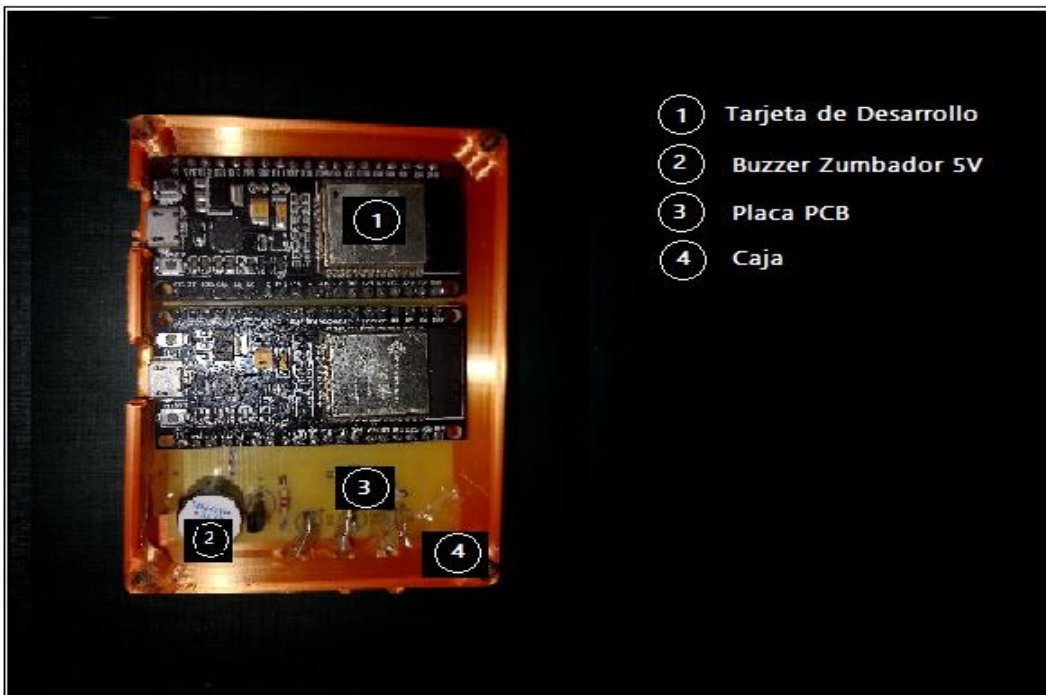
ANEXO B: COMPONENTES DEL PROTOTIPO

TECNOLOGÍA WI-FI

NODO DE RASTREO

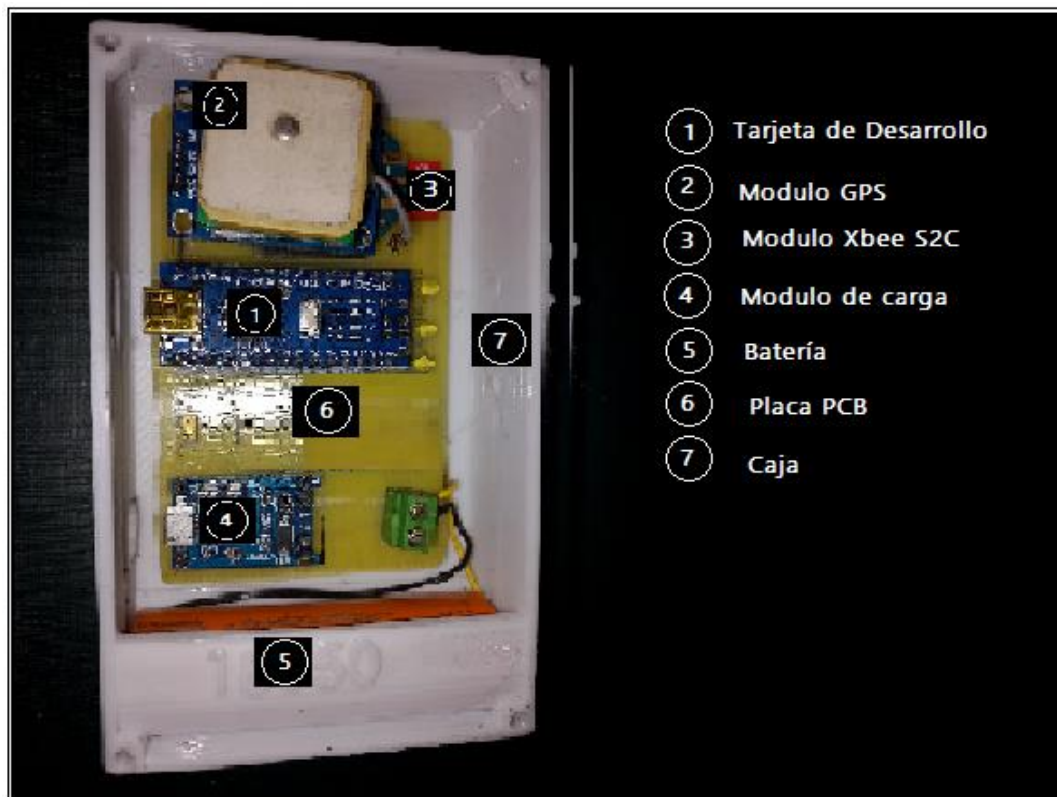


NODO DE CONTROL

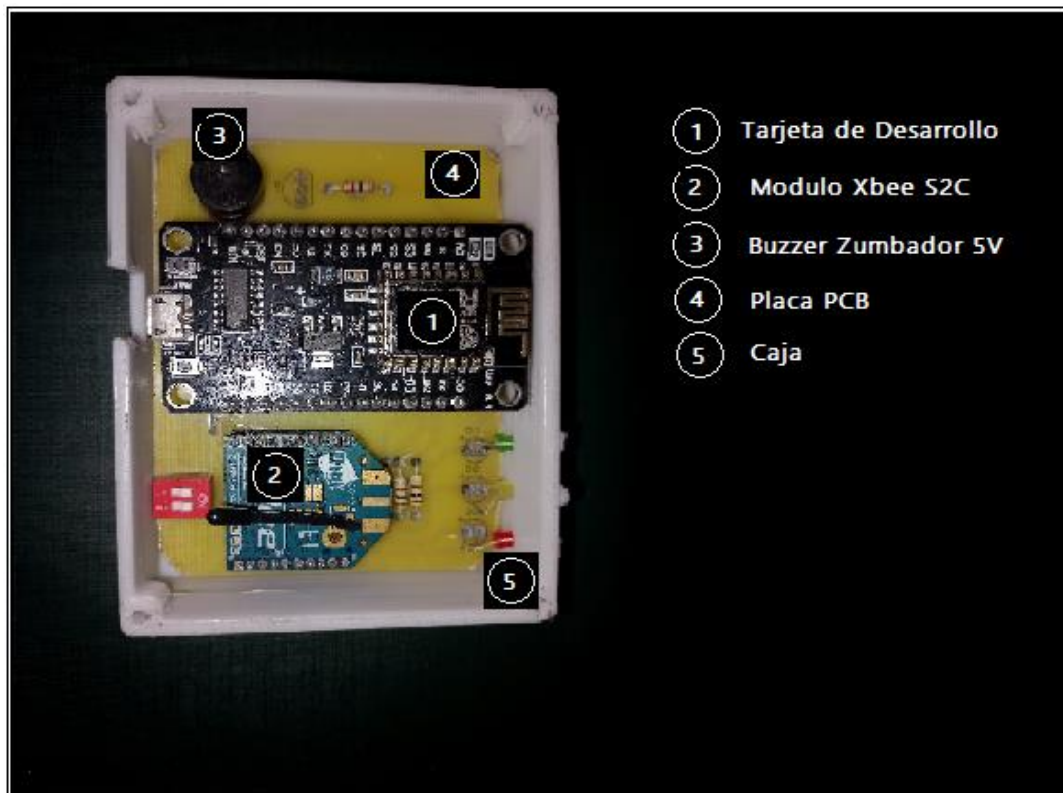


TECNOLOGÍA ZIGBEE

NODO DE RASTREO



NODO DE CONTROL



NODO DE CONTROL

```
GPS_BLYNK_RECEPTOR_5 | BlynkEdgent.h | BlynkState.h | ConfigMode.h | ConfigStore.h | Console.h |
// Pull-in information from your Blynk Template here
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMBLPU5CZLW"
#define BLYNK_DEVICE_NAME "Geotrackar Template"

#define BLYNK_VIRTUAL_WRITE "1.1.1"

#define BLYNK_PRINT Serial
// #define BLYNK_DEBUG
// #define BLYNK_PRINT

// Uncomment your board, or configure a custom board in Settings.h
// #define USE_STANFORDS_BLYNK_BOARD
// #define USE_NODE_MQTT_BOARD
// #define USE_WIZNET_W5500_BOARD
// #define USE_ARDUINO_MQTT

#include "BlynkEdgent.h"
const byte ledRX = 14;
int ledRX=0;
int buzzer=0;
String start, stop;
float lon, lat;
String str_ID;
float lat = -0.11044;
float lon = 18.47044;
BlynkTimer timer;
void setup()
{
  void setup()
  {
    Serial.begin(9600);
    delay(100);

    BlynkEdgent.begin();
    pinMode(ledRX, OUTPUT);
    pinMode(buzzer, OUTPUT);
    pinMode(ledRX, OUTPUT);
    digitalWrite(buzzer, LOW);
    digitalWrite(ledRX, HIGH);
    int buzzer=0;
  }

  void loop() {
    BlynkEdgent.run();
    timer.run();
    digitalWrite(buzzer, LOW);

    if (Serial.available()) {
      str = Serial.readStringUntil('\n');
      ID=str.substring(0,3);
      digitalWrite(ledRX, HIGH);
      if (ID=="101")
      {
        digitalWrite(buzzer, HIGH);
        digitalWrite(ledRX, LOW);
      }
    }

    if (ID=="101")
    {
      digitalWrite(ledRX, LOW);
      Serial.print("Codena: ");
      Serial.print(str);
      Serial.print(" ID: ");
      Serial.print(ID);
      Serial.print(" Longitude: ");
      Serial.print(lon, 6);
      Serial.print(" Latitud: ");
      Serial.println(lat, 6);

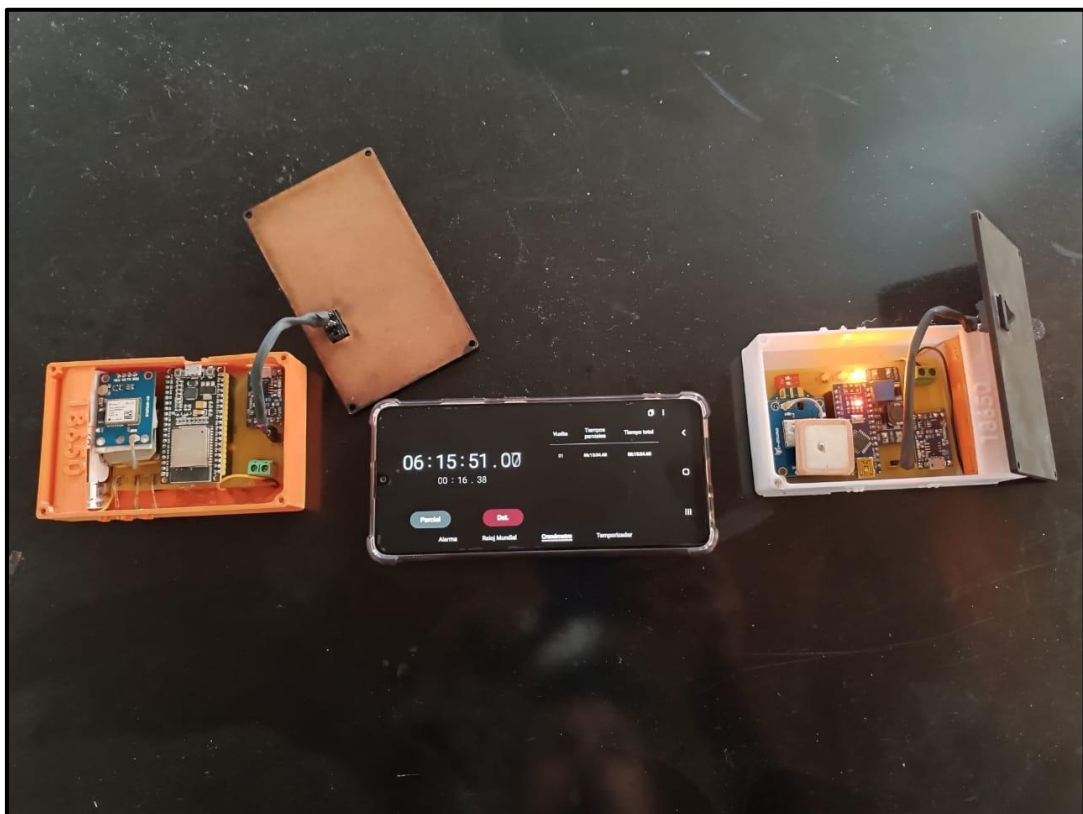
      int pointIndex = 0;
      lon=lon+0.01;
      lat=lat+0.03;

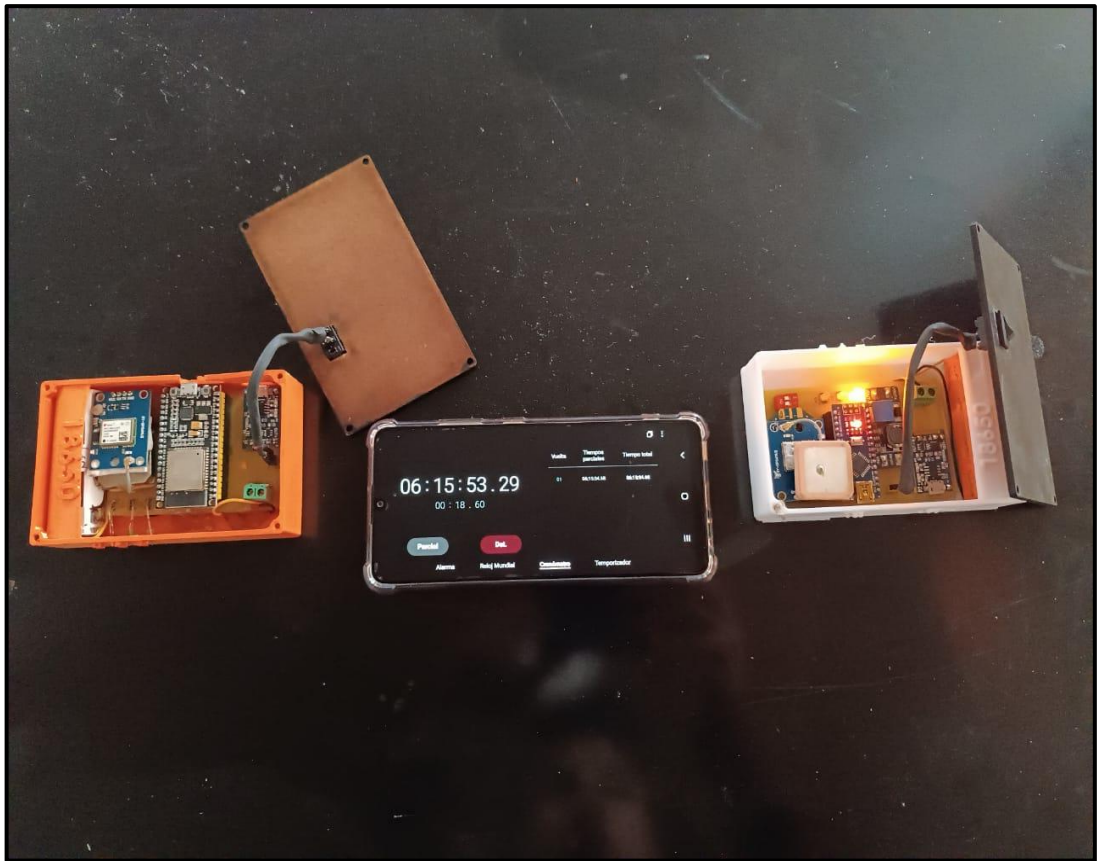
      timer.setInterval(1000, GPSDataSend);
      // Blynk.virtualWrite(V3, lon, lat);
    }
  }
}
```


ANEXO E: PRUEBAS DE RANGO DE OPERACIÓN



ANEXO F: PRUEBAS TIEMPO DE DURACIÓN DE LA BATERÍA





ANEXO G: CUESTIONARIO USER EXPERIENCE QUESTIONNAIRE (UEQ)

Cuestionario para la evaluación de la interfaz móvil de monitoreo

Nombre: Jenny Falconi.....

Fecha: 28/07/2022.....

1. Cuestionario corto de UEQ

Por favor, rellene el siguiente cuestionario con el fin de evaluar el producto. Se compone de pares de propiedades opuestas que el producto puede tener. Las gradaciones entre los opuestos están representadas por círculos. Usted puede expresar su conformidad con una propiedad marcando uno de estos círculos que mejor refleje su impresión.

Pregunta 1

	1	2	3	4	5	6	7	
obstructivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	impulsor de apoyo

Pregunta 2

	1	2	3	4	5	6	7	
complicado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	fácil

Pregunta 3

	1	2	3	4	5	6	7	
ineficiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	eficiente

Pregunta 4

	1	2	3	4	5	6	7	
confuso	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	claro

Pregunta 5

	1	2	3	4	5	6	7	
aburrido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	emocionante

Pregunta 6

	1	2	3	4	5	6	7	
no interesante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	interesante

Pregunta 7

	1	2	3	4	5	6	7	
convencional	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	original

ANEXO H: ENTREGA E INSTALACIÓN DEL PROTOTIPO TERMINADO







ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

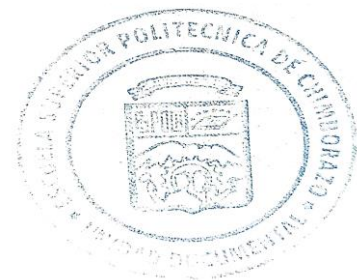
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 21/03/2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)	
Nombres – Apellidos: Darwin Misael Muñoz Tierra	
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	
Facultad: Informática y Electrónica	
Carrera: Telecomunicaciones	
Título a optar: Ingeniero en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes	
f. Analista de Biblioteca responsable:	 Ing. Fernanda Arévalo M.



0479-DBRA-UPT-2023