



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

Tema:

SISTEMA ELECTRÓNICO DE LOCALIZACIÓN Y MONITORIZACIÓN PARA EL SEGUIMIENTO DE TURISTAS EN EL VOLCÁN CHIMBORAZO.

Trabajo de Titulación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Tecnologías de comunicación

AUTORES: Cynthia Jessenia Endara Vejar

Fabián Santiago Miño Romero

TUTOR: Ing. Franklin Wilfrido Salazar Logroño, Mg

Ambato - Ecuador

febrero – 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Investigación con el tema: SISTEMA ELECTRÓNICO DE LOCALIZACIÓN Y MONITORIZACIÓN PARA EL SEGUIMIENTO DE TURISTAS EN EL VOLCÁN CHIMBORAZO, desarrollado bajo la modalidad de Proyecto de Investigación por la señorita Cynthia Jessenia Endara Vejar y el señor Fabián Santiago Miño Romero, estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que los estudiantes han sido tutorados durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, febrero 2023

Ing. Franklin Wilfrido Salazar Logroño, Mg
TUTOR

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: SISTEMA ELECTRÓNICO DE LOCALIZACIÓN Y MONITORIZACIÓN PARA EL SEGUIMIENTO DE TURISTAS EN EL VOLCÁN CHIMBORAZO, es absolutamente original, autentico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Ambato, febrero 2023



Fabián Santiago Miño Romero
C.C. 0604940312
AUTOR



Cynthia Jessenia Endara Vejar
C.C. 1804560934
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

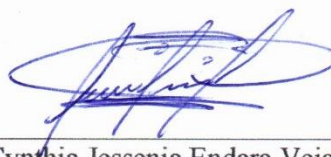
Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de nuestro Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, febrero 2023



Fabián Santiago Miño Romero
C.C. 0604940312
AUTOR



Cynthia Jessenia Endara Vejar
C.C. 1804560934
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por la señorita Cynthia Jessenia Endara Vejar y el señor Fabián Santiago Miño Romero estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado SISTEMA ELECTRÓNICO DE LOCALIZACIÓN Y MONITORIZACIÓN PARA EL SEGUIMIENTO DE TURISTAS EN EL VOLCÁN CHIMBORAZO, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidenta del Tribunal.

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia Mg.
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Ing. Geovanni Brito Moncayo, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Santiago Altamirano Meléndez, Mg
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

Este estudio es dedicado de manera especial a mi madre Sara Romero que ha sabido darme su amor, me ha tenido mucha paciencia y me ha brindado su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida. A mi padre Fabián Miño que con mucho esfuerzo y sacrificio ha sabido guiarme por el camino correcto, gracias a mi segunda madre "Maita" que desde el cielo me apoya incondicionalmente en cada paso que doy en mi vida. A la persona que camina junto a mí, mi pareja Cynthia Endara la cual con su apoyo ha sabido sacar lo mejor de mí, hacerme día tras día una mejor persona y con su presencia ha traído mucha felicidad a mi vida. A mis hermanos Dayana, Juan Pablo y Mathias con los cuales son un pilar fundamental de mi vida. A mis amigos y familiares cuyo apoyo me dio fortaleza para seguir adelante en mi vida estudiantil. Y al final a mis mascotas morena y kitty que me acompañaron en las largas noches de estudio.

Fabián Miño

A mi madre Estela Vejar por darme su amor, su paciencia, su confianza, su comprensión y su apoyo incondicional en todo momento, quien me ha guiado por el camino correcto dándome ejemplo de humildad, valentía y superación para cumplir todas las metas que me proponga; a mi padre Ángel Endara que a pesar de la distancia me ha demostrado su amor y apoyo lo cual ha sido fundamental para culminar mis estudios universitarios; a mi hermana Carolina por darme su apoyo y sus consejos en el momento indicado, a quien admiro por ser la gran persona que es y por demostrarme que con dedicación, responsabilidad y esfuerzo se puede llegar muy lejos; a mi hermano Andrés quien me motiva siempre a seguir adelante con una sonrisa; a mi pareja Fabián Miño por creer siempre en mí y por ser quien me motiva a ser mejor cada día dándome su amor, su apoyo, su confianza y la fuerza para seguir adelante sin importar las adversidades; a mi compañera y amiga Jéssica Tituaña por su apoyo incondicional a lo largo del transcurso de la carrera, quien me ha demostrado que la amistad sincera aún existe.

Cynthia Endara

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Ambato por ser el alma mater en la que realizamos nuestros estudios superiores. A los docentes de la carrera de electrónica y comunicaciones que supieron compartir sus enseñanzas y guiarnos en nuestra formación académica y de forma especial agradecemos a nuestro tutor el Ing. Franklin Salazar que nos guio paso a paso en el último peldaño de nuestra vida universitaria.

De igual manera agradecemos al Ing. Paul Tito administrador de la reserva de producción de fauna Chimborazo y al Ministerio del Ambiente por abrirnos las puertas para la realización de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I.....	16
1. MARCO TEÓRICO.....	16
1.1. Antecedentes Investigativos.....	16
1.1.1 Contextualización del problema.....	18
1.2. Fundamentación teórica.....	20
1.2.1. Monitoreo y geolocalización.....	20
1.2.2. Sistemas de comunicación inalámbrica.....	23
1.2.3. Tarjetas embebidas de control.....	27
1.2.4. Sensores de signos vitales y variables ambientales.....	28
1.2.5. Andinismo.....	29
1.2.6. Riesgos a los que se presentan los seres humanos en alta montaña.....	29
1.2.7. Volcán Chimborazo.....	34
1.3. Objetivos.....	35
1.3.1. Objetivo General.....	35
1.3.2. Objetivos Específicos.....	35
CAPÍTULO II.....	36
2. METODOLOGÍA.....	36
2.1. Materiales.....	36
2.2. Métodos.....	37
2.2.1. Modalidad de la Investigación.....	37

2.2.2.	Recolección de Información	37
2.2.3.	Procesamiento y Análisis de Datos	38
2.2.4.	Desarrollo del Proyecto	38
CAPÍTULO III		40
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		40
3.1.	Análisis y discusión de los resultados	40
3.1.1.	Desarrollo de la propuesta	40
3.1.2.	Sistema Propuesto	44
3.2.	Análisis de resultados	70
3.2.1.	Interfaz gráfica	70
3.2.2.	Instalación del nodo	72
3.2.3.	Instalación del sistema inalámbrico	74
3.2.4.	Validación del sistema de localización y monitorización.	82
3.2.5.	Desempeño del sistema	93
3.2.6.	Análisis del presupuesto	96
CAPÍTULO IV		99
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		99
4.1.	Conclusiones	99
4.2.	Recomendaciones	100
BIBLIOGRAFÍA		102
ANEXOS		105
ANEXO 1: Especificaciones técnicas del módulo GPS NEO-M8.....		105
ANEXO 2: Especificaciones técnicas del sensor BMP280.....		110
ANEXO 3: Especificaciones técnicas del sensor MAX30102.....		116
ANEXO 4: Especificaciones técnicas del sensor MLX90614		124
ANEXO 5: Especificaciones técnicas de la Nano Estación locoM5.....		130
ANEXO 6: Especificaciones técnicas de la tarjeta ESP8266.....		133
ANEXO 7: Código IDE Arduino		140
ANEXO 8: Configuración NodeRed - Administrar		146
ANEXO 9: Configuración NodeRed - Alertas		146
ANEXO 10: Configuración NodeRed – Almacenamiento en base de datos.....		147
ANEXO 11: Configuración NodeRed – Gráfico de datos.....		147
ANEXO 12: Configuración NodeRed – Gráfico de mapa y recorrido.....		147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Servidor LAMP	21
Tabla 2: Tabla comparativa entre microordenadores	22
Tabla 3: Comparación de las tecnologías de redes inalámbricas clasificadas de acuerdo a su cobertura	25
Tabla 4: Espectro radioeléctrico.	26
Tabla 5: Comparación entre protocolos de comunicación inalámbricas	45
Tabla 6: Características técnicas de los módulos controladores	47
Tabla 7: Características técnica del sensor de temperatura.....	48
Tabla 8: Características Técnicas de microcontroladores comerciales.....	49
Tabla 9: Características Técnicas de los módulos GPS	50
Tabla 10: Tabla comparativa de sensores de ritmo cardiaco.	51
Tabla 11: Diagrama de conexión de los nodos sensores.....	53
Tabla 12: Características técnicas de tecnologías inalámbricas.....	55
Tabla 13: Características de las antenas.....	57
Tabla 14: Resultados obtenidos.	83
Tabla 15: Comparación de puntos obtenidos.....	91
Tabla 16: Tabla de presupuesto del kit electrónico y el sistema de comunicación: .	97
Tabla 17: Tabla de presupuesto del sistema de localización y monitoreo de turistas.....	98

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Esquema de un servidor web	20
Figura 2: Sistema de emergencia	23
Figura 3: Dispositivos en red inalámbrica	24
Figura 4: Tipos de redes inalámbricas	25
Figura 5: Esquema de sistema de monitoreo inalámbrico	27
Figura 6: Arquitectura de un microcontrolador.	28
Figura 7: Presión atmosférica y de oxígeno en diferentes altitudes de una montaña	30
Figura 8: Respuesta del organismo a la hipoxia	31
Figura 9: Temperatura equivalente de enfriamiento por efecto del viento.....	32
Figura 10: Perdida de rendimiento por deshidratación.....	33
Figura 11: Infografía del volcán Chimborazo.....	34
Figura 12: Diagrama del sistema de localización y monitorización	44
Figura 13: Diagrama de conexión de los nodos sensores	46
Figura 14: Circuito electrónico de la tarjeta del nodo sensor	52
Figura 15: Diagrama de conexión de los nodos sensores	54
Figura 16: Sistema de comunicación inalámbrica	56
Figura 17: Configuración NanoStation loco M2	61
Figura 18: Configuración inalámbrica NanoStation loco M2	62
Figura 19: Simulación de enlace P2P entre el nodo raíz y un nodo repetidor.....	63
Figura 20: Diagrama de bloques NODE-RED	64
Figura 21: Estructura de la tabla Alertas	66
Figura 22: Estructura de la Tabla Nodos	66
Figura 23: Estructura de la Tabla Registros	67
Figura 24: Estructura de la Tabla Usuarios	67
Figura 25: Opciones del nodo Dashboard de Node-Red	68
Figura 26: Opciones del nodo Dashboard de Node Red.....	69
Figura 27: Opciones del no Dashboard de Node-Red	70
Figura 28: Panel Administrar para el registro de nuevos usuarios.	71

Figura 29: Panel Administrar opción Sensores.....	71
Figura 30: Panel de supervisión de Node-Red.....	72
Figura 31: Kit electrónico para la localización y monitorización de turistas	73
Figura 32: Medición de señal operadora Claro.....	74
Figura 33: Instalación nano estación raíz.	75
Figura 34: Recorrido medición de señal RutaTuristas.....	76
Figura 35: Medición de señal 0.5m.	76
Figura 36: Medición de señal 150m.	77
Figura 37: Medición de señal 250m.	77
Figura 38: Medición de señal 400m.	78
Figura 39: Medición de señal 480m.	78
Figura 40: Cobertura red inalámbrica.....	79
Figura 41: Distancia estación raíz y estación repetidora.	80
Figura 42: Distancia estación 1 y estación 2.....	80
Figura 43: Distancia estación 2 y estación 3.....	81
Figura 44: Estación repetidora implementada	81
Figura 45: Funcionamiento estación repetidora.....	82
Figura 46: Tabla de registros	84
Figura 47: Tabla de alertas.....	84
Figura 48: Tabla de nodos	85
Figura 49: Tabla de usuarios.....	85
Figura 50: Interfaz gráfica de monitorización	86
Figura 51: Prueba de cobertura kit electrónico.....	87
Figura 52: Prueba del sistema de emergencia del kit electrónico.....	88
Figura 53: Prueba de funcionamiento en la ruta del primer al segundo refugio.....	89
Figura 54: Llegada del turista al refugio Whympers al refugio Carrel utilizando el kit de localización y monitoreo	90
Figura 55: Ruta recorrida por el turista utilizando el sistema de monitoreo y localización	90
Figura 56: Comparación de rutas.....	92

Figura 57: Comparación de las rutas obtenidas.....	92
Figura 58: Distancia entre puntos obtenidos.....	93
Figura 59: Panel de supervisión de Node-Red.....	94
Figura 60: Cobertura de señal del sistema de localización y monitorización en el Chimborazo.....	95
Figura 61: Panel de supervisión de linode.....	95
Figura 62: Trafico publico saliente de la instancia.....	96

RESUMEN EJECUTIVO

En la actualidad multitud de personas a nivel mundial practican el andinismo. Los andinistas siempre corren el riesgo de sufrir accidentes, cuando tales incidentes ocurren a gran altura o en áreas remotas, las operaciones de búsqueda y rescate no siempre tienen éxito.

Existe cierta dificultad para localizar a los turistas en el volcán Chimborazo debido a que no existe ningún precedente de implementación de algún tipo de sistema de localización inmediata y monitorización de datos.

En consecuencia, en el presente proyecto de titulación, se implementa un sistema electrónico de localización y monitoreo de turistas en el volcán Chimborazo. Para lograr este objetivo se elaboró un kit electrónico de bajo costo con el fin de realizar el seguimiento de turistas utilizando módulos y sensores digitales, además de un sistema de emergencia en caso de posibles accidentes. La información recolectada es transmitida a un servidor el cual se encontrará alojado en un hosting en la nube, permitiendo el monitoreo remoto mediante una interfaz web. Logrando así un registro tanto de la posición en tiempo real como de fechas anteriores. Permitiendo que las autoridades, rescatistas y guías turísticos actúen de forma rápida ante una posible situación de riesgo.

Palabras clave: *MQTT, servidor web, dashboard, node-red, Wifi.*

ABSTRACT

At present, many people worldwide practice mountaineering. Andinists are always at risk of accidents, when such incidents occur at high altitudes or in remote areas, search and rescue operations are not always successful.

It presents some difficulty in locating tourists on the Chimborazo volcano because there's no precedent for the implementation of some kind of immediate location system and data monitoring.

Consequently, in the present titling project, an electronic system for the location and monitoring of tourists in the Chimborazo volcano is implemented. To achieve this objective, a low-cost electronic kit was developed in order to track tourists using modules and digital sensors, as well as an emergency system in case of possible accidents. The collected information is transmitted to a server which will be hosted in cloud hosting, allowing remote monitoring through a web interface. Thus achieving a record of both the position in real time and previous dates. Allowing the authorities, rescuers and tourist guides to act quickly in the face of a possible risk situation.

Keywords: MQTT, web server, dashboard, node-red, Wifi.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

Para el desarrollo de la presente investigación se realizó la recolección de datos mediante el análisis de artículos científicos indexados a revistas, proyectos de investigación de universidades y fuentes de investigación bibliográfica con el fin de hallar información que guarde relación con los sistemas de localización y monitoreo remoto, priorizando la búsqueda de sistemas de comunicación en condiciones climáticas severas.

En el año 2017 Diego José Moreta Ordóñez de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador realizó el proyecto titulado “Análisis de riesgo en el Cantón Riobamba, frente a lahares y flujos de lodo asociados al volcán Chimborazo” el cual realiza un análisis de la información del volcán Chimborazo con el fin de aportar con una valoración de la vulnerabilidad y amenazas para lograr generar estrategias que se puedan aplicar y ejecutar en la gestión de riesgos, utilizando un software llamado SIG y un conjunto de herramientas “Hydrology” del software ARCGIS, se logró la reconstrucción de las áreas de amenaza por lahares y se identificó una extensión de territorio de aproximadamente 500 hectáreas con un nivel de riesgo alto. [1]

En el año 2019 Sima Ghosh realizó el artículo titulado “GPS Based Location Tracking System” publicado en “International Journal Of Information And Computing Science”. Este proyecto se basa en un sistema de posicionamiento global el cual registra y procesa las coordenadas GPS de un teléfono con sistema operativo Android. El Software para el desarrollo de la aplicación Android se lo realizó utilizando lenguaje Java y un servidor LAMP. Los datos son almacenados externamente, además de procesarse para la visualización de todas las ubicaciones en las que ha estado el usuario dentro de un marco de tiempo en un mapa 2D, como Google Earth. [2]

En el año 2019 V.Aditya1, V.Deva Prasaad, M.Faheem Kamaludeen, T.Gophika realizaron el artículo titulado “Systematic Review of Mountaineers using LoRa” publicado en “International Journal Of Information And Computing Science” el cual implementó un sistema de monitoreo basado en LoRa con IoT. Al monitorear la frecuencia cardíaca, la temperatura y un acelerómetro, el sistema de seguridad transmite la ubicación actual del usuario y envía una alerta en caso de presentarse condiciones de emergencia. Este sistema permite a los rescatistas conocer el estado del usuario. El modelo propuesto se utiliza para la localización y rescate temprano de montañistas. Este sistema puede tener varias aplicaciones como el monitoreo de mineros y trabajadores en actividades peligrosas, donde sea útil la detección temprana de anomalías para brindar la atención adecuada. [3]

En el año 2020 Bryan Alexis Araujo Villarruel de la Universidad Técnica de Ambato realizó el proyecto titulado “Sistema de monitoreo para rafting.” el cual consiste en el diseño de un sistema con base en un dispositivo de software y hardware de fácil accesibilidad y bajo costo, para el monitoreo de deportistas que practican rafting en la ciudad de Baños de Agua Santa. Los usuarios son equipados con chalecos salvavidas con kits electrónicos los cuales poseen un módulo GPRS y una tarjeta embebida de control para el envío de datos a un servidor web. El sistema presentó una variación de efectividad dependiendo de la situación climática, ya que obtuvo una efectividad del 96% de transmisión de datos recibidos por el servidor con un clima soleado y una efectividad del 92% con climas lluviosos. Además de presentar un margen de error de 10 metros de la posición real debido a la calidad de los equipos que fueron utilizados. [4]

En el año 2022 Yugo Kunisada y Chinthaka Premachandra realizaron el artículo titulado “High Precision Location Estimation in Mountainous Areas Using GPS” publicado en “Multidisciplinary Digital Publishing Institute” el cual implementa un sistema de localización de alta precisión. En este estudio, se examinó la precisión y las fuentes de error al usar solo información de ubicación GPS y

mediciones reales con un dispositivo. El lenguaje de programación utilizado para construir el sistema fue Python 3.7, elegido por su rica biblioteca, la facilidad de acceso a la comunicación en red y su potencial para el desarrollo futuro, además de Google Maps para mostrar el registro de la ubicación de los usuarios. La información de ubicación trazada se actualiza y almacena cada 10 s, los datos se expresan en el tiempo y es posible mostrar hasta 6 h y 35 min de los datos a la vez en Google Maps. [5]

1.1.1 Contextualización del problema

En la actualidad multitud de personas a nivel mundial practican el andinismo, en condiciones de salud diversas, ya sea como deporte o como pasa tiempo, exponen su organismo a un medio ambiente hostil y desconocido lo cual puede causar problemas si se desconoce del tema.

Según Ana M. López, Europa fue el principal destino para andinismo al aire libre en todo el mundo, con más de 640 mil rutas listadas al 2 de junio de 2022, América del Norte siguió con 211.722 rutas siendo el segundo lugar. [6] Las principales causas directas de accidentes de escalada en Estados Unidos y Canadá entre 1951 y 2019 fueron: caer o resbalar en una roca con un número de 4707 accidentes, caer sobre nieve o hielo con un número de 1479 accidentes, caída de rocas u objetos con un número de 892 accidentes, falta de habilidades e inexperiencia con un número de 651 accidentes, varados o perdidos con un número de 532 accidentes y enfermedad con un número de 500 accidentes. [7]

Actualmente en el Ecuador el 3,2% de visitantes que llegan al país gustan del senderismo y montañismo. El nevado mayormente visitado es el Cotopaxi con un 50%, seguido por el Chimborazo con el 20%, mientras que los Ilinizas y Cayambe abarca una frecuencia del 15 y 10%. Cabe recalcar que el número de accidentes por montañismo en el nevado Chimborazo ha aumentado debido al uso de equipos

ineficientes, conocimientos inadecuados de escalada y condiciones climáticas adversas. En el mes de noviembre del año 2021 se registraron cuatro personas fallecidas y una herida, mientras escalaban el volcán Chimborazo, mientras que en el mes de octubre una avalancha cayó sobre un grupo de personas que se encontraban a una altura de 6.100 m.s.n.m. dejando 3 muertos y 3 desaparecidos. [8]

Existe dificultad para localizar a los turistas en el volcán Chimborazo debido a que no existe ningún precedente de implementación de algún tipo de sistema de localización inmediata y control de datos. La ausencia de tecnología para la logística de búsqueda y rescate ha provocado demoras en la ejecución de planes de búsqueda en casos de accidente dando como resultado las desapariciones y muertes de turistas que visitan el volcán Chimborazo.

Las condiciones climáticas severas presentes en el volcán Chimborazo pueden causar problemas al momento de implementar un sistema de comunicaciones inalámbricas, tomando en cuenta el estudio realizado por investigadores del Instituto IGIC (Instituto de Investigación para la gestión integrada de zonas costeras) del campus de Gandía de la Universidad Politécnica de Valencia, que tiene como resultado la afirmación de que las condiciones meteorológicas y las zonas geográficas ejercen una influencia significativa en el rendimiento y calidad de las redes inalámbricas, dificultando la transmisión de información que se envía entre diferentes dispositivos. [9]

El volcán Chimborazo representa una amenaza para los turistas, guías y montañistas, ya que debido al gran volumen de hielo existente en el volcán y a la fuerte inclinación de sus flancos, ha causado varios accidentes provocando desapariciones e incluso muertes en los últimos años. Cabe mencionar que los lahares no son producidos únicamente por actividad volcánica, sino que también se producen por diferentes condiciones climáticas. Las épocas de calor intenso y

las intensas precipitaciones son las principales causas del desprendimiento de masas de hielo hacia partes bajas causando desplazamiento de capas de nieve y lodo lo que resulta en accidentes que pueden llegar a ser mortales para los turistas.

1.2. Fundamentación teórica

1.2.1. Monitoreo y geolocalización

Sistema de rastreo GPS

El Rastreo Satelital es un servicio que permite localizar vehículos, personas u objetos en cualquier parte del mundo por medio de triangulación de señales emitidas por 27 satélites geoestacionarios alrededor del planeta. El servicio de Rastreo Satelital como tal es abierto, aunque para hacer uso de él es necesario tener un dispositivo habilitado con GPS, comúnmente un celular, PDA, navegador personal o equipo AVL. [10]

Servidor Web

Un servidor web es un programa diseñado especialmente para transferir datos de hipertexto, es decir, páginas web con todos sus elementos. Estos servidores web utilizan el protocolo http.[11]

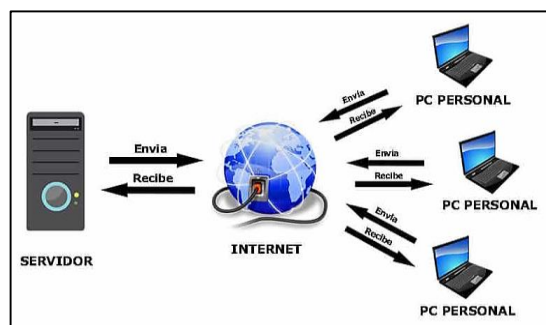


Figura 1: Esquema de un servidor web [11]

Los servidores web están alojados en un ordenador que cuenta con conexión a Internet. El web server, se encuentra a la espera de que algún navegador le haga alguna petición como, por ejemplo, acceder a una página web y responde a la petición, enviando código HTML mediante una transferencia de datos en red. [11]

Tabla 1: Servidor LAMP

GNU/Linux	Apache	MySQL	PHP
<ul style="list-style-type: none">• Sistema operativo de software libre• Varias aplicaciones disponibles aplicables en Software Libre.• Algunos de los ejemplos más conocidos son: Debian, Red-Hat (Fedora), Mandriva, Suse, Ubuntu, etc.	<ul style="list-style-type: none">• Apache HTTP Server es un software de servidor web gratuito y de código abierto• Plataformas Unix con el cual se ejecutan el 46% de los sitios web de todo el mundo• Apache es altamente personalizable , ya que tiene una estructura basada en módulos	<ul style="list-style-type: none">• Sistema de gestión de bases de datos relacionales de código abierto• Modelo de cliente servidor• Lenguaje de consulta estructurado SQL	<ul style="list-style-type: none">• Subconjunto de lenguajes de secuencia como JavaScript y Python• PHP se usa principalmente para la comunicación del lado del servidor

Elaborado por: Los Investigadores.

Base de datos

Una base de datos es una recopilación organizada de información o datos estructurados, que normalmente se almacena de forma electrónica en un sistema informático. Normalmente, una base de datos está controlada por un sistema de gestión de bases de datos (DBMS).

Los datos de los tipos más comunes de bases de datos en funcionamiento actualmente se suelen utilizar como estructuras de filas y columnas en una serie de tablas para aumentar la eficacia del procesamiento y la consulta de datos. Así, se puede acceder, gestionar, modificar, actualizar, controlar y organizar fácilmente los datos. La mayoría de las bases de datos utilizan un lenguaje de consulta estructurada (SQL) para escribir y consultar datos.[12]

Microordenador

Las microcomputadoras, también denominadas microcomputadores o microordenadores, son computadoras que poseen un microprocesador como unidad central de proceso, y que están configuradas para cumplir con funciones específicas. Del microprocesador dependen aspectos como: la complejidad del sistema, la potencia, el sistema operativo, la normalización, la versatilidad y el precio del equipo, entre otros. [13]

Un dispositivo que utiliza un microprocesador es normalmente capaz de muchas funciones, tales como procesamiento de textos, cálculo y comunicación vía Internet o por teléfono. [13]

Tabla 2: Tabla comparativa entre microordenadores

	Raspberry pi 3	Odroid C2	Jaguar One	Pine A 64
Procesador	1.2 GHz 64-bit Quad-Core ARMv8	1.5 GHz 64-bit Quad-Core ARM CortexA53	1.3 GHz 64-bit Quad-Core Intel Atom Z3735G/F	1.2 GHz 64-bit Quad-Core ARM CortexA53
Memoria interna	Tarjeta MicroSD	Tarjeta SD	16 GB	Tarjeta, MicroSD
RAM	1 GB	2 GB	1 GB	512 MB, 1 GB, 2 GB
Conectividad	4 USB 2.0 HDMI 1.4 Wifi Bluetooth (BLE) Ethernet	4 USB 2.0 1 USB OTG HDMI 2.0 Ethernet	3 USB 2.0 HDMI 1.4 Ethernet	2 USB 2.0 HDMI 1.4 Ethernet
SSOO	Linux Windows IoT	Linux Android	Linux Android Windows 10	Android Linux Windows IoT
Precio	\$100	\$46	\$79	\$15, \$19, \$29

Elaborado por: Los Investigadores

Modo de emergencia

Modo para rescatar personas en caso de existir un accidente. Al presionar un botón de pánico se activará una alarma ya que podría significar que el alpinista está en problemas, por lo que se activa el modo de emergencia. Para ello, el dispositivo habilita la señal GPS que se envía a la estación base para localizar al accidentado.

[14]

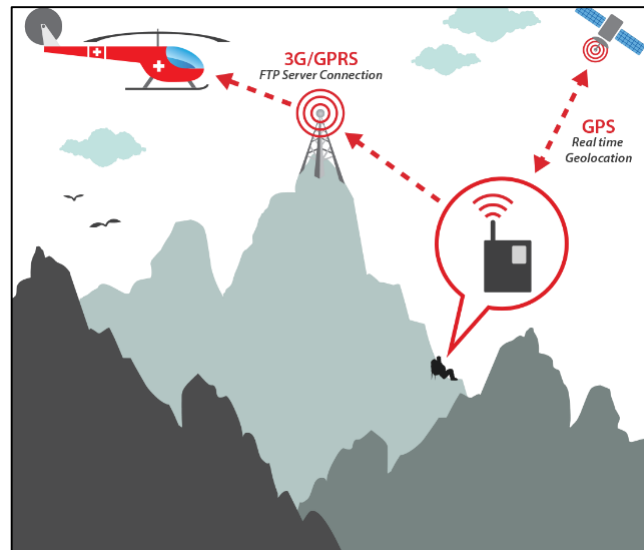


Figura 2: Sistema de emergencia [14]

1.2.2. Sistemas de comunicación inalámbrica

Comunicación Inalámbrica

Es aquella en que la comunicación entre dos puntos (emisor-receptor) se realiza utilizando el espectro electromagnético para el intercambio de información, es decir, no se encuentra unida por un medio físico de propagación como lo es la fibra óptica o cable de cobre, en este tipo de comunicación las ondas electromagnéticas viajan por medio del aire y es utilizada para la conexión de diferentes dispositivos electrónicos con el fin de implementar una red de comunicaciones que aporte al crecimiento de un sector brindando beneficios a la sociedad. [15]

Redes Inalámbricas

Son redes que realizan el intercambio de información utilizando ondas electromagnéticas por medios no guiados sin necesidad de utilizar ningún tipo de cable.

El funcionamiento de las redes inalámbricas es similar al de las redes cableadas con la diferencia que en las redes inalámbricas existe la necesidad de convertir las señales electromagnéticas que transportan la información en una forma adecuada para ser transmitidas a través del aire.

Con las redes inalámbricas se cumplen muchos propósitos, por ejemplo la sustitución de redes cableadas o el acceso remoto a sistemas que se encuentran en zonas lejanas; entre los dispositivos que se utilizan comúnmente en una red inalámbrica están los celulares, tablets, portátiles, dispositivos localizadores, etc. [16]



Figura 3: Dispositivos en red inalámbrica [17]

Tipos de redes inalámbricas

Las redes inalámbricas se pueden clasificar en cuatro grupos específicos según el área de aplicación y el alcance de la señal: [16]

Tabla 3: Comparación de las tecnologías de redes inalámbricas clasificadas de acuerdo a su cobertura

	WPAN	WLAN	WMAN	WWAN
Tecnología	Bluetooth Ultra Wide Band Zig Bee	802.11 b 802.11 a 802.11 g 802.11 n	802.16 802.16 ^a 802.16e	GSM GPRS 2.5G 3G 4G
Tasa de datos	Tasas de datos medias (1 a 2 mbps)	Tasa de datos altas (11 a 200+ mbps)	Muy altas tasas de datos, 350+ mbps	Tasas de datos de bajas a medias, 10 kbps a 2.4 mbps
Rango	Rango muy corto, 3m	Rango corto ,100m	Rngo medio, 50 km	Rango global
Conectividad	Laptop a PC a periféricos	Computadora a computadora y la internet	LAN o computador a una línea cableada	Da Smart Phone y PDAs a WANs y a la internet

Elaborado por: Los Investigadores.

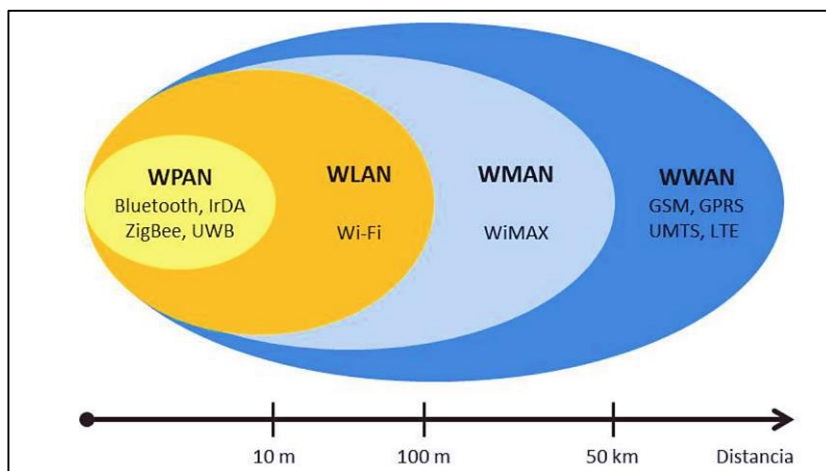


Figura 4: Tipos de redes inalámbricas [16]

Tecnologías inalámbricas

Como alternativa para un sistema de interconexión de unidades, se encuentran distintos tipos de tecnologías tanto cableadas como inalámbricas. Sin embargo, las tecnologías inalámbricas se muestran como la solución más apropiada en casos en los que se desea dar acceso en zonas de difícil acceso a diferencia de otras tecnologías cuya implementación significaría costos elevados e inasequibles a este tipo de comunidades. [18]

Bandas de Frecuencias

En el rango de frecuencias se encuentra el uso del rango UHF y las bandas denominadas libres.

Tabla 4: Espectro radioeléctrico.

SIGLA	DENOMINACIÓN	RANGO DE FRECUENCIAS	APLICACIÓN
VLF	VERY LOW FRECUENCIES <i>Frecuencias muy bajas</i>	10KHz – 30KHz	Enlaces de radio
LF	LOW FRECUENCIES <i>Frecuencias bajas</i>	30KHz – 300KHz	Enlaces de radio
MF	MEDIUM FRECUENCIES <i>Frecuencias medias</i>	300KHz – 3MHz	Radiodifusión
HF	HIGH FRECUENCIES <i>Frecuencias Altas</i>	3MHz – 30MHz	Enlaces de comunicación
VHF	VERY HIGH FRECUENCIES <i>Frecuencias muy altas</i>	30MHz – 300MHz	Enlaces de radio, televisión
UHF	ULTRA HIGH FRECUENCIES <i>Frecuencias ultra altas</i>	300MHz – 3GHz	Enlaces de radio, navegación, radar
SHF	SUPER HIGH FRECUENCIES <i>Frecuencias super altas</i>	3GHz – 30GHz	Radar, enlaces de radio
EHF	EXTRA HIGH FRECUENCIES <i>Frecuencias extra altas</i>	30GHz – 3000GHz	Radar, enlaces de radio

Elaborado por: Los Investigadores.

Sistema de comunicación de datos

Para un sistema de comunicación de datos se han identificado tres formas de comunicaciones que son:

- Radio Control: técnica que permite el control de un objeto a distancia y de manera inalámbrica mediante una emisora de control remoto.
- Wi-Fi: tecnología que permite conectar diferentes equipos informáticos a través de una red inalámbrica de banda ancha.
- Red Celular: utiliza la red 4G LTE para realizar la comunicación entre dos estaciones remotas brindando versatilidad, ya que este tipo de red opera en rangos más grandes que las redes convencionales de 2.4 o 5.8 GHz.

Sistemas de monitoreo inalámbrico

Es un conjunto de procedimientos con los cuales se recolecta información para luego ser analizada sin utilizar un medio físico, con este sistema se lleva a cabo un seguimiento de cualquier proceso con el fin de verificar que funcione de acuerdo a los estándares requeridos y guiar las decisiones de gestión. [19]

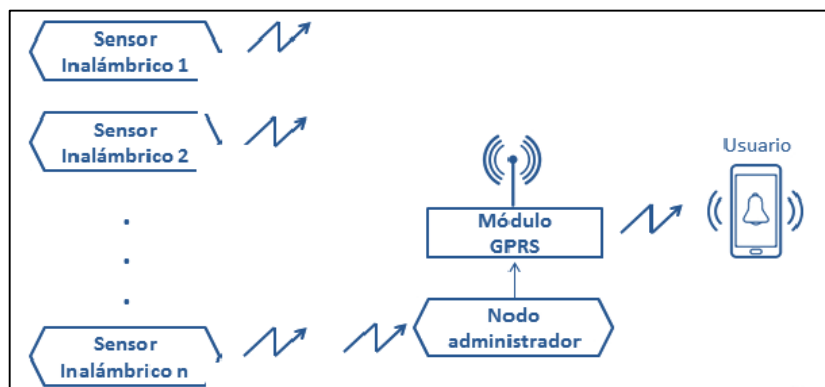


Figura 5: Esquema de sistema de monitoreo inalámbrico [20]

1.2.3. Tarjetas embebidas de control

Un sistema embebido de control es un sistema informático diseñado para realizar funciones, cuyos componentes están integrados en una placa base. El

procesamiento central del sistema se realiza gracias al microcontrolador, o microprocesador, que también contiene conexiones de E/S y una pequeña memoria en el mismo chip.

Microcontroladores

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico que integra varios componentes en un solo chip utilizando tecnología VLSI. Su principal característica es contar con todos los componentes necesarios para trabajar de manera independiente y está diseñado para la monitorización y el control. Los microcontroladores consisten en un procesador, memoria, varios controladores de interfaz, temporizadores, controladores de interrupción, pines de entrada y salida (E/S) que le permiten interactuar con el entorno. [21]

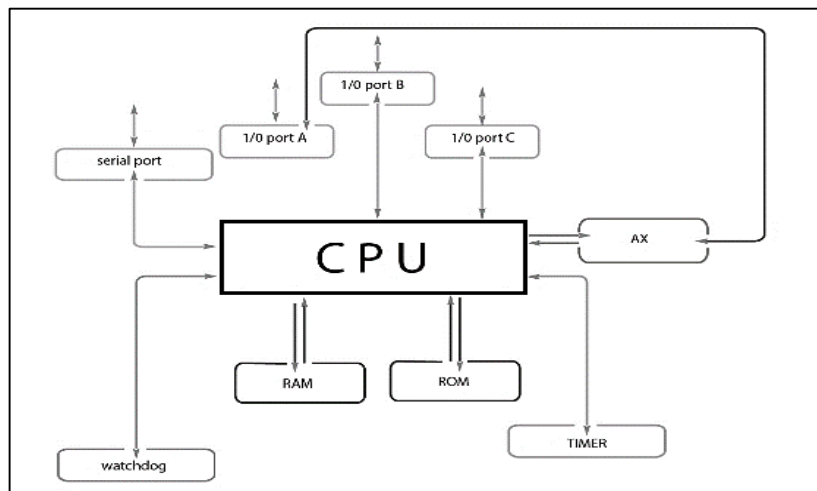


Figura 6: Arquitectura de un microcontrolador. [21]

1.2.4. Sensores de signos vitales y variables ambientales

Sensor de ritmo cardiaco

Sensor de pulso el cual se utiliza para probar el ritmo cardíaco de estudiantes, artistas, deportistas, creadores, juegos y los desarrolladores de terminales móviles. Relacionado con el corazón el trabajo interactivo. Este tipo de sensores se puede llevar en el dedo o el lóbulo de la oreja. [22]

Módulo GPS

Un módulo de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) utiliza las señales enviadas por los satélites en las estaciones espaciales y terrestres de la Tierra para determinar con precisión su posición en la Tierra. [23]

Sensor de temperatura

Los sensores de temperatura son componentes eléctricos y electrónicos que, en calidad de sensores, permiten medir la temperatura mediante una señal eléctrica determinada. Dicha señal puede enviarse directamente o mediante el cambio de la resistencia. [24]

Sensor de presión atmosférica

El sensor de presión barométrica mide la presión atmosférica del aire. Esta señal es evaluada en la ECU junto con la presión de aire del colector de admisión, que la da el sensor MAP. En función de ambas señales, se calcula la cantidad básica de inyección. [25]

1.2.5. Andinismo

La cordillera de los Andes recorre gran parte de Latinoamérica ya que va de norte a Sur por el sector este del continente. A partir de estas cadenas de montañas y de las experiencias europeas del alpinismo, surge el andinismo que no es más que la práctica de montañismo en nuestra región cuyo fin es llegar a la cima de una determinada montaña, como un reto a la naturaleza, que en ocasiones puede ser peligroso debido a su alto riesgo. [26]

1.2.6. Riesgos a los que se presentan los seres humanos en alta montaña

Niveles de oxígeno

La capacidad del ser humano para realizar un trabajo está directamente relacionada con la cantidad de oxígeno que consigue para sus células. En alta montaña el oxígeno que contiene el aire es menor comparado con lo que tiene a nivel del mar, en

consecuencia, la capacidad del ser humano de realizar una actividad en estas condiciones va siendo cada vez menor cada vez que desciende la presión atmosférica. Se ha demostrado que en la cima del monte Everest la capacidad física de una persona no llega ni a un 10% de la capacidad que tiene a nivel del mar. [27]

ALTITUD	PRESIÓN ATMOSFÉRICA	PRESION PARCIAL DE OXÍGENO
0 metros	760 Torr	159,61 Torr
500	716	150,36
1000	674	141,54
1500	634	133,14
2000	596	125,16
2500	560	117,61
3000	525	110,25
3500	493	103,53
4000	462	97,02
4500	433	90,93
5000	405	85,05
5500	379	79,59
6000	354	74,34
6500	330	69,31
7000	308	64,68
7500	287	60,27
8000	267	56,07
8500	248	52,08
9000	231	48,51

Figura 7: Presión atmosférica y de oxígeno en diferentes altitudes de una montaña [27]

En alta montaña el ser humano no siempre se adapta rápidamente al medio ambiente agresivo que se presenta ya que se debe conseguir un equilibrio entre el organismo y el medio ambiente para poder realizar correctamente la práctica del andinismo.

Los mecanismos que el organismo de un ser humano pone en marcha para defenderse en estas condiciones ambientales se muestran en la siguiente figura:

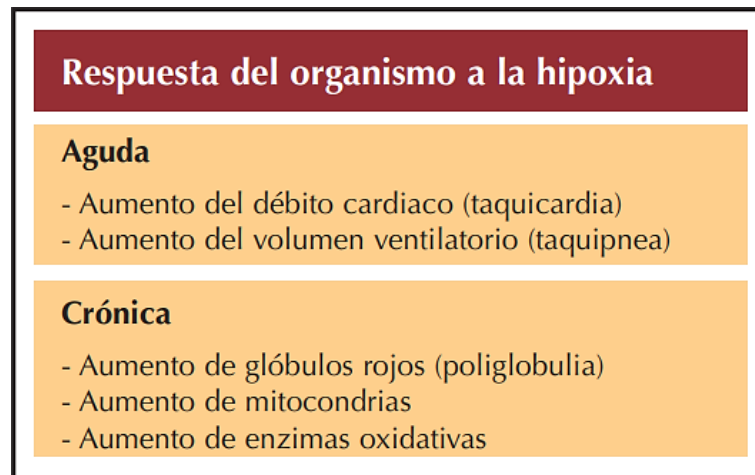


Figura 8: Respuesta del organismo a la hipoxia [27]

Si el organismo de una persona no se adapta al medio ambiente que se presenta en alta montaña corre el riesgo de presentar el “Mal de Altura” el cual es un malestar que incluye dificultad para respirar, náuseas, dolor de cabeza y, además, inconvenientes para realizar actividad física. [27]

Sol y piel

Al ascender a media o alta montaña la protección de la atmósfera es menor por lo cual es posible que una persona tenga efectos negativos a causa de esta desprotección, estos efectos se manifiestan en forma de quemaduras, ampollas, enrojecimiento, bronceado debido a la exposición solar, sin embargo el riesgo es mayor cuando el entorno en el que se encuentra una persona en alta montaña está cubierto de nieve ya que la agresión de los rayos solares es mayor y pueden tener lesiones a largo o corto plazo. [27]

La vista

Cuando la montaña se cubre de nieve, la gran luminosidad que irradia es un riesgo, su resplandor es dañino para los ojos humanos, ya que en estas condiciones el ojo recibe gran cantidad de radiaciones tanto de ultravioletas como también infrarrojos y del espectro visible. [27]

El viento

El viento incide de forma directa en la termorregulación del organismo, en varias ocasiones cuando una persona se cubre del frío en alta montaña no tiende a cubrirse partes importantes como la cara y las manos, esto provoca un riesgo de congelación ya que en esas zonas se han registrado un número elevado de congelaciones en alta montaña. Se ha demostrado que con una velocidad suficiente de viento y a temperaturas no tan bajas, pelagra la integridad de las zonas expuesta del cuerpo humano, por ejemplo, un viento de 32 km/h a una temperatura de 5°C produce un enfriamiento de -7,5°C sobre superficies del cuerpo que estén descubiertos. [27]

En la siguiente imagen se puede evidenciar el peligro de congelamiento del cuerpo humano en zonas como alta montaña, mostrando la temperatura equivalente de enfriamiento por efecto del viento.

TABLA DE TEMPERATURA EQUIVALENTE DE ENFRIAMIENTO POR EFECTO DEL VIENTO													
Velocidad del viento	Temperatura (°C)												
CALMA	10	5	-0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
Km/h	Sensación térmica por efecto de enfriamiento del viento												
8	7,5	2,5	-2,5	-7,5	-12,5	-17,5	-22,5	-27,5	-32,5	-37,5	-45	-50	-55
16	5	-2,5	-7,5	-12,5	-17,5	-25	-32,5	-37,5	-45	-50	-57,5	-62,5	-67,5
24	2,5	-5	-10	-17,5	-25	-32,5	-37,5	-45	-52,5	-57,5	-65	-72,5	-77,5
32	0	-7,5	-12,5	-22,5	-25	-35	-42,5	-50	-57,5	-65	-70	-77,5	-65
40	-32,5	-37,5	-45	-50	-30	-37,5	-45	-52,5	-60	-67,5	-75	-82,5	-90
48	-2,5	-10	-17,5	-25	-32,5	-40	-47,5	-55	-62,5	-72,5	-77,5	-85	-95
56	-2,5	-10	-17,5	-25	-32,5	-42,5	-50	-57,5	-65	-72,5	-80	-87,5	-95
64	-2,5	-10	-20	-27,5	-35	-42,5	-50	-60	-65	-75	-82,5	-90	-97,5
> 64 km/h produce un pequeño efecto adicional	PELIGROSO			MUY PELIGROSO Las partes del cuerpo expuestas al viento pueden congelarse en un minuto				EXTREMADAMENTE PELIGROSO Las partes del cuerpo expuestas al viento pueden congelarse en 30 segundos					
	PELIGRO DE CONGELAMIENTO DEL CUERPO HUMANO EXPUESTO AL VIENTO SIN LA APROPIADA VESTIMENTA												

Figura 9: Temperatura equivalente de enfriamiento por efecto del viento. [27]

El corazón en la montaña

En alta montaña incluso una actividad relajada es exigente para el corazón de una persona ya que aumenta el ritmo cardiaco en un número considerable, al reducir la presión atmosférica en la altitud se reduce la posibilidad de captar oxígeno y para que el cuerpo se adapte a estas condiciones el corazón acelera su ritmo incluso si la persona está en reposo. Una persona joven en una vía asequible mantiene un ritmo cardiaco promedio de 169px mientras que cuando intenta ir por vías más difíciles supera las 200px.

La lucha contra el frío es otro problema para el corazón una persona en alta montaña ya que esto provoca que el corazón se esfuerce más de lo normal para enviar más sangre a las zonas del cuerpo que se enfrían y aumentar la presión arterial. Si el corazón llega a tal punto que no es capaz de bombear la sangre necesaria que el entorno exige, esto puede causar hipotermia por las pérdidas de calor y pueden causar incluso la muerte. [27]

Deshidratación

Durante una actividad como es el andinismo en alta montaña un problema muy común que se presenta en las personas es la deshidratación, un mecanismo de alarma es la sed ya que ésta se presenta solo cuando la pérdida de líquido en nuestro organismo es importante, un efecto de la deshidratación es la pérdida de rendimiento del cuerpo.[27]



Figura 10: Pérdida de rendimiento por deshidratación.[27]

La fatiga por falta de forma

Se requiere que las personas que practican el andinismo tengan hábitos de atleta y preparación ya que cuando una persona está cansada o fatigada comete errores frecuentes y al estar en condiciones de extrema altitud, la mala alimentación y la deshidratación los riesgos a los que se enfrenta se hacen extremos. [27]

1.2.7. Volcán Chimborazo

Es el volcán más alto del Ecuador y el punto más alejado del centro de la Tierra con una altitud de 6.262 metros sobre el nivel del mar. Al ser el punto más cercano al espacio exterior, ya que medido desde el centro de la Tierra es la montaña más alta del planeta, superando en dos kilómetros la altura del Everest, al Chimborazo coloquialmente se lo conoce como «el punto más cercano al Sol». [28]



Figura 11: Infografía del volcán Chimborazo[29]

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Implementar un sistema electrónico de localización y monitorización para el seguimiento de turistas en el volcán Chimborazo.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la realidad actual del turismo en el volcán Chimborazo.
- Analizar el equipamiento disponible en los refugios y ruta turística del volcán Chimborazo.
- Establecer las características de diseño del dispositivo electrónico para el control, localización y monitorización de los turistas en el volcán Chimborazo.
- Implementar un sistema de control, monitorización, localización y análisis de datos mediante un servidor web.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Materiales

En el presente trabajo de titulación, para el diseño del sistema de localización y monitorización de turistas en el volcán Chimborazo se utilizó varios recursos tecnológicos, bibliográficos, ambientales y humanos detallados a continuación:

Los recursos bibliográficos provienen de bibliotecas virtuales de la Universidad Técnica de Ambato, además de bases de datos de revistas, libros y artículos científicos relacionados con los sistemas de localización, monitoreo y actividades en alta montaña.

Los recursos humanos que se requiere para la elaboración del presente trabajo son: Los Investigadores, el tutor, el tutor institucional y los guarda parques del volcán Chimborazo.

Los recursos ambientales son los senderos de la reserva de producción de fauna Chimborazo que guían a los turistas del Refugio (Whymper) al refugio (Carrel) en el cual se realizaron pruebas del sistema de localización y monitoreo de turistas. Se utilizó un sistema de red basado en comunicación inalámbrica para brindar cobertura a la ruta de los turistas para él envió de datos.

Los recursos tecnológicos son los de mayor importancia, siendo requeridas herramientas de hardware y software para la localización de turistas y monitorización de datos. En la parte física, los dispositivos requeridos son: sensor GPS, sensor infrarrojo de temperatura, sensor de presión barométrica, tarjetas embebidas de control y PCB personalizadas, además de los dispositivos empleados para la creación de la red inalámbrica como son: Antenas sectoriales, un modem 4G LTE y sistemas autónomos de energía. Para la parte de software se emplearon servicios de alojamiento en la nube, servidores web y editores de código.

2.2. Métodos

2.2.1. Modalidad de la Investigación

El presente proyecto cuenta con los siguientes tipos de investigación para su ejecución:

Investigación Aplicada

El presente proyecto de titulación se define como una investigación aplicada, ya que se puso en práctica los conocimientos adquiridos durante la formación académica en la implementación de un kit electrónico, que ayudo a localización y monitorización de signos vitales y variables ambientales de turistas en el volcán Chimborazo.

Investigación Bibliográfica

Para la validación del proyecto se llevó a cabo una investigación bibliográfica. Las fuentes de información fueron libros, artículos científicos, bases de datos de universidades y artículos científicos relacionados a sistemas de localización, monitoreo y actividades en alta montaña.

Investigación de Campo

Para tener una buena transmisión y recepción de información se realizaron pruebas de campo para conocer el funcionamiento de los diversos equipos en condiciones de montaña y verificar que los valores obtenidos por los sensores sean correctos. Los datos adquiridos fueron comparados y validados para considerar al sistema como factible.

2.2.2. Recolección de Información

En la presente investigación se empleó recolección de datos mediante el análisis de artículos científicos indexados a revistas, proyectos de investigación de

universidades, con el fin de hallar información que guarde relación con los sistemas de localización y monitoreo remoto, priorizando la búsqueda de comunicación en zonas montañosas.

2.2.3. Procesamiento y Análisis de Datos

A continuación, se detallará los pasos a seguir para el análisis y procesamiento de datos para el desarrollo del proyecto de titulación:

- Recolección de información de diversas fuentes científicas.
- Interpretación y optimización de la información.
- Análisis de dispositivos y sistema para la transmisión de datos.
- Estudio de los sensores y del módulo GPS para la implementación de los kits.
- Presentación de los resultados obtenidos de acuerdo con los objetivos planteados.

2.2.4. Desarrollo del Proyecto

Para cumplir con los objetivos planteados en el proyecto de investigación se llevó a cabo las siguientes actividades:

1. Recolección de información acerca del número de turistas que visitan el volcán Chimborazo.
2. Estudio de los parámetros climáticos y geográficos del volcán Chimborazo.
3. Identificación de rutas en el volcán Chimborazo.
4. Descripción de los equipos de comunicación existentes en los refugios del volcán Chimborazo.
5. Determinación de la calidad de los equipos existentes en los refugios del volcán Chimborazo.
6. Análisis de las zonas de cobertura de la señal.
7. Determinación de la tecnología que se adapte a las condiciones climáticas

y geográficas del sector.

8. Determinación del protocolo de red y de la arquitectura para el envío y recepción de datos.
9. Selección de los dispositivos y componentes electrónicos requeridos para el sistema de localización y monitoreo.
10. Análisis y selección del dispositivo para el sub-sistema de localización.
11. Análisis y selección del dispositivo para el sub-sistema de monitorización.
12. Adquisición de los equipos seleccionados para el sistema.
13. Instalación y configuración de los equipos de comunicación para los usuarios en la montaña y las estaciones remotas.
14. Implementación y configuración del servidor y de la interfaz web.
15. Ejecución de pruebas de funcionamiento y corrección de errores.
16. Elaboración de informe escrito del proyecto donde consta todos los procesos realizados.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

Los equipos de localización y monitorización son una gran herramienta para los turistas que deciden realizar andinismo de alta montaña porque brindan una mayor efectividad de rescate en el caso de ocurrir algún siniestro o pérdida, por lo que actualmente existen dispositivos de localización para montañistas de costos muy elevados. Sin embargo, estos equipos no realizan monitoreo de signos vitales y variables ambientales en tiempo real, es decir, que no se puede visualizar el estado ni la localización de la persona en el momento del ascenso. Por tal razón, el propósito de la investigación es desarrollar un sistema electrónico de localización y monitorización de turistas en la ruta que va del primer al segundo refugio del volcán Chimborazo, utilizando un kit electrónico de bajo costo, con base en una placa PCB y adaptado con un sistema de auxilio que permitirá conocer la ubicación de los turistas en tiempo real y guardar un registro de posicionamiento en una base de datos, además de contar con una interfaz gráfica en un dashboard alojada en un servidor web. El sistema se realiza para brindar ayuda inmediata a los turistas y personal en posibles misiones de rescate en el volcán Chimborazo.

3.1.1. Desarrollo de la propuesta

El montañismo siempre ha sido una actividad muy aventurera y apasionante. Pero con la aventura viene el riesgo. Los andinistas siempre corren el riesgo de sufrir accidentes. Cuando tales incidentes ocurren a gran altura o en áreas remotas, las operaciones de búsqueda y rescate no siempre tienen éxito. Esto debido a:

- Las noticias de un accidente tardan horas o incluso días en llegar a los equipos de búsqueda y rescate.
- Los equipos de búsqueda y rescate no saben dónde ocurrió el accidente.

- Los equipos de búsqueda y rescate no saben si el hombre está vivo y, de ser así, cuál es su condición.

Los avances tecnológicos en la localización de personas permiten mejorar la experiencia del montañismo, utilizando sistemas de localización y monitoreo de signos vitales en tiempo real, ayudando a los equipos de socorro a efectuar una labor de rescate de manera más eficaz y de esta manera salvar vidas.

a. Análisis del entorno

El presente trabajo de investigación se realizó tomando como referencia la ruta que va desde el refugio Carrel al refugio Edward Whymper ubicados en las coordenadas -1.474691, -78.845820 y -1.472415, -78.838760 respectivamente. Ambos refugios situados en la reserva de producción de fauna Chimborazo en la provincia de Chimborazo en Ecuador.

La Reserva de Producción de Fauna Chimborazo está ubicada en los cantones de Guano, Riobamba, Guaranda y Ambato en las provincias de Chimborazo, Bolívar y Tungurahua. Abarca 58.560 hectáreas e incluye al majestuoso Volcán Chimborazo con 6.310 m.s.n.m. El clima dominante es el altiplano andino frío, que va desde un clima templado húmedo permanente hasta un clima templado intermitentemente seco con temperaturas entre 0 y 10 °C. Las temperaturas en la reserva se ven afectadas por los cambios de altitud.

El recorrido para turistas inicia en el Centro de servicios Turísticos El Arenal desde donde se circula por un camino lastrado de 7 kilómetros hasta el Refugio Carrel, desde allí se asciende durante 45 minutos aproximadamente por un sendero de 1.5 km hasta llegar al Refugio Whymper alcanzando los 5.042 msnm. Desde este punto se puede avanzar hacia la laguna Cóndor Cocha que se encuentra a 5.100 msnm.

En alta montaña las necesidades del organismo de los turistas cambian, en lo que respecta al corazón se requiere que aumente la cantidad de sangre que bombea normalmente en un minuto en condiciones normales, en condiciones de alta montaña se necesita que el corazón bombee una cantidad 5000 ml de sangre y cada latido es capaz de enviar 50 ml de sangre aproximadamente, teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente y las condiciones de alta montaña, los latidos del corazón incrementan a una cantidad aproximada de 100 por minuto.

Tomando en cuenta otras condiciones como la edad y el estado de salud se estima que la frecuencia cardiaca teóricamente aumenta hasta 216 bpm el cual sería el número máximo de latidos por minuto que el organismo soporta para que el cuerpo humano funcione con normalidad.

Para que el corazón lleve la cantidad de sangre necesaria a cada parte del cuerpo es necesario que bombee al menos 60 veces en un minuto, si la frecuencia cardiaca es menor de 60 puede provocar que el cerebro y otros órganos no reciban el oxígeno suficiente causando problemas graves de salud.

La temperatura corporal de una persona cambia por diferentes factores como puede ser las actividades que realiza o el momento del día, sin embargo, existe un rango general de temperatura corporal que se debe tomar en cuenta para saber si la persona presenta algún problema. Una temperatura superior a 37.5 °C indica que la persona presenta fiebre que es un síntoma de infección o alguna enfermedad. Una temperatura de 35 °C o menor indica que el cuerpo cae en un estado de hipotermia.

La presión atmosférica varía dependiendo del nivel de altitud a la que nos encontremos, los turistas que visitan el volcán Chimborazo ascienden a una altura máxima de 5100 msnm con una presión atmosférica aproximada de 405 Torr que en pascales tiene un valor de 539,95 hPa. En la siguiente figura 7 se puede evidenciar la variación de la presión atmosférica según la altitud.

La humedad en alta montaña por lo general es superior al 70% y suele llegar a su nivel máximo de saturación de 100%. Cabe recalcar que en temporadas secas la humedad puede llegar a valores del 30%. La humedad relativa media que se presenta en el volcán Chimborazo es del 86%.

b. Dimensionamiento y Delimitación del Sistema.

El sistema de localización y monitoreo se diseñó considerando varios factores ambientales, creando un prototipo de kit hermético, los mismos que serán utilizados por parte de los turistas brindando una cobertura de aproximadamente 2km desde el refugio Carrel hasta el refugio Whympfer. Las condiciones climáticas variantes y las zonas montañosas conllevan a realizar el diseño del sistema en base a los siguientes parámetros:

1. Se crea un dashboard de localización y monitoreo de signos vitales que mide las variables de: Temperatura ambiente, temperatura corporal, ritmo cardiaco, altitud, presión atmosférica, y posición geográfica.
2. Se implementa un kit electrónico hermético y se realiza un diseño de sistema de comunicación inalámbrica escalable, para brindar cobertura de señal en la ruta delimitada, además del envío de datos de sensores y señales de alerta.
3. Se utiliza un sensor oxímetro para medir el ritmo cardiaco, un sensor infrarrojo de temperatura para determinar la temperatura corporal del usuario del kit y un módulo GPS para conocer la posición en tiempo real del turista.
4. Se analiza la ubicación geográfica para un prototipo de sistema de comunicación inalámbrica, el mismo que me permitirá mantener en red al kit electrónico.
5. Se identifica que el estudio y análisis de cobertura es factible, y requiere de la instalación de un nodo raíz y 3 nodos secundarios para poder obtener señal en la ruta.

6. Se utiliza un modem 4G LTE y una antena CPE para un nodo raíz, el mismo que tiene una cobertura de 552 metros.
7. El estudio considera un prototipo de sistema de comunicación inalámbrica en el volcán Chimborazo; es decir se aplica únicamente para la ruta del primer al segundo refugio. Una implementación de sistema de comunicación para una zona más amplia implica altos costos de inversión.

3.1.2. Sistema Propuesto

El sistema propuesto se basa en el diagrama de la Figura 12, que cuenta con: nodos sensores, botones de emergencia, comunicación a través de un broker MQTT, un servidor web y un dashboard para la interfaz gráfica de supervisión.

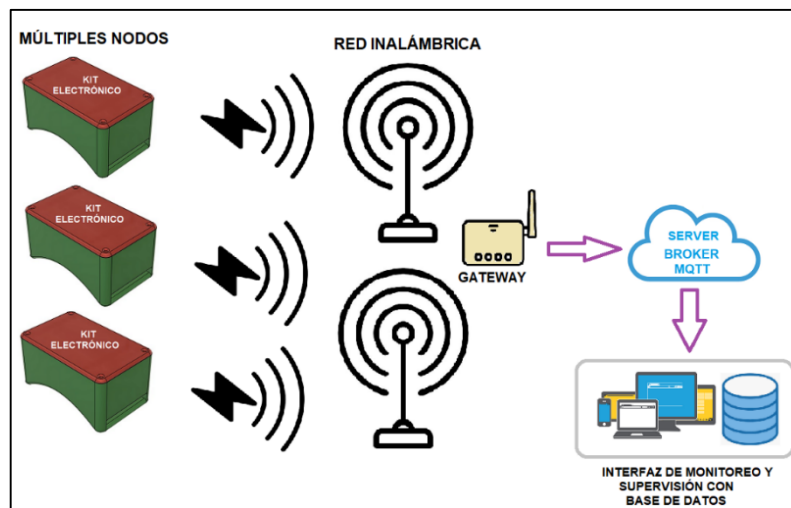


Figura 12: Diagrama del sistema de localización y monitorización

Elaborado por: Los Investigadores

El sistema realiza la monitorización y posicionamiento del turista en tiempo real, es decir que monitorea los signos vitales y variables ambientales de forma continua. Al mismo tiempo grafica los datos en un dashboard y almacena los almacena en una base de datos SQL. El procesamiento de la información se ejecuta de forma paralela en el servidor web, en este se ejecutan los servicios web como: Almacenar la información de los nodos sensores y las alertas de socorro emitidas, graficar los datos tomados del

broker de mosquitto en tiempo real para crear la interfaz gráfica de supervisión, generar notificaciones en caso de variaciones drásticas de signos vitales de los turistas. A continuación, se realiza una explicación detallada de cada una de las partes que compone el sistema de localización y monitoreo de turistas, ilustrado en la Figura 12.

a. Red de comunicaciones

En el sistema propuesto es de vital importancia que los componentes intercambien información entre sí. El servidor web se instala en la nube, por lo tanto, es necesario el uso de una tecnología que funcione bajo el protocolo TCP/IP. El kit electrónico debe estar en constante comunicación con el servidor, por ende, se evalúa las características ambientales del entorno y el funcionamiento de los dispositivos en varias condiciones climáticas para determinar el protocolo a utilizarse. Los nodos sensores envían información de manera constante, por lo tanto, es necesario utilizar un protocolo de comunicación seguro, que permita enviar información de localización y signos vitales en tiempo real y cuyo uso de ancho de banda sea limitado para no comprometer la integridad y fiabilidad de los datos recibidos.

Tabla 5: Comparación entre protocolos de comunicación inalámbricas

	MQTT	HTTP	CoAP
Transporte	TCP/IP	TCP/IP	UDP/IP
Arquitectura	Publicar y suscribir	Solicitud-Respuesta	Solicitud-Respuesta
Seguridad	TLS	HTTPS	TLS+SASL
Consumo de ancho de banda	Bajo	Alto	Alto

Elaborado por: Los Investigadores

Se optó por utilizar el protocolo MQTT ya que es un protocolo de red ligero que permite intercambiar información mediante su modelo de interacción de publicación y suscripción, permitiendo una comunicación full dúplex la cual es idónea para la comunicación entre el kit y el servidor web, resultando en un protocolo adecuado para los nodos de sensorización.

La eficacia de la localización se realiza mediante la graficación de las coordenadas geográficas en un script de Google Maps, para ello se requiere capturar los valores de longitud y latitud con la finalidad de poder realizar una interfaz gráfica que ayude a los rescatistas en un posible rescate. El monitoreo de los signos vitales y variables ambientales del sistema se realiza desde una interfaz web, permitiendo al administrador el acceso al sistema desde cualquier dispositivo con acceso a internet.

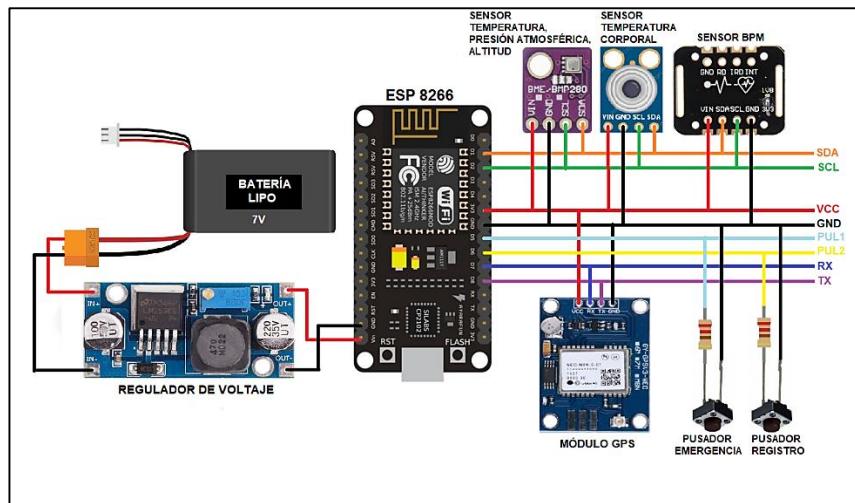


Figura 13: Diagrama de conexión de los nodos sensores

Elaborado por: Los Investigadores

b. Nodos de sensorización

El sistema de localización y monitorización cuenta con kits electrónicos constituidos por módulos electrónicos para la obtención de datos de: Temperatura ambiente, temperatura corporal, ritmo cardíaco, altitud, presión atmosférica, y posición geográfica. El esquema físico de los kits se visualiza en la figura 13 en el diagrama se tiene un módulo electrónico diseñado para capturar los datos de los sensores y transmitirlos a través del broker de mosquitto hacia el servidor web. Los kits electrónicos requieren de un funcionamiento autónomo, por lo que se utilizó un sistema de alimentación basado en una batería lipo de 7V.

El monitoreo de signos vitales se lo realiza mediante dos sensores, un sensor infrarrojo de temperatura y un sensor oxímetro de pulso, mientras los datos de posición los realiza un módulo de posicionamiento global. Los sensores de presión atmosférica, temperatura, ritmo cardíaco y modulo GPS se integran en el módulo electrónico. La batería lipo se conecta a un regulador de voltaje para no sufrir ningún tipo de sobrecarga por parte de los componentes electrónicos. Los datos provenientes de los sensores deben ser transmitidos a través de la red, para ello es necesario la utilización de un microcontrolador. En la Tabla 6 se observan algunas de las características de microcontroladores aptos para la transmisión de datos por medio de diferentes protocolos.

Tabla 6: Características técnicas de los módulos controladores




Módulo	Arquitectura	Wi-fi	Frecuencia de operación
ESP32	32Bits	802.11 b/g/n	240 Mhz
ESP8266	32Bits	802.11 b/g/n	160 Mhz
Netduino N3 Wi-Fi	32Bits	802.11 b	160 Mhz
STM32F3	32Bits	USB, UART	16 MHz

Elaborado por: Los Investigadores

Los microcontroladores ESP32 y ESP8266 son los integrados más comunes para desarrollar entornos de sensorización y de automatización, dada su compatibilidad con redes inalámbricas. Una de las mayores ventajas que posee la ESP8266 sobre la ESP32 es el desarrollo de código por lo que los ejemplos de códigos y las librerías están en constante mejora, esto ayuda a la elaboración de proyectos de investigación, por lo tanto, se determina a este microcontrolador como idóneo para el núcleo de los kits electrónicos.

La medición de temperatura corporal se lo realiza mediante módulos electrónicos, para ello hemos realizado la comparativa entre algunos sensores como se puede observar en la tabla 7 para determinar cuál posee las características técnicas que me permita medir esta variable de manera efectiva.

Tabla 7: Características técnica del sensor de temperatura


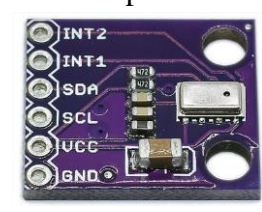
Sensores de temperatura			
	GY-906 MLX90614	TPA81 S320085	DS18B20
			
Voltaje de funcionamiento	3.3V – 5V DC	4v a 30v	3V a 5,5V
Salida	lineal	lineal	lineal
Error	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 2^{\circ}\text{C}$
Temperatura	-40°C a +170°C	-55 °C a 150 °C	-55°C a 125°C
Costo	\$21.00	\$15.00	\$5.00

Elaborado por: Los Investigadores

Por su bajo nivel de error y disponibilidad inmediata se utiliza el sensor infrarrojo de temperatura MLX90614, de igual manera este sensor cumple con las características y se adapta de mejor manera a las necesidades del sistema.

Para la medición de presión atmosférica se ha tomado en cuenta varios sensores, en la tabla 8 se puede apreciar las características de dos dispositivos que me permiten medir esta variable. En los sensores analizados podemos observar que el módulo Mpl3115a2 me permite obtener datos de temperatura, presión y altitud mientras que el otro componente solo me entrega presión y temperatura.

Tabla 8: Características Técnicas de microcontroladores comerciales




Sensores de presión atmosférica		
	Mps20n0040d-d 40kpa 	Módulo Mpl3115a2 I2c 
Voltaje de funcionamiento	3.3v a 5V	1.95V a 3.6V
Rango	0 a 40kpa	0 a 20kpa
Variables	Temperatura, presión atmosférica.	Presión atmosférica, temperatura ambiente, altitud.
a/d	24 bits	24 bits
Interfaz	Serial UART 5V	Serial UART
Baud rate	9600	9600
Costo	\$16.00	\$23.00

Elaborado por: Los Investigadores

Para optimizar el diseño del circuito electrónico se utiliza el Módulo Mpl3115a2 que permite obtener datos de temperatura, presión atmosférica y altitud.

Para la localización de turistas, se implementó un sistema de posicionamiento en tiempo real. En la tabla 9 se aprecia la característica técnica de diferentes módulos GPS.

Tabla 9: Características Técnicas de los módulos GPS




Módulo GPS			
	GPS NEO-8M	Módulo GPS NEO6M V2	SIM808, GPS
			
Comunicación	Serial UART	Serial UART	Serial TTL
Voltaje de alimentación	3.5 - 5VDC	3.3 - 5VDC	3V - 4VDC
Corriente	0.55A	0.60A	0.80A
Antena	Cerámica	Cerámica	GSM
Código C/A	1.023 Mhz	1.023 Mhz	1.900 Mhz
Baudrate	9600bps	9600bps	85.6kbps
Temperatura	-45 a 70C°	-35 a 75C°	-25 a 70C°
Costo	\$30.00	\$25.00	\$32.00

Elaborado por: Los Investigadores

Las características del dispositivo NEO-8M se adaptan mejor a las necesidades del sistema. El sensor seleccionado brinda una sensibilidad de rastreo superior a los otros módulos lo cual incrementa la eficiencia del sistema de localización. Las características se detallan en el Anexo 1.

Para la adquisición de la variable de BPM existe varias opciones de sensores en el mercado, en la tabla 10 se detalla las características electrónicas de varios de ellos.

Tabla 10: Tabla comparativa de sensores de ritmo cardiaco.

	Sensor de pulso Amped	Sensor De Pulsos Frecuencia Cardiaca Ad8232	Sensor Max30102
			
Voltaje de funcionamiento	DC 3V o 5V	DC 3.3V	DC 3.3V - 5V
Salida	salida analógica	salida analógica	I2C
Tamaño	1,6 cm x 1,6 cm x 0,5 cm	36 mm * 31 mm * 18 mm	1,6 cm x 1,6 cm x 0,5 cm
Interfaz	3PIN, 2.54PIN o conector de auriculares	3PIN, 2.54PIN o conector de auriculares	50Hz - 3200Hz
Temperatura de trabajo	-40 a +75	-40 a +85	-40C° a +85C°
Precio	4,50 \$	16,00 \$	22.00 \$

Elaborado por: Los Investigadores

Se optó por utilizar el sensor Max30102 ya que está compuesto por un led infrarrojo que permite medir el pulso cardiaco y el nivel de saturación de la sangre, además de su fácil implementación por su tamaño reducido obteniendo un modelo más eficaz y compacto de circuito electrónico.

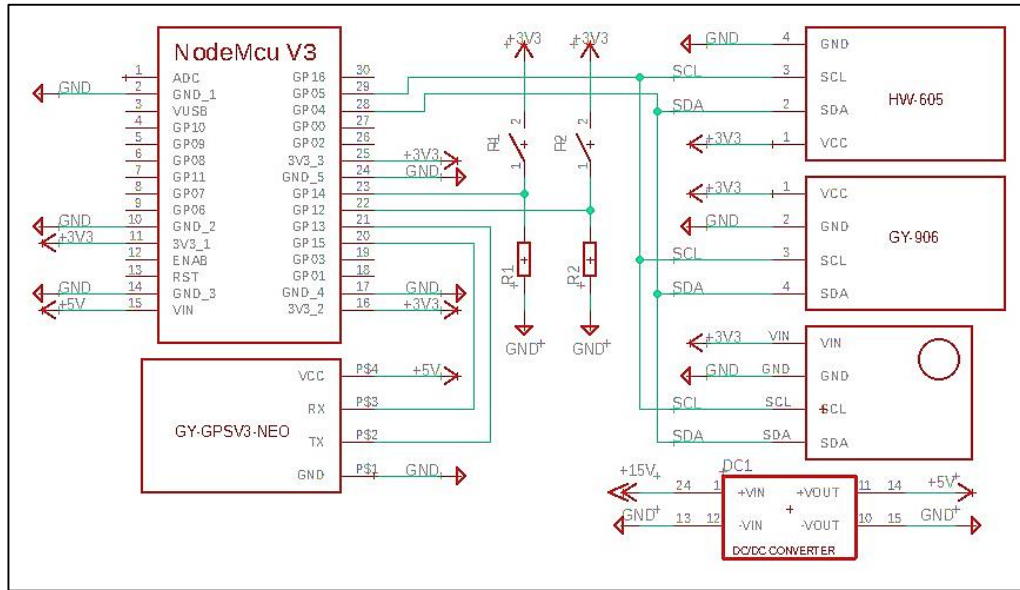


Figura 14: Circuito electrónico de la tarjeta del nodo sensor

Elaborado por: Los Investigadores

El kit electrónico es el indicado en la Figura 14. en el diseño del circuito el sensor de temperatura corporal, el sensor de presión, altitud, temperatura ambiente y el sensor de bpm se conectan de forma directa al puerto I2C de la placa ESP8266 que corresponden a los pines 28 y 29, mientras que el módulo GPS se conecta al puerto serie Rx – Tx que corresponden a los pines 20 y 21. Además los pulsadores de emergencia y asignación están conectados, con resistencias de 220Ω cada uno, a los pines 22 y 23.

El kit electrónico es alimentado con una batería lipo de 7V a 200mA la misma que va conectada a un regulador de voltaje basado en el regulador DC-DC Step Down LM2596 y que nos entrega a la salida un voltaje de 3.3V para alimentar a la placa ESP8266 la misma que alimenta a los 4 sensores mencionados anteriormente.

La autonomía del kit electrónico se dimensiona con un análisis de consumo de corriente de cada dispositivo que conforma el kit. En la Tabla 11 se detalla la potencia que consume cada uno de los componentes. Los sensores y el microcontrolador operan 8 horas al día consumiendo un total de 388mW.

Tabla 11: Diagrama de conexión de los nodos sensores

Elemento	Voltaje (V)	Corriente (mA)	Potencia (mW)	Tiempo (Horas)	Energía (mWh)
ESP2866	3.3	70	231	8	1848
NEO-8M GPS	3.3	45	148.5	8	1188
BME280	3.3	0.0026	0.00858	8	0.06864
MAX30102	3.3	0.6	1.98	8	15.84
MLX90614	3.3	2	6.6	8	52.8
TOTAL			388		3105

Elaborado por: Los Investigadores

En condiciones normales el dispositivo electrónico transmite la información de los sensores y pulsadores cada 10 segundos a través del broker de MQTT, requiriendo así un estimado de 2 horas por usuario, que es el tiempo estimado que se demora un turista en subir y bajar del primer al segundo refugio. Cabe recalcar que el horario de atención del centro turístico es de 8 a.m. a 15 p.m., por lo que mediante el día el dispositivo se conecta por un máximo de 8 horas con un consumo de 3105 mWh.

c. Análisis de software

Para la programación del firmware se utilizó Arduino IDE que es un entorno de programación multiplataforma escrito en lenguaje Java. Este software es utilizado para desarrollar un kit que interactúe tanto como el hardware como con el software accediendo a las características de los módulos y sensores, de esta manera asignamos tareas al microcontrolador para la toma de datos.

En la figura 15 se observa la estructura del nodo sensor en el que se puede apreciar diversas tareas. La señal de los sensores y módulos digitales son medidas cada 10 segundos y sus valores son enviados por el broker de mosquitto en el tópico *supervisión/#*, para brindar a la persona encargada de monitorizar el sistema una

interfaz gráfica que facilite las tareas de búsqueda y rescate en el caso de ser requeridas.

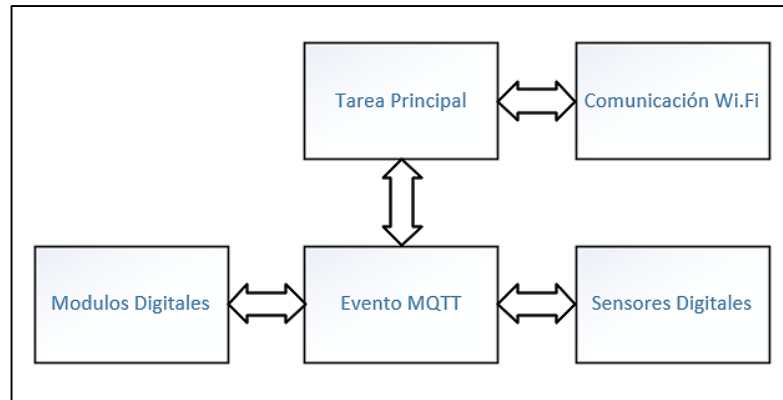


Figura 15: Diagrama de conexión de los nodos sensores

Elaborado por: Los Investigadores

La tarea principal es la encargada de ejecutar de manera óptima las aplicaciones del sistema, ya que en esta se encuentran las configuraciones de los periféricos digitales y la comunicación que utiliza la ESP8266 de la siguiente manera:

- Configuración de los pines E/S para las señales digitales del módulo GPS, y de los sensores de temperatura, presión y ritmo cardiaco, así como para las señales de alerta y de registro de un nuevo usuario.
- Configuración de la conexión inalámbrica, se establece los parámetros ssid y contraseña para el acceso a la red de internet.
- Solicitud de conexión al broker MQTT, en el caso de una pérdida de conexión con el broker se envía una alerta mediante el puerto serial del microcontrolador.

Los sensores digitales cumplen la tarea de medir las variables físicas y ambientales de los usuarios y el entorno que los rodea. Tanto el sensor de presión atmosférica Mpl3115, el sensor infrarrojo de temperatura Mlx90614, y el sensor de ritmo cardiaco Max30102 funcionan bajo el protocolo de comunicación serial I2C para transferir bits entre los periféricos y el microcontrolador. El módulo GPS opera

mediante comunicación serial por lo que no es necesario conectar a los puertos SCL y SCA de la ESP.

Los eventos MQTT detectan acciones de comunicación entre el kit electrónico y el broker MQTT. Toma una cadena de datos producida por los sensores y le envía mediante este protocolo a un servidor web de servicios. Además de enviar eventos complementarios bajo los tópicos de *alerta/#*, *registro/#* para él envió de señales de emergencia y el registro de usuarios respectivamente.

d. Sistema inalámbrico de comunicaciones

Los nodos del sistema de localización y monitorización requieren intercambiar información entre sí y a la nube de manera continua, en consecuencia, es importante utilizar una tecnología que me permita establecer una comunicación con el servidor. En la tabla 12 se las características técnicas de algunas tecnologías inalámbricas.

Tabla 12: Características técnicas de tecnologías inalámbricas

PARÁMETROS	WiFi	LoRa	MESH
Estándar	802.11	ITU-T Y.4480	802.11s
Banda de transmisión	2.4 GHz 5 GHz	868 Mhz Europa, 915 Mhz América	2.4 GHz 5 GHz
BW del canal	20 MHz y 40 MHz	500 kHz	20 MHz
Tasa transmisión	450 Mbps	50 kbps	54 Mbps
Rendimiento	Mayor a 100 Mbps	256 bytes	36 Mbps
Encriptación	CCMP	end-to-end	AES
Modulación	1024QAM	55 Chirp	PSK
Tecnología acceso	OFDMA	-	QDMA
Rango de cobertura	100m	11 km	10m
Consumo	Bajo	Bajo	Bajo
Costo	Bajo	Bajo	Medio

Elaborado por: Los Investigadores

Al estar los nodos sensores en constante comunicación con el servidor es necesario seleccionar una tecnología, la cual opere bajo el estándar 802.11. Por lo que se opta por utilizar la tecnología Wifi ya que cumple con los requisitos para una comunicación óptima.

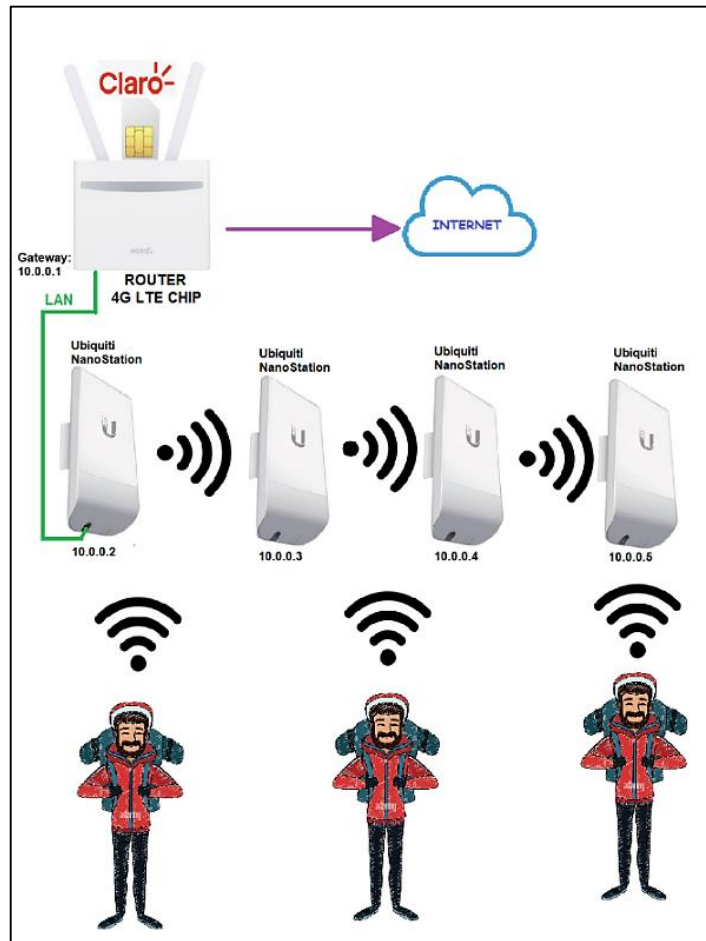




Figura 16: Sistema de comunicación inalámbrica

Elaborado por: Los Investigadores

Para la comunicación entre nodos y el servidor se utilizó un sistema basado un nodo raíz y varios nodos secundarios como se muestra en la figura 16. El nodo raíz con los nodos deben contar con una comunicación con el mínimo de pérdidas y una alta robustez, por ello, en la tabla 13 se realizó una tabla comparativa de características eléctricas de algunas antenas.

Tabla 13: Características de las antenas

ANTENAS		
	Ubiquiti NanoStation loco M2 	CPE210 V3.20 Tp-Link 
Dimensiones	164 x 72 x 199 mm	224 x 79 x 60 mm
Voltaje de Alimentación(PoE)	24V, 0.5A	16-27VDC
Frecuencia de operación	2412-2462 MHz	2.4~2.483GHz
Ganancia	8.5 dBi	9 dBi
Interfaz de red	(1) 10/100 Ethernet Port	(1) 10/100 Ethernet Port
Frecuencia	2.4 GHz	2.4 GHz
Rango de temperatura de funcionamiento	-30 a 75° C	-40 °C a +70 °C
Memoria	64 MB SDRAM, 8 MB Flash	RAM DDR2 64MB, Flash 8MB
Ancho de haz	60° (H-pol) / 60° (V-pol) / 60° (Elevación)	65° (Plano-H) / 40° (Plano-E)
Costo	\$100.00	\$67.00

Elaborado por: Los Investigadores

Las características de la Ubiquiti nano station M2 se adaptan mejor al sistema, ya que posee un ancho de haz de 60° brindando una mayor cobertura a la hora de hacer el enlace. Además, su precio accesible y su disponibilidad en el mercado local lo hacen la opción más viable.

Autonomía eléctrica

Para determinar la capacidad eléctrica del sistema se realiza el análisis del consumo de cada dispositivo que forma parte de la red de comunicación inalámbrica. La red cuenta con un nodo raíz y varios nodos secundarios encargados de repetir la señal wifi y brindar cobertura a la ruta.

Nodo raíz

La energía total requerida por el nodo raíz del sistema de comunicación inalámbrica en un modo constante de funcionamiento, donde los dispositivos se encuentran conectados permanentemente a la red, es de 576 Wh, según la ecuación 3.3

$$\begin{aligned} E_a &= V_r * I_a * t_a \\ E_a &= 24V * 0.5A * 24 h = 288 Wh \end{aligned} \quad (3.1)$$

En donde:

E_a = Energía diaria requerida por la antena

V_a = Voltaje de operación de la antena

I_r = Corriente requerida por la antena

t_r = Tiempo de utilización de la antena

$$\begin{aligned} E_m &= V_m * I_m * t_m \\ E_m &= 12V * 1A * 24 h = 288 Wh \end{aligned} \quad (3.2)$$

En donde:

E_m = Energía diaria requerida por el modem

V_m = Voltaje de operación del modem

I_m = Corriente requerida por el modem

t_m = Tiempo de utilización del modem

$$E_{nr} = E_m + E_a = 576 \text{ Wh} \quad (3.3)$$

En donde:

E_{nr} = Energía diaria requerida por el nodo raíz

E_m = Energía diaria requerida por el modem

E_a = Energía diaria requerida por la antena

En la provincia de Chimborazo se considera un tiempo útil de sol de 8 horas al día y se considera una eficiencia del 60% por la ubicación geográfica. Además, se requiere un panel que entregue una energía superior a 576 Wh por ciclo de carga, en la ecuación 3.4 se calcula la potencia requerida por los paneles, teniendo como resultado que se necesita una potencia mínima de 120 W para una autonomía de 24 h.

$$P_{panel\ solar} = \frac{E_{nr}}{t_s * eficiencia}$$

$$P_{panel\ solar} = \frac{576 \text{ Wh}}{8 \text{ h}(\text{horas de sol}) * 0.6} = 120 \text{ W} \quad (3.4)$$

En donde:

$P_{panel\ solar}$ = Potencia requerida de los paneles solares

E_m = Energía diaria requerida por el modem

E_a = Energía diaria requerida por la antena

Para que el funcionamiento del sistema sea autónomo se necesita almacenar energía para las horas en las que no exista luz solar. Por tanto, se requiere un banco de baterías de capacidad 48 Ah, como se muestra en la ecuación 3.5.

$$Capacidad\ de\ la\ bateria = \frac{576 \text{ Wh}}{12 \text{ V}} = 48 \text{ Ah} \quad (3.5)$$

Para complementar el tiempo de operación de los paneles se estima un total de 14 h de ausencia de luz solar. En la ecuación 3.6 se observa que el banco de baterías (2 baterías

de 12 V conectadas en serie) posee una autonomía de 14 h

$$\frac{48 \text{ Ah}}{7 \text{ A}} * 2 = 14 \text{ h} \quad (3.6)$$

Nodo repetidor

Para las estaciones repetidoras del sistema de comunicación se requiere una energía total de 288 Wh, según la ecuación 3.7.

$$E_a = V_r * I_a * t_a$$
$$E_a = 24\text{V} * 0.5\text{A} * 24 \text{ h} = 288 \text{ Wh} \quad (3.7)$$

En donde:

E_a = Energía diaria requerida por la estación repetidora

V_a = Voltaje de operación de la estación repetidora

I_r = Corriente requerida por la estación repetidora

t_r = Tiempo de utilización de la estación repetidora

Para el funcionamiento de las estaciones de repetición de señal se necesita un banco de baterías con capacidad de 24 Ah, como se muestra en la ecuación 3.8

$$\text{Capacidad de la bateria} = \frac{288 \text{ Wh}}{12 \text{ V}} = 24 \text{ Ah} \quad (3.8)$$

Se estima que el tiempo de autonomía del banco de baterías (2 baterías de 12 V conectadas en serie) del nodo repetidor es de 14 h como se puede observar en la ecuación 3.9.

$$\frac{24 \text{ Ah}}{7 \text{ A}} * 2 = 13,72 \text{ h} \approx 14 \text{ h} \quad (3.9)$$

Configuración NanoStation loco M2

La configuración de las nano estaciones se basa en WDS (Wireless Distribution System) el cual habilita la interconexión inalámbrica de los puntos repetidores y permite ampliar la red utilizando múltiples puntos de acceso. Las nano estaciones están configuradas en modo AP-Repeater con el fin de repetir la señal de la red.

La configuración de las nano estaciones en la interfaz de airOS se muestra en las siguientes figuras:

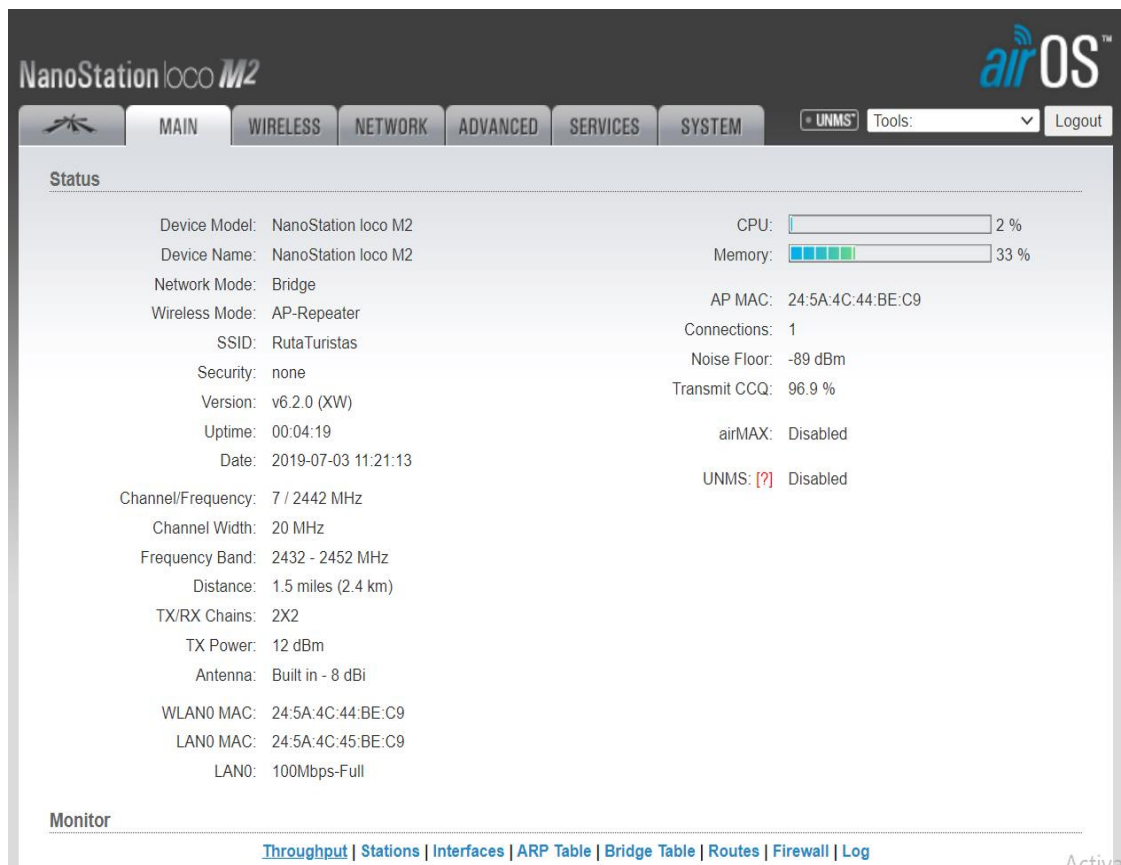


Figura 17: Configuración NanoStation loco M2

Elaborado por: Los Investigadores

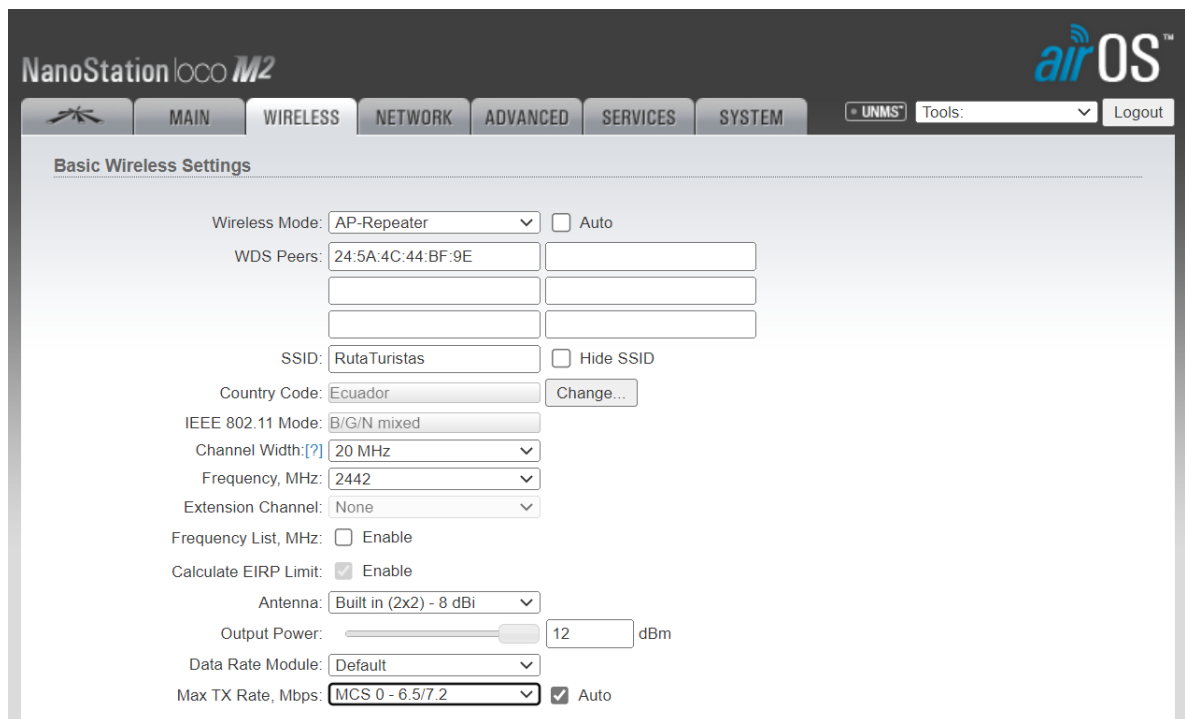


Figura 18: Configuración inalámbrica NanoStation loco M2

Elaborado por: Los Investigadores

Seguridad de la red inalámbrica

El sistema inalámbrico cuenta con seguridad por filtros MAC ACL la cual es una configuración con una lista de control de acceso basada en MAC, se utiliza esta configuración con el fin de tener un control de los dispositivos que se conectan a la red, el objetivo es restringir el acceso a la red a dispositivos no autorizados.

Calidad de comunicación del sistema inalámbrico

Para determinar la calidad de comunicación del sistema inalámbrico se realizó una simulación en el software RadioMobile obteniendo los resultados de la figura 19. Es importante garantizar una señal de conexión inalámbrica que sobrepase los -80 dBm (umbral de recepción de las antenas = -96 dBm).

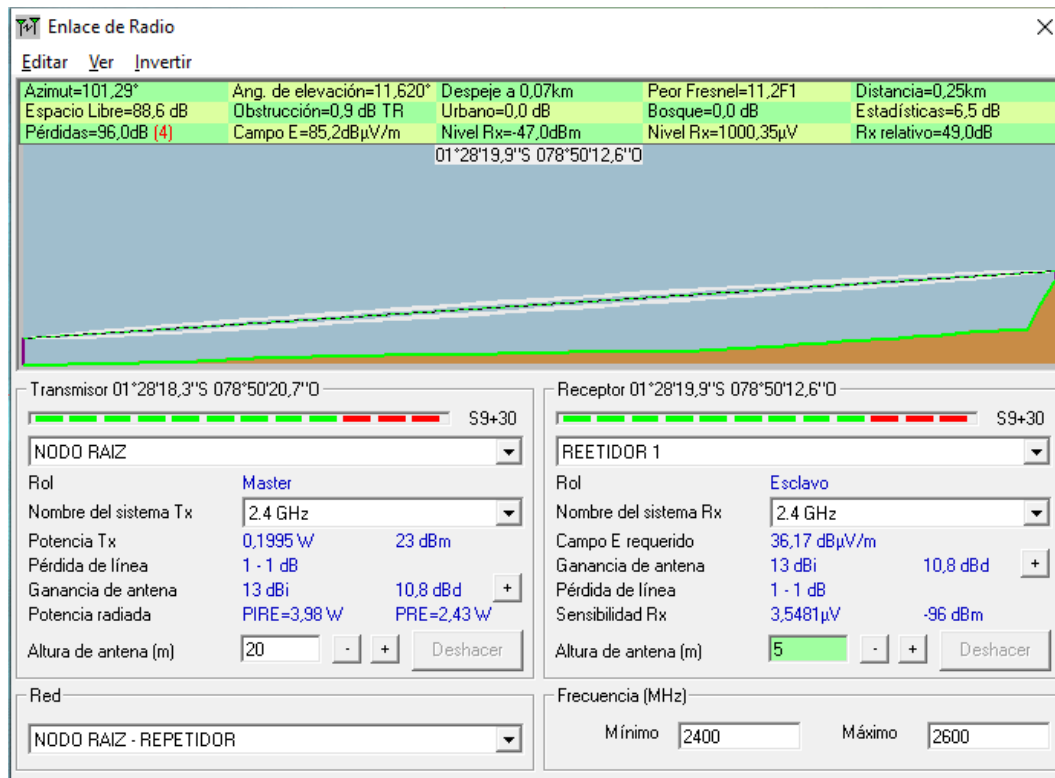


Figura 19: Simulación de enlace P2P entre el nodo raíz y un nodo repetidor

Elaborado por: Los Investigadores

En el radioenlace podemos observar que las pérdidas por la comunicación entre el nodo raíz y la estación repetidora 1 es de 96 dB teniendo una cobertura optima en toda la ruta.

e. Servidor web

Se ha montado el servidor web en un sistema Debian perteneciente a Linux, en él se encuentran los servicios requeridos para el procesamiento de la información enviada por los sensores, módulos y pulsadores de registro y emergencia, con el fin de realizar una interfaz gráfica para la monitorización y localización de turistas en el volcán Chimborazo.

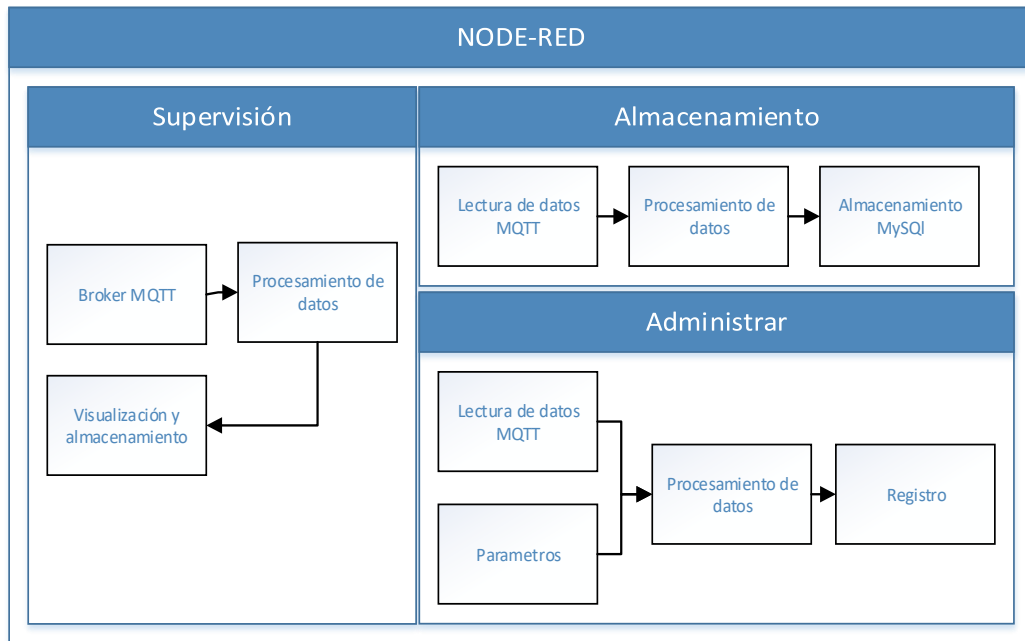


Figura 20: Diagrama de bloques NODE-RED

Elaborado por: Los Investigadores

Para los procesos de supervisión, graficación de datos y almacenamiento de datos se requiere de varios procesos indicados en la figura 20. Hay que tomar en cuenta que el entorno de Node-Red se basa en Nodejs el cual se utiliza para crear un dashboard para la visualización de la información de sistema de monitorización y localización. Un dashboard no es más de una interfaz gráfica la cual procesa información y la proyecta de una manera amigable para el usuario. La supervisión se la realiza mediante dos aplicaciones: Administrar y Supervisión.

El sistema para el panel Administrar funciona mediante el registro de usuarios utilizando el número de cedula (10 dígitos). El programa genera una suscripción al broker MQTT, en donde se reciben los datos de los nodos activos a través del tópico *registro/#*, además de los datos ingresados por el panel Administrar. La información recolectada se almacena en una base de datos para el almacenamiento de datos.

Para el programa de supervisión se genera una suscripción al tópico *supervision/#*, por el cual nos llegan los valores de los sensores y módulos digitales en un intervalo de 10

segundos. Los datos recibidos se encuentran en un string, por lo que se utiliza separadores para tomar cada variable física y ambiental e interpretarlas mediante gráficos en el dashboard. Además, se configuro una opción para acceder a la base de datos y exportar la información de cada usuario en el caso de ser necesario llevar un control más preciso.

El historial permite a la persona que supervisa, llevar un control de ruta almacenada en una base de datos. Para posibilitar la graficación de una ruta el usuario realiza una petición a la base de datos de los puntos geográficos por los que el turista ha recorrido, el programa obtiene varios datos de latitud y longitud y los grafica en un script utilizando la herramienta Google Maps.

Base de datos

La base de datos está configurada en un servidor web, es un servicio de mariadb utilizado para el almacenamiento de datos de las variables físicas y ambientales de los turistas. Se utilizó 4 tablas para guardar la información de administración de usuarios y la supervisión de los mismos, estas son: Alertas, Nodos, Registros y Usuarios.

La tabla Alertas está compuesta por 8 campos: Id es el identificador numérico incremental, Usuario es el nombre y apellido del turista registrado en la zona de Administrar, sensor es un campo tipo varchar en el que se guarda el sensor que emita una alerta debido a que su valor sale de los rangos normales, s_latitud y s_longitud son las coordenadas geográficas para el registro de la ubicación de los turistas en caso de algún accidente. Los campos se detallan en la figura 21.

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
Id	int(11)	NO	PRI	NULL	auto_increment
Usuario	varchar(10)	YES	MUL	NULL	
sensor	varchar(15)	YES		NULL	
valor	varchar(15)	YES		NULL	
s_latitud	varchar(15)	YES		NULL	
s_longitud	varchar(15)	YES		NULL	
s_altura	varchar(15)	YES		NULL	
estado	tinyint(1)	NO		NULL	

Figura 21: Estructura de la tabla Alertas

Elaborado por: Los Investigadores

La tabla Nodos cuenta con 3 campos: Id que es un valor numérico incremental, usuario que es donde se almacena el nombre y apellido de los turistas y estado que es donde se encuentra si el nodo se encuentra activo.

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
Id	varchar(10)	NO	PRI	NULL	
Usuario	varchar(10)	YES	MUL	0000000000	
tipo	varchar(10)	YES		NULL	

Figura 22: Estructura de la Tabla Nodos

Elaborado por: Los Investigadores

La tabla registros cuenta con 10 campos: los campos de Id y usuario nos ayudan a llevar un control por cada turista que utiliza el kit, en cambio los 8 campos restantes son los registros de variables físicas, ambientales y posicionales como se detalla en la figura 23.

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
Id	int(11)	NO	PRI	NULL	auto_increment
Usuario	varchar(10)	YES	MUL	NULL	
s_presion	double	YES		NULL	
s_temp_cor	double	YES		NULL	
s_temp_amb	double	YES		NULL	
s_bpm	double	YES		NULL	
s_latitud	varchar(15)	YES		NULL	
s_longitud	varchar(15)	YES		NULL	
s_altura	varchar(15)	YES		NULL	
s_humedad	double	YES		NULL	

Figura 23: Estructura de la Tabla Registros

Elaborado por: Los Investigadores

Finalmente, la tabla usuarios cuenta con seis campos: Cédula para el ingreso de la cédula de los turistas, Nombres, Apellidos, Celular y Correo para llevar un control de las personas que acuden al centro turístico, y Username para vincular el usuario a un nodo.

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
Cedula	varchar(10)	NO	PRI	NULL	
Nombres	varchar(50)	NO		NULL	
Apellidos	varchar(50)	NO		NULL	
Celular	varchar(10)	YES		NULL	
Correo	varchar(50)	YES		NULL	
Username	varchar(15)	NO	UNI	NULL	

Figura 24: Estructura de la Tabla Usuarios

Elaborado por: Los Investigadores

Broker MQTT

Un broker es un servidor con el que se envía y recibe los mensajes de los clientes. Los clientes no se comunican directamente entre sí, sino con el broker. Cada cliente puede ser un editor, un suscriptor o ambos.

Para el desarrollo del servidor de aplicaciones se creó tres tópicos con la estructura *supervision/#* que recibe los datos de temperatura, presión atmosférica, ritmo cardiaco, temperatura corporal, altitud humedad, latitud y longitud. El tópico *registro/#* lleva los datos de variables físicas y ambientales para almacenarlas en la base de datos y *alerta/#* que son los datos de temperatura corporal y ritmo cardiaco cuando se salen del rango normal.

Dashboard

Un dashboard es una herramienta de gestión de la información que monitoriza y analiza datos. La idea de un dashboard es que podamos obtener la información que buscamos de maneta visual. Por ello, los datos se presentan en forma de gráficos. En Node-Red uno de los nodos más utilizados es el de dashboard, cuyas opciones se detallan en la figura 25.

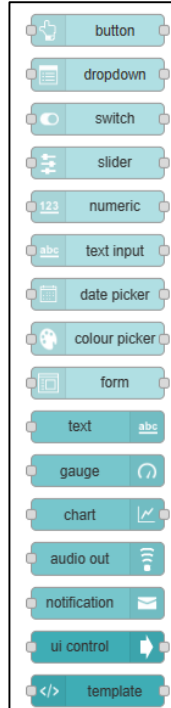


Figura 25: Opciones del nodo Dashboard de Node-Red

Elaborado por: Los Investigadores

Este nodo nos permite llevar una monitorización de una manera más detallada y eficaz. Al acceder un usuario con un nodo activo el programa empezara a tomar los datos de ese usuario para empezar a graficar su información. Para la graficación de la ruta se utilizó un ui/template que puede contener cualquier directiva html y Angular/Angular-Material válida, esto con el fin de insertar un script de Google Maps y tomar las posiciones en tiempo real y el recorrido trazado con los datos de la base de datos.

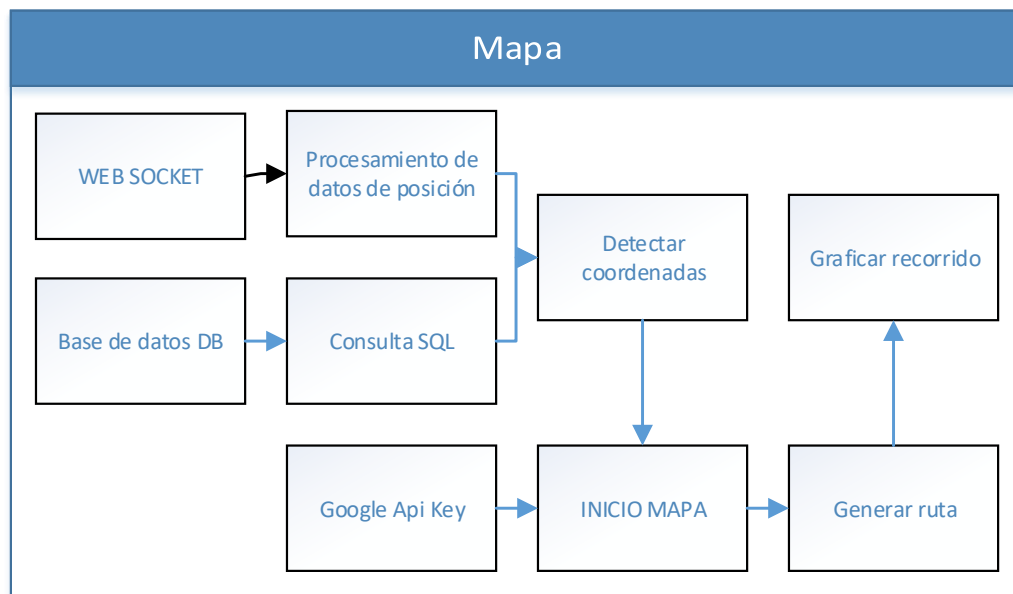


Figura 26: Opciones del nodo Dashboard de Node Red

Elaborado por: Los Investigadores

Para detectar la posición en tiempo real y dinamizar el mapa se empleó un Web Socket que utiliza la librería paho.mqtt para poder acceder a los datos del broker MQTT. EL diagrama de flujo se visualiza en la figura 26. Una vez establecida la posición en tiempo real se realiza la consulta a la base de datos para obtener todos los puntos del usuario de la tabla Registros ubicada en la base de datos como se observa en la figura 27.

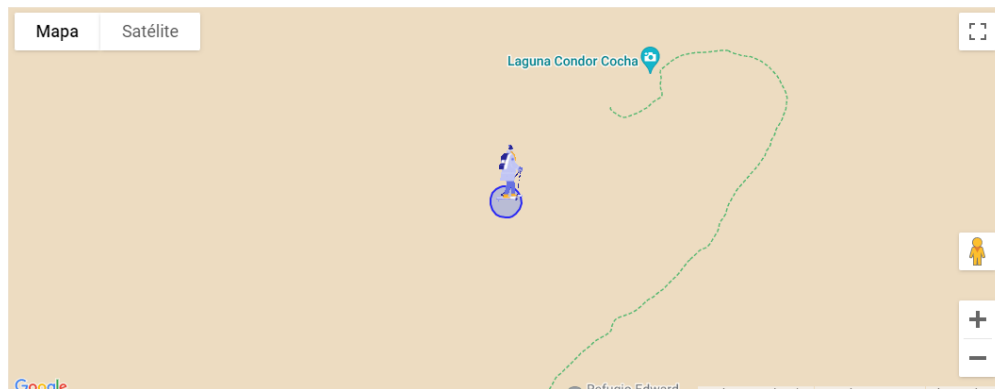


Figura 27: Opciones del no Dashboard de Node-Red

Elaborado por: Los Investigadores

3.2. Análisis de resultados

Para el análisis de los resultados se realiza la evaluación del sistema de monitorización y localización. De igual manera se presenta los resultados del procesamiento de las señales físicas y ambientales utilizando un dashboard.

3.2.1. Interfaz gráfica

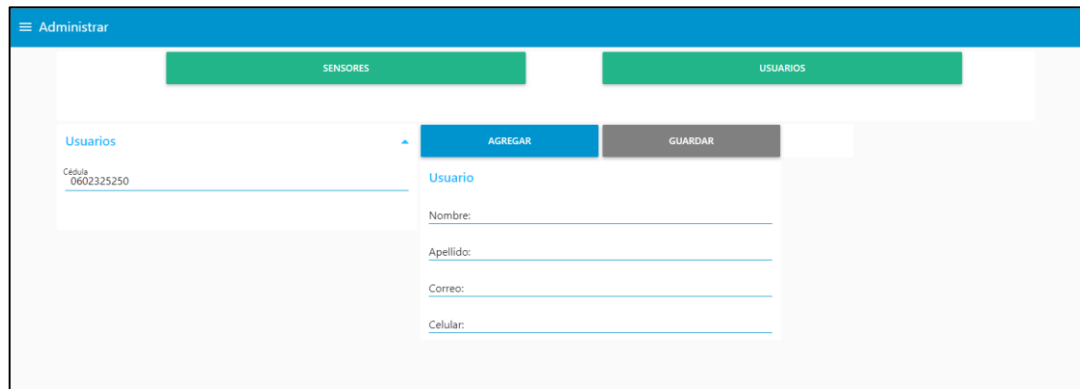
La localización y monitoreo se lo realiza a través de un panel de supervisión de acceso mediante internet. Este me permite visualizar los datos de los nodos sensores, exportar el registro de la base de datos y localizar a los turistas en tiempo real.

Se puede acceder al panel desde cualquier dispositivo móvil o computador conectado a internet, utilizando el siguiente link: <http://96.126.112.30:1880/ui>. La página principal tiene acceso a los paneles de Administrar y Supervisión para el registro y la monitorización respectivamente.

a. Administrar

En la figura 28 se observa como está organizado el panel de Administrar, este me permite registrar nuevos usuarios y asignarles nodos que se encuentren libres. Para poder visualizar los datos de un turista debe tener asignado un nodo, caso contrario el sistema le asigna un nodo libre dependiendo del número de nodo que esté

utilizando.

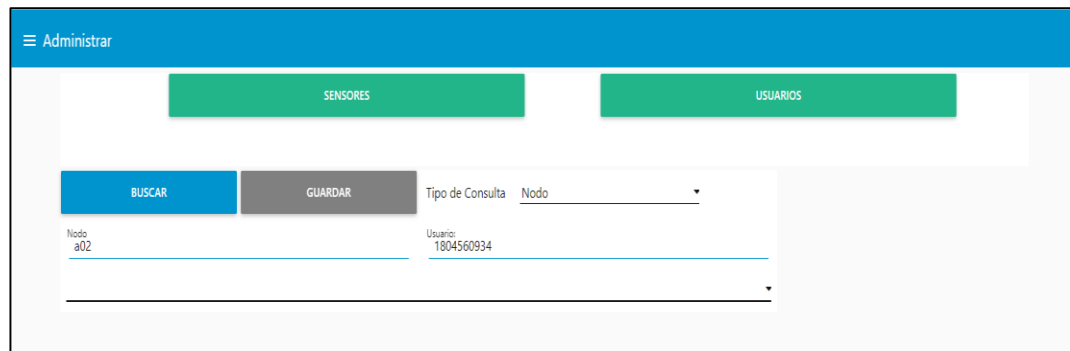


The screenshot shows a web interface titled 'Administrar'. At the top, there are two green buttons: 'SENSORES' and 'USUARIOS'. Below these, there is a section for 'Usuarios'. On the left, there is a text input field labeled 'Celular' with the value '0602325250'. To the right of this field are two buttons: 'AGREGAR' (highlighted in blue) and 'GUARDAR' (grey). Below the buttons is a form titled 'Usuario' with the following fields: 'Nombre:', 'Apellido:', 'Correo:', and 'Celular:'. Each field has a corresponding text input line.

Figura 28: Panel Administrar para el registro de nuevos usuarios.

Elaborado por: Los Investigadores

De igual manera el panel cuenta con un botón llamado Sensores en la cual realizamos una consulta a la base de datos para identificar a que nodo está asignado cada usuario o en su defecto si está registrado, como se puede observar en la figura 29.



The screenshot shows a web interface titled 'Administrar'. At the top, there are two green buttons: 'SENSORES' and 'USUARIOS'. Below these, there is a search section. On the left, there are two buttons: 'BUSCAR' (highlighted in blue) and 'GUARDAR' (grey). To the right of these buttons is a dropdown menu labeled 'Tipo de Consulta' with the value 'Nodo'. Below the dropdown are two text input fields: 'Nodo' with the value 'a02' and 'Usuario' with the value '1804560934'. There is also a small dropdown arrow at the bottom right of the search area.

Figura 29: Panel Administrar opción Sensores

Elaborado por: Los Investigadores

b. Supervisión

En esta sección se encuentra la interfaz gráfica, la cual permite al personal encargado monitorear en tiempo real las variables físicas y ambientales de los turistas y del entorno que los rodea, como se observa en la figura 30.

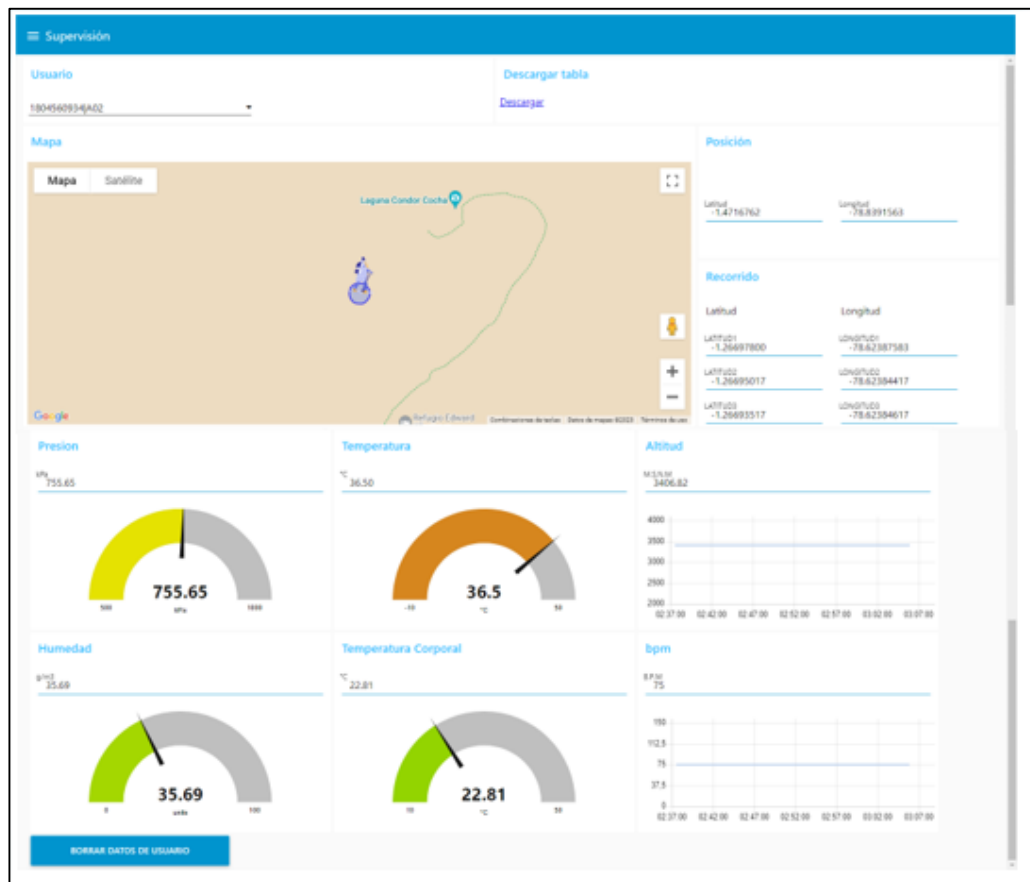


Figura 30: Panel de supervisión de Node-Red

Elaborado por: Los Investigadores

3.2.2. Instalación del nodo

Los sensores, módulos y pulsadores se los instalo en una placa PCB, la misma que se ubica en una estructura plástica impermeable que brinde protección a la placa de posibles daños por condiciones ambientales adversas como se observa en la figura 31. Se utilizó una fuente lipo de 7.4Vdc y una corriente de 1000 mA.

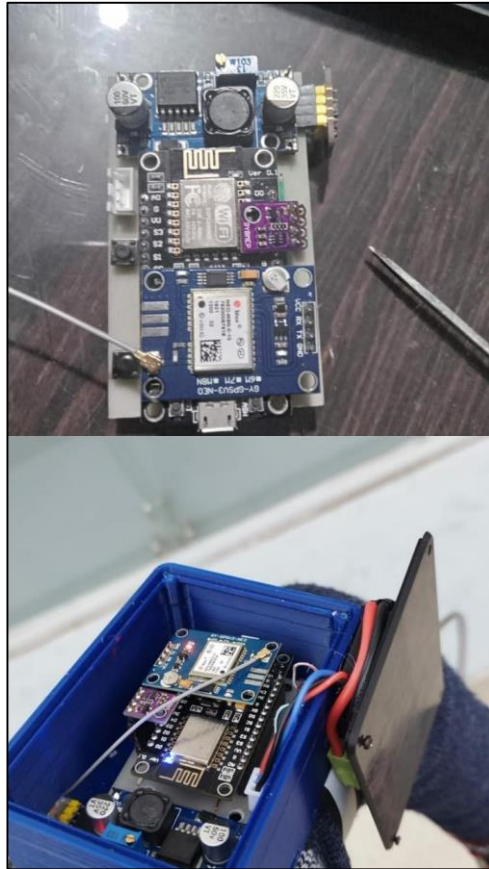


Figura 31: Kit electrónico para la localización y monitorización de turistas

Elaborado por: Los Investigadores

Los sensores de temperatura corporal, ritmo cardiaco y presión atmosférico se conectan a los puertos D1 y D2 que son los puertos SCA y SCL de la ESP, esto debido a que utilizan el protocolo I2C para la comunicación. El módulo GPS trabaja con comunicación serie por lo que se conecta a los puertos D7 y D8, además del uso de los puertos D3 y D4 para los pulsadores de registro y de emergencia respectivamente. También se utilizó un regulador de voltaje debido a que la batería lipo entrega un voltaje de 7.4 el cual es superior al voltaje que utilizan los sensores y módulos que va desde los 3.3V. a los 5 V.

3.2.3. Instalación del sistema inalámbrico

Ubicación de nano estación raíz

Para determinar el punto de ubicación óptimo de la instalación de la nano estación raíz, el requerimiento principal es la existencia de señal de una operadora celular.

Se utilizó la herramienta celular “Network Cell Info Lite” para medir la intensidad de señal de cada una de las operadoras siendo Claro la única operadora que brinda señal cerca del segundo refugio con una intensidad de -85dBm. La medición obtenida se puede observar en la Figura 32.



Figura 32: Medición de señal operadora Claro.

Elaborado por: Los Investigadores

La ubicación óptima de la nano estación raíz con su respectivo sistema de alimentación eléctrica se determinó que es el punto:

Latitud: 1°28'18.03"S - Longitud: 78°50'20.78"O



Figura 33: Instalación nano estación raíz.

Elaborado por: Los Investigadores

Ubicación de nano estaciones repetidoras

Se utilizó la herramienta celular “Network Cell Info Lite” para medir la intensidad de señal WiFi que brinda la red inalámbrica llamada “RutaTuristas” la cual es utilizada para el envío de datos del kit electrónico. Se realizó un recorrido de aproximadamente 480m partiendo desde la nano estación raíz hasta un punto en el cual la señal se tornó débil, la ruta recorrida se muestra en la figura 34.

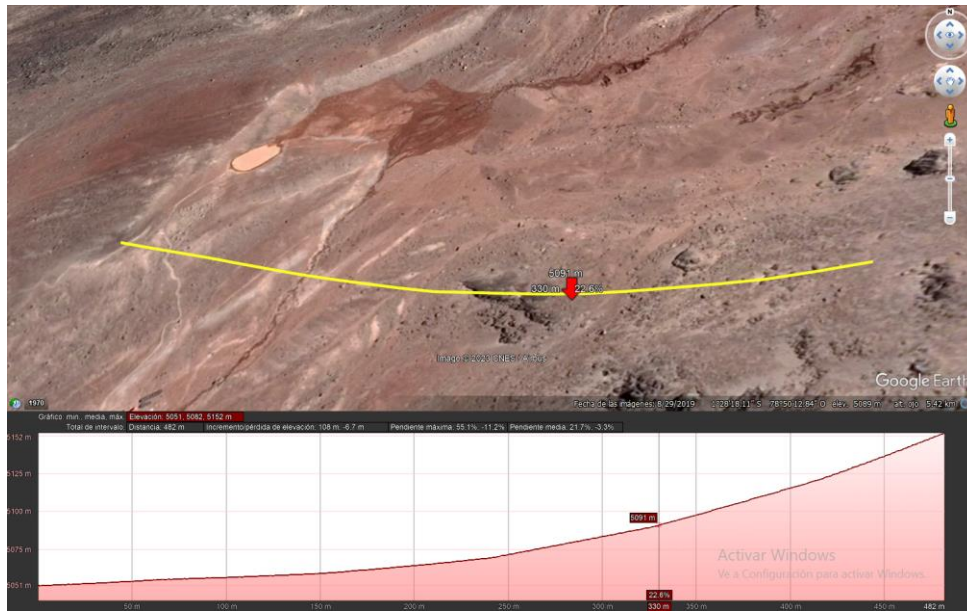


Figura 34: Recorrido medición de señal RutaTuristas.

Elaborado por: Los Investigadores

Como resultado se obtuvo 5 mediciones de señal mientras el clima era variante, las cuales se muestran a continuación:

- a) Medición a 0.5 metros de la nano estación raíz. Resultado: -32dBm

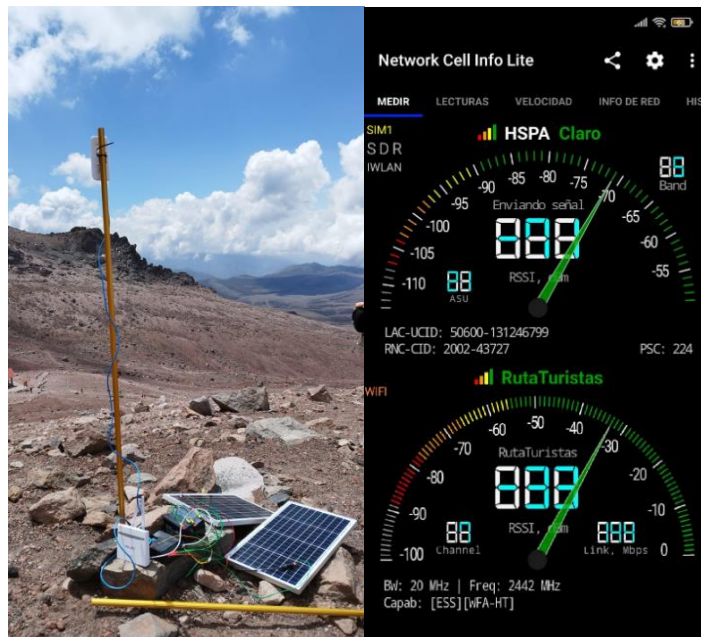


Figura 35: Medición de señal 0.5m.

Elaborado por: Los Investigadores

b) Medición a 150 metros de la nano estación raíz. Resultado: -55 dBm

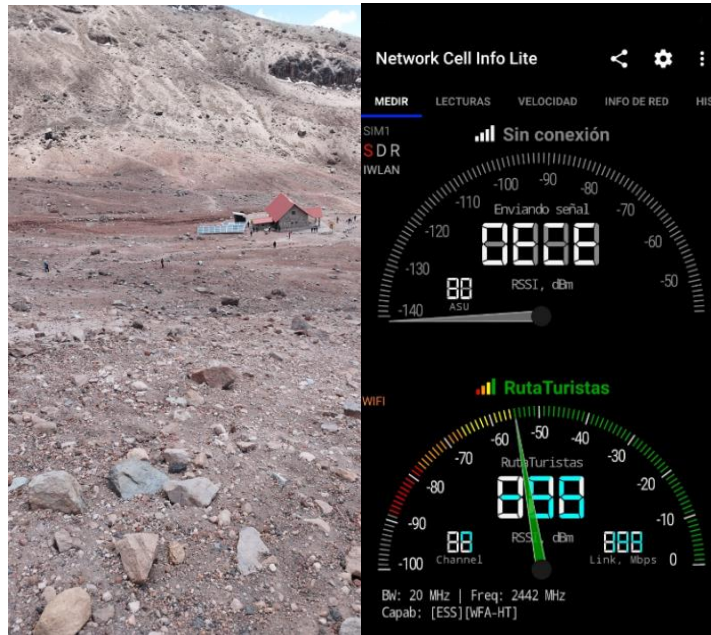


Figura 36: Medición de señal 150m.

Elaborado por: Los Investigadores

c) Medición a 250 metros de la nano estación raíz. Resultado: -63 dBm

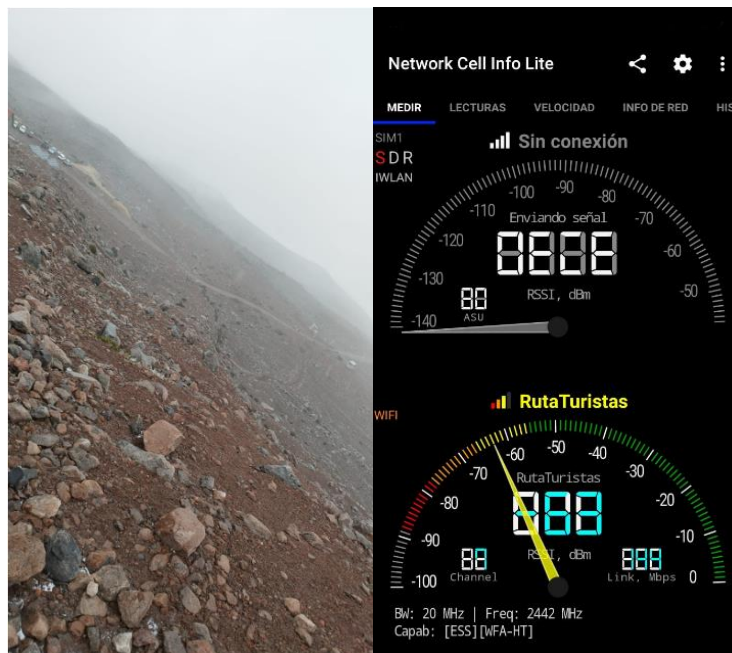


Figura 37: Medición de señal 250m.

Elaborado por: Los Investigadores

- d) Medición a 400 metros de la nano estación raíz. Resultado: -76 dBm

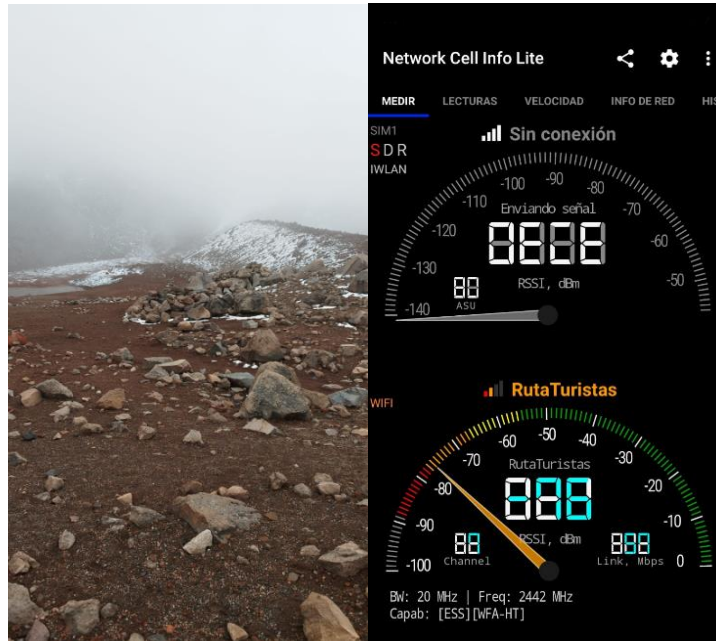


Figura 38: Medición de señal 400m.

Elaborado por: Los Investigadores

- e) Medición a 480 metros de la nano estación raíz. Resultado: -80 dBm

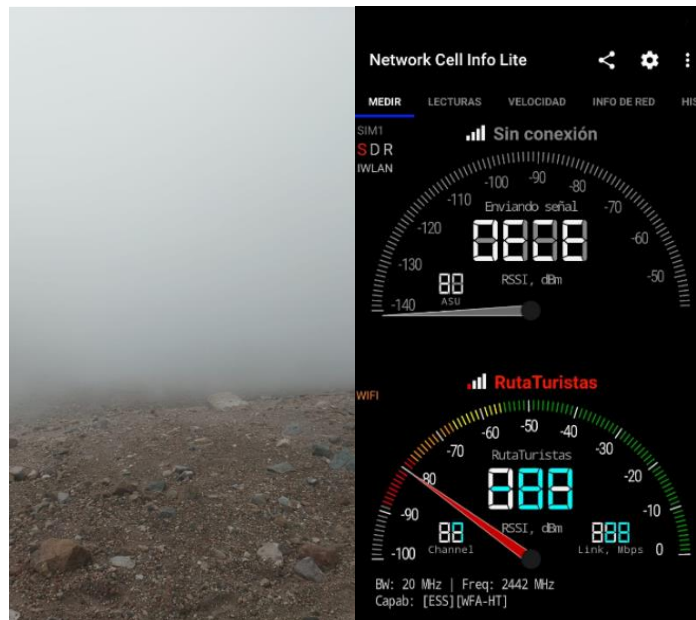


Figura 39: Medición de señal 480m.

Elaborado por: Los Investigadores

Mediante las medidas de señal obtenidas se determinó que el alcance máximo en el que es óptimo la instalación de una nano estación repetidora de señal es 480m aproximadamente, con línea de vista entre una nano estación y otra teniendo un pérdida de intensidad de señal de 47 dBm en condiciones climáticas drásticas.

Tomando en cuenta que el ancho de haz de cada nano estación tiene una apertura de 60° y la distancia máxima a la que pueden ser ubicadas es 480m, se determinó que la red inalámbrica se distribuye como se indica en la Figura 40 con el fin de brindar cobertura de señal WiFi en toda la ruta que va del primer al segundo refugio.



Figura 40: Cobertura red inalámbrica.

Elaborado por: Los Investigadores

La distancia existente entre cada una de las nano estaciones se puede observar en las siguientes figuras:

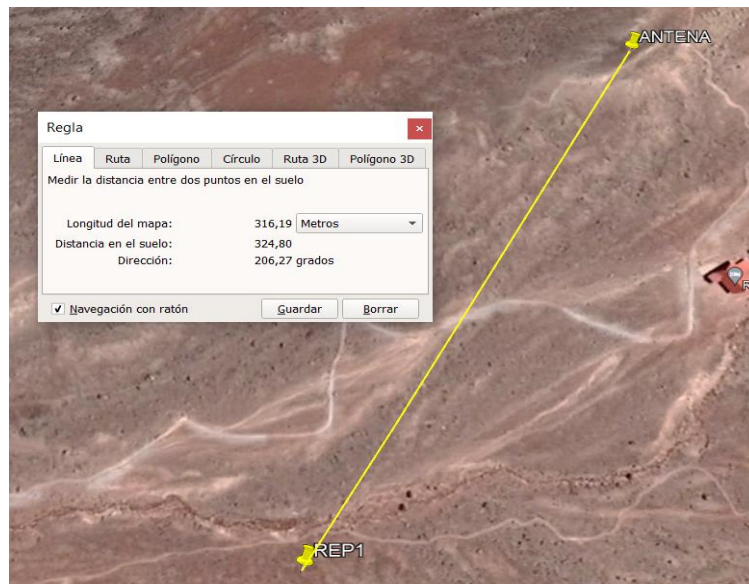


Figura 41: Distancia estación raíz y estación repetidora.

Elaborado por: Los Investigadores

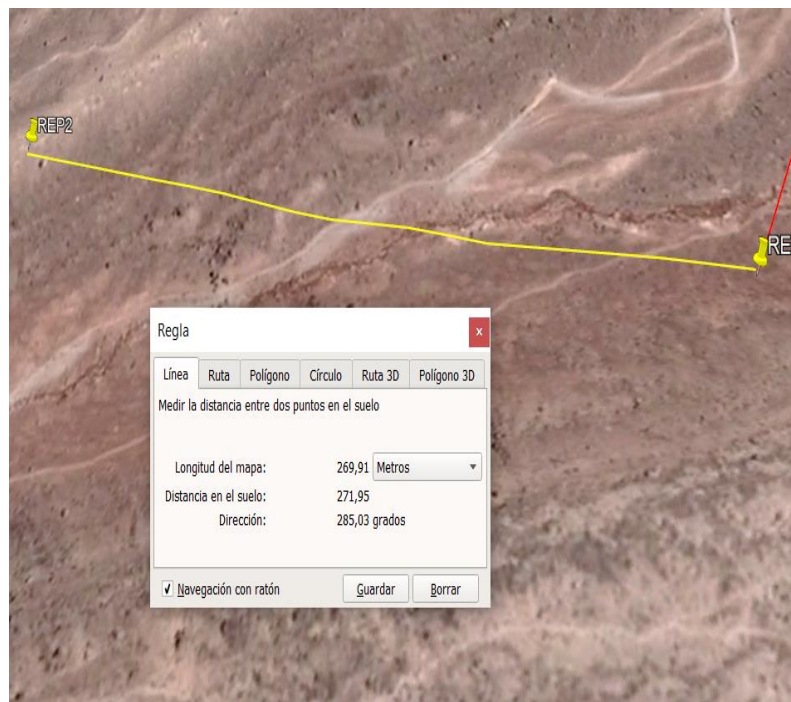


Figura 42: Distancia estación 1 y estación 2

Elaborado por: Los Investigadores

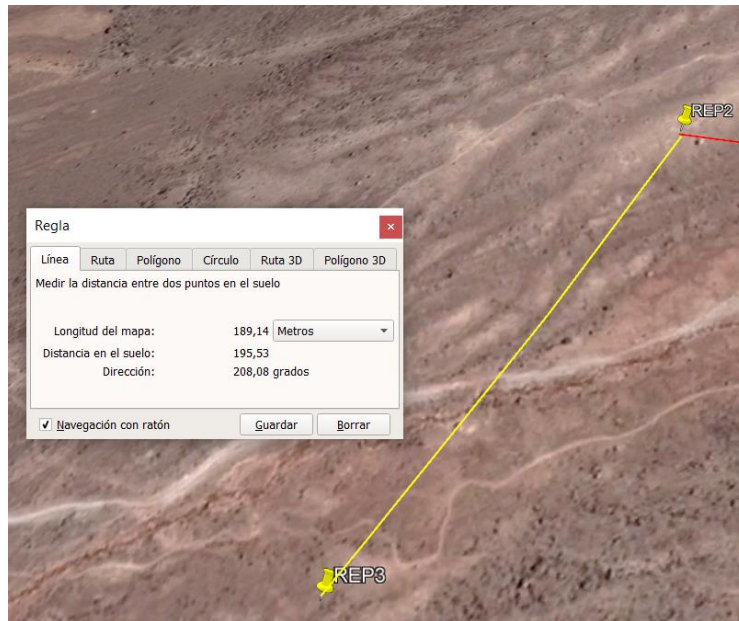


Figura 43: Distancia estación 2 y estación 3

Elaborado por: Los Investigadores

Se comprobó el funcionamiento correcto de cada una de las estaciones repetidoras verificando la señal WiFi en cada una de ellas con un teléfono celular como se muestra en las siguientes figuras:



Figura 44: Estación repetidora implementada

Elaborado por: Los Investigadores



Figura 45: Funcionamiento estación repetidora.

Elaborado por: Los Investigadores

3.2.4. Validación del sistema de localización y monitorización.

Mediante las pruebas de campo realizadas para verificar el correcto funcionamiento del sistema de localización y monitorización en la ruta que conecta el primer refugio con el segundo se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 14: Resultados obtenidos.

	LATITUD	LONGITUD	CLIMA	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	ALTITUD (m)	PRESIÓN ATMOSFERICA (hPa)	HUMEDAD (%)	TEMPERATURA CORPORAL (°C)	BPM	ALERTA
1	-1.4713423	-78.8388937	Soleado	11.52	5033.15	539.95	72	36.51	160	NA
2	-1.4711332	-78.8383787	Soleado	11.02	5024.59	542.31	71	35.98	145	NA
3	-1.4707578	-78.8380086	Soleado	9.68	5011.75	544.67	68	36.26	153	NA
4	-1.4711654	-78.8375794	Soleado	7.95	5002.21	547,.03	70	37.01	175	NA
5	-1.4718196	-78.8380032	Nublado	8.36	4995.84	549.39	74	36.52	163	Botón Emergencia
6	-1.4725489	-78.8388991	Nublado	6.87	4989.65	551.75	76	36.95	151	NA
7	-1.4731066	-78.8392263	Nublado	6.12	4983.74	554.11	71	36.47	142	NA
8	-1.4728814	-78.8394999	Nublado	4.59	4980.31	556.47	75	36.02	163	NA
9	-1.4730584	-78.8400202	Nublado	5.24	4978.34	558.83	73	35.85	186	NA
10	-1.4729940	-78.8402563	Neblina densa	3.92	4975.85	561.19	77	35.98	201	BPM
11	-1.4735303	-78.8408249	Neblina densa	3.23	4972.89	563.55	80	36.41	192	NA
12	-1.4737877	-78.8412487	Neblina densa	2.58	4970.15	565.91	82	36.23	205	BPM
13	-1.4740665	-78.8416671	Neblina densa	2.23	4967.71	568.27	79	36.84	191	NA
14	-1.4742059	-78.8423645	Neblina densa	1.52	4964.35	570.63	76	36.15	183	Botón Emergencia
15	-1.4746028	-78.8437699	Neblina densa	0.68	4960.68	572.99	78	36.62	169	NA
16	-1.4748495	-78.8447892	Neblina densa	0.34	4958.37	575.35	82	36.75	172	NA
17	-1.4749567	-78.8453793	Neblina densa	-1.36	4955.08	577.71	84	36.25	153	NA
18	-1.4751605	-78.8460981	Neblina densa	-1.02	4854.19	580.56	81	36.45	110	NA

Elaborado por: Los Investigadores

Base de datos

Para el sistema de monitorización y localización de turistas se implementó una base de datos MariaDB para el almacenamiento de la información de los turistas registrados, los datos guardados en la base durante las pruebas de funcionamiento se muestran a continuación:

a) Tabla de registros

	Id	Usuario	s_presion	s_temp_cor	s_temp_amb	s_bpm	s_latitud	s_longitud	s_altura	s_humedad
	693	1804560934	551.75	6.87	36.95	151	-1.4725489	-78.8388991	4989.65	76
	694	1804560934	554.11	6.12	36.47	142	-1.4731066	-78.8392263	4983.74	71
	695	1804560934	556.47	4.59	36.02	163	-1.4728814	-78.8394999	4980.31	75
	697	1804560934	558.83	5.24	35.85	186	-1.4730584	-78.8400202	4978.34	77
	698	1804560934	561.19	3.92	35.98	201	-1.4729940	-78.8402563	4975.85	77
	699	1804560934	563.55	3.23	36.41	19	-1.4735303	-78.8408249	4972.89	80
	700	1804560934	565.91	2.58	36.23	205	-1.4737877	-78.8412487	4970.15	82
	701	1804560934	568.27	2.23	36.84	191	-1.4740665	-78.8416671	4967.71	79
	702	1804560934	570.63	1.52	36.15	183	-1.4742059	-78.8423645	4964.35	76
	703	1804560934	575.35	0.68	36.62	169	-1.4746028	-78.8437699	4960.68	78
	704	1804560934	577.71	0.34	36.75	172	-1.4748495	-78.8447892	4958.37	82
	705	1804560934	755.65	-1.3	36.25	153	-1.4749567	-78.8453793	4955.08	84
	708	1804560934	755.65	-1.1	36.25	90	-1.4751605	-78.8460981	4855.08	81
	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Registros 1 x

Figura 46: Tabla de registros

Elaborado por: Los Investigadores

b) Tabla de alertas

	Id	Usuario	sensor	valor	s_latitud	s_longitud	s_altura	estado
	989	1804326537	Temp...	29.83	-1.26722967	-78.62372400	2603.62	1
	990	1804326537	Temp...	29.83	-1.26722967	-78.62372400	2603.62	1
	991	1804326537	Temp...	29.83	-1.26722967	-78.62372400	2603.62	1
	992	1804326537	Temp...	29.83	-1.26722967	-78.62372400	2603.62	1
	993	1804326537	Temp...	29.83	-1.26722967	-78.62372400	2603.45	1
	994	1804326537	Temp...	29.83	-1.26722967	-78.62372400	2603.45	1
	995	1804326537	Temp...	29.83	-1.26722967	-78.62372400	2603.45	1
	996	1804326537	Temp...	29.83	-1.26722967	-78.62372400	2603.45	1
	997	1804326537	Temp...	29.83	-1.26722967	-78.62372400	2603.45	1
	998	1804326537	Temp...	29.85	-1.26722967	-78.62372400	2603.38	1
	999	1804326537	Temp...	29.85	-1.26722967	-78.62372400	2603.38	1
	1000	1804326537	Temp...	29.85	-1.26722967	-78.62372400	2603.38	1
	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Figura 47: Tabla de alertas

Elaborado por: Los Investigadores

c) Tabla de nodos

	Id	Usuario	sensor	valor	s_latitud	s_longitud	s_altura	estado
	989	1804326537	Temp...	29.83	-1.26722967	-78.62372400	2603.62	1
	990	1804326537	Temp...	29.83	-1.26722967	-78.62372400	2603.62	1
	991	1804326537	Temp...	29.83	-1.26722967	-78.62372400	2603.62	1
	992	1804326537	Temp...	29.83	-1.26722967	-78.62372400	2603.62	1
	993	1804326537	Temp...	29.83	-1.26722967	-78.62372400	2603.45	1
	994	1804326537	Temp...	29.83	-1.26722967	-78.62372400	2603.45	1
	995	1804326537	Temp...	29.83	-1.26722967	-78.62372400	2603.45	1
	996	1804326537	Temp...	29.83	-1.26722967	-78.62372400	2603.45	1
	997	1804326537	Temp...	29.83	-1.26722967	-78.62372400	2603.45	1
	998	1804326537	Temp...	29.85	-1.26722967	-78.62372400	2603.38	1
	999	1804326537	Temp...	29.85	-1.26722967	-78.62372400	2603.38	1
	1000	1804326537	Temp...	29.85	-1.26722967	-78.62372400	2603.38	1
		NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Figura 48: Tabla de nodos

Elaborado por: Los Investigadores

d) Tabla de usuarios

	Cedula	Nombres	Apellidos	Celular	Correo	Username
	0000000000	Administrador	02	0984676998	santiagoobian54@gmail.com	refugio
	0604940312	Juan	Morales	0984676998	jmin09@gmail.com	juanito
	1804326534	Adriana	Romo	0995504123	vehoja@mail.com	1804326534
	1804326537	Mathias	Miño	0958678965	mjf@gmail.com	1804326537
	1804560934	Cynthia	Endara	0987581679	cynthi.itsb@gmail.com	1804560934
	1804560954	Cynthia	Endara	0987581679	cynthi.itsb@gmail.com	1804560954
	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Figura 49: Tabla de usuarios

Elaborado por: Los Investigadores

Interfaz de supervisión

Al ingresar a la interfaz desarrollada en Node Red se observa que las variables físicas y ambientales se visualizan de forma numérica y también gráfica, así como también se muestra la ruta trazada con los puntos de ubicación almacenados, los resultados obtenidos se muestran a continuación tomando como referencia 5 puntos obtenidos en la Tabla 14:

a) En la figura 50 se aprecia los primeros valores tomados por el sistema en el inicio de la ruta. El marcador rojo indica el punto de partida del turista y la puesta en funcionamiento del kit electrónico.

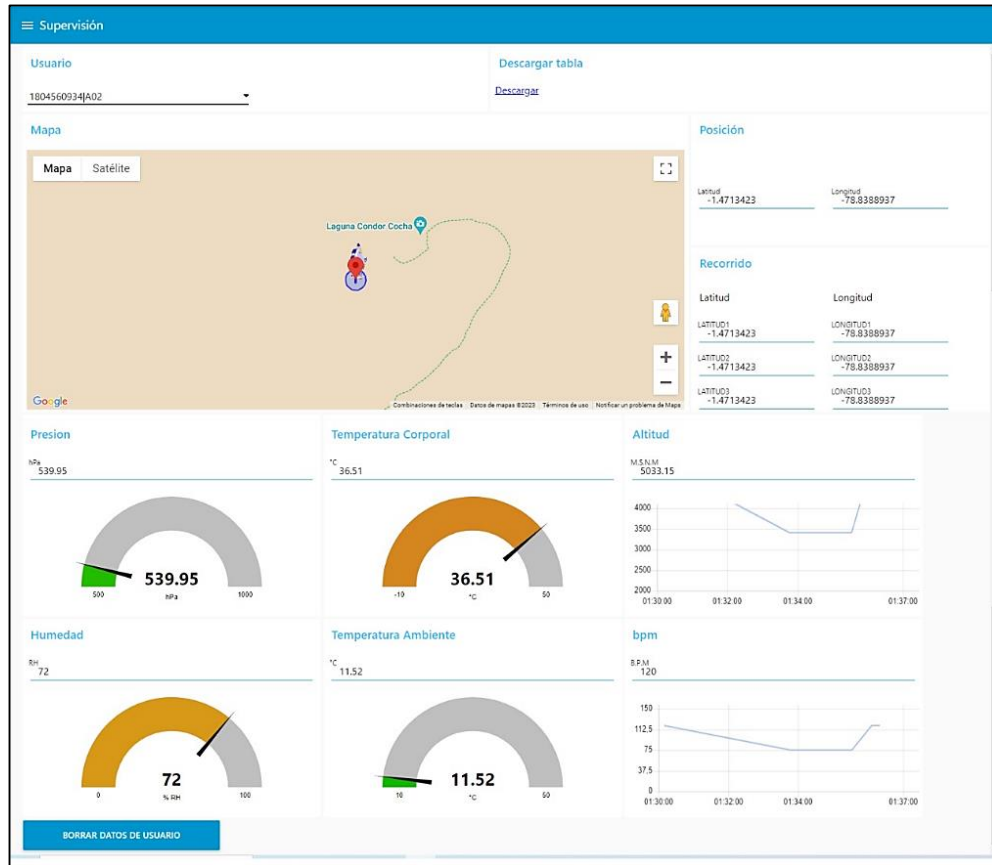


Figura 50: Interfaz gráfica de monitorización

Elaborado por: Los Investigadores

b) En la figura 51 se muestra la actualización de datos. El sistema nos permite supervisar de manera constante la información de los parámetros físicos del turista, además se puede apreciar la ruta que se traza para poder realizar el monitoreo de una manera más óptima.

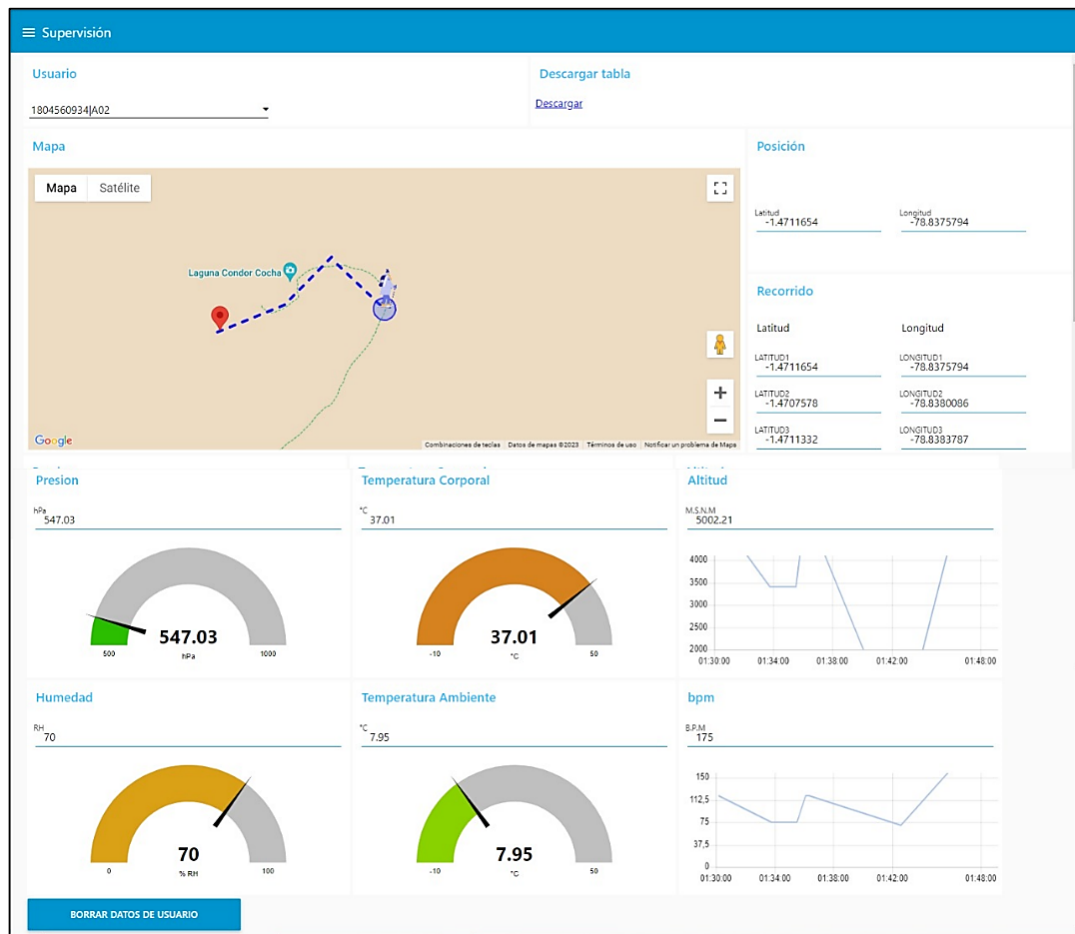


Figura 51: Prueba de cobertura kit electrónico

Elaborado por: Los Investigadores

c) En la figura 52 tal apreciamos como al variar los parámetros fuera del rango establecido nos genera una alerta de emergencia, la misma que sirve para ayudar a los trabajadores de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. La alerta se emite de una manera constante y se registra en la base de datos la última posición y signos vitales del usuario de ese nodo.

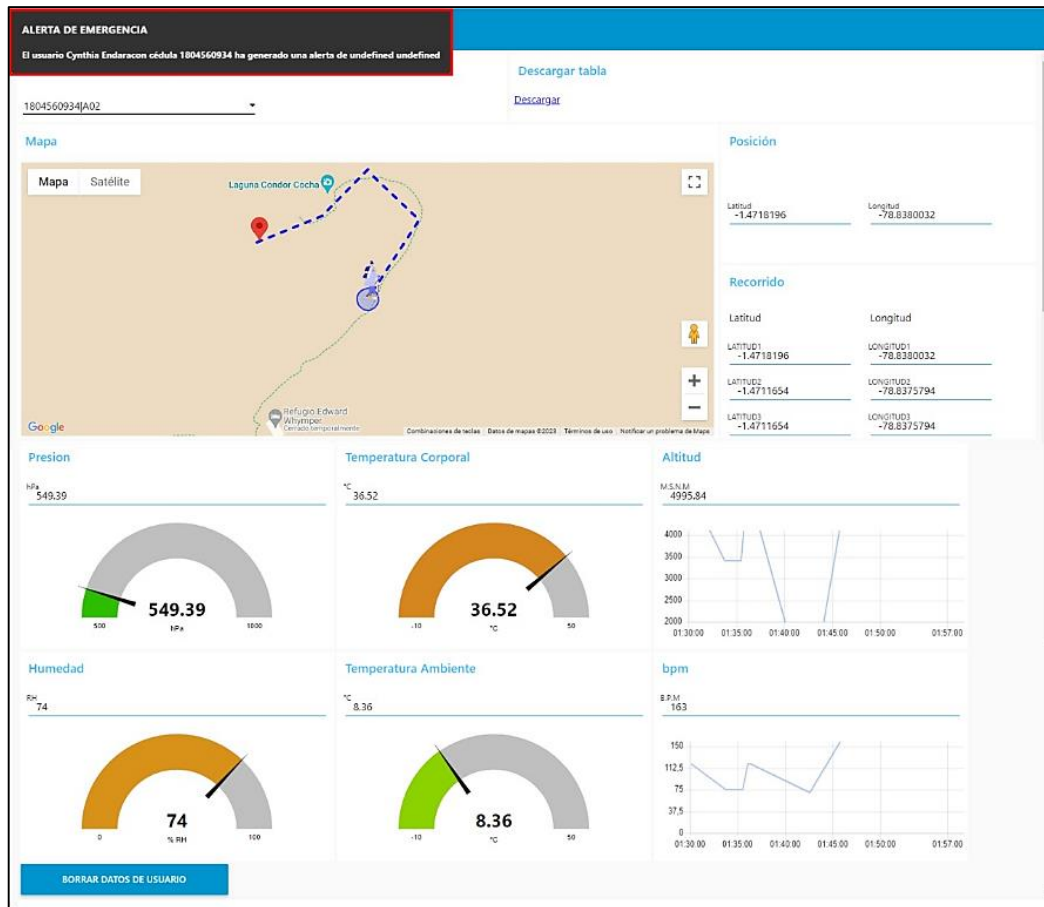


Figura 52: Prueba del sistema de emergencia del kit electrónico

Elaborado por: Los Investigadores

d) Al llegar el turista a la mitad de la ruta se observa que no ha perdido cobertura y que los datos siguen siendo recibidos de manera constante como se observa en la figura 53. Además, se puede corroborar que el turista se encuentra en óptimas condiciones para seguir con su recorrido ya que no ha existido ningún tipo de interferencia ni pérdida de datos que provoque que la monitorización se interrumpa.

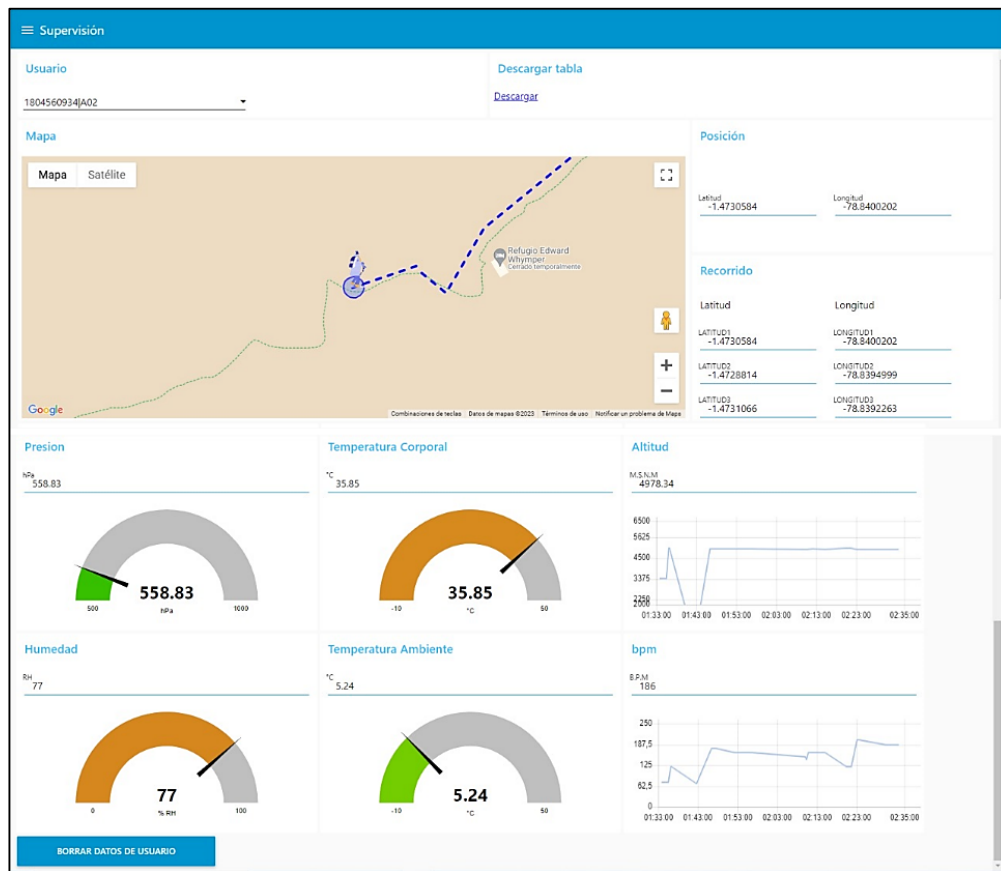


Figura 53: Prueba de funcionamiento en la ruta del primer al segundo refugio

Elaborado por: Los Investigadores

e) Al finalizar la ruta, en la figura 54 se puede apreciar que el kit electrónico aún se encuentra emitiendo datos, esto quiere decir que la señal del sistema inalámbrico de comunicación abasteció por completo el sendero que conecta el primer refugio con el segundo. Cabe recalcar la variación de los datos a lo largo de la ruta siendo la mayor variación presentada la de temperatura. Las pruebas se realizaron en un entorno de clima variante en la que al iniciar el recorrido se presentaba clima soleado hasta contar con un entorno nublado con bajas temperaturas.

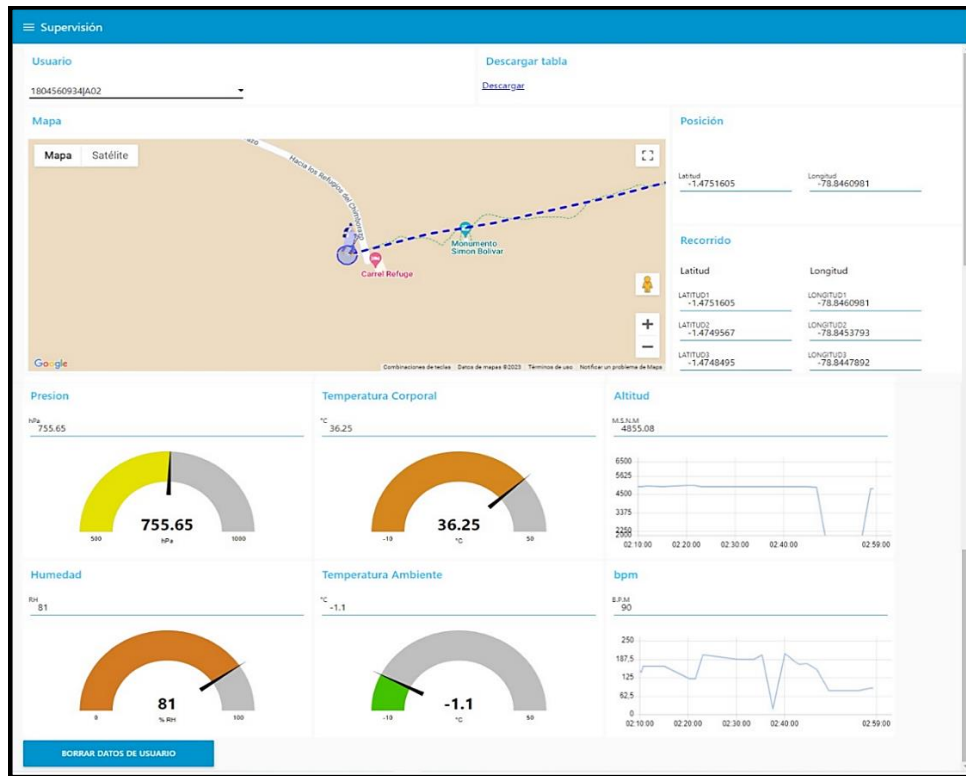


Figura 54: Llegada del turista al refugio Whympers al refugio Carrel utilizando el kit de localización y monitoreo

Elaborado por: Los Investigadores

Una vez completada la ruta, el administrador está en la capacidad de observar el recorrido del turista por completo, como se observa en la figura 55.



Figura 55: Ruta recorrida por el turista utilizando el sistema de monitoreo y localización

Elaborado por: Los Investigadores

Comparación de puntos de ubicación obtenidos

Mediante la investigación de campo se realizó la recolección de 18 puntos los cuales trazan la ruta del turista desde el momento en que el kit entró en funcionamiento en el punto estratégico en donde se colocó el nodo raíz del sistema de comunicación inalámbrico hasta que llega al primer refugio del volcán Chimborazo.

Cada uno de los puntos es comparado con ubicaciones guardadas en un celular con el fin de comparar la ruta que van trazando los puntos enviados por el GPS del kit electrónico con la ruta que van trazando los puntos enviados por el celular.

Como resultado se obtuvieron los 18 puntos mostrados en la Tabla 15 y la comparación gráfica de las dos rutas se realizó utilizando la herramienta Google Earth la misma que se puede observar en las figuras 56 y 57.

Tabla 15: Comparación de puntos obtenidos.

PUNTOS CELULAR		PUNTOS KIT	
Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
-1.4712457	-78.8387542	-1.4713423	-78.8388937
-1.4709830	-78.8382606	-1.4711332	-78.8383787
-1.4708328	-78.8378798	-1.4707578	-78.8380086
-1.4712190	-78.8375794	-1.4711654	-78.8375794
-1.4717981	-78.8379066	-1.4718196	-78.8380032
-1.4726239	-78.8388347	-1.4725489	-78.8388991
-1.4731495	-78.8392048	-1.4731066	-78.8392263
-1.4729243	-78.8395642	-1.4728814	-78.8394999
-1.4731656	-78.8399987	-1.4730584	-78.8400202
-1.4730583	-78.8402992	-1.4729940	-78.8402563
-1.4735088	-78.8407390	-1.4735303	-78.8408249
-1.4738520	-78.8412808	-1.4737877	-78.8412487
-1.4740450	-78.8417529	-1.4740665	-78.8416671
-1.4742809	-78.8424288	-1.4742059	-78.8423645
-1.4745277	-78.8436518	-1.4746028	-78.8437699
-1.4748924	-78.8448750	-1.4748495	-78.8447892
-1.4749996	-78.8453578	-1.4749567	-78.8453793
-1.4753106	-78.8459800	-1.4751605	-78.8460981

Elaborado por: Los Investigadores



Figura 56: Comparación de rutas.
Elaborado por: Los Investigadores

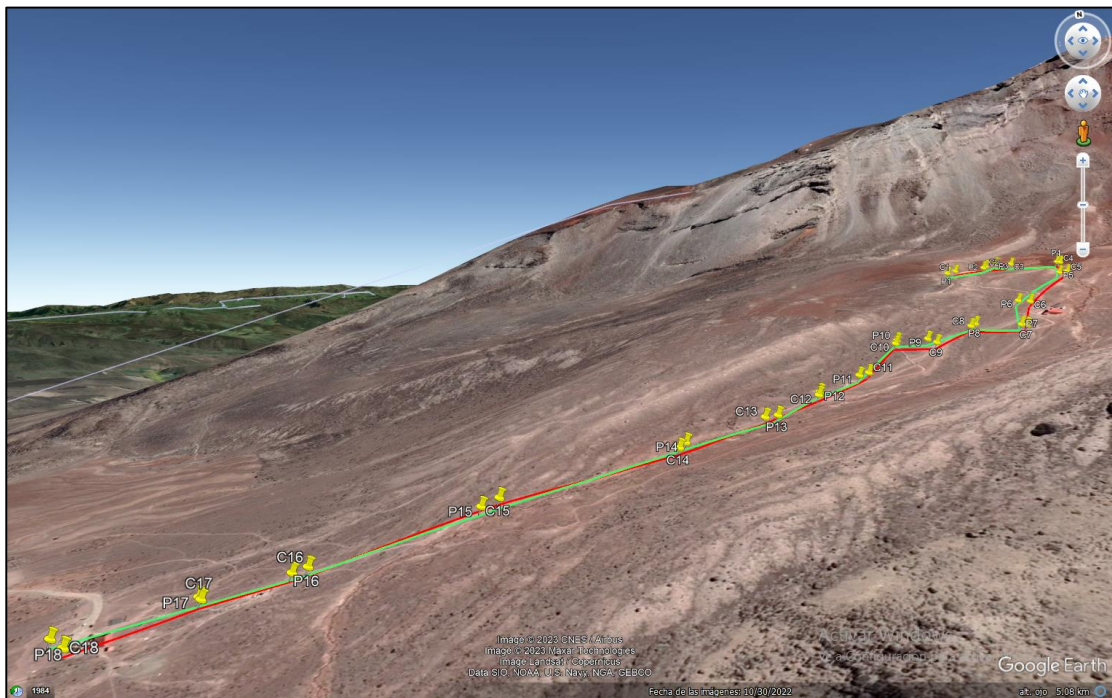


Figura 57: Comparación de las rutas obtenidas.
Elaborado por: Los Investigadores

La diferencia de distancia de un punto a otro entre las dos rutas trazadas es aproximadamente 12m como se puede evidenciar en la figura 58, esto indica que la ubicación obtenida por el GPS del kit electrónico tiene un error aproximado de un radio de 12m.

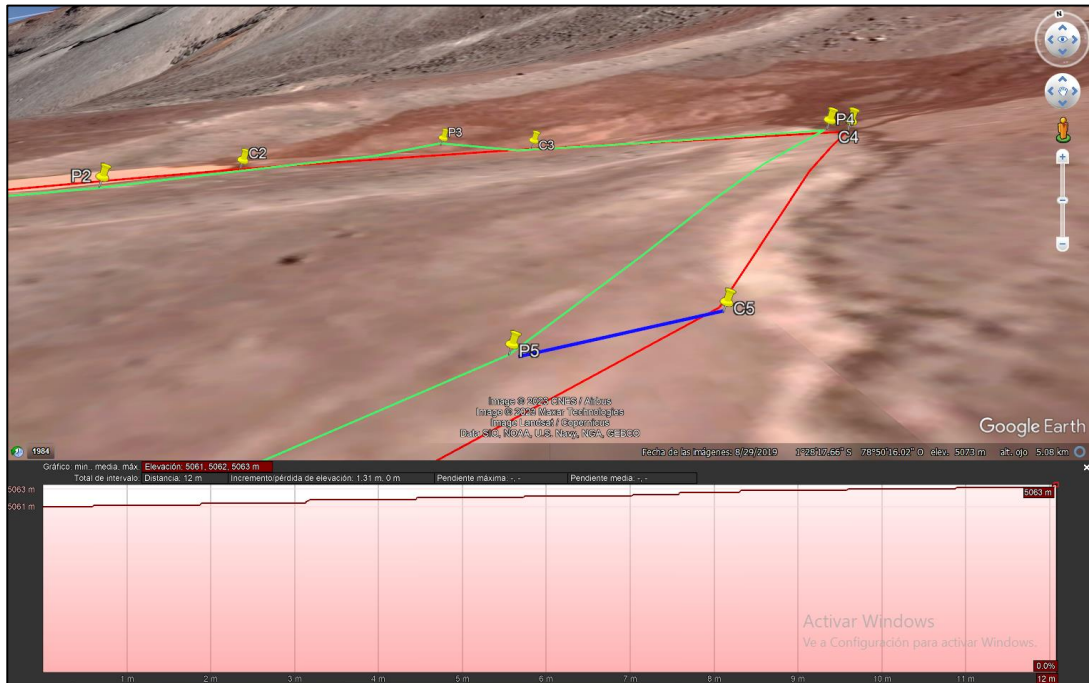


Figura 58: Distancia entre puntos obtenidos

Elaborado por: Los Investigadores

3.2.5. Desempeño del sistema

Calidad de comunicación del kit electrónico

Para determinar la calidad de comunicación entre el kit electrónico y las nano estaciones se realizó una simulación en el software RadioMobile obteniendo los resultados de la figura 59. Es de suma importancia que la conexión entre el kit y el servidor sea ininterrumpida por lo que se garantiza una señal de conexión inalámbrica que sobrepase los -90 dBm (umbral de recepción del microcontrolador = -91 dBm).

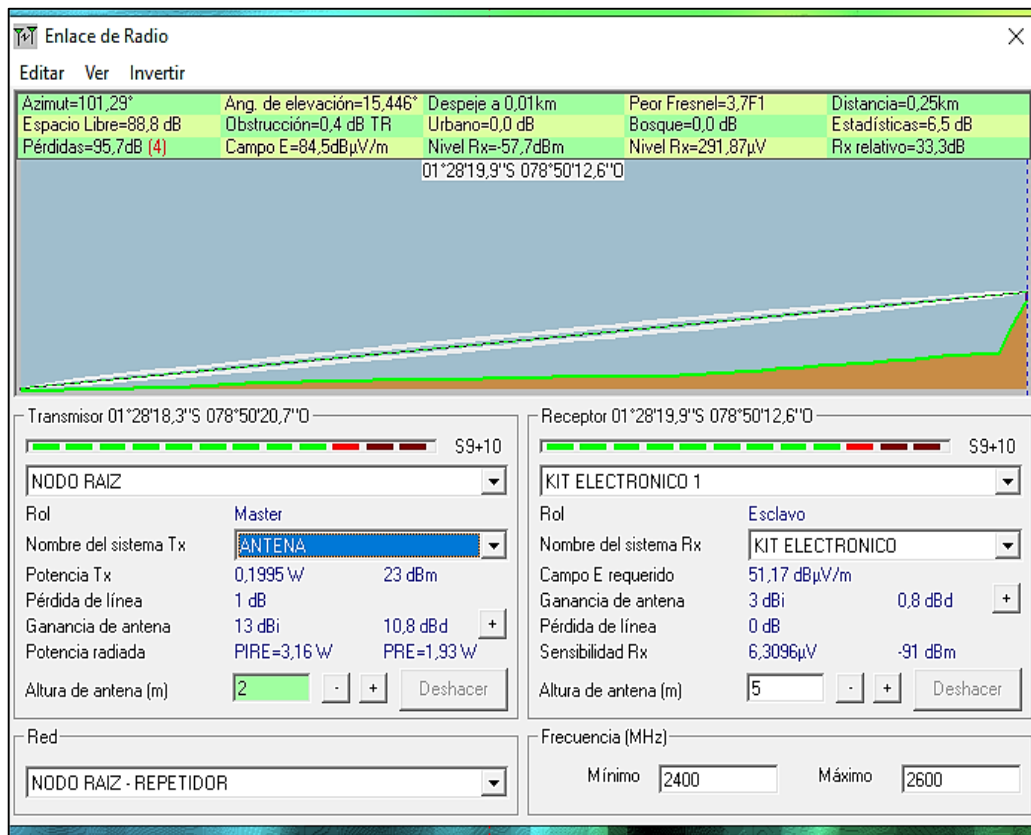


Figura 59: Panel de supervisión de Node-Red

Elaborado por: Los Investigadores

En el radioenlace podemos observar que las pérdidas por la comunicación entre una estación repetidora de señal y el kit electrónico es de 96 dB, determinando que durante toda la ruta existe envío de datos.

Al colocar los parámetros técnicos de las antenas, tanto del sistema inalámbrico como del kit electrónico, podemos simular un entorno en el software Radio para determinar la cobertura dada por el nodo raíz y los nodos secundarios. En la figura 60 podemos apreciar la cobertura que presentan las antenas a lo largo de la ruta.

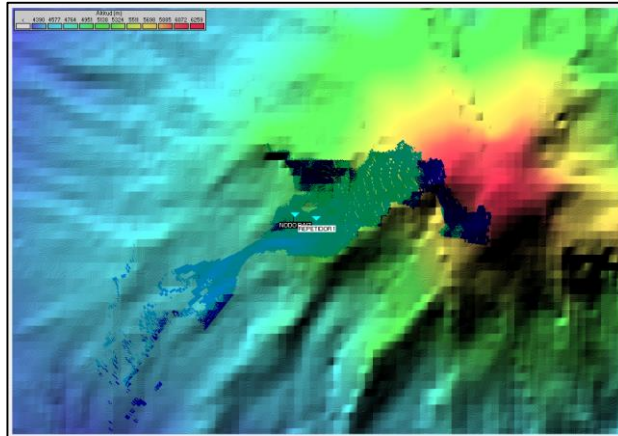


Figura 60: Cobertura de señal del sistema de localización y monitorización en el Chimborazo

Elaborado por: Los Investigadores

Consumo de Recursos del Servidor

Para el análisis de consumo de recursos se toma en cuenta datos estadísticos proporcionados por el servidor web, se observa los máximos picos de consumo y con ello se estima la eficiencia del funcionamiento del servidor.

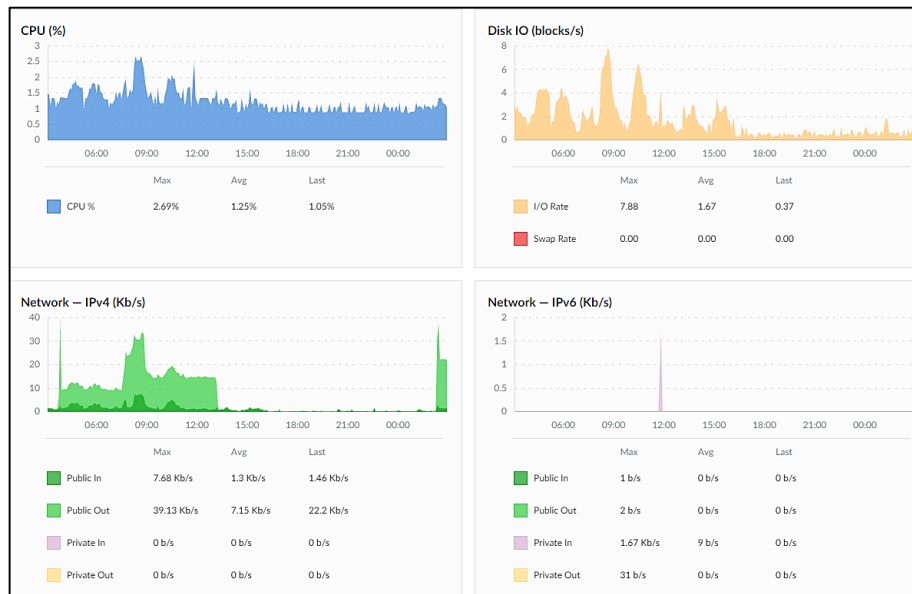


Figura 61: Panel de supervisión de linode

Elaborado por: Los Investigadores

La gráfica de la figura 61 indica la información del servidor web proporcionada por el hosting linode, Podemos observar que el máximo consumo del procesador es de 3% de su capacidad. Además, podemos observar que los datos en IPv4 no superan los 40 Kbps esto debido a que el protocolo MQTT no demanda de un gran ancho de banda.

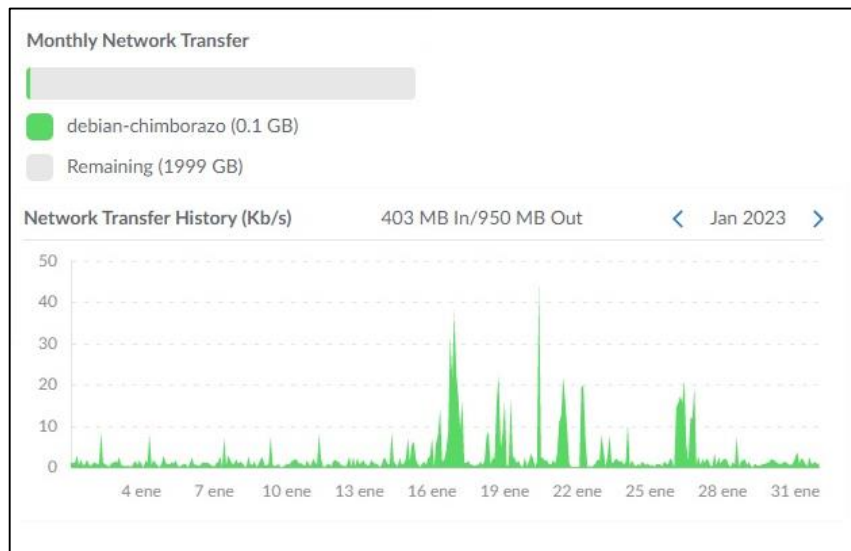


Figura 62: Trafico publico saliente de la instancia

Elaborado por: Los Investigadores

Como se observa en la figura 62 el tráfico público saliente en su valor pico fue de 45kbps y se tuvo valores de 403MB In/950 MB Out en el mes en el que mayor uso tuvo la instancia.

3.2.6. Análisis del presupuesto

Para el desarrollo del sistema de comunicación inalámbrica y el ensamblaje del kit electrónico se utilizó varias herramientas tanto de hardware como de software y elementos diversos. En la tabla 16 se detalla los componentes que se configuraron para la implementación del sistema.

Tabla 16: Tabla de presupuesto del kit electrónico y el sistema de comunicación:

id	Equipos	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Elementos electrónicos					
1	ESP ESP8266	c/u	2	\$15,00	\$30,00
2	Sensor MLX90614	c/u	2	\$21,00	\$42,00
3	Sensor Max30102	c/u	2	\$20,00	\$40,00
4	Módulo Mpl3115a2	c/u	2	\$23,00	\$46,00
5	Botón de pánico	c/u	2	\$5,00	\$10,00
6	Módulos GPS Neo-M8	c/u	2	\$32,40	\$64,80
7	LM2596	c/u	2	\$10,00	\$20,00
8	Baterías Lipo	c/u	2	\$19,00	\$38,00
9	Material de electrónica	c/u	1	\$50,00	\$50,00
10	Cable	m	10	\$1,00	\$10,00
Diseño del kit					
11	Diseño e impresión 3D	m2	2	\$50,00	\$100,00
12	PCB	m	2	\$10,00	\$20,00
13	Correas	m	2	\$15,00	\$30,00
Sistema de comunicación inalámbrica					
14	Ubiquiti NanoStation loco M2	c/u	4	\$150,00	\$600,00
15	Modem 4G LTE	c/u	1	\$120,00	\$120,00
16	Paneles solares Prostar 24V	c/u	4	\$65,00	\$260,00
17	Baterías recargables	c/u	4	\$35,00	\$140,00
18	Regulador de carga	c/u	2	\$35,00	\$70,00
19	Diseño e impresión 3D	m2	1	\$20,00	\$20,00
20	Cable y materiales electrónicos	c/u	-	\$20,00	\$20,00
Subtotal					\$1610,30
Iva 12%					\$219,69
TOTAL					\$1830,80

Elaborado por: Los Investigadores

El proyecto en presentación donde se detalla el desarrollo, la investigación y la implementación del prototipo en general, además con los elementos que configura el módulo de entrenamiento se detalla en la tabla 17.

Tabla 17: Tabla de presupuesto del sistema de localización y monitoreo de turistas

id	Equipos	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Elementos electrónicos					
1	Servidor linode Debian	c/u	1	\$10,00 (mensual)	\$50,00
2	Google api key	c/u	1	\$5,00 (mensual)	\$25,00
3	Transporte	-	10	\$10,00	\$100,00
Diseño de Ingeniería					
4	Interfaz y electrónica	-	1	\$1830,80	\$1830,80
Mano de obra Implementación					
5	Implementación	c/u	1	\$25,50	\$25,50
Subtotal					\$17876,50
Iva 12%					\$243,75
TOTAL					\$2031,30

Elaborado por: Los Investigadores

El costo total para la elaboración del sistema de monitorización y localización de turistas es de \$2031,30. El valor considerado de mano de obra es de \$25,50 ya que es el equivalente a una jornada laboral de un ingeniero junior.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Las condiciones actuales en el volcán Chimborazo fueron evaluadas bajo una investigación de campo y bibliográfica donde se identifica que más de la mitad de los turistas no tienen conocimientos específicos en los peligros que se pueden presentar al realizar la actividad del andinismo sin la debida preparación, los turistas no se encuentran totalmente preparados para actuar ante situaciones emergentes, ya que la mayoría desconoce de los requerimientos de salud, físicos y equipamiento que deben tener para una experiencia segura de andinismo.
- En los refugios y la ruta turística del volcán Chimborazo, mediante una observación e investigación de campo, se identifica que únicamente en el refugio Carrel existe suministro de energía eléctrica, en el refugio Whympet y en la ruta que conecta a los dos refugios no se tiene ningún abastecimiento de energía eléctrica ni apoyo tecnológico directo al turista, siendo su implementación necesaria para mejorar la experiencia y brindar seguridad a los visitantes y trabajadores de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.
- Mediante una investigación de campo y experimental se llegó a la conclusión de que el sistema debe garantizar la seguridad del turista. En consecuencia, la tecnología inalámbrica de transmisión de datos debe trabajar de manera óptima en climas extremos como son los que se presentan en el Chimborazo, siendo Wifi la tecnología más viable, además que me permite enviar datos a internet ya que trabaja bajo el protocolo de internet TCP /IP. En el sistema de localización y monitoreo de turistas se utiliza MQTT que es un protocolo de cifrado y comunicación ligera el cual no consume mayor ancho de banda y me permite trabajar bajo un sistema de publicar, suscribir, ideal para aplicaciones de seguimiento.

- El sistema de supervisión consiste en una interfaz gráfica, que permite al personal de la reserva de fauna y producción Chimborazo, monitorear y dar seguimiento a los turistas midiendo variables de posición geográfica, temperatura corporal, temperatura ambiental, ritmo cardiaco, altitud, presión atmosférica y humedad utilizando una base de datos para el almacenamiento de los registros de cada usuario, logrando así un seguimiento tanto de la posición en tiempo real como de fechas anteriores, además de contar con un sistema de alertas que permite al supervisor estar al tanto de la condición de los turistas y cuando estas se salgan de un rango normal. Permitiendo que las autoridades, rescatistas y guías turísticos actúen de forma rápida ante una posible situación de riesgo.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda que para proyectos similares se considere todas las aristas de la investigación, no solo de los turistas sino también de guías que son parte del personal trabajador del volcán Chimborazo, debido a que la información que ellos pueden brindar es de alta relevancia para la investigación.
- Para proyectos similares se recomienda reutilizar los equipos en el área tecnológica, solo si esto no afecta al funcionamiento normal de los equipos y el sistema que ya están implementados, se debe considerar también las interferencias que esto puede causar en el sistema de comunicación.
- Se recomienda no solo considerar el monitoreo de variables de la persona implicada, sino también del entorno ya que pueden ser influyentes en las condiciones del usuario aportando a una obtención confiable de datos.
- Se recomienda usar esquemas de programación brindando las seguridades necesarias ya que pueden acceder a la red personas ajenas a la investigación.

- Se recomienda implementar un servicio adicional utilizando en lo que respecta al seguimiento de la posición de los turistas utilizando web sockets para que la supervisión sea más manejable.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. J. M. Ordóñez y S. S. Zavgorodniaya, «DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA EN PLANIFICACIÓN TERRITORIAL».
- [2] S. Ghosh, «GPS Based Location Tracking System», vol. 6, n.º 0972, 2019.
- [3] V. Aditya, V. D. Prasaad, M. F. Kamaludeen, y T. Gophika, «SYSTEMATIC REVIEW OF MOUNTAINEERS USING LORA», vol. 6, n.º 1.
- [4] Bryan Alexis Araujo Villarruel, «SISTEMA DE MONITOREO PARA RAFTING.», UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato, 2020. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/30711/3/Tesis_t1672ec.pdf
- [5] Y. Kunisada y C. Premachandra, «High Precision Location Estimation in Mountainous Areas Using GPS», *Sensors*, vol. 22, n.º 3, p. 1149, feb. 2022, doi: 10.3390/s22031149.
- [6] A. López, «Number of outdoor climbing routes listed online worldwide as of June 2022, by region», *Statista*, 2 de junio de 2022. <https://www.statista.com/statistics/1282529/outdoor-climbing-routes-worldwide/>
- [7] «Main direct causes for climbing accidents in the United States and Canada between 1951 and 2019», *Statista*, 2 de septiembre de 2022. <https://www.statista.com/statistics/1311243/causes-climbing-accidents-united-states-canada/>
- [8] France 24, «Cuatro muertos deja alud en el volcán nevado Chimborazo, el más alto de Ecuador», *France 24*, 24 de noviembre de 2021. <https://www.france24.com/es/minuto-a-minuto/20211024-cuatro-muertos-deja-alud-en-el-volc%C3%A1n-nevado-chimborazo-el-m%C3%A1s-alto-de-ecuador>
- [9] JA keyBPS, «Enlaces inalámbricos: ¿Que tanto afecta el clima a las redes?», 7 de abril de 2020. <https://www.keybps.com/13637>

- [10] Centinela de Occidente, «Rastreo Satelital». <https://centineladeoccidente.com/noticias/10-que-es-rastreo-satelital>
- [11] F. C. Eduard, «Apache HTTP Server: ¿Qué es, cómo funciona y para qué sirve?», *El servidor Apache HTTP , también llamado Apache, es un servidor web HTTP de código abierto para la creación de páginas y servicios web. Es un servidor multiplataforma, gratuito, muy robusto y que destaca por su seguridad y rendimiento.*, Junio de 2014. <https://www.ibxagency.com/blog/apache-http-server-que-es-como-funciona-y-para-que-sirve/>
- [12] Oracle Cloud Infrastructure (OCI), «¿Qué es una base de datos?», *Oracle Cloud Infrastructure (OCI)*, 2020.
- [13] SABIEN, «El presente de los “mini-ordenadores”: Raspberry Pi 3 y otras alternativas.», *SABIEN*. <http://www.sabien.upv.es/presente-los-mini-ordenadores-raspberry-pi-3-otras-alternativas/>
- [14] HACKS COOKING, «Realtime Mountain Climber Monitoring using eHealth Sensor Platform for Arduino and Raspberry Pi», 2022. <https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/realtime-mountain-climber-monitoring-with-ehealth-for-arduino-raspberry-pi/index.html>
- [15] J. P. Blázquez, «Introducción a los sistemas de comunicación inalámbricos».
- [16] W. Stallings y W. Stallings, *Wireless communications and networks*, 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2005.
- [17] MCPRO, «Conectividad inalámbrica a redes: Wi-Fi ac y 4G-LTE», *MCPRO*, 2015. <https://www.muycomputerpro.com/2015/02/04/conectividad-inalambrica>
- [18] C. V. Núñez, J. C. Peña, y C. L. Garzón, «Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina», 2009.
- [19] L. E. Chico Analuisa, «SISTEMA INALÁMBRICO PARA CONTROL Y MONITOREO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN BAÑOS.», 2015. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8602/1/Tesis_t960ec.pdf
- [20] I. A. R. Ruge, «Prototipo de sistema de vigilancia de ganado usando red de supervisión inalámbrica para prevención de abigeato», dic. 2016.

- [21] OpenLab, «Introduction to Microcontroller», *OpenLab*, 2020.
<https://openlabpro.com/guide/basics-of-microcontroller/>
- [22] DUALTRONICA, «Sensor de ritmo - pulso Cardíaco», *DUALTRONICA*, 2020.
<https://dualtronica.com/sensores/311-sensor-de-ritmo-pulso-cardiaco.html>
- [23] GPS.GOV, «El Sistema de Posicionamiento Global», *GPS.GOV*, 2020.
<https://www.gps.gov/systems/gps/spanish.php>
- [24] RACHNER SENSORS, «El sensor de temperatura», *RACHNER SENSORS*, 2022. <https://www.rechner-sensors.com/es/documentacion/knowledge/el-sensor-de-temperatura#:~:text=Los%20sensores%20de%20temperatura%20son,sensores%20de%20calor%20o%20termosensores.>
- [25] LABFERRER, «Sensor de presión atmosférica SB-100», *LABFERRER*, 2020.
<https://www.lab-ferrer.com/sensor-de-presion-atmosferica-sb-100/>
- [26] E. López, «El andinismo en la educación física: trekking y escalada», 2013.
<https://docplayer.es/amp/11366178-El-andinismo-en-la-educacion-fisica-trekking-y-escalada-como-contenidos-de-la-formacion-docente-en-el-pef-crub-unco.html>
- [27] X. Eguzkitza Aretxabaleta, *Los techos municipales de Bizkaia*. Bilbao: Euskal Mendizale Federazioa, 2009.
- [28] I. Quintana, «Trekking Volcán Chimborazo, más cerca del sol.», *Trekking Volcán Chimborazo, más cerca del sol.*, 24 de agosto de 2019.
<https://isabellaquintana.medium.com/trekking-chimborazo-m%C3%A1s-cerca-del-sol-59ae1cb1a1a6>
- [29] PlanetAndes, «Mapa del volcán Chimborazo», *PlanetAndes*, 2019.
<https://www.planetandes.com/es/ecuador/andes/chimborazo/volcan-chimborazo-mapa/>

ANEXOS

ANEXO 1: Especificaciones técnicas del módulo GPS NEO-M8

NEO-M8

u-blox M8 concurrent GNSS modules

Data sheet



Abstract

This data sheet describes the NEO-M8 module family which provides concurrent reception of up to 3 GNSS (GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou). NEO-M8 is backward compatible with NEO-7, NEO-6 and NEO-5 families.

www.u-blox.com

UBX-15031086 - R11

C1-Public



Document information

Title	NEO-M8	
Subtitle	u-blox M8 concurrent GNSS modules	
Document type	Data sheet	
Document number	UBX-15031086	
Revision and date	R11	22-Oct-2021
Document status	Production information	
Disclosure restriction	C1-Public	

Product status	Corresponding content status	
In Development / Prototype	Objective Specification	Target values. Revised and supplementary data will be published later.
Engineering Sample	Advance Information	Data based on early testing. Revised and supplementary data will be published later.
Initial Production	Early Production Information	Data from product verification. Revised and supplementary data may be published later.
Mass Production / End of Life	Production Information	Document contains the final product specification.

This document applies to the following products:

Product name	Type number	Firmware version	PCN reference
NEO-M8N	NEO-M8N-0-12	Flash FW SPG 3.01	UBX-21015025
NEO-M8Q	NEO-M8Q-0-12	ROM SPG 3.01	UBX-21015025
NEO-M8M	NEO-M8M-0-11	ROM SPG 3.01	UBX-21015022
NEO-M8J	NEO-M8J-0-11	Flash FW SPG 3.05	UBX-21015025

u-blox or third parties may hold intellectual property rights in the products, names, logos and designs included in this document. Copying, reproduction, modification or disclosure to third parties of this document or any part thereof is only permitted with the express written permission of u-blox.

The information contained herein is provided "as is" and u-blox assumes no liability for its use. No warranty, either express or implied, is given, including but not limited to, with respect to the accuracy, correctness, reliability and fitness for a particular purpose of the information. This document may be revised by u-blox at any time without notice. For the most recent documents, visit www.u-blox.com.

Copyright © u-blox AG.

2 Pin definition

2.1 Pin assignment

NEO-M8 Top View			
13	GND	GND	12
14	LNA_EN / Reserved	RF_IN	11
15	Reserved	GND	10
16	Reserved	VCC_RF	9
17	Reserved	RESET_N	8
18	SDA / SPI CS_N	VDD_USB	7
19	SCL / SPI SLK	USB_DP	6
20	TXD / SPI MISO	USB_DM	5
21	RXD / SPI MOSI	EXTINT	4
22	V_BCKP	TIMEPULSE	3
23	VCC	D_SEL	2
24	GND	SAFEBOOT_N	1



PIO = Peripheral Input Output

Figure 2: Pin assignment

No.	Name	PIO no.	I/O	Description
1	SAFEBOOT_N	-	I	SAFEBOOT_N (for future service, updates and reconfiguration, leave OPEN)
2	D_SEL	-	I	Interface select
3	TIMEPULSE	11	O	Time pulse (1PPS)
4	EXTINT	13	I	External interrupt pin
5	USB_DM	-	I/O	USB data
6	USB_DP	-	I/O	USB data
7	VDD_USB	-	I	USB supply
8	RESET_N	-	I	RESET_N
9	VCC_RF	-	O	Output voltage RF section
10	GND	-	I	Ground
11	RF_IN	-	I	GNSS signal input
12	GND	-	I	Ground
13	GND	-	I	Ground
14	LNA_EN / Reserved	16	O	LNA_EN (NEO-M8N/Q/J): Antenna/LNA control Reserved (NEO-M8M): Reserved
15	Reserved	-	-	Reserved
16	Reserved	-	-	Reserved
17	Reserved	-	-	Reserved
18	SDA / SPI CS_N	9	I/O	DDC data if D_SEL = 1 (or open) SPI chip select if D_SEL = 0
19	SCL / SPI CLK	8	I/O	DDC clock if D_SEL = 1 (or open) SPI clock if D_SEL = 0
20	TXD / SPI MISO	6	O	Serial port if D_SEL = 1 (or open) SPI MISO if D_SEL = 0
21	RXD / SPI MOSI	7	I	Serial port if D_SEL = 1 (or open) SPI MOSI if D_SEL = 0
22	V_BCKP	-	I	Backup voltage supply
23	VCC	-	I	Supply voltage
24	GND	-	I	Ground

Table 6: Pinout of NEO-M8

3 Configuration management

Configuration settings can be modified with UBX configuration messages. The modified settings remain effective until power-down or reset. If these settings have been stored in battery-backup RAM, the modified configuration will be retained as long as the backup battery supply is not interrupted.

With the NEO-M8, configuration settings modified with UBX configuration messages can be saved permanently. In this case, the modified settings remain effective even after power-down and do not require backup battery supply.

3.1 Interface selection (D_SEL)

At startup, pin 2 (**D_SEL**) determines which data interfaces are used for communication. If **D_SEL** is set high or left open, UART and DDC become available. If **D_SEL** is set low, that is, connected to ground, the NEO-M8 module series can communicate to a host via SPI.

Pin #	D_SEL="1" (left open)	D_SEL="0" (connected to GND)
20	UART TX	SPI MISO
21	UART RX	SPI MOSI
19	DDC SCL	SPI CLK
18	DDC SDA	SPI CS_N

Table 8: Data interface selection by D_SEL

4 Electrical specification

- The limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to these limits for extended periods may affect device reliability.
- Where application information is given, it is advisory only and does not form part of the specification. For more information, see the NEO-8Q / NEO-M8 Hardware integration manual [1].

4.1 Absolute maximum rating

Parameter	Symbol	Condition	Min	Max	Units
Power supply voltage	VCC		-0.5	3.6	V
Backup battery voltage	V_BCKP		-0.5	3.6	V
USB supply voltage	VDD_USB		-0.5	3.6	V
Input pin voltage	V _{IN}	If VCC < 3.1V	-0.5	VCC+0.5	V
		If VCC > 3.1V	-0.5	3.6	V
	V _{IN_USB}		-0.5	VDD_USB	V
DC current through any digital I/O pin (except supplies)	I _{FIN}			10	mA
VCC_RF output current	ICC_RF			100	mA
Input power at RF_IN	P _{RFIN}	source impedance = 50 Ω, continuous wave		15	dBm
Storage temperature	T _{STG}	NEO-M8N/M8Q/M8J	-40	85	°C
		NEO-M8M	-40	105	

Table 9: Absolute maximum ratings

- Stressing the device beyond the “Absolute Maximum Ratings” may cause permanent damage. These are stress ratings only. The product is not protected against overvoltage or reversed voltages. If necessary, voltage spikes exceeding the power supply voltage specification, given in Table 9, must be limited to values within the specified boundaries by using appropriate protection diodes.

4.2 Operating conditions

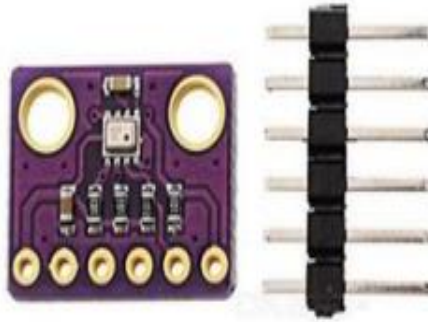
- All specifications are at an ambient temperature of +25 °C. Extreme operating temperatures can significantly impact specification values. Applications operating near the temperature limits should be tested to ensure the specification.

Parameter	Symbol	Min	Typical	Max	Units	Condition
Power supply voltage NEO-M8N/Q/J	VCC	2.7	3.0	3.6	V	
Power supply voltage NEO-M8M	VCC	1.65	1.8, 3.0	3.6	V	
Supply voltage USB	VDDUSB	3.0	3.3	3.6	V	
Backup battery voltage	V_BCKP	1.4		3.6	V	
Backup battery current	I_BCKP		15		μA	V_BCKP = 1.8 V, VCC = 0 V
SW backup current	I_SWBCKP		30		μA	VCC = 3 V
Input pin voltage range	V _{IN}	0		VCC	V	
Digital IO pin low level input voltage	V _{IL}	0		0.2*VCC	V	
Digital IO pin high level input voltage	V _{IH}	0.7*VCC		VCC	V	

ANEXO 2: Especificaciones técnicas del sensor BMP280

BMP280 Sensor: Pinout, Specification, Datasheet [Video]

Author: Iggy Date: 26 Feb 2021 77



BMP280 is a Barometric Pressure Sensor.

BMP280 is a high-precision sensor module that measures atmospheric pressure and air temperature. Not only that, it can also measure the humidity of the air. This six-pin module supports both the interfaces SPI and I2C. It uses barometric pressure sensors of the BMP280. These sensors are pre-calibrated, unlike other sensors. They therefore start measuring temperature, pressure and humidity immediately after power-up. No additional components are required for calibration or operation.

This blog provides you with a basic overview of the **BMP280 Sensor**, including its pin descriptions, functions and specifications, equivalent products, etc., to help you quickly understand what BMP280 is.

We will be glad to find that this blog can be useful for people loving electronic components :)

Catalog

[BMP280 Module Pinout](#)

[BMP280 Module Feature](#)

[BMP280 Module Specifications](#)

[BMP280 Module Advantage](#)

[Where to use BMP280](#)

[How to use BMP280](#)

[BMP280 Module Circuit Diagram](#)

[BMP280 Module Application](#)

[BMP280 Module I2C Configuration](#)

[Component Datasheet](#)

[FAQ](#)

BMP280 Module Pinout



Pin No.	Pin Name	Pin Description
1	VCC	This is the power pin. Connect 3.3V DC supply at this pin.
2	GND	Ground pin
3	SCL	This is the serial clock pin for the I2C interface.
4	SDA	This is the serial data pin for the I2C interface.

5	CSB	The chip select pin selects the I2C or SPI interface. It selects the SPI interface when provided with low signal or grounded. On applying a HIGH signal of 3.3V, this pin will select the I2C interface.
6	SDO	It is the serial data output pin that sends out the output value.

BMP280 Module Feature

- The **BMP280 module** comes with the BMP280 sensor, a temperature sensor, a barometric pressure sensor that is the next generation upgrade to the BMP085/BMP180/BMP183 sensor.
 - This sensor is great for all kinds of weather sensing and can even be used in both I2C and SPI applications.
 - This precision sensor is the best low cost, precision sensing solution for measuring barometric pressure with ± 1 hPa absolute accuracy and temperature with $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ accuracy. Because pressure changes with altitude and pressure measurements are so good, it can also be used as an altimeter with ± 1 meter accuracy.
 - Pin pitch: 2.54mm
 - Module size: 11.5mm*15mm
-

BMP280 Module Specifications

- Chip: BMP280
 - Power supply: 3V/3.3V DC
 - Peak current: 1.12mA
 - Air pressure range : 300-1100hPa (equi. to +9000...-500m above sea level)
 - Temperature range: -40 ... +85 °C
 - Digital interfaces: I²C (up to 3.4 MHz) and SPI (3 and 4 wire, up to 10 MHz)
 - Current consumption of sensor BMP280: 2.7 μA @ 1 Hz sampling rate
-

BMP280 Module Advantage



BMP280 Barometer Sensor

The **BMP280 Barometer Sensor** is a high-precision and low-power digital barometer for Bosch BMP280. It can be used to measure temperature and atmospheric pressure precisely. It can be connected to an I2C microcontroller.

Where to use BMP280

As already mentioned in the features section, this module consists of both IC and SPI. Due to this feature, you can interface or connect this sensor with Arduino and any other microcontroller using either I2C or SPI interface. It is used in weather sensing applications. This low-cost sensor provides precise values of barometric pressure and temperature with ± 1 hPa and $\pm 1.0^\circ\text{C}$ accuracy. As it can measure pressure which changes with altitude, therefore, it can also measure altitude. You can use the BMP280 module as an altimeter also which gives readings with an accuracy of ± 1 meter.

How to use BMP280

Connect the power supply pins Vcc and GND to 3.3 volts and ground of a circuit. Now, you need to select the digital interface. For I²C, connect chip select pin (CSB) to Vcc otherwise connect it to the ground or leave it unconnected. Set the I²C address. If you want to set 0x77 address, connect the SDO pin to Vcc. To set 0x76 address, leave the pin unconnected. This module does not contain any onboard voltage regulator or a level shifter. Therefore, for connecting it to devices whose operating voltage is 5V or any voltage other than 3.3V, you need a level shifter and voltage regulator.

BMP280 Module Circuit Diagram

A circuit diagram of the GY-BMP280-3.3 pressure sensor module can be seen below.

To change the I²C address to 0x77, connect pin 6 of the module (SDO) to Vcc which would typically be the 3.3V supply.

Pin 5 of the module (CSB) must be connected to Vcc to select the I²C interface. This is already done by an on-board pull-up resistor, so pin 5 can be left disconnected when using the I²C interface.

That's all for our introduction to the **BMP280 Barometric Pressure Sensor**. If you find this blog useful, please bookmark our website Apogeeweb, we will provide you with electronic component blogs, industry news, tools, etc. that you are interested in. Stay tuned for our next blog...

Component Datasheet

BMP280 Datasheet

FAQ

- **What is BMP280?**

The **BMP280** is an absolute **barometric pressure sensor**, which is especially feasible for mobile applications. Its small dimensions and its low power consumption allow for the implementation in battery-powered devices such as mobile phones, GPS modules or watches.

- **How do I Connect My BMP280 to Arduino?**

1. Connect Vin to the power supply, 3V or 5V is fine. ...
2. Connect GND to common power/data ground.
3. Connect the SCK pin to Digital #13 but any pin can be used later.
4. Connect the SDO pin to Digital #12 but any pin can be used later.
5. Connect the SDI pin to Digital #11 but any pin can be used later.

- **How Does a Barometric Sensor Work? How Do I Connect My BMP180 to Arduino?**

Aneroid barometer consists of an aneroid cell inside. The aneroid cell expands/contracts when there are small changes to atmospheric pressure. This movement from the aneroid cell causes mechanical levers to amplify, resulting in display pointers to trigger and register as readings on the front display.

ANEXO 3: Especificaciones técnicas del sensor MAX30102

Click [here](#) for production status of specific part numbers.

MAX30102

High-Sensitivity Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor for Wearable Health

General Description

The MAX30102 is an integrated pulse oximetry and heart-rate monitor module. It includes internal LEDs, photodetectors, optical elements, and low-noise electronics with ambient light rejection. The MAX30102 provides a complete system solution to ease the design-in process for mobile and wearable devices.

The MAX30102 operates on a single 1.8V power supply and a separate 3.3V power supply for the internal LEDs. Communication is through a standard I²C-compatible interface. The module can be shut down through software with zero standby current, allowing the power rails to remain powered at all times.

Applications

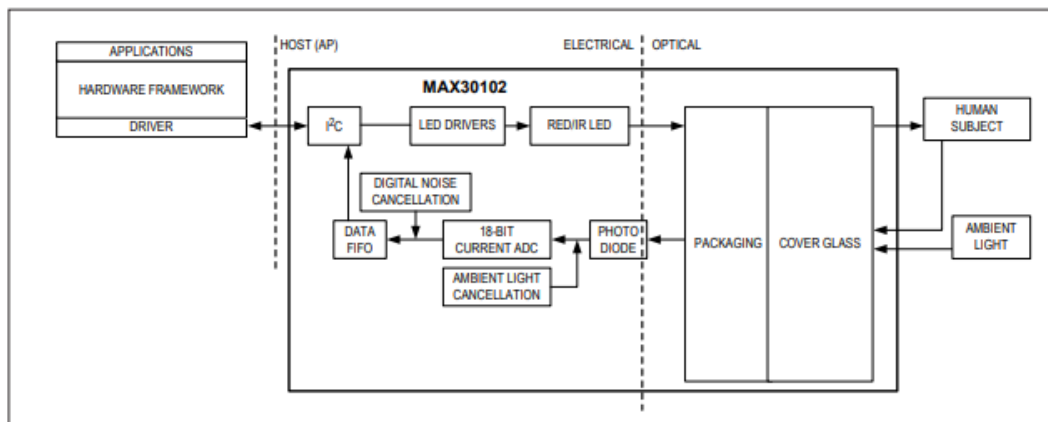
- Wearable Devices
- Fitness Assistant Devices
- Smartphones
- Tablets

Benefits and Features

- Heart-Rate Monitor and Pulse Oximeter Sensor in LED Reflective Solution
- Tiny 5.6mm x 3.3mm x 1.55mm 14-Pin Optical Module
 - Integrated Cover Glass for Optimal, Robust Performance
- Ultra-Low Power Operation for Mobile Devices
 - Programmable Sample Rate and LED Current for Power Savings
 - Low-Power Heart-Rate Monitor (< 1mW)
 - Ultra-Low Shutdown Current (0.7μA, typ)
- Fast Data Output Capability
 - High Sample Rates
- Robust Motion Artifact Resilience
 - High SNR
- -40°C to +85°C Operating Temperature Range

Ordering Information appears at end of data sheet.

System Diagram



10.7740 Rev 1: 10/18



Absolute Maximum Ratings

V _{DD} to GND	-0.3V to +2.2V	Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)	
GND to PGND	-0.3V to +0.3V	OESIP (derate 5.5mW/°C above +70°C)	440mW
V _{LED+} to PGND	-0.3V to +6.0V	Operating Temperature Range	-40°C to +85°C
All Other Pins to GND	-0.3V to +6.0V	Junction Temperature	+90°C
Output Short-Circuit Current Duration	Continuous	Soldering Temperature (reflow)	+260°C
Continuous Input Current into Any Terminal	±20mA	Storage Temperature Range	-40°C to +105°C
ESD, Human Body Model (HBM)	±2.5kV		
Latchup Immunity	±250mA		

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

Package Information

PACKAGE TYPE: 14 OESIP	
Package Code	F143A5MK+1
Outline Number	21-1048
Land Pattern Number	90-0602
THERMAL RESISTANCE, FOUR-LAYER BOARD	
Junction to Ambient (θ _{JA})	180°C/W
Junction to Case (θ _{JC})	150°C/W

Package thermal resistances were obtained using the method described in JEDEC specification JESD51-7, using a four-layer board. For detailed information on package thermal considerations, refer to www.maximintegrated.com/thermal-tutorial.

For the latest package outline information and land patterns (footprints), go to www.maximintegrated.com/packages. Note that a "+", "#", or "-" in the package code indicates RoHS status only. Package drawings may show a different suffix character, but the drawing pertains to the package regardless of RoHS status.

Electrical Characteristics

(V_{DD} = 1.8V, V_{LED+} = 5.0V, T_A = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
POWER SUPPLY						
Power-Supply Voltage	V _{DD}	Guaranteed by RED and IR count tolerance	1.7	1.8	2.0	V
LED Supply Voltage V _{LED+} to PGND	V _{LED+}	Guaranteed by PSRR of LED driver	3.1	3.3	5.0	V
Supply Current	I _{DD}	SpO ₂ and HR mode, PW = 215μs, 50sps		600	1200	μA
		IR only mode, PW = 215μs, 50sps		600	1200	
Supply Current in Shutdown	I _{SHDN}	T _A = +25°C, MODE = 0x80		0.7	10	μA

Electrical Characteristics (continued)

(V_{DD} = 1.8V, V_{LED+} = 5.0V, T_A = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C) (Note 1)

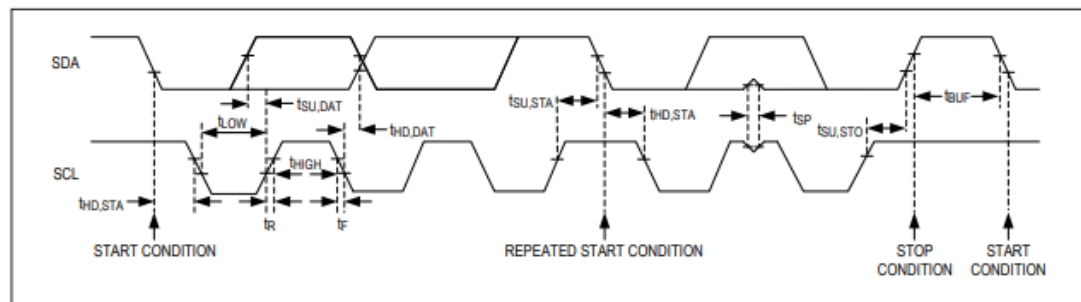
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
PULSE OXIMETRY/HEART-RATE SENSOR CHARACTERISTICS						
ADC Resolution				18		bits
Red ADC Count (Note 2)	REDC	LED1_PA = 0x0C, LED_PW = 0x01, SPO2_SR = 0x05, ADC_RGE = 0x00		65536		Counts
IR ADC Count (Note 2)	IRC	LED2_PA = 0x0C, LED_PW = 0x01, SPO2_SR = 0x05 ADC_RGE = 0x00		65536		Counts
Dark Current Count	LED_DCC	LED1_PA = LED2_PA = 0x00, LED_PW = 0x03, SPO2_SR = 0x01 ADC_RGE = 0x02		30	128	Counts
				0.01	0.05	% of FS
DC Ambient Light Rejection	ALR	ADC counts with finger on sensor under direct sunlight (100K lux), ADC_RGE = 0x3, LED_PW = 0x03, SPO2_SR = 0x01	Red LED	2		Counts
			IR LED	2		Counts
ADC Count—PSRR (V _{DD})	PSRR _{VDD}	1.7V < V _{DD} < 2.0V, LED_PW = 0x01, SPO2_SR = 0x05 Frequency = DC to 100kHz, 100mV _{p-p}		0.25	1	% of FS
					10	LSB
ADC Count—PSRR (LED Driver Outputs)	PSRR _{LED}	3.1V < V _{LED+} , < 5.0V, LED1_PA = LED2_PA = 0x0C, LED_PW = 0x01, SPO2_SR = 0x05 Frequency = DC to 100kHz, 100mV _{p-p}		0.05	1	% of FS
					10	LSB
ADC Clock Frequency	CLK		10.32	10.48	10.64	MHz
ADC Integration Time	INT	LED_PW = 0x00		69		μs
		LED_PW = 0x01		118		
		LED_PW = 0x02		215		
		LED_PW = 0x03		411		
Slot Timing (Timing Between Sequential Channel Samples; e.g., Red Pulse Rising Edge To IR Pulse Rising Edge)	INT	LED_PW = 0x00		427.1		μs
		LED_PW = 0x01		524.7		
		LED_PW = 0x02		720.0		
		LED_PW = 0x03		1106.6		
COVER GLASS CHARACTERISTICS (Note 3)						
Hydrolytic Resistance Class		Per DIN ISO 719		HGB 1		

Electrical Characteristics (continued)(V_{DD} = 1.8V, V_{LED+} = 5.0V, T_A = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
IR LED CHARACTERISTICS (Note 3)						
LED Peak Wavelength	λ_p	I _{LED} = 20mA, T _A = +25°C	870	880	900	nm
Full Width at Half Max	$\Delta\lambda$	I _{LED} = 20mA, T _A = +25°C		30		nm
Forward Voltage	V _F	I _{LED} = 20mA, T _A = +25°C		1.4		V
Radiant Power	P _O	I _{LED} = 20mA, T _A = +25°C		6.5		mW
RED LED CHARACTERISTICS (Note 3)						
LED Peak Wavelength	λ_p	I _{LED} = 20mA, T _A = +25°C	650	660	670	nm
Full Width at Half Max	$\Delta\lambda$	I _{LED} = 20mA, T _A = +25°C		20		nm
Forward Voltage	V _F	I _{LED} = 20mA, T _A = +25°C		2.1		V
Radiant Power	P _O	I _{LED} = 20mA, T _A = +25°C		9.8		mW
PHOTODETECTOR CHARACTERISTICS (Note 3)						
Spectral Range of Sensitivity	λ (QE > 50%)	QE: Quantum Efficiency	600		900	nm
Radiant Sensitive Area	A			1.36		mm ²
Dimensions of Radiant Sensitive Area	L x W			1.38 x 0.98		mm x mm
INTERNAL DIE TEMPERATURE SENSOR						
Temperature ADC Acquisition Time	T _T	T _A = +25°C		29		ms
Temperature Sensor Accuracy	T _A	T _A = +25°C		±1		°C
Temperature Sensor Minimum Range	T _{MIN}			-40		°C
Temperature Sensor Maximum Range	T _{MAX}			85		°C
DIGITAL INPUT CHARACTERISTICS: SCL, SDA						
Input High Voltage	V _{IH}	V _{DD} = 2V	0.7 x V _{DD}			V
Input Low Voltage	V _{IL}	V _{DD} = 2V			0.3 x V _{DD}	V
Hysteresis Voltage	V _H			0.2		V
Input Leakage Current	I _{IN}	V _{IN} = GND or V _{DD} (STATIC)		±0.05	±1	µA
DIGITAL OUTPUT CHARACTERISTICS: SDA, INT						
Output Low Voltage	V _{OL}	I _{SINK} = 6mA			0.2	V

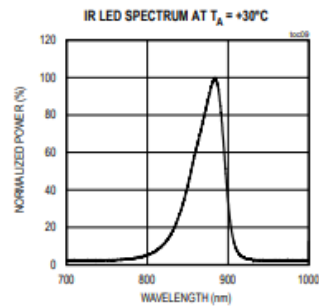
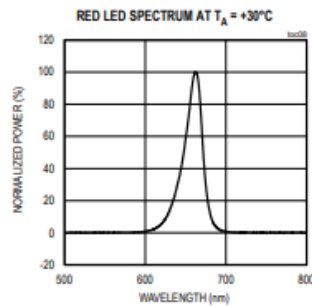
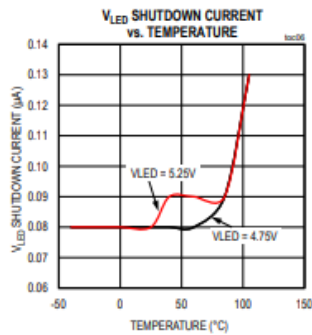
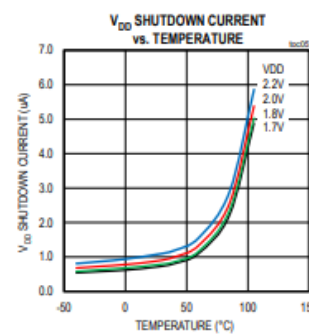
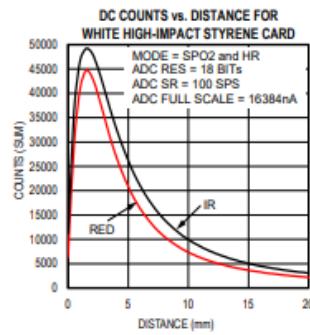
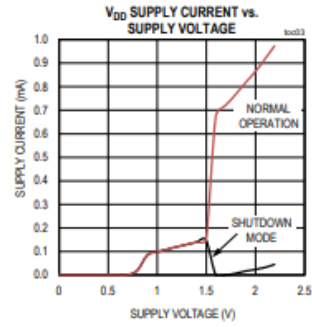
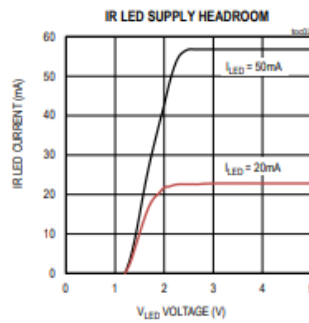
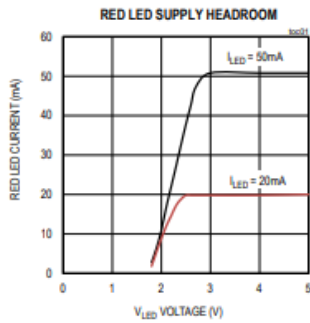
Electrical Characteristics (continued)(V_{DD} = 1.8V, V_{LED+} = 5.0V, T_A = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
I²C TIMING CHARACTERISTICS (SDA, SDA, INT) (Note 3)						
I ² C Write Address				AE		Hex
I ² C Read Address				AF		Hex
Serial Clock Frequency	f _{SCL}		0		400	kHz
Bus Free Time Between STOP and START Conditions	t _{BUF}		1.3			μs
Hold Time (Repeated) START Condition	t _{HD,STA}		0.6			μs
SCL Pulse-Width Low	t _{LOW}		1.3			μs
SCL Pulse-Width High	t _{HIGH}		0.6			μs
Setup Time for a Repeated START Condition	t _{SU,STA}		0.6			μs
Data Hold Time	t _{HD,DAT}		0		900	ns
Data Setup Time	t _{SU,DAT}		100			ns
Setup Time for STOP Condition	t _{SU,STO}		0.6			μs
Pulse Width of Suppressed Spike	t _{SP}		0		50	ns
Bus Capacitance	C _B				400	pF
SDA and SCL Receiving Rise Time	t _R		20 + 0.1C _B		300	ns
SDA and SCL Receiving Fall Time	t _{RF}		20 + 0.1C _B		300	ns
SDA Transmitting Fall Time	t _{TF}				300	ns

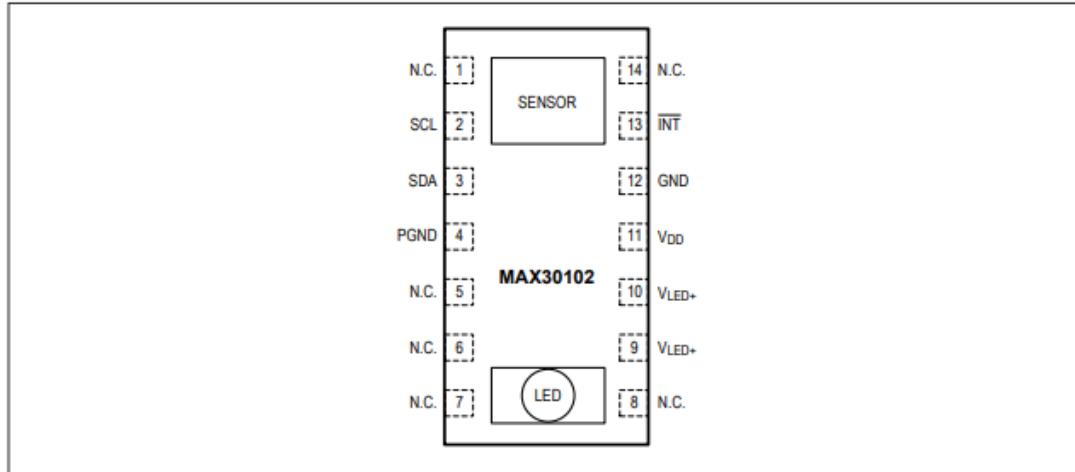
Note 1: All devices are 100% production tested at T_A = +25°C. Specifications over temperature limits are guaranteed by Maxim Integrated's bench or proprietary automated test equipment (ATE) characterization.**Note 2:** Specifications are guaranteed by Maxim Integrated's bench characterization and by 100% production test using proprietary ATE setup and conditions.**Note 3:** Guaranteed by design and characterization. Not tested in final production.Figure 1. I²C-Compatible Interface Timing Diagram

Typical Operating Characteristics

($V_{DD} = 1.8V$, $V_{LED+} = 5.0V$, $T_A = +25^{\circ}C$, \overline{RST} , unless otherwise noted.)



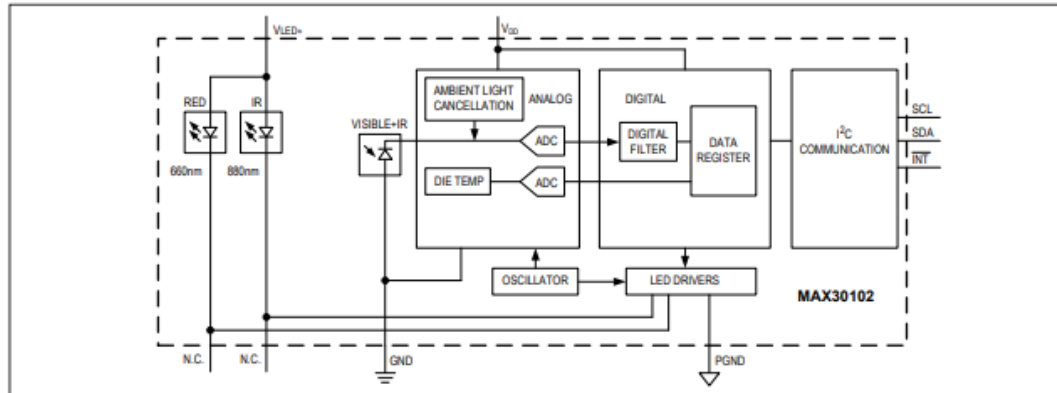
Pin Configuration



Pin Description

PIN	NAME	FUNCTION
1, 5, 6, 7, 8, 14	N.C.	No Connection. Connect to PCB pad for mechanical stability.
2	SCL	I ² C Clock Input
3	SDA	I ² C Data, Bidirectional (Open-Drain)
4	PGND	Power Ground of the LED Driver Blocks
9	V _{LED+}	LED Power Supply (anode connection). Use a bypass capacitor to PGND for best performance.
10	V _{LED+}	
11	V _{DD}	Analog Power Supply Input. Use a bypass capacitor to GND for best performance.
12	GND	Analog Ground
13	$\overline{\text{INT}}$	Active-Low Interrupt (Open-Drain). Connect to an external voltage with a pullup resistor.

Functional Diagram



Detailed Description

The MAX30102 is a complete pulse oximetry and heart-rate sensor system solution module designed for the demanding requirements of wearable devices. The device maintains a very small solution size without sacrificing optical or electrical performance. Minimal external hardware components are required for integration into a wearable system.

The MAX30102 is fully adjustable through software registers, and the digital output data can be stored in a 32-deep FIFO within the IC. The FIFO allows the MAX30102 to be connected to a microcontroller or processor on a shared bus, where the data is not being read continuously from the MAX30102's registers.

SpO₂ Subsystem

The SpO₂ subsystem of the MAX30102 contains ambient light cancellation (ALC), a continuous-time sigma-delta ADC, and a proprietary discrete time filter. The ALC has an internal Track/Hold circuit to cancel ambient light and increase the effective dynamic range. The SpO₂ ADC has programmable full-scale ranges from 2μA to 16μA. The ALC can cancel up to 200μA of ambient current.

The internal ADC is a continuous time oversampling sigma-delta converter with 18-bit resolution. The ADC

sampling rate is 10.24MHz. The ADC output data rate can be programmed from 50sps (samples per second) to 3200sps.

Temperature Sensor

The MAX30102 has an on-chip temperature sensor for calibrating the temperature dependence of the SpO₂ subsystem. The temperature sensor has an inherent resolution of 0.0625°C.

The device output data is relatively insensitive to the wavelength of the IR LED, where the Red LED's wavelength is critical to correct interpretation of the data. An SpO₂ algorithm used with the MAX30102 output signal can compensate for the associated SpO₂ error with ambient temperature changes.

LED Driver

The MAX30102 integrates Red and IR LED drivers to modulate LED pulses for SpO₂ and HR measurements. The LED current can be programmed from 0 to 50mA with proper supply voltage. The LED pulse width can be programmed from 69μs to 411μs to allow the algorithm to optimize SpO₂ and HR accuracy and power consumption based on use cases.

ANEXO 4: Especificaciones técnicas del sensor MLX90614



MLX90614 family

Single and Dual Zone
Infra Red Thermometer in TO-39

Features and Benefits

- Small size, low cost
- Easy to integrate
- Factory calibrated in wide temperature range:
 - 40 to 125 °C for sensor temperature and
 - 70 to 380 °C for object temperature.
- High accuracy of 0.5°C over wide temperature range (0..+50°C for both Ta and To)
- High (medical) accuracy calibration optional
- Measurement resolution of 0.02°C
- Single and dual zone versions
- SMBus compatible digital interface
- Customizable PWM output for continuous reading
- Available in 3V and 5V versions
- Simple adaptation for 8 to 16V applications
- Power saving mode
- Different package options for applications and measurements versatility
- Automotive grade

Applications Examples

- High precision non-contact temperature measurements;
- Thermal Comfort sensor for Mobile Air Conditioning control system;
- Temperature sensing element for residential, commercial and industrial building air conditioning;
- Windshield defogging;
- Automotive blind angle detection;
- Industrial temperature control of moving parts;
- Temperature control in printers and copiers;
- Home appliances with temperature control;
- Healthcare;
- Livestock monitoring;
- Movement detection;
- Multiple zone temperature control – up to 100 sensors can be read via common 2 wires
- Thermal relay/alert
- Body temperature measurement

Ordering Information



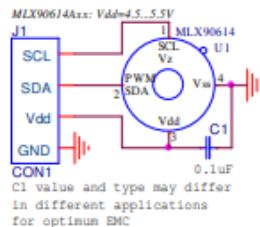
Part No. MLX90614 X X X
(1) (2) (3)

(1) Supply Voltage:
A - 5V power
(adaptable for 12V)
B - 3V power

(2) Number of thermopiles:
A – single zone
B – dual zone

(3) Package type:
A – Filter inside
B – Filter outside

1 Functional diagram



MLX90614 connection to SMBus

Figure 1 Typical application schematics

2 General Description

The MLX90614 is an Infra Red thermometer for non contact temperature measurements. Both the IR sensitive thermopile detector chip and the signal conditioning ASSP are integrated in the same TO-39 can.

Thanks to its low noise amplifier, 17-bit ADC and powerful DSP unit, a high accuracy and resolution of the thermometer is achieved.

The thermometer comes factory calibrated with a digital PWM and SMBus output.

As a standard, the 10-bit PWM is configured to continuously transmit the measured temperature in range of -20 to 120 °C, with an output resolution of 0.14 °C. The POR default is SMBus interface

General description (continued)

The MLX90614 is built from 2 chips developed and manufactured by Melexis:

The Infra Red thermopile detector MLX81101.

The signal conditioning ASSP MLX90302, specially designed to process the output of IR sensor.

The device is available in an industry standard TO-39 package.

Thanks to the low noise amplifier, high resolution 17-bit ADC and powerful DSP unit of MLX90302 high accuracy and resolution of the thermometer is achieved. The calculated object and ambient temperatures are available in RAM of MLX90302 with resolution of 0.01 °C. They are accessible by 2 wire serial SMBus compatible protocol (0.02 °C resolution) or via 10-bit PWM (Pulse Width Modulated) output of the device.

The MLX90614 is factory calibrated in wide temperature ranges: -40 to 125 °C for the ambient temperature and -70 to 382.2 °C for the object temperature. The 10-bit PWM is as a standard configured to transmit continuously the measured object temperature for an object temperature range of -20 to 120 °C with an output resolution of 0.14 °C. The PWM can be easily customized for virtually any range desired by customer by changing the content of 2 EEPROM cells. This has no effect on the factory calibration of the device.

The PWM pin can also be configured to act as a thermal relay (input is T_o), thus allowing for an easy and cost effective implementation in thermostats or temperature (freezing/boiling) alert applications. The temperature threshold is user programmable. In an SMBus system this feature can act as a processor interrupt that can trigger reading all slaves on the bus and to determine the precise condition.

As a standard, the MLX90614 is calibrated for an object emissivity of 1. It can be easily customized by the customer for any other emissivity in the range 0.1-1.0 without the need of recalibration with a black body.

The thermometer is available in 2 supply voltage options: 5V compatible or 3V (battery) compatible. The 5V can be easily adopted to operate from a higher supply voltage (8-16V, for example) by use of few external components (refer to "Applications information" section for details).

An optical filter (long-wave pass) that cuts off the visible and near infra-red radiant flux is integrated in the package to provide sunlight immunity.

6 Electrical Specifications

6.1 MLX90614Axx

All parameters are preliminary for $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$, $V_{DD} = 5\text{V}$ (unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
Supplies						
External supply	V_{DD}		4.5	5	5.5	V
Supply current	I_{DD}	No load			1	mA
Supply current (programming)	I_{DDpr}	No load, erase/write EEPROM operations			1.5	mA
Zener voltage	V_Z	$I_Z = 75 \dots 400\text{ }\mu\text{A}$	5.6	5.75	5.8	V
Zener voltage	$V_Z(T_A)$	$I_Z = 70 \dots 400\text{ }\mu\text{A}$, full temperature range	5.15	5.75	6.24	V
Power On Reset						
POR level	V_{POR}	Power-up, power-down and brown-out	2.7	3.0	3.3	V
V_{DD} rise time	T_{POR}	Ensure POR signal			3	ms
Output valid (result in RAM)	T_{valid}	After POR		0.15		s
Pulse width modulation¹						
PWM resolution	PWM_{res}	Data band		10		bit
PWM output period	$PWM_{T,def}$	Factory default, internal oscillator factory calibrated		1.024		ms
PWM period stability	$dPWM_T$	Internal oscillator factory calibrated, over the entire operation range and supply voltage	-4		+4	%
Output high Level	PWM_{HI}	$I_{source} = 2\text{ mA}$	$V_{DD}-0.2$			V
Output low Level	PWM_{LO}	$I_{sink} = 2\text{ mA}$			$V_{SS}+0.2$	V
Output drive current	$I_{drive_{PWM}}$	$V_{out,H} = V_{DD} - 0.8\text{V}$		20		mA
Output sink current	$I_{sink_{PWM}}$	$V_{out,L} = 0.8\text{V}$		20		mA
Output settling time	T_{set}	100 pF capacitive load, full operating T_A range		500	TBD	ns
Output settling time	T_{setRC}	220 Ohm in series with 47nF load on the wire, full T_A operating range	20		50	us

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
SMBus compatible 2-wire interface²						
Input high voltage	V_{IH}		1.8	2	2.2	V
Input high voltage	$V_{IH}(Ta, V)$	Over temperature and supply	1.6		2.4	V
Input low voltage	V_{IL}		0.7	1.0	1.3	V
Input low voltage	$V_{IL}(Ta, V)$	Over temperature and supply	0.5		1.5	V
Output low voltage	V_{OL}	SDA pin in open drain mode, over temperature and supply, $I_{sink} = 2mA$			0.2	V
SCL leakage	$I_{SCL,leak}$	$V_{SCL}=4V, Ta=+85^{\circ}C$			30	μA
SDA leakage	$I_{SDA,leak}$	$V_{SDA}=4V, Ta=+85^{\circ}C$			0.3	μA
SCL capacitance	C_{SCL}				10	pF
SDA capacitance	C_{SDA}				10	pF
Slave address	SA	Factory default		5Ah		hex
SMBus Request	t_{REQ}	SCL low	1.024			ms
Timeout, low	$T_{timeout,L}$	SCL low			30	ms
Timeout, high	$T_{timeout,H}$	SCL high			50	us
Acknowledge setup time	$T_{suac}(MD)$	8-th SCL falling edge, Master	0.5		1.5	us
Acknowledge hold time	$T_{hdac}(MD)$	9-th SCL falling edge, Master	1.5		2.5	us
Acknowledge setup time	$T_{suac}(SD)$	8-th SCL falling edge, Slave	2.5			us
Acknowledge hold time	$T_{hdac}(SD)$	9-th SCL falling edge, Slave	1.5			us
EEPROM						
Data retention		$Ta = +85^{\circ}C$	10			years
Erase/write cycles		$Ta = +25^{\circ}C$	100,000			Times
Erase/write cycles		$Ta = +125^{\circ}C$	10,000			Times
Erase cell time	T_{erase}			5		ms
Write cell time	T_{write}			5		ms

Notes: All the communication and refresh rate timings are given for the nominal calibrated HFO frequency and will vary with this frequency's variations.

1. All PWM timing specifications are given for single PWM output (factory default for MLX90614xAx). For the extended PWM output (factory default for the MLX90614xBx) each period has twice the timing specifications (refer to the PWM detailed description section). With large capacitive load lower PWM frequency is recommended. Thermal relay output (when configured) has the PWM DC specification and can be programmed as push-pull, or NMOS open drain. PWM is free-running, power-up factory default is SMBus, refer to 7.6, "Switching between PWM and SMBus communication" for details..

2. For SMBus compatible interface on 12V application refer to Application information section. SMBus compatible interface is described in details in the SMBus detailed description section. Maximum number of MLX90614xxx devices on one bus is 127, higher pullup currents are recommended for higher number of devices, faster bus data transfer rates, and increased reactive loading of the bus.

MLX90614xxx is always a slave device on the bus. MLX90614xxx can work in both low-power and high-power SMBus communication.

All voltage are with respect to the Vss (ground) unless otherwise noted.

Power saving mode is not available on the 5V version (MLX90614Axx).

7 Detailed description

7.1 Block diagram

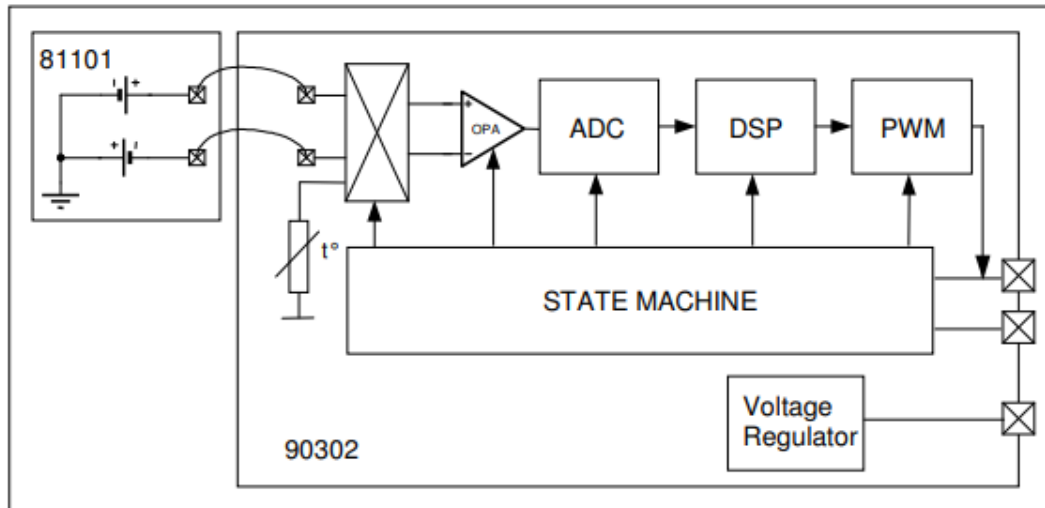


Figure 3: block diagram

7.2 Signal processing principle

The operation of the MLX90614 is controlled by an internal state machine, which controls the measurements and calculations of the object and ambient temperatures and does the post-processing of the temperatures to output them through the PWM output or the SMBus compatible interface.

The ASSP supports 2 IR sensors (second one not implemented in the MLX90614xAx). The output of the IR sensors is amplified by a low noise low offset chopper amplifier with programmable gain, converted by a Sigma Delta modulator to a single bit stream and fed to a powerful DSP for further processing. The signal is treated by programmable (by means of EEPROM content) FIR and IIR low pass filters for further reduction of the band width of the input signal to achieve the desired noise performance and refresh rate. The output of the IIR filter is the measurement result and is available in the internal RAM. 3 different cells are available:

One for the on-board temperature sensor (on chip PTAT or PTC) and 2 for the IR sensors.

Based on results of the above measurements, the corresponding ambient temperature T_a and object temperatures T_o are calculated. Both calculated temperatures have a resolution of 0.01 °C. The data for T_a and T_o can be read in two ways: Reading RAM cells dedicated for this purpose via the 2-wire interface (0.02°C resolution, fixed ranges), or through the PWM digital output (10 bit resolution, configurable range). In the last step of the measurement cycle, the measured T_a and T_o are rescaled to the desired output resolution of the PWM) and the recalculated data is loaded in the registers of the PWM state machine, which creates a constant frequency with a duty cycle representing the measured data.

5 Pin definitions and descriptions

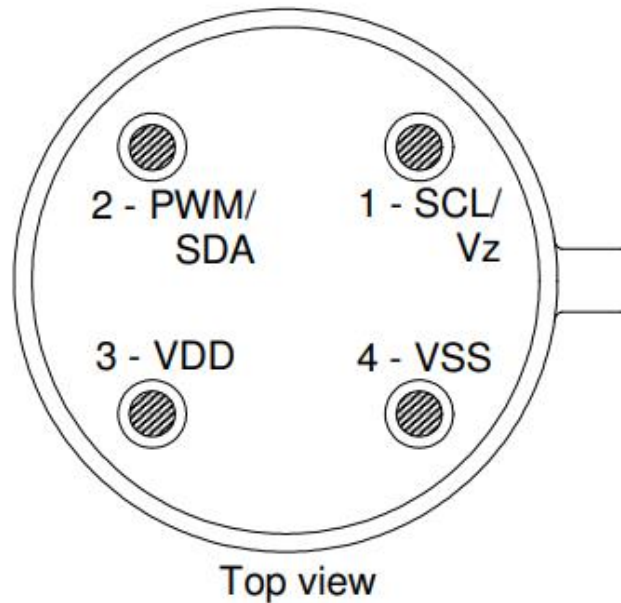


Figure 2: Pin description

Pin Name	Function
VSS	Ground. The metal can is also connected to this pin.
SCL / Vz	Serial clock input for 2 wire communications protocol. 5.7V zener is available at this pin for connection of external bipolar transistor to MLX90614A to supply the device from external 8 -16V source.
PWM / SDA	Digital input / output. In normal mode the measured object temperature is available at this pin Pulse Width Modulated.
VDD	External supply voltage.

Table 2: Pin description MLX90614

*Note: for +12V (+8...+16V) powered operation refer to the Application information section. For EMC and isothermal conditions reasons it is highly recommended not to use any electrical connection to the metal can except by the Vss pin.
With the SCL/Vz and PWM/SDA pins operated in 2-wire interface mode, the input Schmidt trigger function is automatically enabled.*

ANEXO 5: Especificaciones técnicas de la Nano Estación locoM5



NanoStation™*M* NanoStation™ loco*M*

Indoor/Outdoor airMAX® CPE

Models: NSM2, NSM3, NSM365, NSM5, locoM2, locoM5, locoM9

Cost-Effective, High-Performance

Compact and Versatile Design

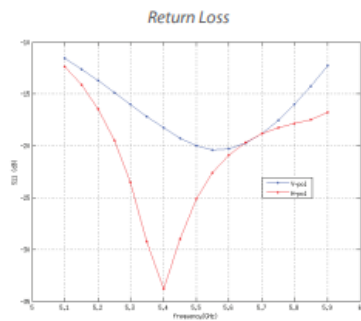
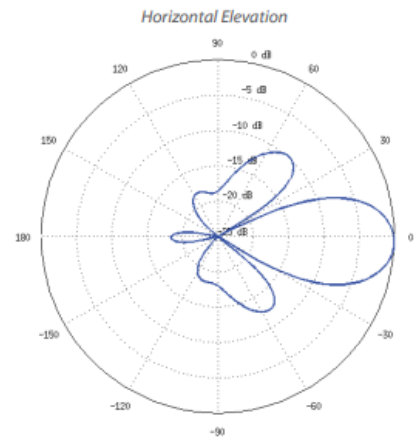
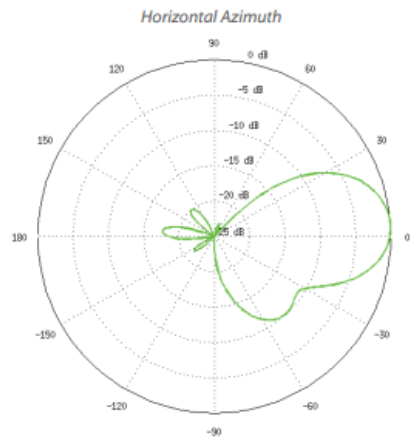
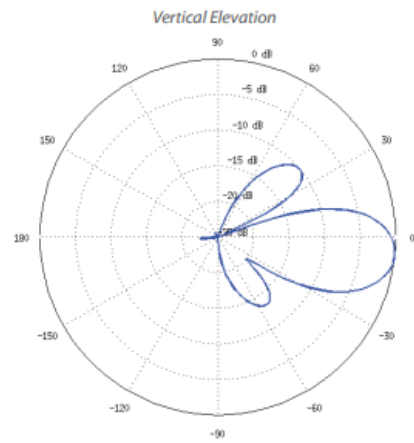
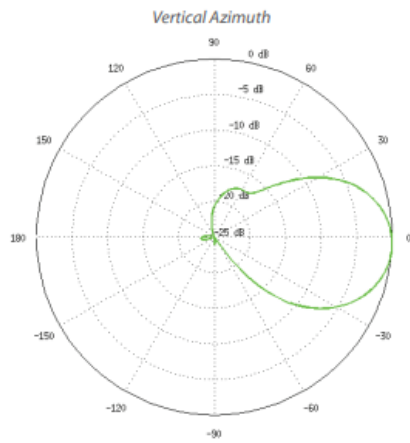
Powerful Integrated Antenna



Specifications

locoM5			
Dimensions	161 x 31 x 80 mm (6.31 x 1.22 x 3.15")		
Weight	180 g (6.35 oz)		
Power Supply (PoE)	24V, 0.5A		
Max. Power Consumption	5.5W		
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)		
Operating Frequency	Worldwide	USA	USA DFS
	5170-5875 MHz	5725-5850 MHz	5250-5850 MHz
Gain	13 dBi		
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port		
Processor Specs	Atheros MIPS 74Kc, 560 MHz		
Memory	64 MB DDR2, 8 MB Flash		
Frequency	5 GHz		
Cross-pol Isolation	20 dB Minimum		
Max. VSWR	1.4:1		
Beamwidth	45° (H-pol) / 45° (V-pol) / 45° (Elevation)		
Polarization	Dual Linear		
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic		
Mounting	Pole-Mount (Kit Included)		
Operating Temperature	-30 to 75° C (-22 to 167° F)		
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing		
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE		
RoHS Compliance	Yes		
Shock & Vibration	ETSI300-019-1.4		

Output Power: 23 dBm							
5 GHz TX Power Specifications				5 GHz RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate/MCS	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate/MCS	Sensitivity	Tolerance
11a	6-24 Mbps	23 dBm	± 2 dB	11a	6-24 Mbps	-83 dBm	± 2 dB
	36 Mbps	21 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	19 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	18 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
11n/airMAX	MCS0	23 dBm	± 2 dB	11n/airMAX	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	23 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	23 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	23 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	22 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	20 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	18 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	17 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	23 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	23 dBm	± 2 dB		MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	23 dBm	± 2 dB		MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	23 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	22 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	20 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	18 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
MCS15	17 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		



ANEXO 6: Especificaciones técnicas de la tarjeta ESP8266



ESP8266EX

Datasheet



Version 6.8
Espressif Systems
Copyright © 2022



www.espressif.com

Espressif's ESP8266EX delivers highly integrated Wi-Fi SoC solution to meet users' continuous demands for efficient power usage, compact design and reliable performance in the Internet of Things industry.

With the complete and self-contained Wi-Fi networking capabilities, ESP8266EX can perform either as a standalone application or as the slave to a host MCU. When ESP8266EX hosts the application, it promptly boots up from the flash. The integrated high-speed cache helps to increase the system performance and optimize the system memory. Also, ESP8266EX can be applied to any microcontroller design as a Wi-Fi adaptor through SPI/SDIO or UART interfaces.

ESP8266EX integrates antenna switches, RF balun, power amplifier, low noise receive amplifier, filters and power management modules. The compact design minimizes the PCB size and requires minimal external circuitries.

Besides the Wi-Fi functionalities, ESP8266EX also integrates an enhanced version of Tensilica's L106 Diamond series 32-bit processor and on-chip SRAM. It can be interfaced with external sensors and other devices through the GPIOs. Software Development Kit (SDK) provides sample codes for various applications.

Espressif Systems' Smart Connectivity Platform (ESCP) enables sophisticated features including:

- Fast switch between sleep and wakeup mode for energy-efficient purpose;
- Adaptive radio biasing for low-power operation
- Advance signal processing
- Spur cancellation and RF co-existence mechanisms for common cellular, Bluetooth, DDR, LVDS, LCD interference mitigation

1.1. Wi-Fi Key Features

- 802.11 b/g/n support
- 802.11 n support (2.4 GHz), up to 72.2 Mbps
- Defragmentation
- 2 x virtual Wi-Fi interface
- Automatic beacon monitoring (hardware TSF)
- Support Infrastructure BSS Station mode/SoftAP mode/Promiscuous mode

1.2. Specifications

Table 1-1. Specifications

Categories	Items	Parameters
Wi-Fi	Certification	Wi-Fi Alliance
	Protocols	802.11 b/g/n (HT20)
	Frequency Range	2.4 GHz ~ 2.5 GHz (2400 MHz ~ 2483.5 MHz)
	TX Power	802.11 b: +20 dBm
		802.11 g: +17 dBm
		802.11 n: +14 dBm
	Rx Sensitivity	802.11 b: -91 dbm (11 Mbps)
802.11 g: -75 dbm (54 Mbps)		
802.11 n: -72 dbm (MCS7)		
Antenna	PCB Trace, External, IPEX Connector, Ceramic Chip	
Hardware	CPU	Tensilica L106 32-bit processor
	Peripheral Interface	UART/SDIO/SPI/I2C/I2S/IR Remote Control
		GPIO/ADC/PWM/LED Light & Button
	Operating Voltage	2.5 V ~ 3.6 V
	Operating Current	Average value: 80 mA
	Operating Temperature Range	-40 °C ~ 125 °C
	Package Size	QFN32-pin (5 mm x 5 mm)
External Interface	-	
Software	Wi-Fi Mode	Station/SoftAP/SoftAP+Station
	Security	WPA/WPA2
	Encryption	WEP/TKIP/AES
	Firmware Upgrade	UART Download / OTA (via network)
	Software Development	Supports Cloud Server Development / Firmware and SDK for fast on-chip programming
	Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP
	User Configuration	AT Instruction Set, Cloud Server, Android/iOS App

Note:

The TX power can be configured based on the actual user scenarios.

2. Pin Definitions

Figure 2-1 shows the pin layout for 32-pin QFN package.

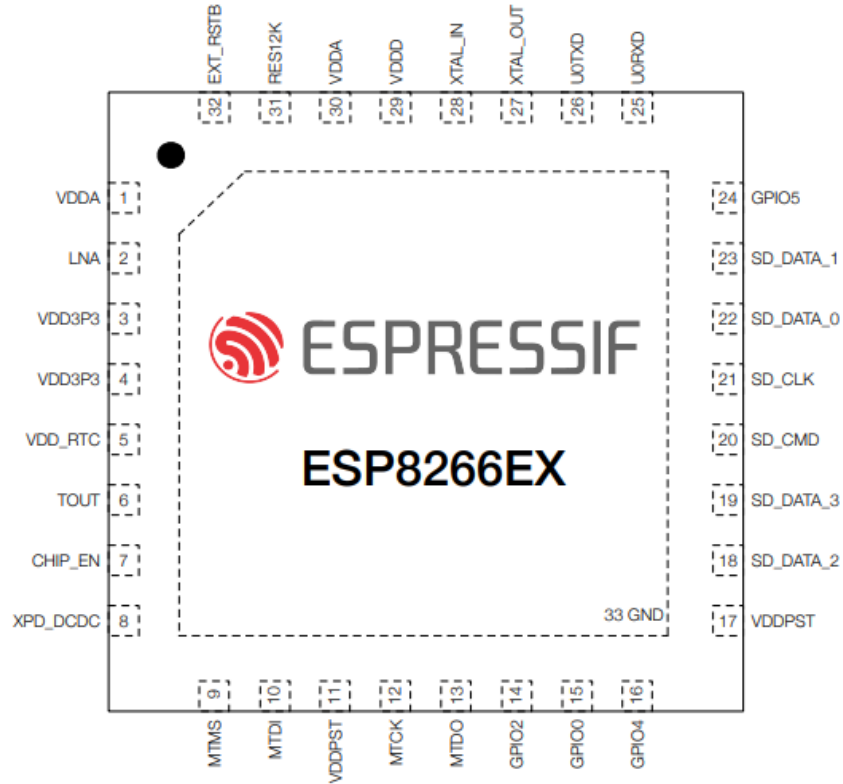


Figure 2-1. Pin Layout (Top View)

Table 2-1 lists the definitions and functions of each pin.

Table 2-1. ESP8266EX Pin Definitions

Pin	Name	Type	Function
1	VDDA	P	Analog Power 2.5 V ~ 3.6 V
2	LNA	I/O	RF antenna interface Chip output impedance = $39 + j6 \Omega$. It is suggested to retain the π -type matching network to match the antenna.
3	VDD3P3	P	Amplifier Power 2.5 V ~ 3.6 V

Pin	Name	Type	Function
4	VDD3P3	P	Amplifier Power 2.5 V ~ 3.6 V
5	VDD_RTC	P	NC (1.1 V)
6	TOUT	I	ADC pin. It can be used to test the power-supply voltage of VDD3P3 (Pin3 and Pin4) and the input power voltage of TOUT (Pin 6). However, these two functions cannot be used simultaneously.
7	CHIP_EN	I	Chip Enable High: On, chip works properly Low: Off, small current consumed
8	XPD_DCDC	I/O	Deep-sleep wakeup (need to be connected to EXT_RSTB); GPIO16
9	MTMS	I/O	GPIO 14; HSPI_CLK
10	MTDI	I/O	GPIO 12; HSPI_MISO
11	VDDPST	P	Digital/IO Power Supply (1.8 V ~ 3.6 V)
12	MTCK	I/O	GPIO 13; HSPI_MOSI; UART0_CTS
13	MTDO	I/O	GPIO 15; HSPI_CS; UART0_RTS
14	GPIO2	I/O	UART TX during flash programming; GPIO2
15	GPIO0	I/O	GPIO0; SPI_CS2
16	GPIO4	I/O	GPIO4
17	VDDPST	P	Digital/IO Power Supply (1.8 V ~ 3.6 V)
18	SDIO_DATA_2	I/O	Connect to SD_D2 (Series R: 20 Ω); SPIHD; HSPiHD; GPIO9
19	SDIO_DATA_3	I/O	Connect to SD_D3 (Series R: 200 Ω); SPIWP; HSPiWP; GPIO10
20	SDIO_CMD	I/O	Connect to SD_CMD (Series R: 200 Ω); SPI_CS0; GPIO11
21	SDIO_CLK	I/O	Connect to SD_CLK (Series R: 200 Ω); SPI_CLK; GPIO6
22	SDIO_DATA_0	I/O	Connect to SD_D0 (Series R: 200 Ω); SPI_MISO; GPIO7
23	SDIO_DATA_1	I/O	Connect to SD_D1 (Series R: 200 Ω); SPI_MOSI; GPIO8
24	GPIO5	I/O	GPIO5
25	U0RXD	I/O	UART Rx during flash programming; GPIO3
26	U0TXD	I/O	UART TX during flash programming; GPIO1; SPI_CS1
27	XTAL_OUT	I/O	Connect to crystal oscillator output, can be used to provide BT clock input
28	XTAL_IN	I/O	Connect to crystal oscillator input
29	VDDD	P	Analog Power 2.5 V ~ 3.6 V
30	VDDA	P	Analog Power 2.5 V ~ 3.6 V

3. Functional Description

The functional diagram of ESP8266EX is shown as in Figure 3-1.

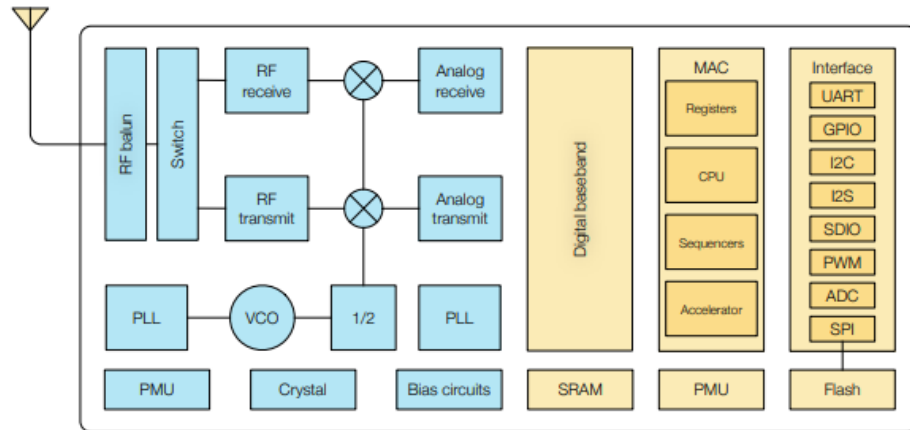


Figure 3-1. Functional Block Diagram

3.1. CPU, Memory, and Flash

3.1.1. CPU

The ESP8266EX integrates a Tensilica L106 32-bit RISC processor, which achieves extra-low power consumption and reaches a maximum clock speed of 160 MHz. The Real-Time Operating System (RTOS) and Wi-Fi stack allow 80% of the processing power to be available for user application programming and development. The CPU includes the interfaces as below:

- Programmable RAM/ROM interfaces (iBus), which can be connected with memory controller, and can also be used to visit flash.
- Data RAM interface (dBus), which can be connected with memory controller.
- AHB interface which can be used to visit the register.

3.1.2. Memory

ESP8266EX Wi-Fi SoC integrates memory controller and memory units including SRAM and ROM. MCU can access the memory units through iBus, dBus, and AHB interfaces. All memory units can be accessed upon request, while a memory arbiter will decide the running sequence according to the time when these requests are received by the processor.

3.4.1. Wi-Fi Radio and Baseband

The ESP8266EX Wi-Fi Radio and Baseband support the following features:

- 802.11 b and 802.11 g
- 802.11 n MCS0-7 in 20 MHz bandwidth
- 802.11 n 0.4 μ s guard-interval
- up to 72.2 Mbps of data rate
- Receiving STBC 2 x 1
- Up to 20.5 dBm of transmitting power
- Adjustable transmitting power

3.4.2. Wi-Fi MAC

The ESP8266EX Wi-Fi MAC applies low-level protocol functions automatically, as follows:

- 2 x virtual Wi-Fi interfaces
- Infrastructure BSS Station mode/SoftAP mode/Promiscuous mode
- Request To Send (RTS), Clear To Send (CTS) and Immediate Block ACK
- Defragmentation
- CCMP (CBC-MAC, counter mode), TKIP (MIC, RC4), WEP (RC4) and CRC
- Automatic beacon monitoring (hardware TSF)
- Dual and single antenna Bluetooth co-existence support with optional simultaneous receive (Wi-Fi/Bluetooth) capability

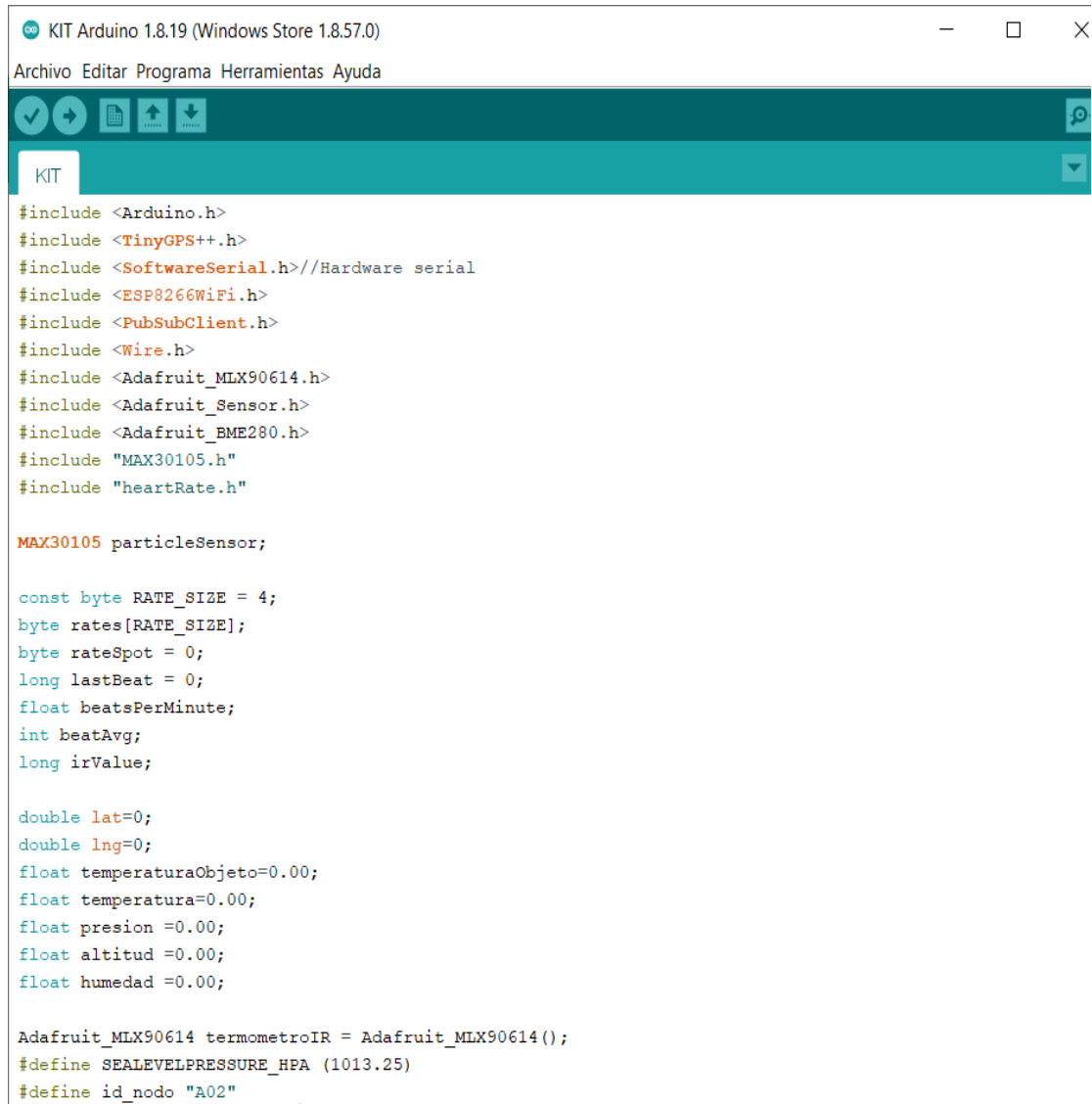
3.5. Power Management

ESP8266EX is designed with advanced power management technologies and intended for mobile devices, wearable electronics and the Internet of Things applications.

The low-power architecture operates in the following modes:

- Active mode: The chip radio is powered on. The chip can receive, transmit, or listen.
- Modem-sleep mode: The CPU is operational. The Wi-Fi and radio are disabled.
- Light-sleep mode: The CPU and all peripherals are paused. Any wake-up events (MAC, host, RTC timer, or external interrupts) will wake up the chip.
- Deep-sleep mode: Only the RTC is operational and all other part of the chip are powered off.

ANEXO 7: Código IDE Arduino



```
KIT
#include <Arduino.h>
#include <TinyGPS++.h>
#include <SoftwareSerial.h> //Hardware serial
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_MLX90614.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BME280.h>
#include "MAX30105.h"
#include "heartRate.h"

MAX30105 particleSensor;

const byte RATE_SIZE = 4;
byte rates[RATE_SIZE];
byte rateSpot = 0;
long lastBeat = 0;
float beatsPerMinute;
int beatAvg;
long irValue;

double lat=0;
double lng=0;
float temperaturaObjeto=0.00;
float temperatura=0.00;
float presion =0.00;
float altitud =0.00;
float humedad =0.00;

Adafruit_MLX90614 termometroIR = Adafruit_MLX90614();
#define SEALEVELPRESSURE_HPA (1013.25)
#define id_nodo "A02"
```



```

KIT
float humedad =0.00;

Adafruit_MLX90614 termometroIR = Adafruit_MLX90614();
#define SEALEVELPRESSURE_HPA (1013.25)
#define id_nodo "A02"
Adafruit_BME280 bme; // I2C
unsigned long delayTime;

TinyGPSPlus gps;
SoftwareSerial gpsSerial(13, 15); // RX, TX
char buffer[100];
char topic_send[50]="";
const char* ssid = "RutaTuristas";
const char* password = "";
const char* mqtt_server = "96.126.112.30";

WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);
long lastMsg = 0;
char msg[50];
int value = 0;

//*****

//SETUP

//*****

void setup() {
//GENERAL*****
Serial.begin(115200);
Serial.print("Rastreo de Turistas");
Serial.print(BUILTIN_LED);

```

```

KIT
//WIFI MQTT*****
setup_wifi();
client.setServer(mqtt_server, 1883);
//client.setCallback(callback);

//SENSORES*****

bool status;
status = bme.begin(0x76);
if (!status) {
Serial.println("Could not find a valid BME280 sensor, check wiring!");
while (1);
}

gpsSerial.begin(9600);

//////////BPM//////////

// Inicializar sensor

if (!particleSensor.begin(Wire, 100000)) //Utilice el puerto I2C predeterminado, velocidad de 400 kHz
{
Serial.println("No se encontró MAX30102. Por favor, compruebe el cableado/alimentación. ");
}else{
Serial.println("*****");
Serial.println(I2C_SPEED_FAST);
particleSensor.setup(); //Configurar el sensor con la configuración predeterminada
particleSensor.setPulseAmplitudeRed(0x0A); //Gire el LED rojo a bajo para indicar que el sensor está

```

```

KIT //TOMA DE DATOS SENSORES

//*****

void readOximetro()
{
  irValue = particleSensor.getIR();

  if (checkForBeat(irValue) == true) {
    //We sensed a beat!
    long delta = millis() - lastBeat;
    lastBeat = millis();

    beatsPerMinute = 60 / (delta / 1000.0);

    if (beatsPerMinute < 255 && beatsPerMinute > 20) {
      rates[ratesSpot++] = (byte)beatsPerMinute; //Store this reading in the array
      ratesSpot %= RATE_SIZE; //Wrap variable

      //Take average of readings
      beatAvg = 0;
      for (byte x = 0 ; x < RATE_SIZE ; x++)
        beatAvg += rates[x];
      beatAvg /= RATE_SIZE;
    }
  }
}

//*****

//CONEXION WI-FI

//*****

KIT //CONEXION WI-FI

//*****

void setup_wifi() {

  delay(10);
  // We start by connecting to a WiFi network
  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);

  WiFi.begin(ssid, password);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }

  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected");
  Serial.println("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  Serial.println(12);
}

//*****

//RECIBIR DATO MQTT

//*****

```

```

//*****

//RECIBIR DATO MQTT

//*****

void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
  Serial.print("Message arrived [");
  Serial.print(topic);
  Serial.print("] ");
  for (int i = 0; i < length; i++) {
    Serial.print((char)payload[i]);
  }
  Serial.println();

  // Switch on the LED if an 1 was received as first character
  if ((char)payload[0] == '1') {
    digitalWrite(BUILTIN_LED, LOW); // Turn the LED on (Note that LOW is the voltage level
    // but actually the LED is on; this is because
    // it is active low on the ESP-01)
  } else {
    digitalWrite(BUILTIN_LED, HIGH); // Turn the LED off by making the voltage HIGH
  }
}

//*****

//CONEXION MQTT

//*****

void reconnect() {
  // Loop until we're reconnected
  while (!client.connected()) {
    digitalWrite(BUILTIN_LED, HIGH); // Turn the LED off by making the voltage HIGH
  }
}

//*****

//CONEXION MQTT

//*****

void reconnect() {
  // Loop until we're reconnected
  while (!client.connected()) {
    Serial.print("Attempting MQTT connection...");
    // Attempt to connect
    if (client.connect("ESP8266Client")) {
      Serial.println("connected");
      // Once connected, publish an announcement...
      client.publish("usuariol/datos", "Enviando el primer mensaje");
      // ... and resubscribe
      client.subscribe("casa/despacho/luz");
    } else {
      Serial.print("failed, rc=");
      Serial.print(client.state());
      Serial.println(" try again in 5 seconds");
      // Wait 5 seconds before retrying
      delay(5000);
    }
  }
}

//*****GPS*****

```

```

KIT
}
}
}

//*****GPS*****

void readGps(){

    while (gpsSerial.available() > 0) {

        char c=gpsSerial.read();
        //Serial.print(c);

        if (gps.encode(c) ) {
            if (gps.location.isUpdated()){

                lat = gps.location.lat();
                lng = gps.location.lng();
            }
        }
    }
}

void readBmeIR(){
temperaturaObjeto = termometroIR.readObjectTempC();//ERROR 400K i2c -- termometroIR.begin();

temperatura = bme.readTemperature();
presion = bme.readPressure() / 100.0F;
altitud = bme.readAltitude(SEALEVELPRESSURE_HPA);
humedad = bme.readHumidity();
}

```

```

KIT
//PROGRAMA PRINCIPAL

//*****

boolean flg=0, ft=0, fp=0;
byte ct=0, cp=0;

void enviarAlerta(){

    if((temperaturaObjeto<35.5 || temperaturaObjeto>37.2)&&ct==0){
        Serial.println("Alerta");
        sprintf(topic_send,"alerta/%s",id_nodo);
        sprintf(buffer, "%.8f, %.8f, %.2f,%s,%.2f",lat, lng, altitud,"Temperatura",temperaturaObjeto);
        client.publish(topic_send, buffer);
        ft=1;
    }else if(temperaturaObjeto>35.5 && temperaturaObjeto<37.2)
        ft=0;

    if((beatAvg<55 || beatAvg>90)&&cp==0){
        Serial.println("Alerta");
        sprintf(topic_send,"alerta/%s",id_nodo);
        sprintf(buffer, "%.8f, %.8f, %.2f,%s,%.2f",lat, lng, altitud,"Pulso",beatAvg);
        client.publish(topic_send, buffer);
        fp=1;
    }else if(beatAvg>55 && beatAvg<90)
        fp=0;

    if(digitalRead(14)&&flg==0){
        Serial.println("Alerta");
        sprintf(topic_send,"alerta/%s",id_nodo);
        sprintf(buffer, "%.8f, %.8f, %.2f,%s,%s",lat, lng, altitud,"Pánico","Activado");
        client.publish(topic_send, buffer);
        flg=1;
    }
}

```

KIT \$

```
    if(!client.connected()) {
        reconnect();
    }

    if (digitalRead(12)&&flag==0){
        Serial.println("Administrar");
        sprintf(topic_send,"root/%s",id_nodo);
        sprintf(buffer, "%s",id_nodo);
        client.publish(topic_send, buffer);
        flag=1;
    }else if(!digitalRead(12)){
        flag=0;
    }

    enviarAlerta();
    readGps();
    readOximetro();
    readBmeIR();

    t2=millis();
    if((t2-t1)>10000){
        t1=millis();

        if(fp)
            cp=cp+2;
        if(ft)
            ct=ct+2;

        if (irValue < 50000){
            Serial.print(" No finger?");
            cp=2;
        }
    }
}
```

KIT \$

```
ct=ct+2;

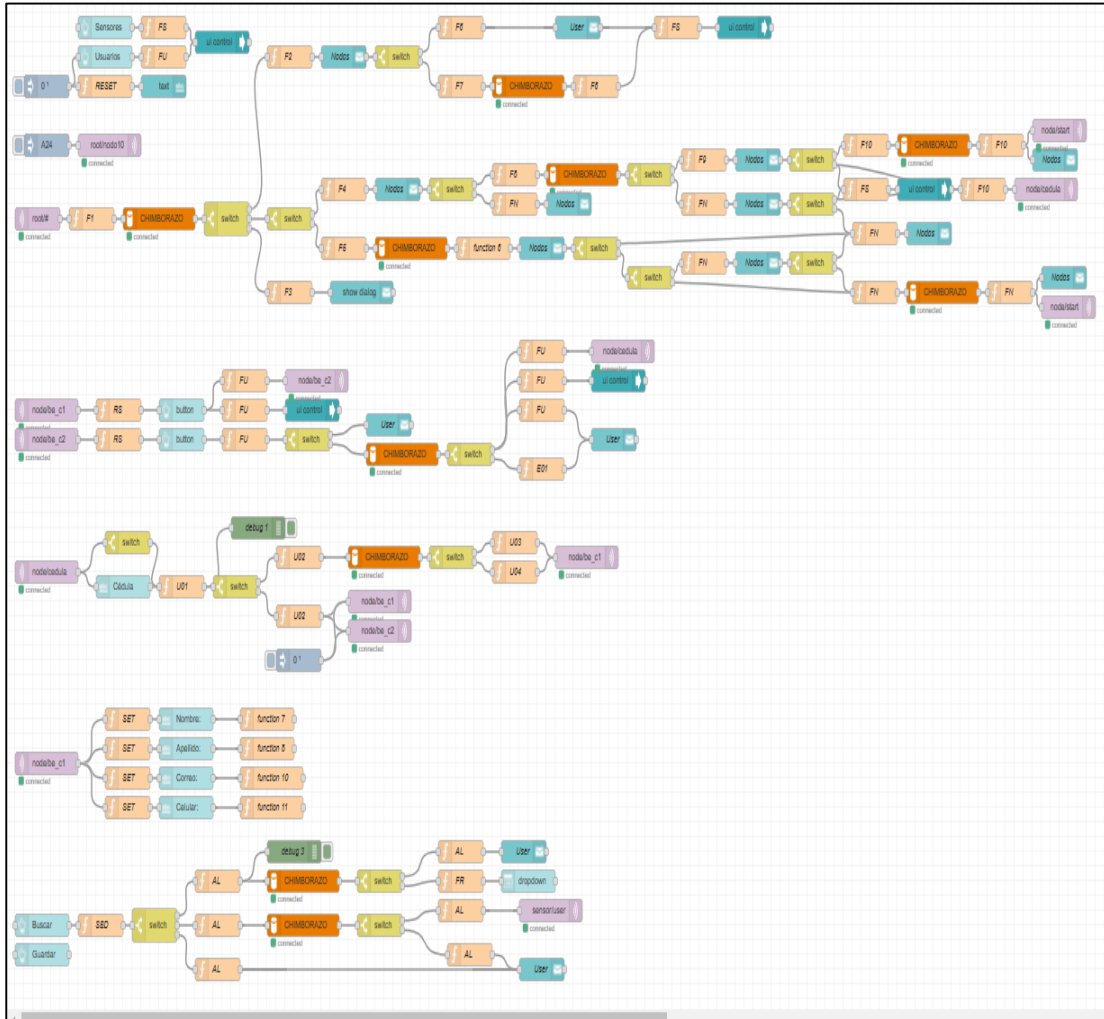
if (irValue < 50000){
    Serial.print(" No finger?");
    cp=2;
}

    sprintf(topic_send,"supervision/%s",id_nodo);
    snprintf(buffer, sizeof(buffer),
    "%.8f, %.8f, %.2f, %.2f, %.2f, %.2f, %.2f, %u",
    lat, lng, temperaturaObjeto, temperatura, presion, altitud, humedad, beatAvg);
    Serial.println(buffer);
    //client.loop();
    client.publish(topic_send, buffer);
}

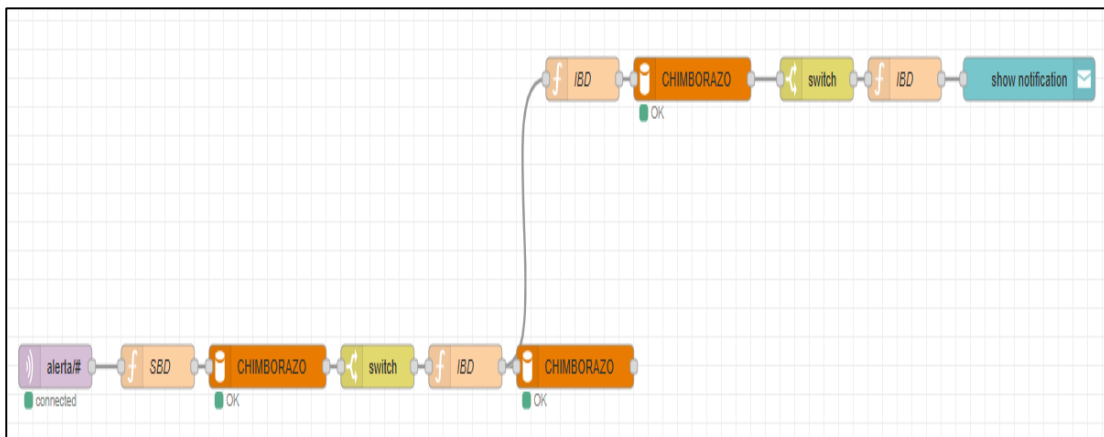
t4=millis();
if((t4-t3)>60000){
    Serial.println("\n Ejecutando Registro por MQTT");
    t3=millis();

    sprintf(topic_send,"registro/%s",id_nodo);
    snprintf(buffer, sizeof(buffer),
    "%.8f, %.8f, %.2f, %.2f, %.2f, %.2f, %.2f, %.2f",
    lat, lng, temperaturaObjeto, temperatura, presion, altitud, humedad, beatAvg);
    client.publish(topic_send, buffer);
}
}
```

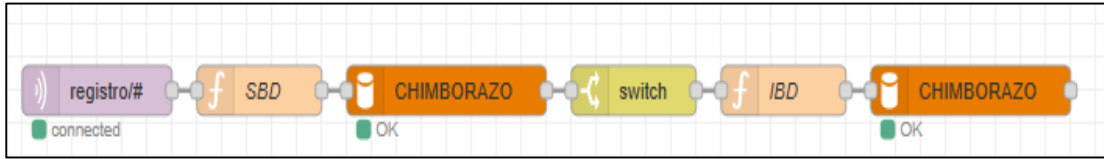
ANEXO 8: Configuración NodeRed - Administrar



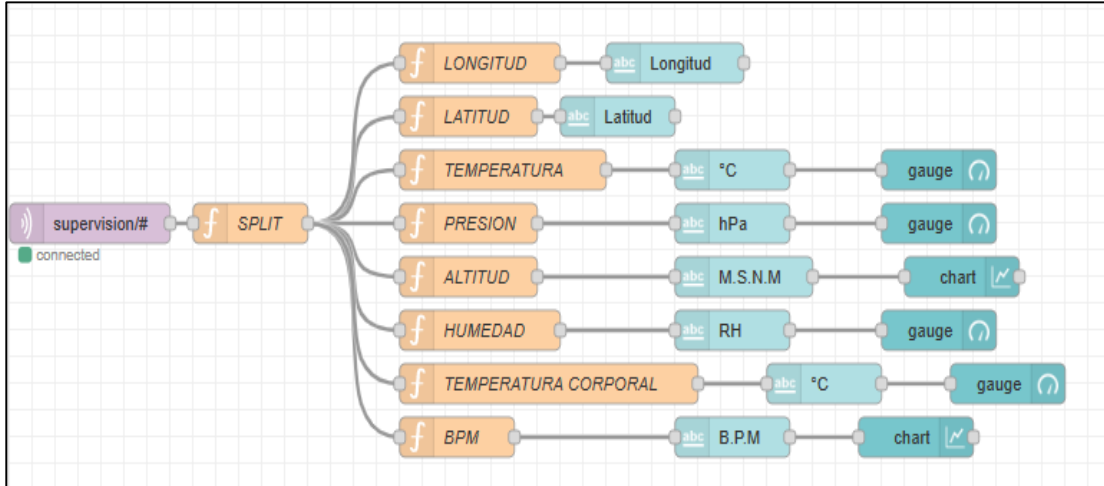
ANEXO 9: Configuración NodeRed - Alertas



ANEXO 10: Configuración NodeRed – Almacenamiento en base de datos



ANEXO 11: Configuración NodeRed – Gráfico de datos



ANEXO 12: Configuración NodeRed – Gráfico de mapa y recorrido

