



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

**“CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE RED**  
**INALÁMBRICA DE GEORREFERENCIACIÓN Y GENERACIÓN**  
**DE ALERTAS PARA TURISTAS EN UN ÁREA DE LA RESERVA**  
**DE PRODUCCIÓN FAUNÍSTICA CHIMBORAZO”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

**Tipo: DISPOSITIVO TECNOLÓGICO**

**Para optar al Grado Académico de:**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y**  
**REDES**

**AUTORES: VIVIANA LORENA ROBALINO ESPINOZA**

**ALEXIS SHIPSON TAMAYO FREIRE**

**TUTOR: ING. JOSÉ ENRIQUE GUERRA SALAZAR**

Riobamba-Ecuador

2018

**©2018, Viviana Lorena Robalino Espinoza, Alexis Shipson Tamayo Freire.**

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

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: “CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE RED INALÁMBRICA DE GEORREFERENCIACIÓN Y GENERACIÓN DE ALERTAS PARA TURISTAS EN UN ÁREA DE LA RESERVA DE PRODUCCIÓN FAUNÍSTICA CHIMBORAZO”, de responsabilidad de VIVIANA LORENA ROBALINO ESPINOZA y ALEXIS SHIPSON TAMAYO FREIRE, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

Dr. Julio Santillán Castillo

**VICEDECANO DE LA FACULTAD DE  
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

.....

Ing. Patricio Adolfo Romero

**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN  
TELECOMUNICACIONES Y REDES**

.....

Ing. José Guerra Salazar

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

.....

Ing. Wilson Zúñiga Vinuesa

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

.....

Nosotros, Viviana Lorena Robalino Espinoza y Alexis Shipson Tamayo Freire, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el presente trabajo de titulación: “CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE RED INALÁMBRICA DE GEORREFERENCIACIÓN Y GENERACIÓN DE ALERTAS PARA TURISTAS EN UN ÁREA DE LA RESERVA DE PRODUCCIÓN FAUNÍSTICA CHIMBORAZO”, y el patrimonio de la misma pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

VIVIANA LORENA ROBALINO ESPINOZA

ALEXIS SHIPSON TAMAYO FREIRE

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la fortaleza y la sabiduría para que en cada paso de mi vida tome las mejores decisiones, a mis padres Martha Espinoza y Pedro Robalino que siempre estuvieron conmigo apoyándome dándome palabras de aliento para seguir con cada propósito planteado en mi vida a mi abuelita Carmen quien siempre estuvo apoyándome en cada momento de mi vida, a mi abuelito Elías quien fue mi impulso y mi inspiración para seguir la carrera de telecomunicaciones quien sé que desde el cielo siempre me guía y protege, y a mis tíos quienes siempre me brindaron su apoyo en cada instante de mi vida.

**Viviana**

A Dios por darme la fortaleza para alcanzar mis metas, a mis padres Segundo Tamayo y Gladys Freire por siempre apoyarme y guiarme en todas las etapas de mi vida, por sus consejos, por sus palabras de aliento, por el amor y el cariño que me motivaron a cumplir todos mis objetivos. A mis hermanos y hermanas que supieron transmitirme sus conocimientos, sus ideas, que me ayudaron en esta etapa profesional, a mis sobrinos que fueron y siempre serán los que alegran el hogar, a toda mi familia que siempre estuvo atenta a lo largo de esta grandiosa experiencia.

**Alexis**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por su infinito amor y bondad.

A mi querida Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y Escuela de Ingeniería en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes por ser mi segundo hogar, por abrirme sus puertas y ser mi templo del saber.

A mis profesores y área administrativa que con su paciencia y desempeño me formaron académicamente compartiéndome sus conocimientos, en especial a mi tutor al Ingeniero José Guerra.

*Viviana*

*Alexis*

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1</b> <b>MARCO REFERENCIAL.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1</b> <b>Reserva de Producción de Fauna Chimborazo (RPFCH) .....</b>	<b>8</b>
<i>1.1.1</i> <i>Casos de desapariciones en la RPFCH.....</i>	<i>9</i>
<b>1.2</b> <b>Tarjetas de desarrollo .....</b>	<b>9</b>
<i>1.2.1</i> <i>Comparativa entre tarjetas de desarrollo.....</i>	<i>10</i>
<b>1.3</b> <b>Sistemas de posicionamiento Global.....</b>	<b>11</b>
<i>1.3.1</i> <i>Funcionamiento.....</i>	<i>12</i>
<i>1.3.2</i> <i>Comparación Módulos GPS NEO 6 Series .....</i>	<i>13</i>
<b>1.4</b> <b>Redes de comunicaciones .....</b>	<b>14</b>
<i>1.4.1</i> <i>Según el medio de transmisión.....</i>	<i>14</i>
<i>1.4.2</i> <i>Categorías de las redes inalámbricas.....</i>	<i>15</i>
<i>1.4.3</i> <i>Red de Sensores Inalámbricos .....</i>	<i>16</i>
<b>1.5</b> <b>Base de datos .....</b>	<b>21</b>
<b>1.6</b> <b>Sistemas existentes para localización de personas .....</b>	<b>23</b>
<i>1.6.1</i> <i>Sistemas Comerciales para localización .....</i>	<i>24</i>
<b>1.7</b> <b>Análisis sistemas de localización realizados en el país.....</b>	<b>25</b>
<i>1.7.1</i> <i>Trabajos realizados en Riobamba sobre sistemas de localización .....</i>	<i>26</i>
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>2</b> <b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>28</b>
<b>2.1</b> <b>Requerimientos de WGP.....</b>	<b>28</b>
<i>2.1.1</i> <i>Concepción de la arquitectura general del prototipo. ....</i>	<i>29</i>
<i>2.1.2</i> <i>Diseño de la arquitectura de WGP.....</i>	<i>30</i>

2.1.3	<i>Selección de elementos electrónicos que conforman el WGP</i> .....	32
2.1.4	<i>Módulos XBee</i> .....	33
2.1.5	<i>Shield IO NANO</i> .....	34
2.1.6	<i>XBee Explorer</i> .....	35
2.1.7	<i>DC-DC Boost Converter LM2577</i> .....	36
2.1.8	<i>Módulo GPS NEO 6M</i> .....	36
2.1.9	<i>TP4056</i> .....	37
2.1.10	<i>Batería LiPo</i> .....	38
2.1.11	<i>Panel Solar</i> .....	38
2.2	<b>Esquema de conexión del Prototipo</b> .....	39
2.2.1	<i>Diagrama de conexión del Nodo Sensor</i> .....	39
2.2.2	<i>Diagrama de conexión del Nodo Router</i> .....	40
2.2.3	<i>Diagrama de conexión del Nodo Coordinador</i> .....	42
2.2.4	<i>Diseño de Carcasa para prototipo WGP</i> .....	43
2.3	<b>Requerimiento Software WGP</b> .....	44
2.3.1	<i>Requerimientos software para el Nodo Sensor</i> .....	44
2.3.2	<i>Requerimientos software para el Nodo Router</i> .....	45
2.3.3	<i>Requerimientos software para el Nodo Coordinador</i> .....	45
2.3.4	<i>Software de desarrollo del prototipo</i> .....	46
2.3.5	<i>Programación de los nodos del prototipo WGP</i> .....	48
<b>CAPÍTULO III</b>		
3	<b>MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	54
3.1	<i>Software de simulación de redes</i> .....	54
3.1.2	<i>Simulación de la Topología</i> .....	54
3.2	<b>Resultados de simulación de la topología Riverbed Modeler</b> .....	57
3.2.1	<i>Comparación de topologías</i> .....	60
3.3	<b>Pruebas del Prototipo WGP</b> .....	62
3.3.1	<i>Pruebas realizadas del Nodo Coordinador, Nodo Router, Nodo Sensor</i> .....	62



3.3.2	<i>Estudio de cobertura red ZigBee</i> .....	69
3.4	<b>Implantación del prototipo WGP</b> .....	79
3.5	<b>Análisis económico de la implementación del WGP</b> .....	86
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	89
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	90
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1</b> Comparación de tarjetas de desarrollo.....	10
<b>Tabla 2-1</b> Comparación de módulos GPS NEO-6.....	13
<b>Tabla 3-1</b> Comparación tecnologías ZigBee, WiFi y Bluetooth.....	18
<b>Tabla 4-1</b> Comparación modelos de Propagación para ZigBee.....	20
<b>Tabla 5-1</b> Comparativa entre Sistemas Gestores de Base de Datos.....	23
<b>Tabla 1-3</b> Trama de información WGP.....	56
<b>Tabla 2-3</b> Configuración Nodo Coordinador Riverbed Modeler Academic Edition.....	57
<b>Tabla 3-3</b> Configuración Nodo Router Riverbed Modeler Academic Edition.....	58
<b>Tabla 4-3</b> Configuración Nodo Sensor Riverbed Modeler Academic Edition.....	58
<b>Tabla 5-3</b> Configuración Nodo Coordinador Riverbed Modeler Academic Edition.....	59
<b>Tabla 6-3</b> Configuración Nodo Router Riverbed Modeler Academic Edition.....	60
<b>Tabla 7-3</b> Configuración Nodo Sensor Riverbed Modeler Academic Edition.....	60
<b>Tabla 8-3</b> Resultados Simulación Topología Árbol y Malla.....	60
<b>Tabla 9-3</b> Resultados Análisis throughput XBee 900HP PRO.....	61
<b>Tabla 10-3</b> Resultados Análisis.....	61
<b>Tabla 11-3</b> Comparativa latitud GPS NEO-6M de WGP y GPS Garmin Oregon 550 en condiciones adversas.....	63
<b>Tabla 12-3</b> Comparativa de longitud realizada entre GPS NEO-6M de WGP y GPS Garmin Oregon 550 en condiciones adversas.....	63
<b>Tabla 13-3</b> Comparativa de altura realizada entre GPS NEO-6M de WGP y GPS Garmin Oregon 550 en condiciones adversas.....	64
<b>Tabla 14-3</b> Comparativa de velocidad realizada entre GPS NEO-6M de WGP y GPS Garmin Oregon 550 en condiciones adversas.....	64
<b>Tabla 15-3</b> Comparativa de precisión realizada entre GPS NEO-6M de WGP y GPS Garmin Oregon 550 en condiciones adversas.....	65
<b>Tabla 16-3</b> Comparativa de latitud realizada entre GPS NEO-6M de WGP y GPS Garmin Oregon 550 en condiciones normales.....	65
<b>Tabla 17-3</b> Comparativa de longitud realizada entre GPS NEO-6M de WGP y GPS Garmin Oregon 550 en condiciones normales.....	66
<b>Tabla 18-3</b> Comparativa de altura realizada entre GPS NEO-6M de WGP y GPS Garmin Oregon 550 en condiciones normales.....	66

<b>Tabla 19-3</b> Comparativa de velocidad realizada entre GPS NEO-6M de WGP y GPS Garmin Oregon 550 en condiciones normales. ....	67
<b>Tabla 20-3</b> Comparativa de precisión realizada entre GPS NEO-6M de WGP y GPS Garmin Oregon 550 en condiciones normales. ....	67
<b>Tabla 21-3</b> Repetitividad de los valores leídos del Nodo Sensor.....	68
<b>Tabla 22-3</b> Coordenadas Nodo Coordinador y Router.....	69
<b>Tabla 23-3</b> Coordenadas Peor de los Casos .....	71
<b>Tabla 24-3</b> Coordenadas Mejor de los Casos.....	71
<b>Tabla 25-3</b> Resultados de Cobertura Terreno Plano .....	72
<b>Tabla 26-3</b> Resultados de Cobertura Terreno Montañoso.....	72
<b>Tabla 27-3</b> Coordenadas Nodos Routers.....	73
<b>Tabla 28-3</b> Resultados Niveles de potencia de recepción y Zona de Fresnel. ....	74
<b>Tabla 29-3</b> Consumo energético Nodo Sensor.....	85
<b>Tabla 30-3</b> Consumo energético Nodo Router.....	86
<b>Tabla 31-3</b> Consumo energético Nodo Coordinador .....	86
<b>Tabla 32-3</b> Presupuesto de cada elemento que conforma los nodos WGP .....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1</b> Perfil de elevación ruta hacia los refugios.....	8
<b>Figura 2-1</b> Clasificación de las Redes Inalámbricas .....	15
<b>Figura 3-1</b> Topologías en ZigBee. ....	17
<b>Figura 4-1</b> Trama de datos DigiMesh .....	19
<b>Figura 5-1</b> Sistemas Comerciales para Localización .....	24
<b>Figura 1-2</b> Arquitectura del prototipo .....	29
<b>Figura 2-2</b> Diagrama de bloques Nodo Sensor WGP .....	31
<b>Figura 3-2</b> Diagrama de bloques del Nodo Router de WGP.....	31
<b>Figura 4-2</b> Diagrama de bloques del Nodo Coordinador de WGP .....	32
<b>Figura 5-2</b> Arduino Nano.....	33
<b>Figura 6-2</b> XBee Pro-900 HP.....	34
<b>Figura 7-2</b> Shield IO Nano.....	34
<b>Figura 8-2</b> XBee Explorer USB .....	35
<b>Figura 9-2</b> Convertidor DC-DC .....	36
<b>Figura 10-2</b> Módulo GPS NEO 6M para Arduino .....	37
<b>Figura 11-2</b> TP 4056 .....	37
<b>Figura 12-2</b> Batería LiPo .....	38
<b>Figura 13-2</b> Panel Solar .....	39
<b>Figura 14-2</b> Esquema de conexión del nodo sensor.....	40
<b>Figura 15-2</b> Esquema de conexión del Nodo Router .....	41
<b>Figura 16-2</b> Esquema de conexión del Nodo Coordinador .....	42
<b>Figura 17-2</b> Diseño carcasa prototipo WGP .....	43
<b>Figura 18-2</b> Carcasa prototipo WGP.....	43
<b>Figura 19-2</b> Diseño carcasa prototipo WGP Nodo Coordinador, Nodo Router, Nodos Sensores .....	44
<b>Figura 20-2</b> Diagrama de Flujo del programa para el Nodo Sensor .....	49
<b>Figura 21-2</b> Diagrama de Flujo del XBee PRO-900 HP.....	50
<b>Figura 22-2</b> Diagrama de Flujo del programa para el Nodo Router .....	51
<b>Figura 23-2</b> Diagrama de Flujo para el programa Nodo Coordinador .....	52
<b>Figura 24-2</b> Diagrama de Flujo aplicación.....	53
<b>Figura 1-3</b> Topología tipo árbol .....	57
<b>Figura 2-3</b> Topología tipo malla .....	59

<b>Figura 3-3</b> Prototipo WGP .....	62
<b>Figura 4-3</b> Radio Mobile.....	69
<b>Figura 5-3</b> Cobertura Nodo Router WGP. ....	70
<b>Figura 6-3</b> Cobertura Nodo Router 1 WGP. ....	70
<b>Figura 7-3</b> Cobertura Nodo Router 1 WGP. ....	71
<b>Figura 8-3</b> Cobertura WGP.....	74
<b>Figura 9 -3</b> Funcionamiento Nodo Router. ....	75
<b>Figura 10-3</b> Funcionamiento Nodo Coordinador.....	76
<b>Figura 11-3</b> Exportación de datos a documento de Excel.....	76
<b>Figura 12-3</b> Información enviada por el Nodo Sensor.....	77
<b>Figura 13-3</b> Recepción de datos alerta baja velocidad y alerta botón de auxilio por el <i>software</i> WGP.....	78
<b>Figura 14-3</b> Datos almacenados en MySQL.....	79
<b>Figura 15-3</b> Implantación WGP-RPFCH.....	79
<b>Figura 16-3</b> Colocación Nodo Router en RPFCH.....	80
<b>Figura 17-3</b> Ventana de Inicio de sesión WGP.....	80
<b>Figura 18-3</b> Barra de Herramientas Configuraciones WGP.....	81
<b>Figura 19-3</b> Interfaz gráfica WGP. ....	81
<b>Figura 20-3</b> WGP pestaña Buscar.....	82
<b>Figura 21-3</b> Pestaña Mapa WGP.....	83
<b>Figura 22-3</b> Validación prototipo WGP Nodo Sensor .....	83
<b>Figura 23-3</b> Ruta tomada por el Nodo Sensor.....	84
<b>Figura 24-3</b> Datos almacenados en un archivo. ....	85

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A** Cobertura Celular RPFCH.
- Anexo B** Hojas de características técnicas elementos que conforman WGP.
- Anexo C** Configuración Arduino-XBee.
- Anexo D** Fotos terreno montañoso y plano.

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>OMT</b>	Organización Mundial del Turismo
<b>RPFCH</b>	Reserva de Producción de Fauna Chimborazo
<b>C/A</b>	Código de adquisición común
<b>MCS</b>	Master Control Station
<b>MS</b>	Monitor Station
<b>GA</b>	Ground Antennas
<b>DOP</b>	Dissolution of Precision
<b>PAN</b>	Red de Área Personal
<b>LAN</b>	Red de Área Local
<b>MAN</b>	Red de Área Metropolitana
<b>WAN</b>	Red de Área Amplia
<b>WLAN</b>	Redes de Área Local Inalámbrica
<b>WMAN</b>	Redes de Área Metropolitana Inalámbrica
<b>WWAN</b>	Redes de Área Extendida Inalámbrica
<b>GSM</b>	Sistema Global para las comunicaciones Móviles
<b>GPRS</b>	Sistema General de paquetes vía radio
<b>UMTS</b>	Sistema Universal de comunicaciones Móviles
<b>WSN</b>	Wireless Sensor Network
<b>RF</b>	Radio Frequency
<b>CSMA/ CA</b>	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
<b>TDMA</b>	Time Division Multiple Access
<b>ISM</b>	Instrumental, Scientific and Medical radio bands
<b>SGBD</b>	Sistema Gestor de Base de Datos
<b>APPS</b>	Aplicaciones

**WGP**      Wireless Georeferencing Prototype

**PLA**      Poly Lactic Acid



## RESUMEN

Se realizó el diseño y construcción de un prototipo de comunicación inalámbrica para la georreferenciación y generación de mensajes de alerta cuando la vida de los visitantes en el área de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo se encuentre en peligro. Compuesto por: Nodo Sensor, Nodo Router y Nodo Coordinador. La red fue estructurada con la topología tipo malla, que permite obtener la información de georreferenciación, velocidad, altura obtenidas del GPS y las alertas generadas por el usuario. Se desarrolló una aplicación en el paquete Visual Studio Community que permite al administrador ingresar la información de los portadores a una base de datos al igual que el recorrido de manera automática, mostrándolo en un mapa georreferenciado, la interfaz gráfica permite la búsqueda de la información almacenada y su exportación. En base a las pruebas realizadas se demostró que el prototipo implementado puede cubrir 500m<sup>2</sup> en terreno montañoso y 4500m<sup>2</sup> en terreno plano con una potencia de recepción entre -72.3 dBm y -75.9 dBm mostrando un margen de recepción entre 28.7 dB a 25.1 dB. La red tiene una capacidad de 128 dispositivos cubriendo el 213% de la capacidad actual requerida. El dispositivo GPS presenta un error de ubicación de  $\pm 2.5$  metros, de velocidad de  $\pm 0.1$  m/s y de altura de  $\pm 20$  metros en condiciones normales demostrando que el prototipo no incorpora error a los sensores y que es confiable. La autonomía energética es de 16 horas cubriendo el 400% del tiempo normal del recorrido de un visitante. Se concluye que el prototipo implementado puede convertirse en una herramienta de ayuda para facilitar la ubicación de personas que requieran auxilio dentro de la Reserva cumpliendo así los objetivos nacionales sobre seguridad. Es recomendable realizar estudios para miniaturizar el prototipo y así mejorar su portabilidad.

**Palabras Clave:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES>, <COMUNICACIONES INALÁMBRICAS> <RED DE SENSORES INALÁMBRICOS (WSN)>, <SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)>, <GEORREFERENCIACIÓN>, <TARJETAS DE DESARROLLO (SOFTWARE-HARDWARE)>

## ABSTRACT

The design and construction of a prototype of wireless communication for the georeferencing and generation of warning messages were made when the life of visitors in the area of the Chimborazo Fauna Production Reserve, it is in danger. Composed by: Sensor Node, Router Node and Coordinating Node. The network was structured with the mesh-type topology, which allows obtaining the information of georeferencing, speed, height obtained from the GPS and the alerts generated by the user. An application was developed in the Visual Studio Community packet that allows the administrator to enter the information of the carriers to a database as well as the route automatically, showing it in a georeferenced map, the graphical interface allows the search of the stored information and its export. Based on the tests carried out, it was demonstrated that the prototype implemented can cover 500m<sup>2</sup> in mountainous terrain and 4500m<sup>2</sup> in flat terrain with a reception power between -72.3 dBm and -75.9 dBm, showing a reception margin between 28.7 dB and 25.1 dB. The network has a capacity of 128 devices covering 213% of the current capacity required. The GPS device has an error of location of  $\pm 2.5$  meters, speed of  $\pm 0.1$  m / s and height of  $\pm 20$  meters in normal conditions showing that the prototype does not incorporate error to the sensors and that it is reliable. The energy autonomy is 16 hours covering 400% of the normal time of a visitor's journey. It is concluded that the prototype implemented can become a tool, to facilitate the location of people requiring assistance within the Reserve, thus fulfilling national security objectives. It is recommended more research to miniaturize the prototype and thus to improve its portability.

**Keywords:** <TECHNOLOGY AND SCIENCE OF ENGINEERING>, <ENGINEERING IN TELECOMMUNICATIONS>, <WIRELESS COMMUNICATIONS> <WIRELESS SENSORS NETWORK (WSN)>, <GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS)>, <GEORREFERENCIACIÓN>, <DEVELOPMENT CARDS (SOFTWARE-HARDWARE)>

## **INTRODUCCIÓN**

### **ANTECEDENTES**

A nivel mundial, el número de personas desaparecidas es muy alarmante, en España en el año 2017 se registraron 4.164 personas desaparecidas, en Reino Unido cada 90 segundos hay una persona desaparecida por lo que al año se registran 180.000 personas desaparecidas, en el caso de Europa desaparecen niños cada 2 minutos, en el año 2017 se reportaron 189.024 niños en situación de desaparición (Alternativo, 2017).

En Ecuador desde enero del 2013 al 10 de diciembre del 2014 se han registrado 18681 denuncias de personas desaparecidas (Fiscalía General del Estado, 2015), según el Ministerio del Interior al 2017 se encuentran en investigación 1.511 casos de personas desaparecidas en el Ecuador de las cuales el 51% son mujeres y 49% hombres.

En los parques nacionales, reservas naturales y diversos tipos de atractivos turísticos existen visitas ya sea de personas nacionales como extranjeros. En estos lugares se producen extravíos debido a variaciones en el clima, sumándose a esto la falta de guías, así como también la falta de conocimiento de las zonas que se visita. En el año 2017 se produjo el extravío de 25 personas en el Parque Cotopaxi, 4 excursionistas en la Reserva Cayambe, la causa de su extravío fue la ausencia de guías y por confiar en sus conocimientos en este tipo de deportes de aventura, sumándose a esto el caso de un niño de 15 años que murió ahogado en el lago Patococha a 15 minutos al Sur de Ambato, su búsqueda se dio 15 horas después de que suceda la tragedia. Las razones de los extravíos se dan por las condiciones del clima, la densa niebla, largos periodos de tiempo de exposición al sol provocando la desorientación de la persona. La mayor cantidad de extravíos se presenta en turistas extranjeros (El Telégrafo, 2017).

En base a los datos estadísticos de la Dinased dentro de las desapariciones por edad, el mayor porcentaje es de personas mayores de 20 años. El 30% de 15 a 20 años, 18% de 10 a 15 años, 14% es de 20 a 25 años, 2% de 0 a 5 años, y el 2% de 5 a 10 años (Ministerio del Interior, 2017). En la provincia de Chimborazo el número de casos por desaparición en el año 2015 fue de 463 y 231 personas extraviadas (UOT-GADPCH, 2015).

Según cifras del Ministerio del Ambiente en la Reserva de Producción Faunística Chimborazo, se recibieron más de 127.853 visitantes en el año 2017 teniendo en promedio 8.500 visitantes mensualmente (MAE, 2017).

En noviembre de 1993, seis escaladores franceses, tres ecuatorianos y un suizo desaparecieron en una avalancha en el Chimborazo, alrededor de 24 guías de montaña pasaron 10 días en busca

de los cuerpos, el 23 de agosto de 2015 fueron hallados tres escaladores que habían sido cubiertos por la nieve de alguna avalancha hace 15, 20 , o 30 años, se presume que podrían ser tres austriacos que desaparecieron en los años 80's, o parte de un grupo de 59 pasajeros de un avión que se estrelló en el año 1976 de los cuales se encontraron restos en el año 2003 (EL UNIVERSO, 2015).

Según la encuesta de Turismo Interno (junio 2002- julio 2003) realizada por el MINTUR y analizada en el estudio de turismo de naturaleza y comunitario, zona Sur del Ecuador (BID-MHI Turismo-TYPSA, 2006), el volumen de turismo en Ecuador alcanza casi los diez millones de visitantes de los cuales 3.504.131 (36%) son excursionistas y 6.354.341 (64%) son turistas con una pernoctación fuera de su residencia habitual (MINTUR, 2007).

A nivel mundial se han creado dispositivos para el seguimiento de vehículos como también de personas, la empresa VT-IoT posee dispositivos y prototipos que cumplen este propósito siendo su objetivo principal brindar una localización por un tiempo prolongado, enviando mensajes con la localización cada treinta minutos, hasta cada cuatro horas manteniendo alta la durabilidad de la batería, el dispositivo no está orientado a la interacción con el usuario sino sólo a su localización sin generar o recibir alertas para su asistencia o auxilio en caso de emergencia, utiliza su propia infraestructura de comunicaciones por lo que el costo se torna más elevado al pagar un costo mensual para usar el servicio y dispone de menor cobertura que una red celular ("Products – VT Solutions," 2018).

El Servicio Integrado de Seguridad ECU 911 cuenta con la herramienta tecnológica, localizador móvil o conocido como mobile locator, el cual da el posicionamiento geográfico de un dispositivo celular, esta herramienta funciona a través de la triangulación de la ubicación usando los niveles de potencia de diferentes estaciones base a las cuales accede el dispositivo móvil, también para una mejor precisión se suele usar el GPS interno del dispositivo, el cual generalmente se encuentra activo, esta herramienta está destinada para el uso del ECU 911 ya que cuenta con los permisos otorgados por las operadoras celulares del país, y el ARCOTEL, su limitante es que el dispositivo se debe encontrar encendido y dentro de la cobertura de la red celular, que por lo general al momento de un incidente o extravío el celular se descompone, es apagado o su batería se agota (ECU911, 2017).

Por otra parte, en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Díaz Betancourt Andrés Fabián, en 2015 realizó el trabajo de titulación: CREACIÓN DE LOS MÓDULOS DE LOCALIZACIÓN DE PERSONAS, EMISIÓN DE ALERTAS Y DEFINICIÓN DE RUTAS EN EL SISTEMA SKILLBOX, CON SIGNALR DE LA TECNOLOGÍA WEB ASP. NET. Este sistema está orientado a personas con discapacidad visual, el enfoque de la investigación es crear una aplicación web que permita llevar registro de las rutas tomadas por personas no

videntes, en la plataforma Windows phone 8.0, para lo cual se debe mantener la conexión diaria a internet para acceder al servidor web de Windows Azure, se puede enviar comandos de voz, los cuales solo se podrán enviar teniendo acceso a las redes de datos, manteniendo un consumo de batería alto, con lo que se puede decir que está orientado para el entorno urbano (Betancourt, 2015).

De igual manera en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chamba Salavarría Carlos Alfredo, en 2017 realizó el trabajo de titulación: IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE GEORREFERENCIACIÓN MEDIANTE LA TECNOLOGÍA GPS/GSM PARA PERSONAS VULNERABLES (Alfredo, y otros, 2017).El cual se basa en el uso de los sistemas GSM y GPS para localizar personas vulnerables, como niños, ancianos y discapacitados, el prototipo en sí no genera alertas desde el usuario que lo porta y no se lleva un registro en una base de datos. Dado estas investigaciones se plantea crear un prototipo de red inalámbrica el cual será muy útil para la geolocalización del usuario por medio de un dispositivo, que enviará alertas al usuario final y se tendrá el registro de los distintos dispositivos que conformen la red. Debido a lo investigado se ve la necesidad de construir un PROTOTIPO DE RED INALÁMBRICA DE GEORREFERENCIACIÓN Y GENERACIÓN DE ALERTAS PARA TURISTAS EN UN ÁREA DE LA RESERVA DE PRODUCCIÓN FAUNÍSTICA CHIMBORAZO.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

- ¿Cómo construir un prototipo de red inalámbrica de supervisión de ubicación y generación de alertas para turistas en un área de la Reserva De Producción Faunística Chimborazo?

## **SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

- ¿Cuál es la situación actual de casos de desapariciones o extravíos en la Reserva De Producción De Fauna Chimborazo?
- ¿Cuáles son los requerimientos que debe cumplir el prototipo para la transmisión de alertas y georreferenciación en un área de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo?

- ¿Qué topología de red inalámbrica se requiere para la georreferenciación y generación de alertas?
- ¿Cuáles son los elementos electrónicos adecuados para el montaje del prototipo de georreferenciación y transmisión de alertas?
- ¿El prototipo implementado cumple con los requerimientos establecidos al inicio de esta investigación?

## **JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

El Ministerio de Turismo del Ecuador dice: “Se reconoce la necesidad de que los sitios turísticos ofrezcan seguridad al visitante y en el caso de la estrategia nacional de ecoturismo que los establecimientos turísticos estén preparados para atender emergencias” (MINTUR, 2007).

En Ecuador desde enero del 2013 a diciembre del 2014 se han registrado 18681 denuncias de personas desaparecidas (Fiscalía General del Estado, 2015), según el Ministerio del Interior al 2017 se encuentran en investigación 1.511 en el Ecuador de las cuales el 51% son mujeres y 49% hombres.

En base a los datos estadísticos de la Dinased dentro de las desapariciones por edad, el mayor porcentaje es de personas mayores de 20 años. El 30% de 15 a 20 años, 18% de 10 a 15 años, 14% es de 20 a 25 años, 2% de 0 a 5 años, y el 2% de 5 a 10 años. (Ministerio del Interior, 2017). En la provincia de Chimborazo el número de casos por desaparición en el año 2015 fue de 463 personas y 231 personas extraviadas (UOT-GADPCH, 2015).

Según cifras del Ministerio del Ambiente en la Reserva de Producción Faunística Chimborazo, se recibieron a más de 127.853 visitantes en el año 2017 teniendo en promedio de 8.500 a 17.000 visitantes mensualmente (MAE, 2017).

En noviembre de 1993, seis escaladores franceses, tres ecuatorianos y un suizo desaparecieron en una avalancha en el Chimborazo, alrededor de 24 guías de montaña pasaron 10 días en busca de los cuerpos, el 23 de agosto de 2015 fueron hallados tres escaladores que habían sido cubiertos por la nieve de alguna avalancha hace 15, 20, o 30 años, se presume que podrían ser tres austriacos que desaparecieron en los años 80's, o parte de un grupo de 59 pasajeros de un avión que se estrelló en el año 1976 de los cuales se encontraron varios restos en el año 2003 (EL UNIVERSO, 2015).

Para el 2020 se proyecta una llegada de 600 millones de turistas hacia América del Sur. La Organización Mundial de Turismo y el Fondo Monetario Internacional proyecta que la región tendrá un crecimiento significativo en la llegada de turistas del mundo, ya que los destinos de Sudamérica han identificado oportunidades de mercado al describirse a sí mismos como “destinos seguros con respecto a la guerra, al SARS y al terrorismo” (MINTUR, 2007).

De acuerdo a la OMT (Organización Mundial del Turismo), en el primer semestre del 2017, a escala mundial la llegada de turistas internacionales (visitantes que pernoctan) aumentaron en América del Sur (+6%), en comparación con el mismo semestre del año anterior (OMT, 2017), teniendo como resultado la necesidad de incrementar la capacidad logística e incrementar la seguridad promoviendo la buena imagen del turismo en Ecuador.

Muchos turistas utilizan los mapas topográficos cuando se dirigen a zonas desconocidas con indicadores para llegar a su destino cuando las condiciones son adversas, muchas de las veces los excursionistas no suelen planificar la ruta a seguir, teniendo un alto riesgo de perderse, hoy en día la tecnología ofrece soluciones integrales de seguridad, dispositivos de localización por GPS que dan la visualización de la posición y proporcionan protección si las condiciones del terreno no son las esperadas o hay niebla provocando poca visibilidad (Localizadorsherlog, 2017).

Excursionistas, montañeros, ciclistas, etc., pueden beneficiarse de un receptor GPS de mano que les ayuda a determinar la ruta correcta, las señales GPS pueden operar en lugares donde se puede tener dificultades, dichos sistemas hoy en día tiene muchas otras aplicaciones como la de gestión, monitorización, control de flotas de vehículos, geometría e incluso tráfico peatonal (Localizadorsherlog, 2017).

Por tal motivo la investigación se centra en la CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE RED INALÁMBRICA DE GEORREFERENCIACIÓN Y GENERACIÓN DE ALERTAS PARA TURISTAS EN UN ÁREA DE LA RESERVA DE PRODUCCIÓN FAUNÍSTICA CHIMBORAZO el cual considera que es necesario usar nodos de comunicación inalámbrica desde donde se genere alertas hacia el nodo coordinador y además llevar un registro en una base de datos establecida en otro nodo de comunicación en donde se llevará la supervisión y registro de las diferentes unidades que pueden conformar en el prototipo de red inalámbrica.

Esta investigación está alineada con los objetivos 1, 3, 10 del El Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017 en donde literalmente dicen:

*Objetivo 1: Consolidar el Estado democrático y la construcción del poder popular*

*Que en la política 1.2 dice: Garantizar la prestación de servicios públicos de calidad con calidez.*

*Objetivo 3: Mejorar la calidad de vida de la población.*

*Que en la política 3.8 dice: Propiciar condiciones adecuadas para el acceso a un hábitat seguro e incluyente*

*Objetivo 10: Impulsar la transformación de la matriz productiva.*

*Que en la política 10.2 dice: Promover la intensidad tecnológica en la producción primaria, de bienes intermedios y finales.*

*Y en la política 10.3 dice: Diversificar y generar mayor valor agregado en los sectores prioritarios que proveen servicios (Plan Nacional del Buen Vivir, 2013).*

## **JUSTIFICACIÓN APLICATIVA**

La investigación busca desarrollar un prototipo el cual permitirá ofrecer una herramienta que sirva de ayuda para que los establecimientos turísticos estén preparados para atender emergencias y ofrecer la seguridad al visitante, ya que se han registrado 463 personas desaparecidas y 231 personas extraviadas entre abril 2014 a febrero 2015 en la Provincia de Chimborazo (GADPCH, 2015) y se prevé que se incrementará en un 6% la llegada de turistas hacia América de Sur, siendo 1.900.259 que llegan a Ecuador para practicar Ecoturismo-Turismo de Naturaleza (MINTUR, 2007).

Este proyecto se basa en la construcción de un prototipo que supervisará la ubicación de turistas, siendo este el Nodo Sensor, compuesto por: un módulo de georreferenciación y el módulo de comunicación, el Nodo Router es el nodo que trasmite la información hacia el Nodo Coordinador el cual envía la información recibida a un ordenador para almacenarlas en una base de datos, donde el administrador enviará esta información al guardaparques, policía, o familiares.



## **OBJETIVO GENERAL**

Construir Un Prototipo De Red Inalámbrica De Supervisión De Ubicación Y Generación De Alertas Para Turistas En Un Área De La Reserva De Producción Faunística Chimborazo.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Investigar la situación actual de casos de desapariciones o extravíos en la Reserva De Producción de Fauna Chimborazo
- Analizar los requerimientos que debe cumplir el prototipo para la transmisión de alertas y georreferenciación en un área de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.
- Diseñar la red inalámbrica en base a las características que se requiere para la georreferenciación y generación de alertas.
- Seleccionar los elementos electrónicos adecuados para el montaje del prototipo de georreferenciación y transmisión de alertas.
- Verificar si el prototipo implementado cumple con los requerimientos establecidos al inicio de esta investigación.

El presente trabajo de titulación consta de tres capítulos. El primer capítulo denominado marco referencial se trata temas relacionados con los casos de desapariciones, extravíos y accidentes en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, sistema de posicionamiento global, tecnologías de comunicación inalámbrica, tarjetas de desarrollo, investigaciones realizadas. En el segundo capítulo se aborda los requerimientos *hardware* y *software* del sistema, diseño de cada nodo: sensor, router, coordinador, así como también el almacenamiento de la información. El tercer capítulo se dedica a la validación del sistema y análisis de resultados, se incluye un análisis de costos. En las conclusiones se agrupa un resumen de resultados alcanzados dentro de la investigación y para culminar en las recomendaciones se plantea objetivos que podrían implementarse en el futuro para la mejora del prototipo actual.

# CAPÍTULO I

## 1 MARCO REFERENCIAL

En este capítulo se investiga los casos de desapariciones, extravíos y accidentes en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo (RPFCH), sistema de posicionamiento global, tecnologías de comunicación inalámbrica y sus características, e investigaciones realizadas.

### 1.1 Reserva de Producción de Fauna Chimborazo (RPFCH)

El Nevado Chimborazo cuenta con la ruta de 10,1 Km desde el Centro de Servicios Turísticos el Arenal hasta los refugios de alta montaña Carrel a 4845 m.s.n.m. y Whymper a 5042 m.s.n.m. con un recorrido de 3 a 4 horas. Las actividades que se realizan son: senderismo de media montaña, fotografía, observación de flora y fauna entre otras. Las condiciones climáticas son de páramo seco con temperaturas entre 0° y 2° C. Se recibe un promedio de 300 visitantes diariamente en grupos entre 5 a 10 personas (MAE, 2017).

En la *Figura 1-1* se muestra una ruta con elevación de 673 metros y una inclinación promedio de 8°.



**Figura 1-1** Perfil de elevación ruta hacia los refugios

Fuente: Airbus-CNES-DigitalGlobe-Google-2018

### **1.1.1 Casos de desapariciones en la RPFCH**

Según la información proporcionada por la Matriz de Accidentes o Muertes Reserva de Producción de Fauna Chimborazo desde mayo 2014 hasta diciembre 2016, se han presentado un total de 5 personas accidentadas e igual número de muertes, y varios desaparecidos de los cuales:

- Cinco personas fallecieron entre los meses de agosto, noviembre del 2015 y el mes de noviembre 2016.
- Cinco personas con heridas de gravedad en los meses de agosto, septiembre del 2015 y en los meses de enero, noviembre y diciembre 2016.
- Varios turistas extranjeros se perdieron sin ningún incidente de gravedad en mayo del 2014, dando el mayor índice de accidentes y fallecimientos en el año 2015 y 2016.

Como medida de solución se ha determinado por los guardaparques que los turistas sin estar con el acompañamiento de un guía no deben sobrepasar el refugio Whympner ubicado a 5042 m.s.n.m. O como máximo a 5100 m.s.n.m. que es la altura a la que se encuentra la laguna Cóndor Cocha, pero esto no resultó.

Según el estudio Cinemática del senderismo realizado en el año 2012 la velocidad promedio de una persona en ascenso de montaña es 0.9m/s y en descenso es 2.4m/s en condiciones normales si esta velocidad es menor a 0.9m/s puede indicar que la persona puede haber sufrido un percance o accidente por lo que es importante supervisar su velocidad mientras realiza su recorrido (Carrillo, Julio; Gómez, Marco, 2012).

En base a los antecedentes se establece que los rescates en Reservas Naturales, toman tiempos extensos como el caso del niño de 15 años que murió ahogado en el lago Patococha a 15 minutos al Sur de Ambato, su búsqueda se dio 15 horas después de que suceda la tragedia (El Telégrafo, 2017). Por lo que se determina que la alerta debe llegar en un tiempo corto de comunicación en la RPFCH.

## **1.2 Tarjetas de desarrollo**

Son comúnmente usadas para la programación de microcontroladores definiendo comandos que permiten cumplir y ejecutar órdenes lógicas programadas requeridas por los diferentes usuarios, según las especificaciones existen diferentes tarjetas de desarrollo (Electrónica, 2017), entre las cuales se tiene:

**ARDUINO:** Permiten desarrollar objetos interactivos electrónicos de forma eficaz y económica, además, se los puede programar con diferente *software*, existen diferentes arduinos los cuales son: Arduino Uno Rev3, Arduino Mega 2560, Arduino Mini, Arduino Nano, etc.

**RASPBERRY PI:** Son ordenadores colocados en una placa pequeña de un costo bajo y compacto permitiendo estimular el aprendizaje de la computación, basados en chips ARM, entre los tipos de Raspberry se tiene: Raspberry Pi B+, Raspberry Pi GPIO a Puerto Serie, etc.

**FPGA:** Son dispositivos lógicos de silicio programables a nivel físico, incluyen en sus especificaciones los tiempos que tardan en ejecutar las diferentes instrucciones indicando el número de microinstrucciones que faltarían para el proceso en ejecución, entre ellos están: FPGA- Papilio One 500K, FPGA – Papilio Pro.

### 1.2.1 Comparativa entre tarjetas de desarrollo

Se realiza la comparación entre las tarjetas de desarrollo aplicables a este proyecto como se muestra en la *Tabla 1-1*.

**Tabla 1-1** Comparación de tarjetas de desarrollo

Parámetros	Arduino	FPGA	Raspberry Pi
Voltaje de alimentación	5-12 V	1.2 – 5 V	5 V
Memoria RAM	2 KB- 512 KB	75 Kb – 1355 Kb	256 Mb- 1 GB
Terminales E/S	14 terminales (6 son PWM)	132-540 terminales	26- 40 terminales GPIO
Capacidad de almacenamiento	32 KB a 16 MB	8 bloques de 16 Mb	Hasta 32 GB con memoria SD
Costo	Bajo	Alto	Medio

**Realizado por:** ROBALINO, Viviana, TAMAYO Alexis, 2018

En base a la *Tabla 1-1* se selecciona Arduino ya que ofrece las prestaciones necesarias como capacidad de almacenamiento de 32 KB a 16 MB, el consumo de energía es bajo, y memoria RAM suficiente para ejecutar un programa pequeño, su costo es bajo.

### 1.3 Sistemas de posicionamiento Global.

Fue creado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos en la División Sistema Espacial con fines militares para la obtención de las coordenadas espaciales de puntos respecto a un sistema de referencia mundial, dichos puntos pueden estar en movimiento o estáticos y la determinación de su posición se puede realizar las 24 horas del día (Eduardo Huerta, 2005). El GPS se constituye por tres segmentos los cuales son:

**SEGMENTO ESPACIAL:** Está conformado por 24 satélites que forman una constelación, estos orbitan la tierra en 11 horas 58 minutos oficialmente y transmiten la posición y hora de cada satélite, se ubican en 6 órbitas planas casi circulares con 4 satélites en cada órbita, y con una inclinación de  $55^\circ$  respecto al plano Ecuador. En cualquier punto de la tierra se dispone de 5 a 11 satélites observables y el tiempo de observación de un mismo satélite es de hasta 4 horas 15 minutos, los satélites cuentan con relojes atómicos de cesio que permiten obtener mediciones de tiempo muy precisas. Los satélites emiten en la banda L dos ondas portadoras de 1000Mhz a 3000Mhz (Eduardo Huerta, 2005). Las dos portadoras contienen el mensaje de navegación entre las bandas L se tiene:

- L1 es modulada por (C/A y P), se adiciona el código M para uso exclusivo militar (Eduardo Huerta, 2005).
- L2 solo es modulada por P, y se adiciona el código M para uso exclusivo militar, en el año 2000 el Departamento de Defensa de Estados Unidos dio un comunicado oficial sobre la modernización del sistema en su primera fase se realizara la incorporación del código C/A L2 para mejorar el servicio para la comunidad civil (Eduardo Huerta, 2005).
- En la siguiente fase estará la nueva portadora L5 a 1176 MHz, con un nuevo tipo de modulación que tendrá una aplicación muy importante en la navegación aérea como en otras áreas, en donde se necesite posicionamiento instantáneo de precisión (Eduardo Huerta, 2005).

El código C/A significa código de Adquisición Común que se usa para medir las distancias entre satélites y receptor, de uso libre no militar, y el código P exclusivo para uso militar (Eduardo Huerta, 2005).

**SEGMENTO DE CONTROL:** Conformado por una estación maestra MCS por sus siglas en inglés (Master Control Station), varias estaciones de monitoreo MS por sus siglas en inglés (Monitor Station) y antenas terrestres GA por sus siglas en inglés (Ground Antennas), se encargan de determinar la órbita apropiada y de sincronizar los relojes del satélite con el tiempo GPS. Las estaciones de monitoreo están precisamente ubicadas y poseen receptores GPS que

trabajan a la frecuencia de L1 y L2, poseen un reloj de cesio, su función es determinar las distancias a todos los satélites, obtener los datos meteorológicos y enviar la información a la estación de control maestra (Eduardo Huerta, 2005).

**SEGMENTO DE USUARIO:** Constituido por los elementos necesarios para receptar y procesar la señal recibida de los satélites, estos elementos son: una antena y un receptor. El receptor posee al menos 4 canales lo que le permite recibir la señal de cuatro satélites para determinar las tres dimensiones X, Y, Z (Posición) y la hora (Eduardo Huerta, 2005).

### **1.3.1 Funcionamiento**

El GPS obtiene la información localizando automáticamente al menos tres satélites de una red de 24 satélites que conforman la constelación a 20 200 km de altura, de estos satélites el receptor recibe señales de identificación y la hora de reloj con lo que sincroniza el reloj GPS y calcula el tiempo en que tardan en llegar las señales de los demás satélites, mide la distancia al satélite con el método de trilateración inversa que consiste en determinar la distancia de cada satélite al punto de medición. Existen tres tipos de receptores mono canal, multicanal y multiplexados (Eduardo Huerta, 2005).

#### **Fuentes de error**

**SA (Disponibilidad Selectiva):** Es un mecanismo por el cual se degrada la precisión de la ubicación, causando un error menor a 100 metros deliberadamente, esto ya fue eliminado pero en 1994 fue considerado como la principal causa de error.

**Efemérides y reloj de satélite:** No es demasiado significativo proporciona un error de entre 1 a 5 metros, se mejora usando las coordenadas de los satélites calculadas con mayor precisión.

**Influencia de la atmosfera:** Esta fuente de error es más significativa dando errores menores de 100 metros, se mejora usando métodos para su eliminación.

**Multicamino:** Se produce al tener reflexiones de la señal en superficies reflectantes, se mejora evitando permanecer cerca de superficies reflectantes.

Para mejorar la precisión es importante obtener las observaciones por un cierto tiempo lo que permitirá al dispositivo GPS calcular el factor de dilución conocido como DOP (dissolution of precision), tenemos el HDOP para la medida de dilución de precisión horizontal, VDOP para la medida de dilución de precisión vertical y PDOP para la medida de dilución de precisión tridimensional, cabe destacar que el error VDOP es generalmente mayor a HDOP ya que

teniendo la tierra de por medio, solo se puede obtener los datos de los satélites que están encima de nosotros (Eduardo Huerta, 2005).

### 1.3.2 Comparación Módulos GPS NEO 6 Series

En la *Tabla 2-1*, se detallan las características que tiene cada uno de los módulos GPS dentro de la familia NEO 6 Series (Ublox, 2011).

**Tabla 2-1** Comparación de módulos GPS NEO-6

Parámetros	NEO-6G	NEO-6Q	NEO-6M
Tipo de Receptor	50 canales, C/A code, SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS		
Oscilador	TCXO	TCXO	Cristal
Zona Global	Si	Si	Si
Suministro mínimo (V)	1.75	2,70	3.5
Suministro máximo (V)	2.0	3.6	5
Temperatura máxima (°C)	85	85	85
Temperatura mínima (°C)	-40	-40	-40
Baud rate	9600	9600	9600
Sensibilidad de seguimiento y navegación	-162 dBm	-162 dBm	-161 dBm
Arranque en frío (sin ayuda)	-148 dBm	-148 dBm	-147 dBm
Arranque en caliente	-157 dBm	-157 dBm	-156 dBm
Máxima altura medible (m)	50000	50000	18000
Máxima velocidad	500m/s	500m/s	515 m/s
Exactitud	30 ns	30 ns	1 ms
Ganancia mínima de antena	15 dB (para compensar la pérdida de señal en el cable RF)		
Ganancia máxima	50 dB		
Frecuencia receptora	L1 (1575.42 MHz)	L1 (1575.42 MHz)	L1 (1575.42 MHz)

Error	2,5 m	2,5 m	2,5 m
-------	-------	-------	-------

**Realizado por:** ROBALINO, Viviana, TAMAYO Alexis, 2018

En base a la *Tabla 2-1* se seleccionó el módulo 6M para la utilización en el prototipo WGP debido a que trabaja con voltajes normalmente usados en proyectos electrónicos por lo que no requiere de una fuente de alimentación secundaria, el nivel de error de 2,5 metros siendo un valor aceptable para la aplicación y trabaja a una altura máxima de 18.000 metros en comparación con los demás que pueden tener aplicaciones para drones con alturas máximas de 50.000 metros.

## 1.4 Redes de comunicaciones

Son un conjunto de medios técnicos que permiten la comunicación a distancia entre equipos conectados por medios guiados o no guiados, o cualquier otro medio de transmisión de datos (Radioculturalibre, 2009). Las redes informáticas se clasifican:

### 1.4.1 Según el medio de transmisión

Son redes que tienen una división dependiendo de la forma de transmisión de la información (CommentCaMarche, 2008).

**Red Alámbrica:** Estas redes mantienen una comunicación a través de un medio guiado como es el cable de red.

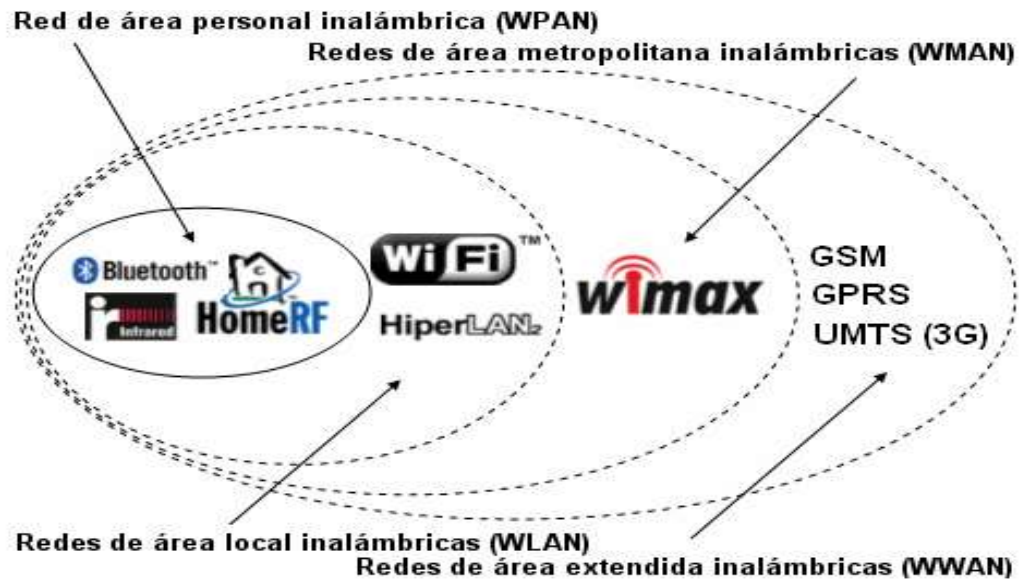
**Red Inalámbrica:** La red inalámbrica se deriva según el medio físico de red, debido a que mantiene una comunicación entre dispositivos remotos mediante enlaces de ondas electromagnéticas logrando así el intercambio de información con los dispositivos remotos conectados a la red ya sea a pocos metros o varios kilómetros, sin la necesidad de que esté conectado a algún tipo de cable.

**Red Mixta:** Este tipo de red es una mezcla de la alámbrica e inalámbrica ya que se comunican a través de cables o por ondas electromagnéticas, etc.



### 1.4.2 Categorías de las redes inalámbricas.

Como se aprecia en la *Figura 2-1* estas se clasifican en cuatro, las cuales se detallan a continuación:



**Figura 2-1** Clasificación de las Redes Inalámbricas

Fuente: <http://es.ccm.net/contents/818-redes-inalambricas>

**Redes de Área Personal Inalámbrica (WPAN):** Tiene un área de cobertura de menor a 10 metros conectando generalmente dispositivos periféricos como son los móviles, impresoras, etc. Estas redes se basan generalmente en la tecnología bluetooth, seguida por el ZigBee

**Redes de Área Local Inalámbrica (WLAN):** Esta red tiene una cobertura de entre 10 y los 150 metros cubriendo así un área local como una empresa, basándose así en el WiFi.

**Redes de Área Metropolitana Inalámbrica (WMAN):** Estas redes son muy útiles para empresas de telecomunicaciones ya que tienen una cobertura de menor a los 50 km, su mejor tecnología es la WiMax.

**Redes de Área Extendida Inalámbrica (WWAN):** Este tipo de red ofrece mayor alcance o cobertura de todas las redes inalámbricas, por esto es necesario utilizar torres de antenas colocados en sitios estratégicos y que tengan una elevación pronunciada logrando así la comunicación con los celulares mediante las microondas u ondas de radio, esta red inalámbrica tiene una cobertura de entre los 50 km y 150 km (CommentCaMarche, 2008). Se la clasifica en tres tipos de sistemas:

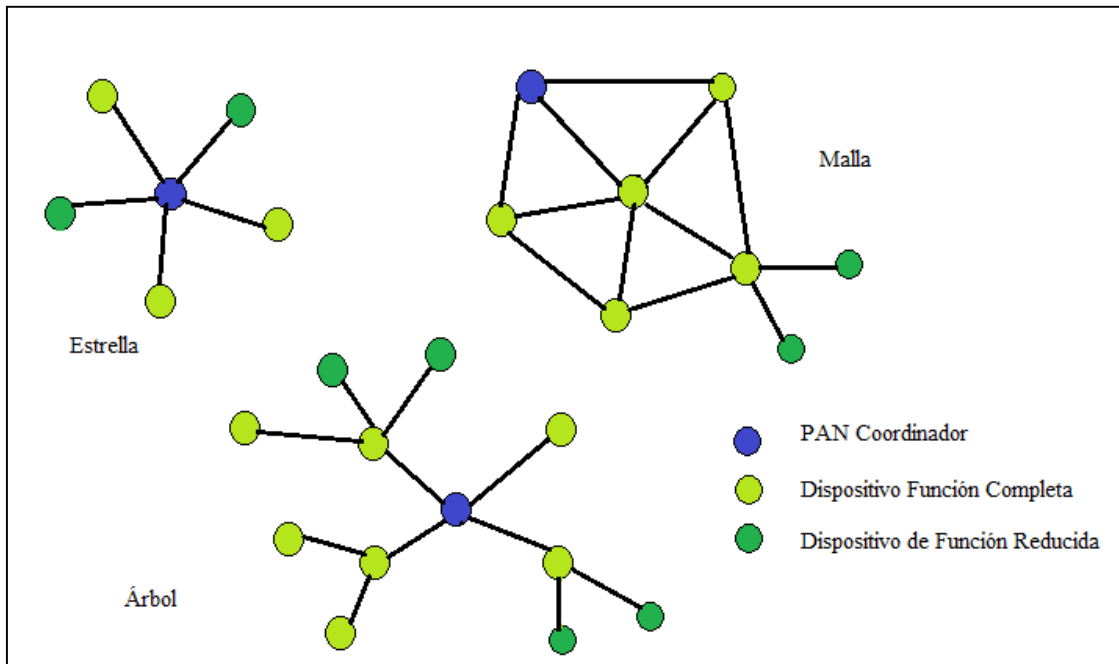
- Sistema Global para las comunicaciones Móviles (GSM)
- Servicio general de paquetes vía radio (GPRS)
- Sistema universal de Telecomunicaciones móviles (UMTS).
- Redes de satélites.

### **1.4.3 Red de Sensores Inalámbricos**

Una WSN por sus siglas en inglés (Wireless Sensor Network), se basa en la comunicación entre nodos de bajo consumo energético que obtienen información de su entorno y lo transmiten hacia un nodo central de coordinación. Los dispositivos están conformados por un microcontrolador, una fuente de energía, un radio-transceptor RF por sus siglas en inglés (Radio Frequency) y algún elemento sensor, lo que lo hace un dispositivo autónomo (ZigBee-Alliance, 2018).

#### **1.4.3.1 ZigBee**

Es una tecnología inalámbrica de baja capacidad que puede alcanzar tasas de 20 a 250 Kbps, su objetivo es obtener un bajo consumo de energía. Opera en las bandas libres de 2.4GHz, 858Mhz para Europa y 915Mhz para Estados Unidos. Trabaja sobre el estándar IEEE 802.15.4, en el control de acceso al medio se usa CSMA/CA por sus siglas en inglés (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) y para aplicaciones de baja latencia se usa TDMA por sus siglas en inglés (Time Division Multiple Access). Puede contener en una red ZigBee hasta 254 nodos y hasta 255 conjuntos de nodos con un total de 64770 nodos, pudiendo usar diferentes topologías como en estrella, malla, árbol (ZigBee-Alliance, 2018). En la *Figura 3-1* se puede apreciar las topologías de ZigBee.



**Figura 3-1** Topologías en ZigBee.

Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018

#### 1.4.3.2 Dispositivos ZigBee.

Una ventaja de ZigBee es la disponibilidad, ante la caída de un nodo en una red tipo malla la red busca el camino alternativo para los mensajes lo que permite que la red permanezca operativa, abarca una amplia área de cobertura ya que permite un enrutamiento de saltos múltiples. Existen tres tipos de dispositivos:

##### Coordinador

- Solo existe uno por red.
- Inicia la formación de la red.

##### Router

- Se asocia con el coordinador o con otro router.
- Puede actuar como coordinador.
- Es el encargado de los saltos múltiples de los mensajes.

##### Dispositivo final

- Elemento básico de la red.
- No realiza tareas de enrutamiento.

Puede usar la encriptación AES de 128 bits, que permite la autenticación y encriptación en las comunicaciones, además de un mecanismo de la red que se llama Trust Center que utiliza dos tipos de claves, clave de enlace y clave de red (ZigBee-Alliance, 2018). Usan las bandas ISM por sus siglas en inglés (Instrumental, Scientific and Medical radio bands), 902-928 MHz para América, 868-870 MHz para Europa, y 2,4Ghz Universalmente. Los estándares más utilizados son: IEEE 802.15.4 (ZigBee), IEEE 802.11b (WiFi), IEEE 802.15.1 (Bluetooth) en la *Tabla 3-1*, se muestra la comparativa entre estas tecnologías.

#### 1.4.3.3 Comparativa de Tipos de XBee

En la *Tabla 3-1* se resumen los XBee tipo malla, punto a multipunto, y punto a punto en donde se muestra las frecuencias a las que opera diferentes XBee dependiendo de la región en el caso de Ecuador opera dentro de 902 MHz (Digi Internacional, 2014).

**Tabla 3-1** Comparación tecnologías ZigBee, WiFi y Bluetooth

Parámetros	WiFi (IEEE 802.11 g)	Bluetooth (IEEE 802.15.1)	ZigBee (IEEE 802.15.4)	ZigBee	DigiMesh 2.4	DigiMesh 900
Topología	Punto-multipunto	Punto-Multipunto	Mesh	Mesh	Mesh	Mesh
Alcance	10 m	100 m	90/1600 m	120/ 3200 m	90/1600 m	4/14 Km
Data Rate	1 Mbps	54 Mbps	250 Kbps	250 Kbps	250 Kbps	200/ 10 Kbps
Nodos	8	2007	64000	64000	500	500
Payload	2700	2400	127	104	250	250

Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018

En base a la *Tabla 3-1* se analizó que DigiMesh 900 es la más adecuada para el prototipo WGP por su alcance de 4 a 14 Km y su tasa de transferencia de datos de 200 a 10 Kbps (Digi Internacional, 2014). En la *Figura 4-1*, se muestra la trama de datos DigiMesh y cada uno de los campos que la compone.

Frame Fields		Offset	Example	Description	
Start Delimiter		0	0x7E		
	Length	MSB 1	0x00	Number of bytes between the length and the checksum	
		LSB 2	0x16		
Frame-specific Data	Frame Type	3	0x10		
	Frame ID	4	0x01	Identifies this command for correlation to a later response frame (0x8B) to this command. If set to 0, no response frame will be sent.	
		MSB 5	0x00		
	64-bit Destination Address	6	0x13	Set to the 64-bit address of the destination device. The following address is also supported: 0x000000000000FFFF - Broadcast address	
		7	0xA2		
		8	0x00		
		9	0x40		
		10	0x0A		
		11	0x01		
		LSB 12	0x27		
	Reserved	13	0xFF	Set to 0xFFFE.	
		14	0xFE		
	Broadcast Radius	15	0x00	Sets maximum number of hops a broadcast transmission can occur. If set to 0, the broadcast radius will be set to the maximum hops value.	
	Transmit Options	16	0x00	If the Transmit Options Bitfield is 0, then the TO parameter will be used. Bitfield: bit 0: Disable ACK bit 1: Disable Route Discovery bit 2: Enable Unicast NACK messages. bit 3: Enable Unicast Trace Route messages. bits 6,7: b'01 - Point-Multipoint b'10 - Repeater mode (directed broadcast) b'11 - DigiMesh (not available on 10k product) All other bits must be set to 0.	
					17
18					0x78
19					0x44
20					0x61
21					0x74
22					0x61
23					0x30
RF Data	24	0x41	Data that is sent to the destination device		
	25	0x13			
Checksum		25	0x13	0xFF - the 8 bit sum of bytes from offset 3 to this byte.	

**Figura 4-1** Trama de datos DigiMesh  
Fuente: (Digi Internacional, 2014)

#### 1.4.3.4 Modelo de propagación para la red ZigBee

Para determinar el comportamiento de la propagación de las señales es importante determinar el modelo de propagación que dependerá del tipo de terreno, frecuencia de operación, densidad de vegetación, difracciones por la presencia de obstáculos para lo cual se analizaron los siguientes modelos.

##### *Modelo de Weissberger*

Se aplica en entornos en donde el trayecto de línea de vista de la onda este obstaculizado por un conjunto de árboles, en donde sea más probable la propagación de la señal a través de los árboles, en distancias menores a 400 metros se aplica factores de corrección, otro parámetro es la

temporada del año, si los árboles tienen hojas se presenta un valor de 3 a 5 dB de pérdidas. (Teuta, y otros, 2018)

#### *Modelo de Lee*

Tiene como objetivo pronosticar la potencia recibida en una zona determinada, este modelo se puede emplear en entornos naturales como terrenos planos, montañosos, sobre agua, y de espeso follaje y en entornos naturales en áreas urbanas, suburbanas, abiertas, y con edificios.

La zona de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo es un área de terreno montañoso pero no tiene espeso follaje. (Camacho, y otros, 2007)

#### *Modelo Longley-Rice*

Es utilizado para pronosticar la atenuación de las señales en un rango de frecuencias de entre 20MHz a 20GHz creado por los científicos Anita Longley y Phil Rice, el modelo presenta una generalización de la potencia de la señal recibida sin una caracterización detallada del canal, por lo que usa recursos estadísticos para compensar la caracterización del canal, que dependen del entorno (Bustamante, 2007). La atenuación de referencia es definida en función de la distancia, la difracción y la dispersión, y además consideran la topografía que se define como parámetro de irregularidad del terreno. (Bustamante, 2007). En la *Tabla 4-1* se muestra la comparación de modelos de Propagación para ZigBee.

**Tabla 4-1** Comparación modelos de Propagación para ZigBee

Parámetros	Modelo de Lee	Modelo Longley-Rice	Weissberger
Cálculo de Pérdidas	Establece una pérdida de 20dB	Depende del terreno, la distancia, la difracción y la dispersión	En base a la frecuencia, altura de los árboles y densidad de hojas.
Distancia máxima de cálculo	-	2000m	-
Frecuencia de operación	-	20MHz-20GHz	UHF
Características del Área Forestal	Montañoso con follaje espeso	Montañoso, terreno irregular	Área con árboles y alta densidad de hojas

**Realizado por:** ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018

En base a la *Tabla 4-1* se determina la utilización del modelo Longley- Rice debido a que la atenuación depende de las irregularidades del terreno y además toma en cuenta los factores de difracción y dispersión, su frecuencia de trabajo es de 20 MHz a 20 GHz.

Para el cálculo de las pérdidas por espacio libre se aplica el modelo de Friss (Soriano, 2018) en base a la frecuencia en MHz y la distancia en Km:

$$1. L_0(dB) = 32,4 + 20 \log_{10}(Frecuencia (MHz)) + 20 \log_{10}(d (Km))$$

El cálculo total de pérdidas del enlace se obtiene sumando las pérdidas por espacio libre, con las pérdidas de conector y cable (Soriano, 2018).

$$2. L_{total}(dB) = L_0(dB) + L_c(dB) + L_{cable}(dB)$$

Dónde:

$L_0$ = Pérdidas por espacio libre (dB)

$L_c$ = Pérdidas por conector (dB)

$L_{cable}$ =Pérdidas por cable (dB)

El cálculo de la potencia recibida se obtiene en base a las características del módulo de transmisión (Soriano, 2018).

$$3. P_{Rx} = P_{Tx} + G_{Tx} + G_{Rx} - L_{Total}$$

Donde:

$P_{Rx}$ =Potencia de recepción

$P_{Tx}$ =Potencia de transmisión

$G_{Tx}$ =Ganancia de transmisión

$G_{Rx}$ =Ganancia de recepción

$L_{Total}$ =Pérdida total del enlace

## 1.5 Base de datos

Son un banco de datos en donde se almacena un conjunto de información para luego ser utilizados, se encuentran en formato digital. En este ámbito existen también los gestores de base de datos SGBD, en donde se puede acceder a la información de forma rápida y estructurada, las aplicaciones que se creen con la base de datos deben de ser robustas portables y de una forma que sea sencilla para su mantenimiento (Josefina, 2011).

Las características que debe tener una base de datos son: crear, leer, actualizar y borrar. La información almacenada debe ser correcta para poder validarla y en caso de fallo corregirla, además para que el sistema sea efectivo la información debe ser consistente, tener aislamiento esto se refiere a que una persona tenga acceso a los datos almacenados, la información debe ser durable, persistente que no varíe ni se borre por sí misma y extensible (Josefina, 2011).

#### 1.5.1.1 *Tipos de Base de Datos*

Existen dos tipos de bases de datos las cuales son:

**BASES DE DATOS DINÁMICAS:** Cambian con el tiempo y permiten de esta manera poder actualizar, borrar, adicionar información, así como permitir realizar las consultas (Josefina, 2011).

**BASE DE DATOS ESTÁTICA:** Guardan información histórica, las mismas que son solo de lectura para poder realizar una proyección y hacer el análisis de la misma (Josefina, 2011).

Para el prototipo se seleccionó el tipo de base de datos dinámica ya que permite realizar las actualizaciones, borrar y añadir información, la cual está acorde a los requerimientos del prototipo implantado.

#### 1.5.1.2 *Modelos de Bases de datos*

Es la forma en la que se describen las bases de datos, su almacenamiento y recuperación de la información, dentro de los modelos de base de datos se puede encontrar: bases de datos jerárquicas, transaccionales, orientadas a objetos, relacionales, entre otras. (Josefina, 2011)

Para el prototipo se usa el modelo de base de datos transaccional debido a que su función es la de enviar y recibir los datos a altas velocidades, en este modelo la duplicación de la información y la redundancia no ocasionan problemas.(Josefina, 2011).



### 1.5.1.3 Comparativa de Sistemas Gestores Base de Datos

En la *Tabla 5-1*, se detallan las bases de datos analizadas en donde existen las de *software* gratuito y las de *software* pagado para lo cual se toma en cuenta las especificaciones de cada una de ellas.

**Tabla 5-1** Comparativa entre Sistemas Gestores de Base de Datos

Parámetros	SQL Server	Oracle Database	MySQL	Access
Características	Actualización de manera inmediata, escalabilidad, trabaja en modo cliente servidor, seguridad, licencia comercial, con una edición Express gratuita.	Arquitectura cliente servidor, compatibilidad, estabilidad, eficiencia, orientado a objetos, soporta la mayoría de lenguajes de programación, licencia comercial, única edición gratuita es la Express Edition	Flexible, seguro, funciona en amplio rango de compiladores, escrito en C y C++, código abierto, gran portabilidad entre sistemas, soporta gran cantidad de datos en las columnas, licencia dual licencia pública/ licencia comercial	Fácil acceso a consultas, bases de datos relacional, gráfico, facilidad de administración de datos, uso de asistentes y macros, se referencia con otros programas como VB6 y .NET, facilidad de exportación e importación de datos ya sea a SQL Server, Oracle, Paradox, Fox Pro, licencia gratuita.
Plataformas aceptadas	Windows	Windows, Linux, Unix, MAC OS X	SOLARIS, Windows, GNU/Linux, FreeBSD, OPEN BSD, etc.	Windows

Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018

En base a la *Tabla 5-1* se selecciona MySQL debido a que es soportada por múltiples plataformas, ofrece mayor confiabilidad, es de código abierto y licencia gratuita.

## 1.6 Sistemas existentes para localización de personas

Existen diferentes sistemas tanto comerciales como investigaciones desarrolladas para la localización de personas entre los más importantes se tiene:

### 1.6.1 *Sistemas Comerciales para localización*

Consisten en dar la ubicación de la persona y generar alertas, su uso es por medio de la telefonía móvil mediante aplicaciones (apps), el uso de un teléfono convencional o señales de radio. Entre los dispositivos más importantes se tiene tele asistencia fija, tele asistencia móvil RDFI, tele asistencia por IR, tele asistencia móvil por GSM/GPRS sin GPS, localización asistida en entornos abiertos aplicaciones (apps) móviles. En la *Figura 5-1* se muestran los dispositivos comerciales existentes:



**Figura 5-1** Sistemas Comerciales para Localización  
Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018

A continuación se detalla cada dispositivo mostrado en la *Figura 5-1*.

**TREX HOME:** Este sistema alerta vía radio, según el grado de demencia o discapacidad del usuario se lo ubica en determinadas zonas del domicilio, y da a conocer si existe alguna fuga de gas, algún tipo de inseguridad en la noche por medio de sensores, los mismos que generan una alerta al dispositivo TREX cuando existe algún incidente para de esta forma el familiar o cuidador se entere sobre lo sucedido y el lugar donde está la persona. (Ruiz, 2013)

**SMARTCOM:** Este dispositivo funciona por medio de mensajería a través de GPRS, el mismo que no cuenta con GPS. El usuario final persona con discapacidad auditiva, utiliza el dispositivo por medio de una pantalla táctil la misma que le permite pulsar un botón y llamar a un centro de ayuda en donde se procede a realizar una serie de preguntas, para verificar su correcta ejecución se alerta por medio de vibraciones al usuario. Además permite seleccionar el tipo de alerta si es de una caída, también tiene información sobre la vida diaria de la persona con recordatorios para la visita al médico, así como también si necesita compañía. (Ruiz, 2013)

**GPS GREEN KIT:** Es un dispositivo GPS al cual se le inserta una tarjeta SIM, de manera que al momento de que se reciba una llamada este dispositivo la anula y funciona como un dispositivo GPS el cual da las coordenadas enviándolas por medio de mensaje de texto al número que llamó. El mensaje se envía a cualquier tipo de teléfono celular, si no cuenta con la señal de GPS puede hacer una llamada celular en caso de emergencia, es útil para personas mayores, niños y personas con algún tipo de discapacidad. (Ruiz, 2013)

**ACCESIBILITY:** Aplicación para personas con discapacidad, sirve para encontrar lugares de aparcamientos, hospitales, unidades de transporte, dando a la persona mayor seguridad, cuenta con cuatro modos de visualización ya sea por radar, mapa, por medio de listas, guiado, permitiendo ubicar al usuario por medio de geolocalización a los lugares de interés y a diferentes servicios. (Ruiz, 2013)

**SEÑAL DE VIDA:** Aplicación móvil para la ubicación de personas, en el cual permite al usuario ingresar 10 contactos con la ubicación precisa con el uso del GPS, el internet y señal telefónica. Informa de la ubicación 6 minutos antes de que se haya perdido comunicación, esta aplicación es útil en caso de sismos, catástrofes ambientales, en donde se alertará a el grupo de contactos sobre la ubicación de la persona el sistema de geolocalización estará vigente por un lapso de 24 horas, su información es encriptada y segura para la privacidad de los usuarios. (Correo, 2016)

**LOLA GPS:** El dispositivo es capaz de dar la localización GPS y generar alertas este sistema está orientado a personas con Alzheimer, niños, jóvenes y personas con discapacidades, el mismo envía constantemente los datos de la ubicación de la persona por medio de internet a la nube así como también enviar SMS (mensajes de texto), cuenta con GPRS, consta de un botón de pánico en caso de caída o pérdida de la conciencia y funciona solo en lugar en donde existe cobertura de la red celular. (Ecuavisa, 2014)

Los sistemas detallados en su mayoría son para personas con discapacidades, para niños y personas adultas que necesitan ayuda en el caso de alguna catástrofe o emergencia, estos sistemas funcionan por medio de la señal celular o WiFi por lo que están específicamente diseñados para el entorno urbano, genera costos y requiere estar en un lugar de cobertura celular, determinando de esta forma que no existe un sistema que permita ubicar personas en zonas rurales donde se carece de cobertura celular.

## **1.7 Análisis sistemas de localización realizados en el país**

En Ecuador la localización de personas en casos de extravío, pérdida o accidente es una situación preocupante, ya que no existen dispositivos comerciales que sirvan para enviar una alerta o la ubicación en lugares donde se carece de red celular o internet.

En la RPFCH no se cuenta con un sistema de ayuda para personas en caso de accidente o extravío ya que es una zona donde no se tiene cobertura de red celular como se muestra en el *Anexo A* y no se cuenta con una conexión a internet, esta es una situación que se presenta en las

33 Reservas Ecológicas, y en los 11 Parques Nacionales del país, en donde es indispensable un sistema de ubicación de la personas y generar una alerta en caso de incidente o extravío.

Los sistemas o dispositivos creados en el país, se aplican en entornos urbanos. De las investigaciones realizadas se puede determinar que no existen sistemas comerciales que realizan la localización de las personas, generan alertas, cuando se encuentran fuera del rango de la cobertura celular o fuera de un entorno urbano, por lo tanto se desconoce que existan investigaciones realizadas sobre el tema que se estén realizando o se hayan realizado.

### **1.7.1 *Trabajos realizados en Riobamba sobre sistemas de localización***

En la Provincia de Chimborazo se encuentran sitios de interés turístico los cuales carecen de sistemas que sirvan para la localización de personas y generación de alertas en caso de riesgo. La implementación de un dispositivo para el seguimiento en lugares donde carecen de cobertura celular e internet es muy importante, como es el caso de RPFCH donde los turistas que visitan el lugar no cuentan con un dispositivo capaz de enviar la señal a un guardaparques en caso de emergencia.

Entre los trabajos que se han realizado en la ciudad de Riobamba se encuentra el de un estudio de un sistema de ubicación y localización a través de una red UMTS. (Alexandra, y otros, 2011). Este estudio se basa en la localización de personas, objetos y cosas que estén dentro del área de cobertura de la red celular de tercera generación UMTS, en el cual se realiza solo el estudio y no su implementación, no genera alertas en caso de algún incidente y no crea una base de datos para el registro de las personas, limitando su funcionamiento a un área de cobertura de la red celular.

En el trabajo de titulación realizado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se creó un sistema orientado a personas con discapacidad visual, el enfoque de la investigación es crear una aplicación web que permita llevar registro de las rutas tomadas por personas no videntes, bajo la plataforma Windows phone 8.0. Para lo cual se debe mantener la conexión a internet diaria para acceder al servidor web de Windows Azure, se puede enviar comandos de voz, los cuales solo se podrán enviar teniendo acceso a redes de datos, manteniendo un consumo de energía alto, con lo que se puede decir que está orientado para el entorno urbano (Betancourt, 2015).

En la misma institución, se realizó la implantación de un prototipo de georreferenciación, el cual se basa en el uso de los sistemas GSM y GPS para localizar a personas vulnerables, como

niños, ancianos y discapacitados, el prototipo no genera alertas desde el usuario que lo porta y no se lleva un registro en una base de datos (Alfredo, y otros, 2017).

De los trabajos investigados se concluye que los sistemas deben de estar dentro de la cobertura de red celular o poseer internet, de la investigación realizada se puede determinar que no existe un prototipo similar al tema desarrollado por lo que se procede la implementación del prototipo.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se realiza el diseño del prototipo WGP por sus siglas en inglés (Wireless Georeferencing Prototype), las características técnicas de los componentes que se usan en WGP, los diagramas de bloques de cada nodo, los diagramas de conexión y finalmente se muestra los diagramas de flujo de los nodos que conforman el sistema.

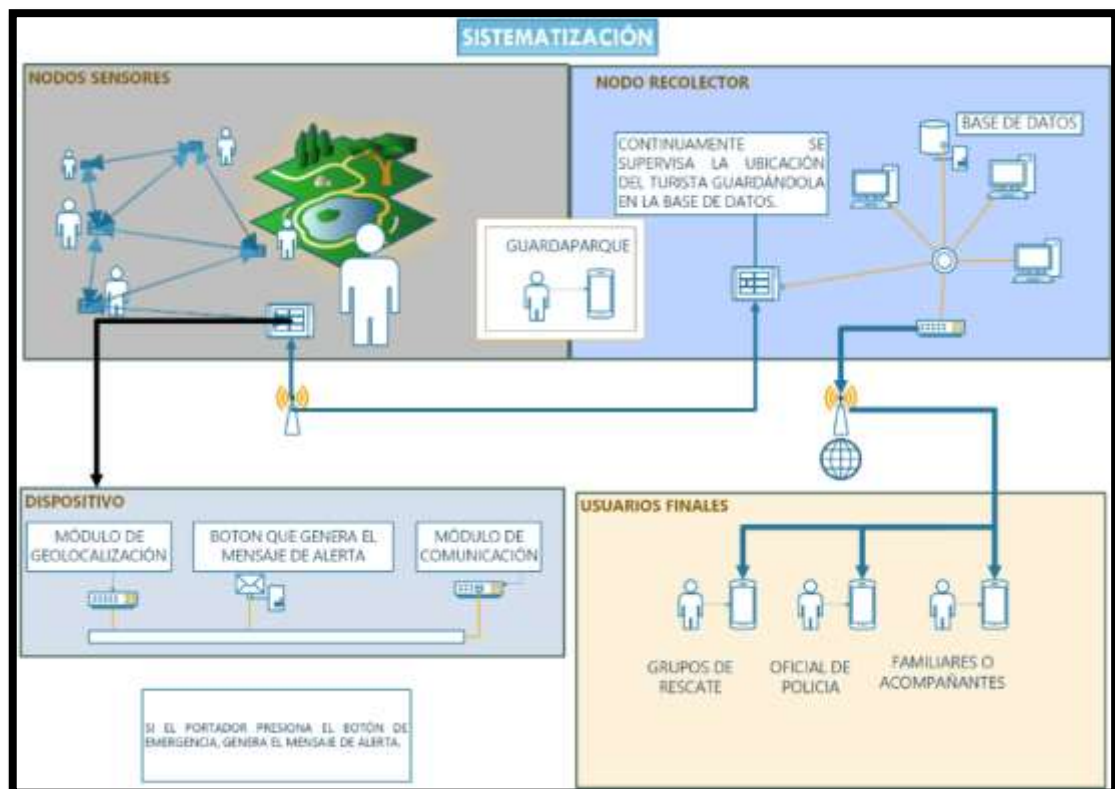
#### 2.1 Requerimientos de WGP

En base al estudio realizado en el primer capítulo se puede definir los requerimientos de diseño de WGP. Los cuales son:

- Censar la ubicación, velocidad y la altura a la que se encuentra el portador del dispositivo.
- Generar una alerta al momento de presionar un botón de auxilio, y al desplazarse a una velocidad menor a 0.9m/s.
- Proveer información en tiempos reducidos al centro de recolección de datos que almacene la información generada por el prototipo de manera local.
- Mostrar la ubicación del prototipo en un mapa georreferenciado, al momento de generarse una alerta debe ser visualizada en el mapa.
- Visualizar los datos obtenidos en hojas de cálculo.
- Construir un prototipo portable de bajo costo.

### 2.1.1 Concepción de la arquitectura general del prototipo.

En la *Figura 1-2* se muestra la arquitectura del prototipo siendo portado por un grupo de turistas, con el cual se enviará un mensaje hacia el centro de recolección de datos, el mensaje de alerta generado por el botón de auxilio será recibido por el administrador en el Nodo Coordinador y lo podrá replicar hacia el usuario final para que pueda tomar las medidas correspondientes, pudiendo ser este el guardaparques, grupo de intervención y rescate, la policía, o sus familiares.



**Figura 1-2** Arquitectura del prototipo  
Realizado Por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018.

El prototipo WGP está conformado por 4 nodos que se detallan a continuación:

**Nodo Sensor:** Su objetivo es obtener la ubicación del portador, la altura sobre el nivel del mar, la velocidad, generar las alertas de velocidad baja, alerta de botón de auxilio y nivel de batería, la alerta de botón se activará si el usuario pulsa el botón auxilio ubicado en el dispositivo y se mantendrá en alerta hasta que el dispositivo sea reiniciado. Cada Nodo Sensor cuenta con una batería alimentada con un panel solar, los datos obtenidos serán identificados por un ID único para diferenciar cada dispositivo, para la transmisión inalámbrica de la información cuentan

módulo XBee. Se creará una trama usando estos datos y se enviarán hacia el Nodo Coordinador utilizando la tecnología de comunicación inalámbrica ZigBee.

**Nodo Router:** Recibe las tramas enviadas por los Nodos Sensores y la enruta hacia el Nodo Coordinador a través del módulo XBee, además mide el nivel de batería de sí mismo y la envía junto con su ID hacia el Nodo Coordinador para que sea almacenada en la base de datos. La cantidad de Nodos Router dependerá de la extensión del terreno que se desea dar cobertura.

**Nodo Coordinador:** Es el encargado de organizar la red, recibe información del Nodo Sensor y está conectada al computador que recibirá los datos a través de un puerto serial.

### **2.1.2 *Diseño de la arquitectura de WGP***

Ya definidos los requerimientos, se muestra el diseño de cada nodo que forma parte del sistema de georreferenciación y generación de alertas para turistas.

#### **2.1.2.1 *Nodo Sensor***

En la *Figura 2-2* se muestra el diagrama de bloques del Nodo Sensor, consta de cuatro bloques: el bloque de alimentación que cuenta con una batería recargable y un panel solar, el bloque de adquisición de datos es el encargado de la lectura de valores entregados por: el sensor GPS, que dará datos de posición, velocidad, altura, y tiempo, el pulsador que generará la alerta de auxilio, haciendo uso de un led se notifica al usuario que el botón ha sido presionado, esta información es enviada hacia el bloque de procesamiento de la información, que cuenta con una tarjeta de desarrollo que posee entradas digitales y analógicas, la medida del nivel de batería se tomará a través de una entrada analógica, el sensor GPS y el botón de auxilio usan entradas digitales, esta información es usada para generar la trama que se envía a través de bloque de transmisión, utilizando la tecnología inalámbrica ZigBee se logra la comunicación entre el Nodo Sensor con el Nodo Coordinador.

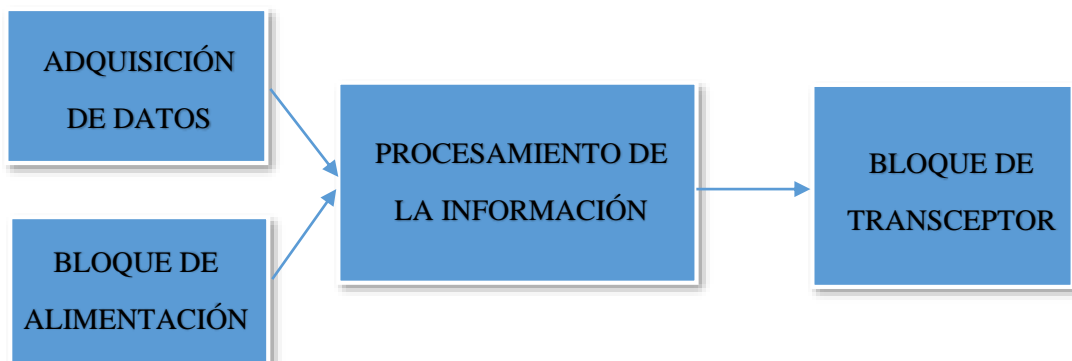




**Figura 2-2** Diagrama de bloques Nodo Sensor WGP  
 Realizado Por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis; 2018.

### 2.1.2.2 *Nodo Router*

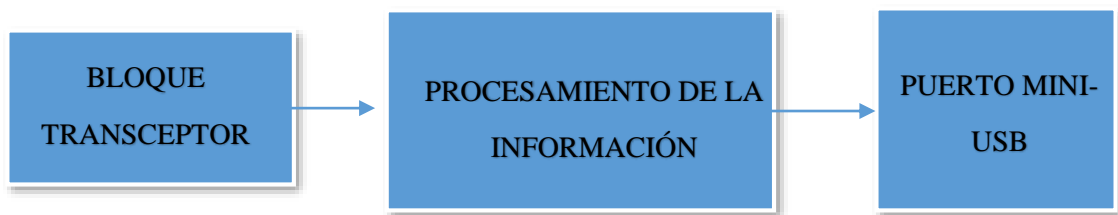
En la *Figura 3-2* se muestra el diagrama de bloques del Nodo Router, consta de cuatro bloques, el bloque de alimentación que cuenta con una batería recargable y un panel solar, el bloque de adquisición de datos es el encargado de la lectura del nivel de batería censado en una entrada digital de la tarjeta de desarrollo, esta información es enviada hacia el bloque de procesamiento de la información, que cuenta con una tarjeta de desarrollo que posee entradas digitales y analógicas, esta información es usada para generar la trama para su envío a través de bloque de transmisión, utilizando la tecnología inalámbrica ZigBee se logra la comunicación entre el Nodo Router con el Nodo Coordinador, además el Nodo Router es el encargado de enrutar las tramas recibidas por el Nodo Sensor hacia el Nodo Coordinador.



**Figura 3-2** Diagrama de bloques del Nodo Router de WGP  
 Realizado Por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis; 2018.

### 2.1.2.3 *Nodo Coordinador*

En la *Figura 4-2* se muestra el diagrama de bloques del Nodo Coordinador, consta de tres bloques, transceptor ZigBee que se encarga de la recolección de datos de todos los Nodos Sensores, y los Nodos Router, transmite la información de control de la red ZigBee determinando las rutas de comunicación, en el bloque de procesamiento de la información se separa la información de RF y se la envía a través del puerto Mini-USB hacia el computador que posee la base de datos en donde se almacenaran todos los datos recibidos.



**Figura 4-2** Diagrama de bloques del Nodo Coordinador de WGP  
Realizado Por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis; Riobamba, 2018.

## 2.1.3 *Selección de elementos electrónicos que conforman el WGP*

En el siguiente apartado se detallan los elementos electrónicos utilizados para la implementación del prototipo de red inalámbrica de georreferenciación y generación de alertas, en el *Anexo B* se muestra sus hojas de características técnicas.

### 2.1.3.1 *Tarjetas de desarrollo*

En la actualidad los Arduinos permiten crear proyectos de bajo costo y son fáciles de usar ya que cuenta con un *software* de fácil uso para resolver problemas en cuanto a creación de prototipos (Hacedores, 2014).

### 2.1.3.2 *Arduino NANO*

Es una pequeña placa basada en ATmega328 el cual funciona con la conexión del cable USB mini-B es alimentado por una fuente regulada por medio del terminal 27 a 5 V, y por el terminal 30 a una fuente externa no regulada, el integrado FTDI FT232RL debe ser alimentado para su

funcionamiento por medio del cable mini USB, para su programación utiliza el IDE del Arduino (Electrónica, 2017). En la *Figura 5-2* se muestra el Arduino NANO con los terminales para la conexión de las entradas y salidas tanto analógicas como digitales.



**Figura 5-2** Arduino Nano  
**Realizado Por:** ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018.

Las características técnicas se detallan a continuación:

- Conexión por medio de cable USB.
- Alimentación: 3.3- 5V.
- Tensión de entrada: 6 a 20 V
- 14 terminales de entrada y salida digital
- 8 entradas analógicas
- Consumo de energía: 15 mA
- Memoria flash: 32 KB

#### 2.1.4 Módulos XBee

Los módulos XBee de la familia de DigiMesh tienen varias versiones, para el prototipo se utiliza la versión de 902 MHz, porque tiene un mejor alcance a comparación con las de frecuencia de 2,4 GHz en la cual existe mayor polución. En el modo de comandos AT se trabaja de modo transparente, se puede configurar las entradas digitales, analógicas, salidas y PWM, parámetros en modo de bajo consumo sleep, parámetros de la red y el direccionamiento, el muestreo y la detección de cambios en la entrada. En el modo API se puede trabajar de modo remoto en donde se puede enviar y recibir datos en esta se puede incluir los comandos AT dentro de la trama de datos, de esta forma también se permite leer las entradas digitales y las analógicas (DIGI, 2018). En la *Figura 6-2* se muestra los XBee Pro-900HP.

Las especificaciones técnicas de XBee-PRO 900HP se detallan a continuación:

- Alimentación: 2,4- 3,6 VCC
- Corriente de recepción: 44 mA
- Corriente durmiendo: 3 uA
- Potencia de transmisión: 24 dBm (251mW)

- Sensibilidad: -101 dBm
- Velocidad de transmisión RF: 200 Kbps
- Banda de frecuencia de operación: 902- 928 MHz
- Consumo de menos de 2,5 uA en apagado



**Figura 6-2** XBee Pro-900 HP  
 Realizado Por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018.

### 2.1.5 *Shield IO NANO*

Es una tarjeta de expansión para el Arduino NANO con interfaces para la colocación del XBee, con un consumo de energía mínimo (Electrónica, 2017). Se muestra en la *Figura 7-2* el Shield IO Nano con cada una de sus terminales de entrada y salida.



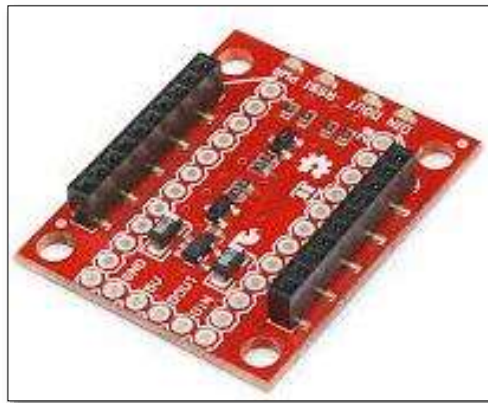
**Figura 7-2** Shield IO Nano  
 Realizado Por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018.

Las principales características se muestran a continuación:

- Terminales I/O analógicos y digitales
- Voltaje de potencia: 6- 20 VCC
- Voltaje de entrada VH: 3- 5.5 V
- Voltaje de entrada VL: -0.3- 0.5 V
- Conectores para fuente de alimentación: 7- 12 V

### 2.1.6 XBee Explorer

Permite programar los módulos XBee a través del computador por medio del cable USB, compatible con los módulos inalámbricos XBee PRO, la Serie 1 y 2.5 así como la versión estándar, consta con botón de reinicio y alimentador de voltaje manejando hasta 500mA (Robotshop, 2017) . En la *Figura 8-2* se puede apreciar la estructura y sus zócalos para la conexión con el XBee.



**Figura 8-2** XBee Explorer USB  
Realizado Por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018.

Las especificaciones técnicas de XBee Explorer USB se detallan a continuación:

- Intensidad: 500 mA
- Bajo consumo de energía: 10 mA

### 2.1.7 DC-DC Boost Converter LM2577

La principal función de este tipo de elemento es la de convertir una señal de entrada de voltaje bajo en una salida de voltaje alto, para varias aplicaciones es necesario la utilización de baterías de litio o LiPo conectándolas en serie para que opere como el voltaje de suministro principal. En la *Figura 9-2* se muestra el componente DC-DC boost Converter en donde se aprecia los terminales de conexión (DFROBOT, 2018).



**Figura 9-2** Convertidor DC-DC

Realizado Por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018.

Las especificaciones técnicas son detalladas a continuación:

- Corriente de entrada máxima: 3A
- Potencia máxima: 15 W
- Voltaje de entrada: 3.7- 34 V
- Voltaje de salida: 3.7- 34 V
- Eficiencia: 90 %
- Consumo de energía: 6,5 mA

### 2.1.8 Módulo GPS NEO 6M

Cuenta con EEPROM incluida, está basado en un chip de la marca Ublox NEO 6M este tipo de módulo GPS se lo puede utilizar para la conexión con Arduino, además viene con una antena de cerámica integrada, consta de conectores para la alimentación así como para la transmisión de los datos, la antena de cerámica integrada tiene un ancho de banda de 10MHz mínimo (Ublox, 2011). En la *Figura 10-2* se muestra el GPS NEO 6M con la antena cerámica.



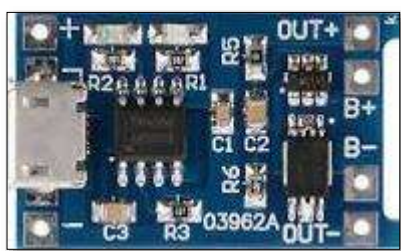
**Figura 10-2** Módulo GPS NEO 6M para Arduino  
**Realizado Por:** ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018.

Las especificaciones técnicas se detallan a continuación:

- Tasa de baudios por defecto: 9600 bps
- Frecuencia de refresco: 5 Hz
- Voltaje de alimentación: 3- 5 VCC
- Interfaz: Serial UART 5V
- EEPROM guarda la información cuando el módulo este sin energía
- Batería de respaldo (MS621FE)
- Consumo de energía en tracking : menos de 30 mA a 3 VCC
- Consumo de energía en adquisición : 40 mA

### 2.1.9 TP4056

Cargador para las baterías de Litio LiPo o de Li-ion en una celda a 3.7 V, contiene un circuito para la protección de la batería, ofrece una carga de 1 A. Cuando el voltaje de la batería descienda a 2,4 V, el chip de protección lo desconectará a la carga, protege la batería de la sobretensión y la polaridad inversa (Moviltronics, 2017) se muestra en la *Figura 11-2*.



**Figura 11-2** TP 4056  
**Realizado Por:** ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018.

Las especificaciones técnicas se muestran a continuación:

- Corriente de Carga ajustable de 1A
- Voltaje de entrada: 4.5- 5.5 V
- Completo voltaje de carga 4.2 V
- Temperatura de trabajo: -10 °C a +85 °C
- Polaridad de inversión no permitida

- Carga lineal del 1 %
- Carga de interfaz de entrada de Micro/ Mini USB

### 2.1.10 *Batería LiPo*

Posee un voltaje de 3,7 V de 3000 mAh, cuando la tensión se acerca al 100 por ciento el voltaje es de 4,2 V si se sobrepasa este voltaje la vida útil de la batería se acorta, los factores para que se produzca la disminución de la vida útil son el calor, sobre carga y sobre descarga por debajo de los 2,75 V (Fullwat, 2017) se muestra el dispositivo en la *Figura 12-2*.



**Figura 12-2** Batería LiPo

**Realizado Por:** ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018.

Las características técnicas de la batería LiPo se muestran a continuación:

- Capacidad 3000 mA
- Voltaje : 3.2- 4.2V
- Temperatura de trabajo: -20 °C a - +60 °C

### 2.1.11 *Panel Solar*

Consta de celdas de silicio cristalino, consta de 2 láminas de Eva para evitar la humedad, sus principales aplicaciones son proyectos con Arduino así como iluminación del hogar o carga de teléfonos celulares, se muestra en la *Figura 13-2*.





**Figura 13-2** Panel Solar  
Realizado Por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018.

Las características técnicas de panel solar se detallan a continuación:

- Tensión de trabajo de 6V
- Potencia de salida de 1 W
- Corriente de trabajo de 0- 200 mA

## 2.2 Esquema de conexión del Prototipo

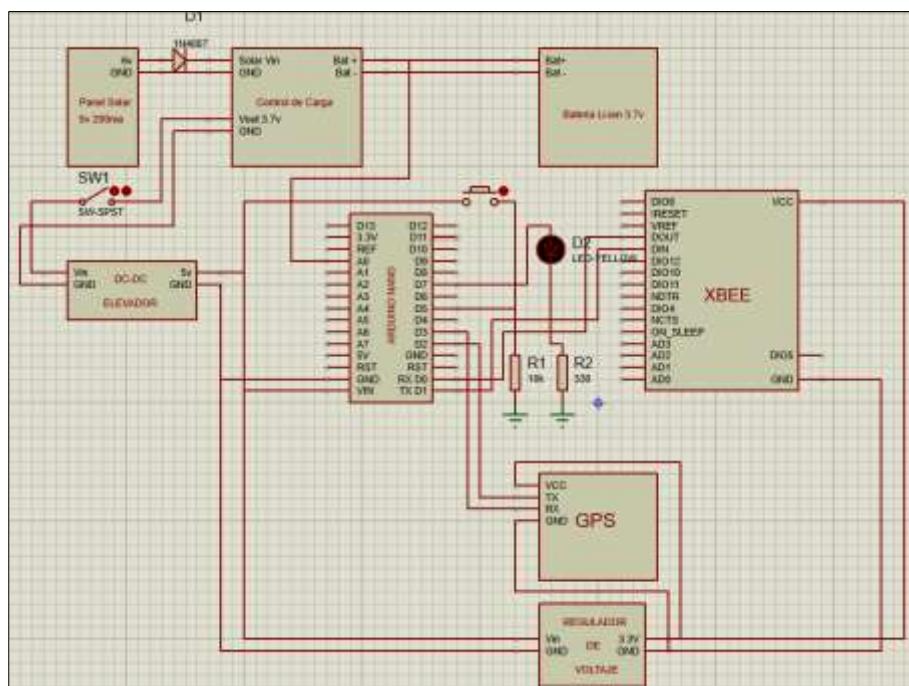
En base a la selección de los elementos adecuados que conforman el prototipo de red inalámbrica se detalla a continuación sus conexiones respectivas para su correcto funcionamiento.

### 2.2.1 Diagrama de conexión del Nodo Sensor

En la *Figura 14-2* se muestra las conexiones de los elementos que conforman el Nodo Sensor, para el procesamiento de datos se usa un Arduino nano conectado de la siguiente manera:

- El terminal A0 está conectado hacia el terminal positivo de la batería para tomar su medida de voltaje cuando sea requerida.
- El terminal VIN está conectado hacia el elevador de voltaje que nos entrega 5V y GND para su alimentación, a su vez el elevador de voltaje está conectado a la salida del regulador de carga TP4056 que protege la batería de sobrecarga o nivel bajo de voltaje.
- El panel solar tiene conectado el terminal positivo al ánodo del diodo rectificador 1N4007, para permitir el flujo de corriente en un solo sentido, el cátodo se conecta a la entrada Solar VIN del regulador de carga TP4056, y el terminal GND se conecta con GND del controlador de carga.
- La batería se conecta a los terminales B+ y B- del TP4056.

- La salida de voltaje del TP4056 se conecta a un interruptor que permitirá o interrumpirá el paso de energía hacia el elevador de voltaje.
- La salida del elevador de voltaje se conecta a un regulador de 3.3V para alimentar el módulo XBee con 3.3V y GND.
- El módulo XBEE tiene conectada la salida DOUT al terminal D0 (Rx) y la entrada DIN al terminal D1 (Tx) del Arduino NANO.
- El módulo GPS Ublox 6M es alimentado por el regulador de voltaje de 3.3V en sus terminales VCC y GND respectivamente, el terminal D2 y D3 del Arduino NANO se conectan a los terminales TX y RX respectivamente.
- Para la visualización del encendido y envío de información se conecta el ánodo del led al terminal D7 del Arduino NANO y el cátodo se conecta a una resistencia de 330 Ohmios que es conectada a GND.
- El botón de auxilio se conecta al terminal D7 del Arduino NANO y una resistencia de 10k Ohmios se conecta a GND y al terminal D7.

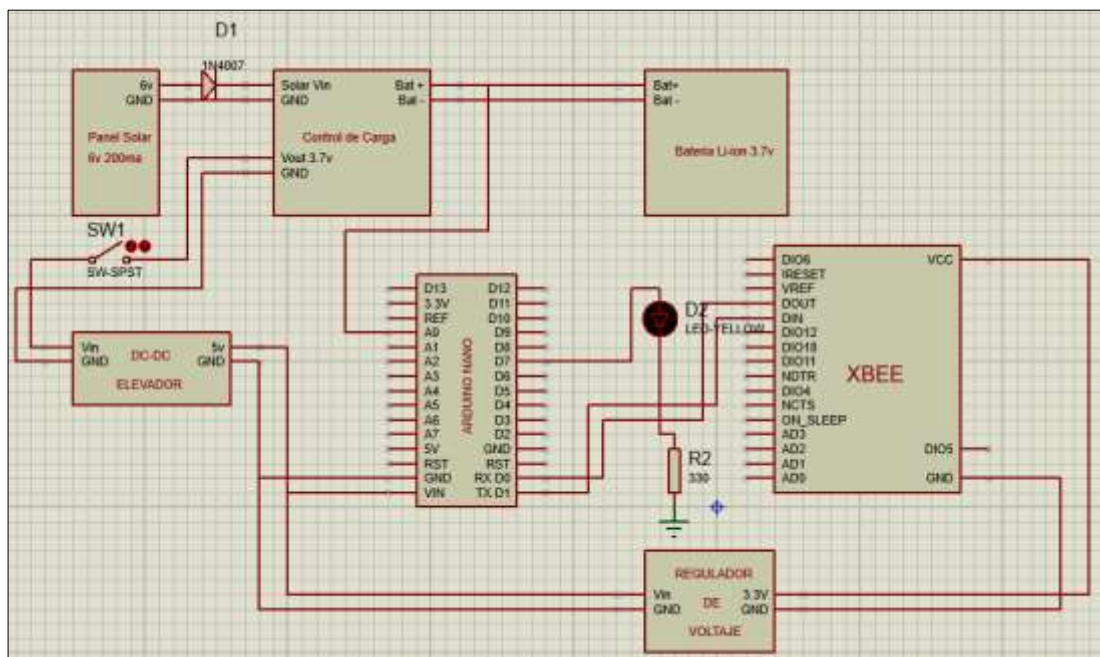


**Figura 14-2** Esquema de conexión del nodo sensor  
 Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO Alexis, 2018

### 2.2.2 Diagrama de conexión del Nodo Router

Para el procesamiento de datos se usa un Arduino NANO que censará el nivel de batería del dispositivo y lo enviará a través del módulo XBee, las conexiones del Nodo Router se muestran en la *Figura 15-2* y sus terminales se encuentran conectados de la siguiente manera:

- El terminal A0 está conectado hacia el terminal positivo de la batería para tomar su medida de voltaje cuando sea requerida.
- El terminal VIN está conectado hacia el elevador de voltaje que nos entrega 5V y GND para su alimentación, a su vez el elevador de voltaje está conectado a la salida del regulador de carga TP4056 que protege la batería de sobrecarga o nivel bajo de voltaje.
- El panel solar tiene conectado el terminal positivo al ánodo del diodo rectificador 1N4007, para permitir el flujo de corriente en un solo sentido, el cátodo se conecta a la entrada Solar VIN del regulador de carga TP4056, y el terminal GND se conecta con GND del controlador de carga.
- La batería se conecta a los terminales B+ y B- del TP4056.
- La salida de voltaje del TP4056 se conecta a un interruptor que permitirá o interrumpirá el paso de energía hacia el elevador de voltaje.
- La salida del elevador de voltaje se conecta a un regulador de 3.3v para alimentar el módulo XBee con 3.3V y GND
- El módulo XBEE tiene conectada la salida DOUT al terminal D0 (Rx) y la entrada DIN al terminal D1 (Tx) de Arduino.
- Para la visualización del encendido y envío de información se conecta el ánodo del led al terminal D7 del Arduino NANO y el cátodo se conecta a una resistencia de 330 Ohmios que es conectada a GND.

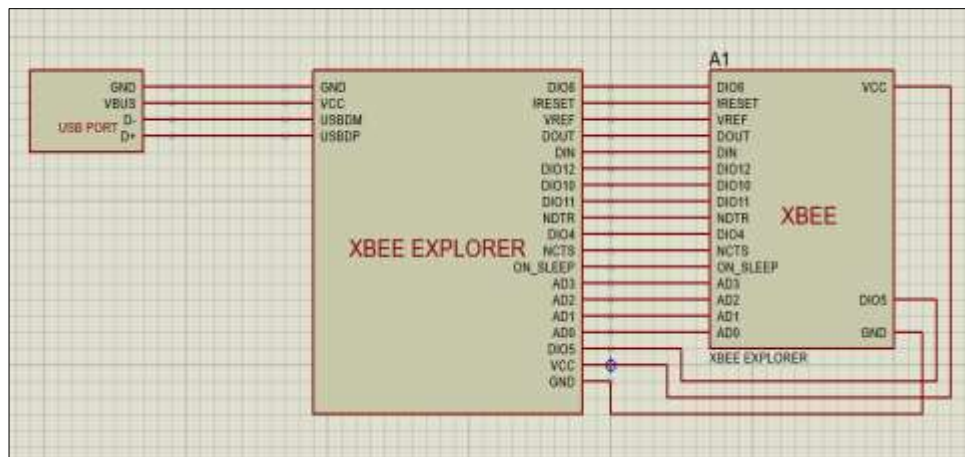


**Figura 15-2** Esquema de conexión del Nodo Router  
 Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO Alexis, 2018

### 2.2.3 Diagrama de conexión del Nodo Coordinador

En la *Figura 16-2* se muestra el diagrama de conexiones del Nodo Coordinador que cuenta con un módulo XBee que recibe y envía información hacia los Nodos Routers o Nodos Sensores, este módulo está conectado al XBee Explorer que permite conectarlo directamente hacia el COMPUTADOR a través de un puerto MINI-USB. Las conexiones se detallan a continuación:

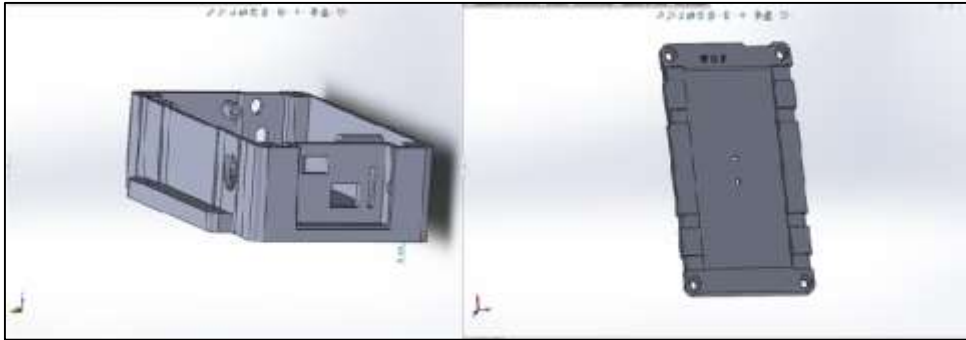
- Los terminales DIO6, IRESET, VREF, DOUT, DIN, DIO12, DIO10, DIO11, NTRD, DIO4, NCTS, ON\_SLEEP, AD3, AD2, AD1, AD0, DIO5, VCC, GND, del XBee se conectan respectivamente a los terminales del mismo nombre respectivamente del XBEE EXPLORER.
- Los terminales GND, VCC, USBDM, USBDP del XBEE EXPLORER, se conectan a los terminales GND, VBUS, D+, D- del USB PORT respectivamente.



**Figura 16-2** Esquema de conexión del Nodo Coordinador  
Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO Alexis, 2018

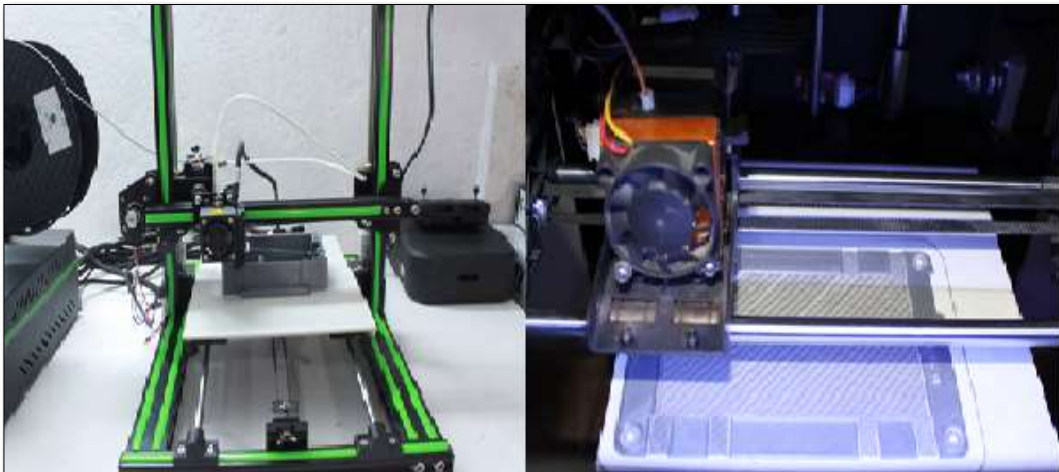
#### 2.2.4 *Diseño de Carcasa para prototipo WGP*

En la *Figura 17-2* se muestra el diseño de la carcasa para prototipo WGP realizado en el programa SolidWorks, las dimensiones son de 3.6 cm de alto x 13.8 cm de largo, 8.6 cm de ancho y 3mm de espesor.



**Figura 17-2** Diseño carcasa prototipo WGP  
Realizado Por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018.

En la *Figura 18-2* se muestra la carcasa del prototipo WGP, en material PLA (Poly Lactic Acid) por sus siglas en inglés (Aguirre, y otros, 2016), resiste caídas, resistente a la humedad, altas y bajas temperaturas, su forma está de acuerdo a la medida y ubicación de los componentes seleccionados para el prototipo.



**Figura 18-2** Carcasa prototipo WGP  
Realizado Por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018.

En la *Figura 19-2* se muestra el producto terminado, desarrollo el prototipo para que sea portable.



**Figura 19-2** Diseño carcasa prototipo WGP Nodo Coordinador, Nodo Router, Nodos Sensores  
Realizado Por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018.

### 2.3 Requerimiento *Software* WGP.

A continuación se detalla los requerimientos de *software* para WGP de georreferenciación y generación de alertas:

#### 2.3.1 *Requerimientos software para el Nodo Sensor*

- Programar el código de identificación único del dispositivo ID.
- Leer el valor del voltaje de batería en un puerto analógico y transformarlo en porcentaje de batería siendo 3.2V que representa 0% y 4.2V el 100%.
- Leer continuamente el valor del terminal digital D5 del Arduino NANO para obtener la alerta del Botón de Auxilio y almacenarla hasta que el dispositivo sea reiniciado.
- Establecer temporizadores para que la lectura de la batería se mida cada 5 minutos, otro temporizador para que los datos sean enviados cada 10 segundos hacia el coordinador.
- Realizar la adquisición de la posición, altura, velocidad, tiempo y dilución de la precisión horizontal con el sensor GPS Ublox NEO 6M, procesar esta información y almacenarlas en variables para su posterior transmisión, analizar si la velocidad es menor de 0.9 m/s, si esto sucede se crea la alerta para su posterior envío hacia el Nodo Coordinador.
- Crear una trama con los datos obtenidos y enviarla hacia el Nodo Coordinador, o a un nodo router a través del módulo de transmisión XBee-PRO 900HP DIGIMESH (Variación de ZigBee).
- Encender el led de aviso cuando el dispositivo se encienda y cada vez que se envíe información a través del puerto serial del Arduino NANO.

### **2.3.2 *Requerimientos software para el Nodo Router***

- Programar el código de identificación único del dispositivo ID.
- Leer el valor del voltaje de batería en un puerto analógico y transformarlo en porcentaje de batería siendo 3.2V que representa 0% y 4.2V el 100%.
- Establecer un temporizador para que los datos sean enviados hacia el nodo coordinador.
- Crear una trama con los datos obtenidos y enviarla hacia el nodo coordinador, o a otro nodo router a través del módulo de transmisión XBee-PRO 900HP DIGIMESH (Variación de ZigBee).
- Encender el led de aviso cuando el dispositivo se encienda y cada vez que se envíe información a través del puerto serial del Arduino NANO.

### **2.3.3 *Requerimientos software para el Nodo Coordinador***

- Recibir las tramas de datos que son enviadas del Nodo Sensor y el Nodo Router a través del módulo XBee-PRO 900HP DIGIMESH (Variación de ZigBee).
- Enviar las tramas recibidas hacia una aplicación de escritorio para Windows ya que los equipos que dispone la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo poseen el sistema operativo Windows 7.
- Almacenar la información en un gestor de base de datos diseñado para desarrolladores, estudiantes de código abierto y de licencia gratuita.
- Usar un Mapa Georreferenciado para crear los marcadores respectivos a cada dispositivo con diferente presentación según las alertas, que sea de código abierto, multiplataforma, y de uso gratuito.
- Suministrar información mediante la exportación de un documento Excel donde constará el id del dispositivo, fecha y hora, latitud, longitud, altura, velocidad, alerta, botón de auxilio, batería y HDOP.



### 2.3.4 *Software de desarrollo del prototipo*

El Prototipo WGP, es controlado a través de la programación estructurada, para lo que se usó seis herramientas de desarrollo que se detallan a continuación:

#### 2.3.4.1 *Herramienta Software Arduino IDE 1.8.5*

Posee un entorno de programación claro y fácil de usar tanto para usuarios avanzados como para principiantes, es multiplataforma que permite ejecutarlo en Windows, Linux y Mac OS X, esta aplicación fue escrita en Java, e incluye un editor de código, comprueba la sintaxis del texto lo que proporciona mensajes de error o advertencia en la parte del código en donde se produjo. Admite los lenguajes de programación C y C++ (ARDUINO, 2018). Un programa desarrollado en el IDE de Arduino se lo llama sketch y se almacena en el computador con la extensión .ino, solo consta de dos funciones principales, el setup() es usado para inicializar variables, modos de operación de los terminales en modo de entrada o salida, la función loop() se ejecuta inmediatamente luego de la finalización de la función setup() y se ejecuta repetidamente hasta que el Arduino se apaga o reinicia. (Monk, 2012)

#### 2.3.4.2 *Herramienta DIGI XCTU 6.3*

Es una aplicación multiplataforma para desarrolladores para la configuración y prueba de los módulos Digi RF que fue desarrollado por Digi y está disponible para Windows, MacOS y Linux (DIGI, 2018). Este *software* permite actualizar el firmware de los módulos conectados al computador o remotos comunicados por la red inalámbrica, permite mostrar la topología de red gráficamente o en una tabla.



#### 2.3.4.3 *Herramienta Software Visual Studio Community 2017.*

Es de uso gratuito, multiplataforma en donde se permite la creación de proyectos. Simplifica el proceso de instalación haciendo que las extensiones sean fáciles de instalar, para la programación se utiliza Visual Studio Code por medio de su IDE de programación brinda mayores beneficios como el de navegación por medio del código usando IntelliSense mejorando la productividad (Grupo ADSL Zone, 2017).

#### 2.3.4.4 *Herramienta Software MySQL 8.0*

Gestor de base de datos el cual es de código abierto con licencia gratuita, brinda fiabilidad, rendimiento y confiabilidad, es una alternativa efectiva para las empresas. Cada vez existen mejoras en su *software* con mayores prestaciones y funcionalidades de tal manera que es necesario en el área de negocios, en MySQL Workbench permite crear modelos transaccionales para poder enviar y recibir datos a altas velocidades, así como la realización de ingeniería inversa. (Josefina, 2011).

#### 2.3.4.5 *Herramienta .NET Core y GMap.NET*

.NET Core es un conjunto de componentes de tiempo de ejecución, de biblioteca y de compilación que se ejecutan en Windows, Mac OS X y Linux, permitiendo su instalación local con los componentes necesarios. Las bibliotecas y el compilador de .NET Core son de código abierto y aceptan contribuciones (Microsoft, 2018).

GMap.NET es una herramienta de código abierto que permite obtener mapas georreferenciados de los diferentes proveedores como OpenStreetMap (GitHub, 2018) que será usado en el presente Trabajo de Titulación por ser de uso gratuito y proveer mapas de Ecuador y específicamente de la zona en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo en donde se realiza las pruebas de funcionamiento del prototipo.

#### 2.3.4.6 *Herramienta SolidWorks 2016*

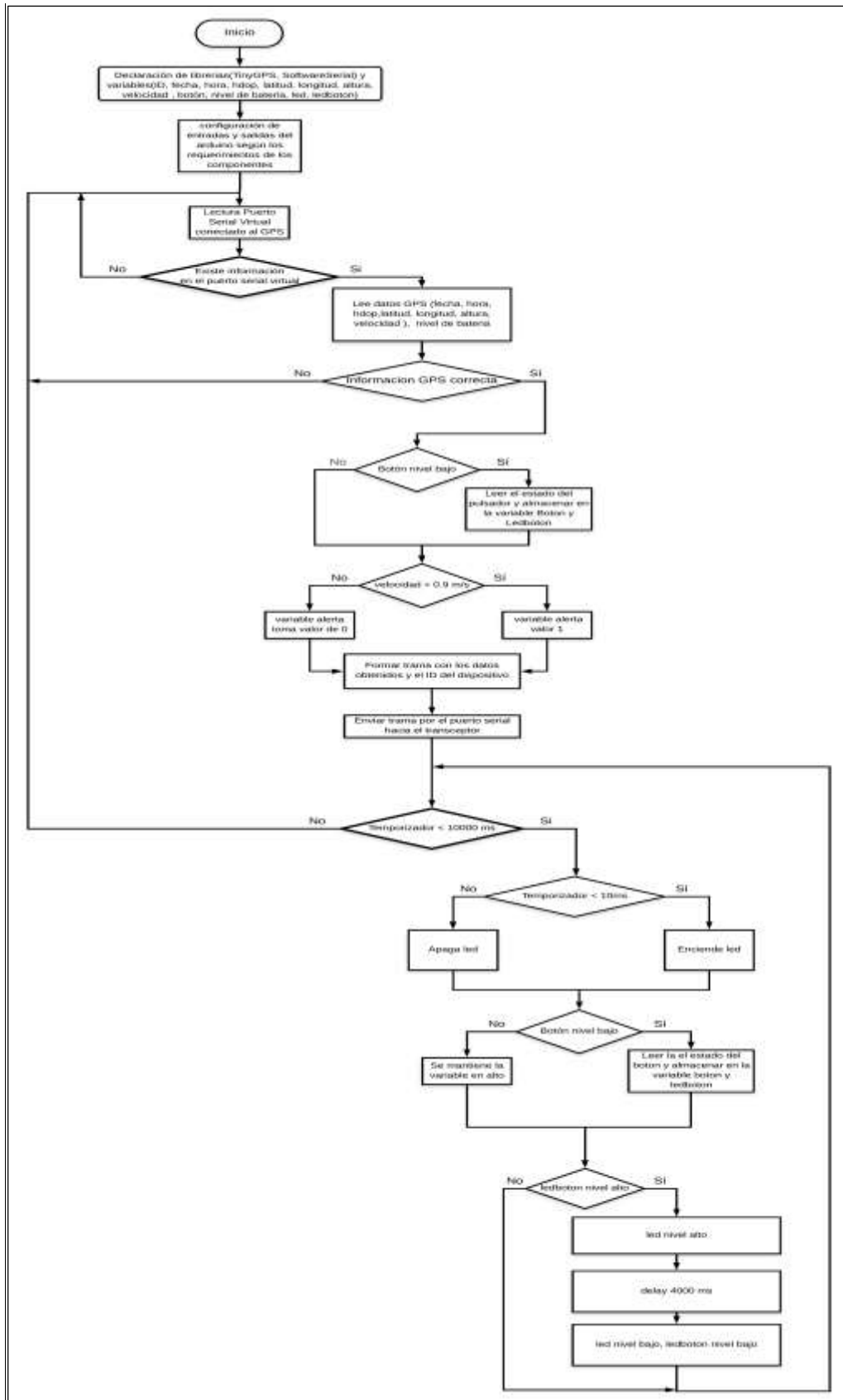
Es una herramienta de modelado de diseño asistido por computadora donde se puede crear, modificar y analizar modelos en tres dimensiones, cuenta con una interfaz gráfica amigable lo que permite crear objetos con relativa facilidad (SolidWorks, 2016).

#### 2.3.5 *Programación de los nodos del prototipo WGP*

A continuación se detalla los diagramas de flujo de cada nodo describiendo su funcionamiento la programación de las tarjetas de desarrollo Arduino nano y XBee se detallan en el *Anexo C*.

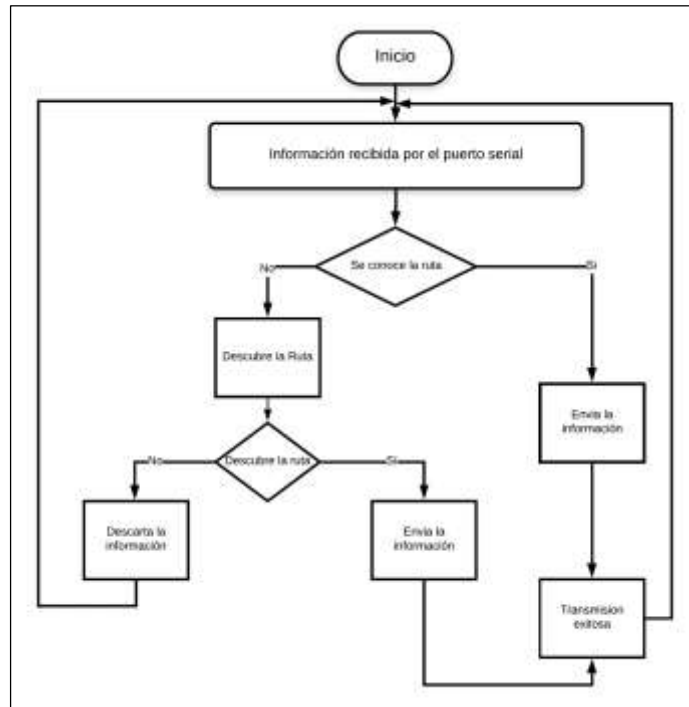
##### 2.3.5.1 *Diagrama de flujo del Nodo Sensor*

En la *Figura 20-2* se muestra el diagrama de flujo del Nodo Sensor en donde la configuración se procede utilizando la librería TinyGPS.h para la decodificación del mensaje de NMEA del módulo GPS y la librería SoftwareSerial que permite la comunicación serial con los terminales simulando el puerto serial de Arduino, se declaran las variables para la asignación de los datos de manera ordenada y en el void setup la configuración de los terminales como entradas y salidas así también la configuración del puerto serial a 115200 bps para la comunicación con el dispositivo transceptor, el terminal software es configurado a 9600 bps el cual recibe la trama de datos del GPS, se lee el nivel de batería del terminal analógico, se valida la información adquirida por el GPS. Se verifica el estado del pulsador, si está en nivel bajo se lee y almacena su estado en la variable botón y ledboton. Se verifica la velocidad, si la velocidad es menor a 0.9 m/s se crea la alerta. Con estos datos se crea la trama, que se procede a enviar a través del módulo transceptor XBee-PRO 900HP. Se establece un temporizador de 10 segundos, en el cual se enciende el led por 10ms lo que indica que la trama fue enviada al transceptor. Se verifica el estado del botón, si esta en nivel bajo se lee el terminal asignado al pulsador y su estado es almacenado en la variable botón y ledboton. Se verifica la variable ledboton si su estado es alto el led se enciende por 4 segundos y posteriormente se apaga y se asigna el estado bajo a la variable ledboton.



**Figura 20-2** Diagrama de Flujo del programa para el Nodo Sensor  
 Realizado Por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018.

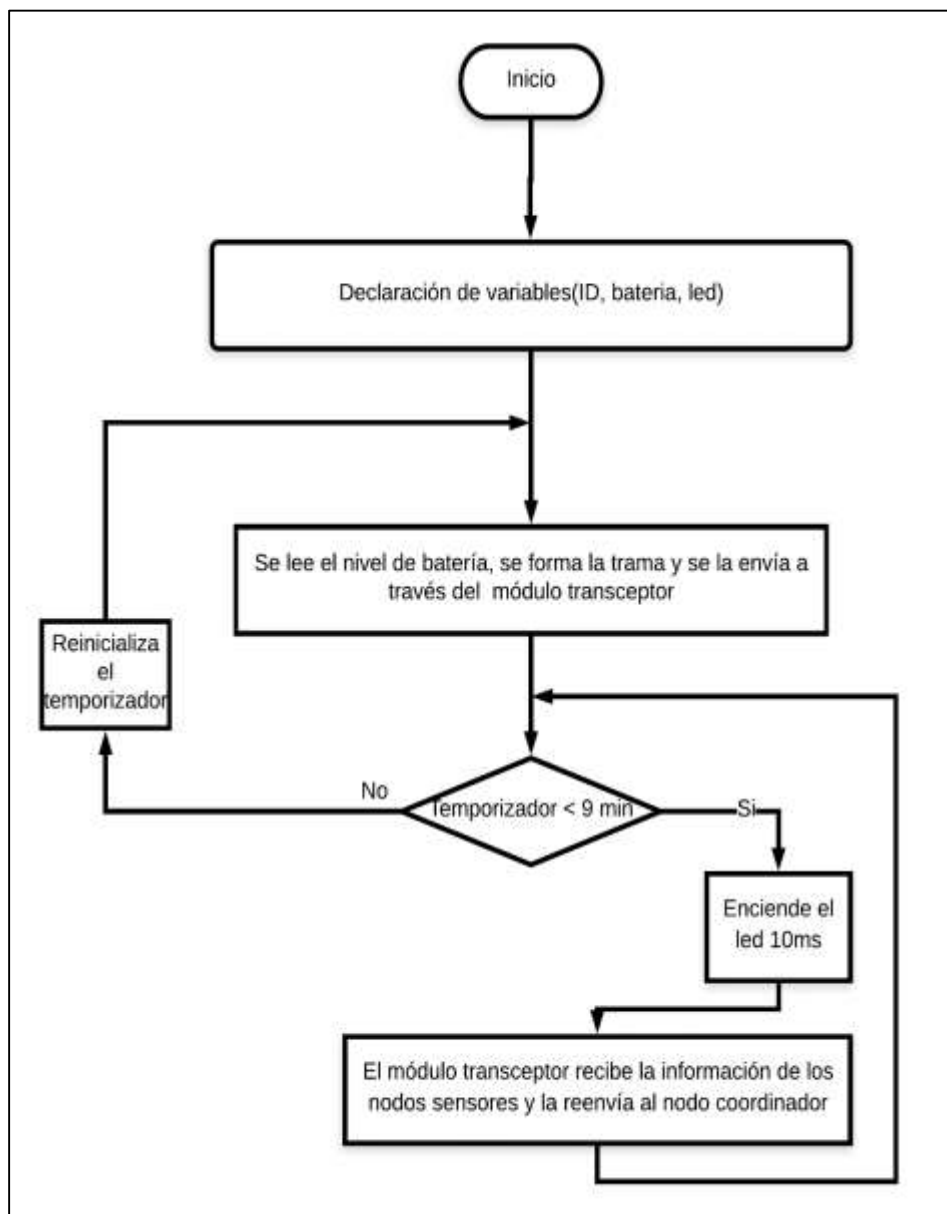
En la *Figura 21-2* se muestra la información recibida por el puerto serial al módulo XBee PRO-900HP, si se conoce la ruta se envía la información, en el caso de no conocer la ruta se procede a descubrirla, en donde se envía la información hacia el Nodo Router o el Nodo Coordinador, al no descubrirse la ruta se descarta la información.



**Figura 21-2** Diagrama de Flujo del XBee PRO-900 HP  
Realizado Por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018.

### 2.3.5.2 Diagrama de flujo del Nodo Router

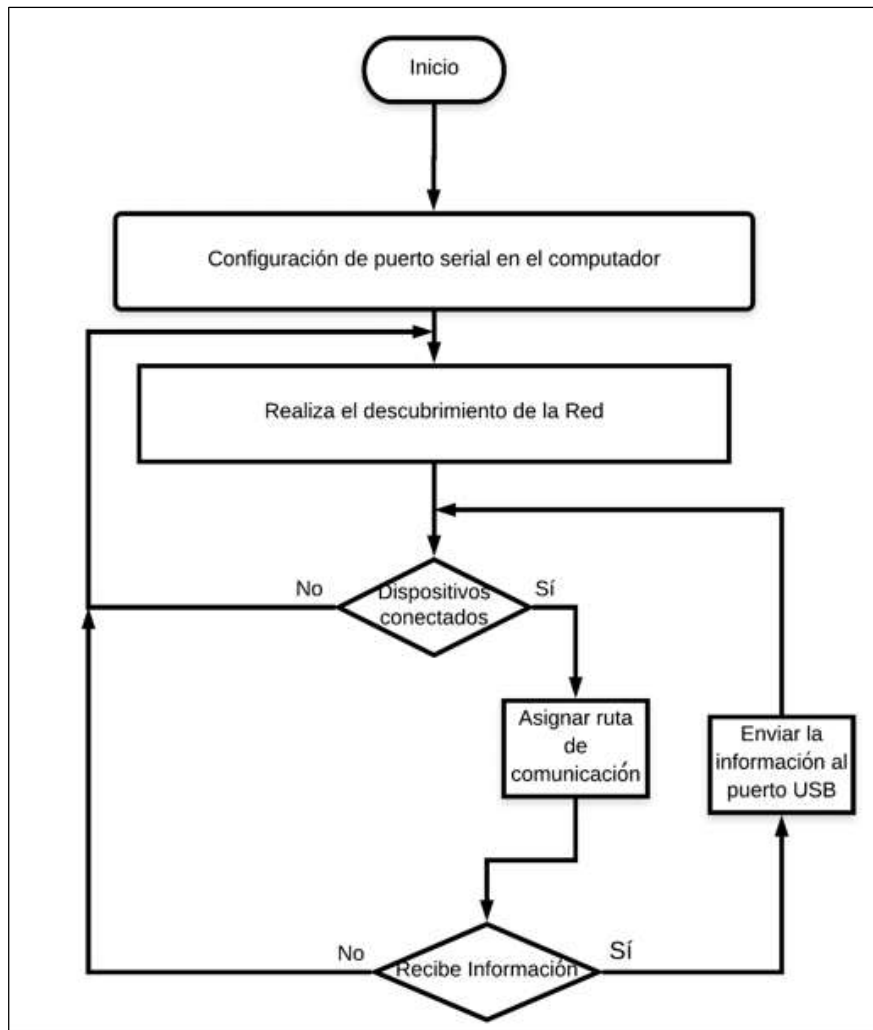
En la *Figura 22-2* se muestra el diagrama de flujo de la programación correspondiente al Nodo Router en el programa Arduino, en donde se declaran las variables, y la configuración de los terminales de entrada y salida, se lee el nivel de voltaje de la batería se forma la trama de datos y se envía hacia el Nodo Coordinador cada 9 minutos en donde se enciende el led 10 milisegundos. El modulo transceptor recibe la trama de datos de los Nodos Sensores y se envía al Nodo Coordinador.



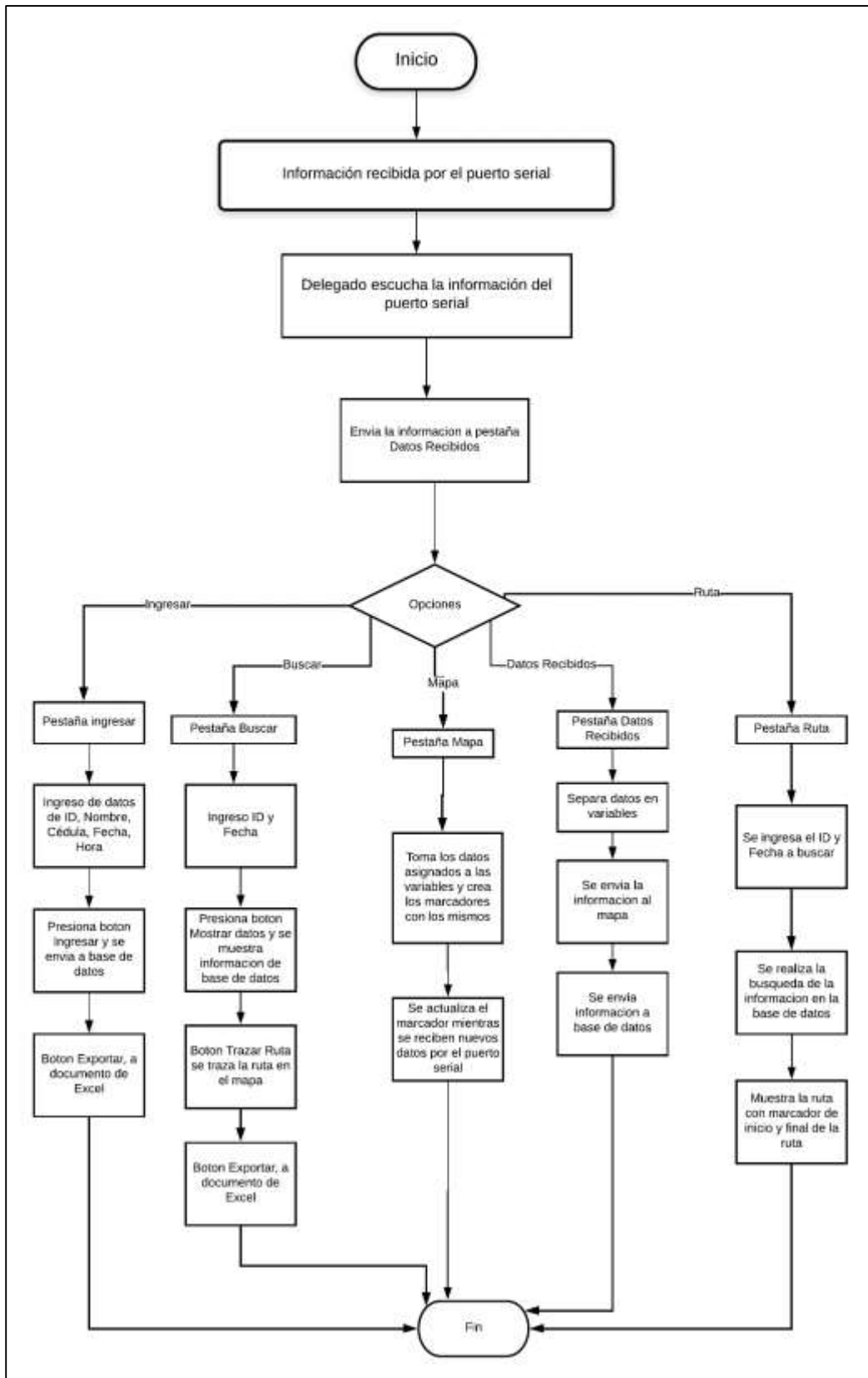
**Figura 22-2** Diagrama de Flujo del programa para el Nodo Router  
 Realizado Por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018.

### 2.3.5.3 Diagrama de flujo del Nodo Coordinador

En la *Figura 23-2* y *Figura 24-2* se muestra el diagrama de flujo de la programación correspondiente al Nodo Coordinador, se procede a la selección del puerto serial al que está conectado el dispositivo en el computador, el Nodo Coordinador realiza el descubrimiento de la red, verifica los dispositivos conectados y asigna la mejor ruta de comunicación, recibe la trama de datos de los nodos tanto Nodo Router como Nodo Sensor y la envía a través del puerto mini USB hacia el computador.



**Figura 23-2** Diagrama de Flujo para el programa Nodo Coordinador  
 Realizado Por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018.



**Figura 24-2** Diagrama de Flujo aplicación  
 Realizado Por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018.

## CAPÍTULO III

### 3 MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se analizaron los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas sobre las topologías inalámbricas para WGP, pruebas de cobertura y resultados obtenidos comparándolo con un dispositivo GPS comercial, las pruebas fueron realizadas en un Área de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo haciendo uso del *software* diseñado.

#### 3.1 *Software* de simulación de redes.

Para la determinación de la topología a usarse en WGP se utilizó el *software* Riverbed Modeler Academic Edition que está destinado a la investigación académica.

##### 3.1.1.1 *Riverbed Modeler Academic Edition.*

Es un *software* de simulación de alta fidelidad, que permite la simulación de varios protocolos así como también de redes cableadas e inalámbricas. Es capaz de analizar su desempeño, incluyendo el protocolo ZigBee que se usará en el presente Trabajo de Titulación como se determinó en el primer capítulo (Riverbed, 2017).

#### 3.1.2 *Simulación de la Topología*

Para determinar que topología es la adecuada para la red inalámbrica se simula el tipo árbol y tipo malla descritas en el anterior capítulo analizando el throughput, tasa de entrega de paquetes y retraso de la comunicación.

El Throughput determina la cantidad de datos que se pueden enviar dentro de un intervalo de tiempo definido, el *software* de simulación provee esta información y vendrá dado en bits por segundo (Erazo, y otros, 2015).

$$4. \text{ Throughput} = \frac{\text{Cantidad de datos}}{\text{Tiempo de simulación}}$$



La tasa de entrega se determina por la relación entre número de paquetes recibidos y el número de paquetes enviados lo que nos muestra el nivel de fiabilidad en la entrega de paquetes (Erazo, y otros, 2015).

$$5. \text{ Tasa de entrega} = \frac{\text{Paquetes Recibidos}}{\text{Paquetes Enviados}} * 100 \%$$

Según el límite de Shannon la capacidad de información teórica de un canal con ruido viene dado por la fórmula (Tomasi, 2003):

$$6. C = B * \log_2 \left( 1 + \frac{S}{R} \right) (\text{bps})$$

En donde:

C es la capacidad del canal.

B es el ancho de banda = 400 KHz.

S/R es la relación señal-ruido.

El mínimo SNR para IEEE 802.15.4 para los receptores es 3dB (Skyworksinc, 2011).

$$7. \frac{S}{N} [\text{dB}] = 3 \text{ dB}$$

Usando la fórmula 6 y 7 la capacidad del canal es: (Tomasi, 2003)

$$C = B * \log_2 \left( 1 + \frac{S}{R} \right) (\text{bps})$$

$$C = 400000 \text{ Hz} * \log_2(1 + 3\text{dB})(\text{bps})$$

$$C = 800000 \text{ bps}$$

La trama que se enviará a través de la red tiene una longitud de 15 bytes de la cabecera ZigBee adicionando el RF data que puede ser de 0 a 101 bytes (Burchfield, y otros, 2004). El prototipo WGP envía 70 bytes de información como se muestra en la *Tabla 1-3* y 15 bytes de la cabecera ZigBee con lo que se tiene una trama de 85 bytes o 680 bits.

**Tabla 1-3** Trama de información WGP.

Parámetro	Dato
Inicio	I
ID	1001
Fecha y hora	10-30-2018 22:56:32
HDOP	530
Latitud	-1.661902
Longitud	-78.672622
Altura	2810
Velocidad	0.12
Alerta	0
Botón de Auxilio	0
Batería	100
Final	F

**Realizado por:** ROBALINO, Viviana, TAMAYO Alexis, 2018

El número de dispositivos teórico se determina con la relación de la capacidad del canal respecto a la cantidad de bits por segundo que envía cada usuario (González, y otros, 2014).

Donde:

C es la capacidad del canal.

$T_{Paquete}$  = Tamaño del paquete (bps).

$$8. N_{dispositivos} = \frac{C(\text{bps})}{T_{Paquete}(\text{bps})}$$

Según el throughput real medido (Pinedo, 2008), la comunicación tendrá un retardo de:

$$9. \text{Retardo} = \frac{T_{paquete} * N_{dispositivos}}{\text{Throughput}(\text{bits/s})}$$

Donde:

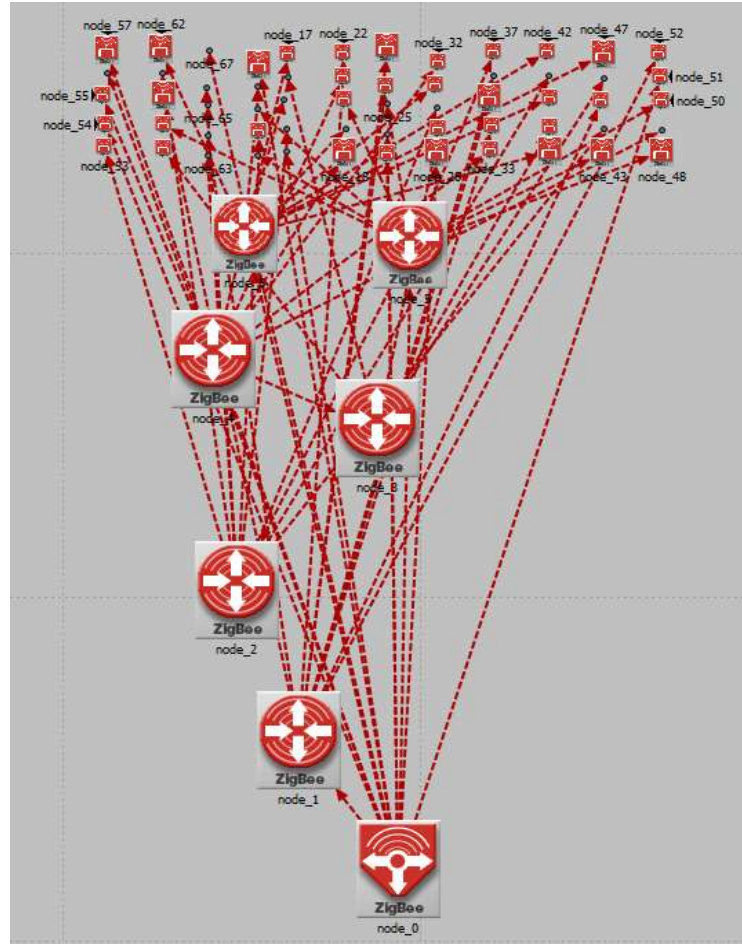
$T_{Paquete}$  = Tamaño del paquete (bps).

$N_{dispositivos}$  = Número de dispositivos.

El número de dispositivos se toma en base a que diariamente llegan en promedio 300 personas en grupos de 5 a 10 personas a la RPFCH, por lo que se determina la necesidad de 30 a 60 dispositivos tomando el valor de 60 para realizar los cálculos. El número máximo se calcula usando la fórmula 8 dando un total de 1176 dispositivos teóricamente.

### 3.2 Resultados de simulación de la topología Riverbed Modeler

En la *Figura 1-3* se muestra una red ZigBee tipo Árbol que consta de 1 coordinador, 6 routers y 60 dispositivos finales.



**Figura 1-3** Topología tipo árbol

**Realizado Por:** ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis; Riobamba, 2018.

La configuración de la red tipo malla se muestra en las *Tablas 2-3 a la 4-3*.

**Tabla 2-3** Configuración Nodo Coordinador Riverbed Modeler Academic Edition

<b>Nodo Coordinador</b>	
Nombre	node_0
Modelo	Zigbee_coordinator
PAN ID	1201
Network Parameters	Default Tree Network

**Realizado por:** ROBALINO, Viviana, TAMAYO Alexis, 2018

**Tabla 3-3** Configuración Nodo Router Riverbed Modeler Academic Edition

<b>Nodo Router</b>	
Nombre	node_1-6
Modelo	zigbee_router
PAN ID	1201
App-Traffic Destination	node_0

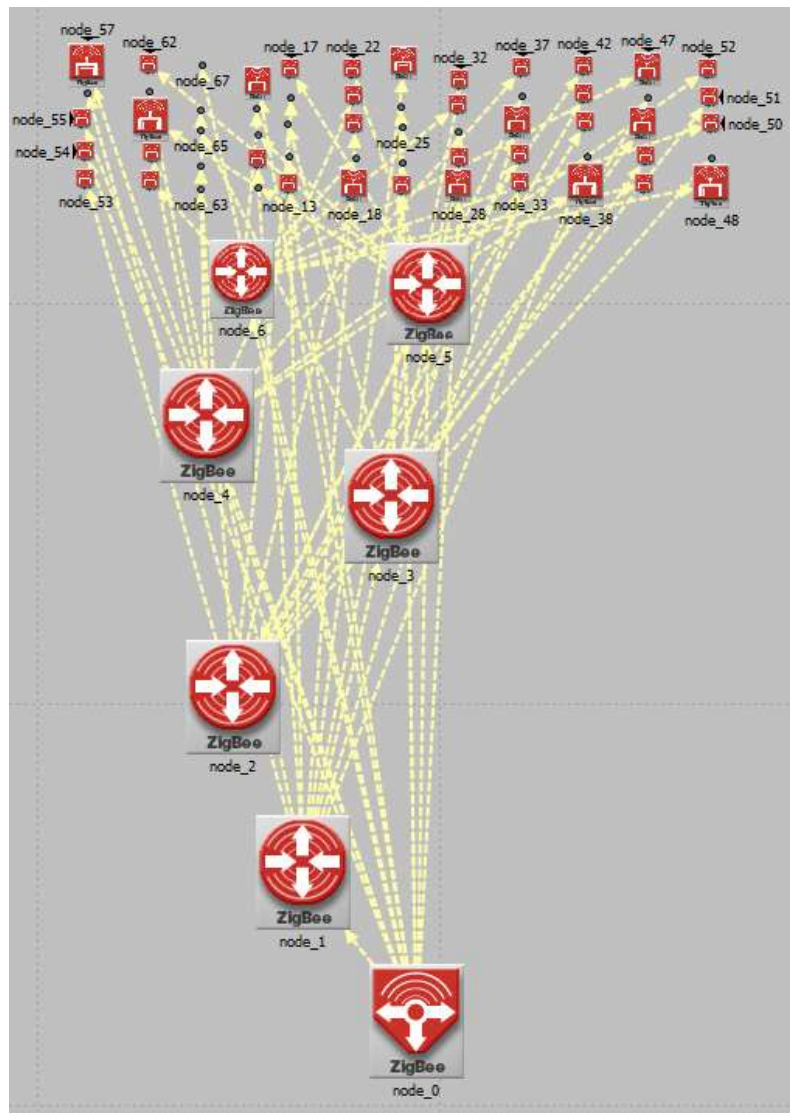
**Realizado por:** ROBALINO, Viviana, TAMAYO Alexis, 2018

**Tabla 4-3** Configuración Nodo Sensor Riverbed Modeler Academic Edition

<b>Nodo Sensor</b>	
Nombre	node_7-66
Modelo	zigbee_end_device
PAN ID	1201
App-Traffic Destination	node_0
Packet Interval Time	10 segundos
Packet Size	680 bits

**Realizado por:** ROBALINO, Viviana, TAMAYO Alexis, 2018

En la *Figura 2-3* se muestra una red ZigBee con la topología tipo malla que consta de 1 coordinador, 6 routers y 60 dispositivos finales.



**Figura 2-3** Topología tipo malla  
Realizado Por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis; 2018.

La configuración de la red tipo malla se muestra en las *Tablas 5-3 a 7-3*.

**Tabla 5-3** Configuración Nodo Coordinador Riverbed Modeler Academic Edition

<b>Nodo Coordinador</b>	
Nombre	node_0
Modelo	Zigbee_coordinator
PAN ID	1201
Network Parameters	Default Mesh Network

Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO Alexis, 2018

**Tabla 6-3** Configuración Nodo Router Riverbed Modeler Academic Edition

<b>Nodo Router</b>	
Nombre	node_1-6
Modelo	zigbee_router
PAN ID	1201
App-Traffic Destination	node_0

Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO Alexis, 2018

**Tabla 7-3** Configuración Nodo Sensor Riverbed Modeler Academic Edition

<b>Nodo Sensor</b>	
Nombre	node_7-66
Modelo	zigbee_router
PAN ID	1201
App-Traffic Destination	node_0
Packet Interval Time	10 segundos
Packet Size	680 bits

Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO Alexis, 2018

### 3.2.1 Comparación de topologías

Análisis de throughput con 6 Nodos Router, un Nodo Coordinador, 20, 40, y 60 Nodos Sensores.

**Tabla 8-3** Resultados Simulación Topología Árbol y Malla

Parámetros de la Red	Topología Árbol			Topología Malla		
	Número de Nodos Sensores			Número de Nodos Sensores		
	20	40	60	20	40	60
Número de Saltos	1-3	1-3	1-3	1-3	1-3	1-3
Throughput Coordinador (bits/s)	8571	8263	6462	5639	5939	6487
Retardo (segundos)	2.17	2.05	2.58	2.17	2.19	2.44
Paquetes Enviados	460	640	820	460	640	820
Paquetes Recibidos	460	640	770	460	635	801
Paquetes Perdidos	0	0	50	0	5	19
Tasa de entrega	100%	100%	93.9%	100%	99%	97.7%

Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018

En la *Tabla 8-3* se observa que con 60 nodos sensores, la topología tipo malla posee un retardo de 2.44 segundos y una tasa de entrega del 97% superior a la topología tipo Árbol que tiene un retardo de 2.58 segundos y tasa de entrega del 94%, por lo que se utiliza la topología tipo malla. Para el análisis del throughput de los módulos XBee 900HP PRO se usó la herramienta XCTU con diferentes tasas de baudios del puerto serial y diferente número de saltos que se muestra en la *Tabla 9-3*.

**Tabla 9-3** Resultados Análisis throughput XBee 900HP PRO.

	Tasa de Baudios(baudios por segundo)								
Parámetros de Red	9600			38400			115200		
Número de Saltos	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Throughput(bits/s)	5540	3440	1960	16500	10110	5470	26130	12930	8710

**Realizado por:** ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018

En la *Tabla 9-3* se muestra que a una mayor tasa de baudios por segundo se obtiene un valor más alto de throughput por lo que se configura el puerto serial a 115200 bps. Usando la fórmula 9 y los valores del throughput a 115200 bps con 1, 2 y 3 saltos se obtienen los datos de la *Tabla 10-3* que se muestra a continuación.

**Tabla 10-3** Resultados Análisis.

	Throughput(bits/s)											
Parámetro de Red	8710				12930				26130			
Número de dispositivos	60	128	384	768	60	128	384	768	60	128	384	768
Retardo (segundos)	4.68	10	30	60	3.15	6.73	20.2	40.3	1.56	3.33	10	20

**Realizado por:** ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018

En la *Tabla 10-3* se muestra que el caso más desfavorable tiene un throughput a 3 saltos de 8710 bits/s, la comunicación de 60 dispositivos con un tamaño de paquete de 680 bits toma un tiempo de 4,684 segundos, se considera en base a los antecedentes que un retardo menor a un minuto es un tiempo reducido por lo que se transmite cada 10 segundos. El retardo máximo es 10 segundos lo que nos da una capacidad de 128 dispositivos cubriendo el 213% de la capacidad requerida con lo se concluye que la red es escalable y de capacidad aceptable para la aplicación desarrollada.

### 3.3 Pruebas del Prototipo WGP

Para el correcto funcionamiento del prototipo se realizaron pruebas de lectura de sensores, alcance de comunicación y visualización de los datos obtenidos.

#### 3.3.1 Pruebas realizadas del Nodo Coordinador, Nodo Router, Nodo Sensor

Los nodos que forman parte del prototipo fueron probados en condiciones normales y adversas, en condiciones normales se refieren a terreno plano y en condiciones adversas se refiere a terreno montañoso en donde hubo presencia de niebla, como se muestra en el *Anexo D*.

En la *Figura 3-3* se muestra el prototipo compuesto de Nodo Coordinador, Nodo Router y Nodo Sensor.



**Figura 3-3** Prototipo WGP  
Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018

#### Equipos utilizados para las mediciones

Esta prueba se realizó para determinar si el prototipo implementado incorpora error al sensor, se tomaron 14 muestras en un intervalo de 10 minutos, se usó un dispositivo GPS comercial Garmin Oregon 550 como dispositivo patrón y su hoja de especificaciones se detalla en el *Anexo B*. En las *Tablas 11-3 a la 20-3* se muestra las variables: latitud, longitud, velocidad, altura y precisión, tomadas en esta prueba.



**Tabla 11-3** Comparativa latitud GPS NEO-6M de WGP y GPS Garmin Oregon 550 en condiciones adversas.

Número de muestra	Latitud (grados decimales)		
	Garmin Oregon 550	WGP	Error absoluto Latitud
1	-1,497373	-1,497386	0,000013
2	-1,497369	-1,497387	0,000018
3	-1,49736	-1,49738	0,000020
4	-1,497351	-1,497361	0,000010
5	-1,497323	-1,497332	0,000009
6	-1,497234	-1,497245	0,000011
7	-1,497198	-1,49718	0,000018
8	-1,497131	-1,497121	0,000010
9	-1,496905	-1,496915	0,000010
10	-1,496668	-1,49668	0,000012
11	-1,496275	-1,49629	0,000015
12	-1,496113	-1,496123	0,000010
13	-1,495795	-1,49578	0,000015
14	-1,495432	-1,495445	0,000013

Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018

**Tabla 12-3** Comparativa de longitud realizada entre GPS NEO-6M de WGP y GPS Garmin Oregon 550 en condiciones adversas.

Número de muestra	Longitud (grados decimales)		
	Garmin Oregon 550	WGP	Error absoluto Longitud
1	-78,874186	-78,874197	0,000011
2	-78,874075	-78,874096	0,000021
3	-78,873868	-78,873887	0,000019
4	-78,873579	-78,873585	0,000006
5	-78,873294	-78,873315	0,000021
6	-78,872601	-78,872625	0,000024
7	-78,872392	-78,872372	0,000020
8	-78,872345	-78,872362	0,000017
9	-78,872284	-78,872264	0,000020
10	-78,872261	-78,872243	0,000018
11	-78,872301	-78,872323	0,000022
12	-78,87229	-78,872274	0,000016
13	-78,872457	-78,872445	0,000012
14	-78,872645	-78,872658	0,000013

Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018

**Tabla 13-3** Comparativa de altura realizada entre GPS NEO-6M de WGP y GPS Garmin Oregon 550 en condiciones adversas.

Número de muestra	Altura (m)		
	Garmin Oregon 550	WGP	Error absoluto Altura (m)
1	4167,381836	4172	4,618164
2	4160,437988	4170	9,562012
3	4167,439941	4187	19,560059
4	4172,692871	4193	20,307129
5	4171,622559	4177	5,377441
6	4176,048828	4179	2,951172
7	4176,878418	4180	3,121582
8	4179,391113	4181	1,608887
9	4182,955566	4185	2,044434
10	4183,637207	4188	4,362793
11	4186,464844	4189	2,535156
12	4187,701172	4198	10,298828
13	4197,401367	4202	4,598633
14	4208,665527	4215	6,334473

Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018

**Tabla 14-3** Comparativa de velocidad realizada entre GPS NEO-6M de WGP y GPS Garmin Oregon 550 en condiciones adversas.

Número de muestra	Velocidad (m/s)		
	WGP	Garmin Oregon 550	Error absoluto Velocidad (m/s)
1	0,01	0,0	0,01
2	0,01	0,0	0,01
3	0,01	0,0	0,01
4	0,01	0,0	0,01
5	0,01	0,0	0,01
6	0,01	0,0	0,01
7	0,01	0,0	0,01
8	0,01	0,0	0,01
9	0,01	0,0	0,01
10	0,01	0,0	0,01
11	0,01	0,0	0,01
12	0,01	0,0	0,01
13	0,01	0,0	0,01
14	0,02	0,0	0,02

Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018

**Tabla 15-3** Comparativa de precisión realizada entre GPS NEO-6M de WGP y GPS Garmin Oregon 550 en condiciones adversas.

Número de muestra	Precisión (cm)		
	WGP (cm)	Garmin Oregon 550 (cm)	Error absoluto Precisión ( cm)
1	242	240	2
2	242	240	2
3	241	240	1
4	241	240	1
5	241	240	1
6	241	240	1
7	242	240	2
8	242	240	2
9	242	240	2
10	242	240	2
11	241	240	1
12	242	240	2
13	242	240	2
14	242	240	2

Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018

**Tabla 16-3** Comparativa de latitud realizada entre GPS NEO-6M de WGP y GPS Garmin Oregon 550 en condiciones normales.

Número de muestra	Latitud (grados decimales)		
	WGP	Garmin Oregon 550	Error absoluto Latitud
1	-1,661851	-1,661864	0,000013
2	-1,661852	-1,661858	0,000006
3	-1,661853	-1,661858	0,000005
4	-1,661852	-1,661858	0,000006
5	-1,661853	-1,661858	0,000005
6	-1,661854	-1,661858	0,000004
7	-1,661854	-1,661858	0,000004
8	-1,661853	-1,661858	0,000005
9	-1,661853	-1,661858	0,000005
10	-1,661852	-1,661858	0,000006
11	-1,661851	-1,661858	0,000007
12	-1,661851	-1,661858	0,000007
13	-1,661851	-1,661858	0,000007
14	-1,661851	-1,661858	0,000007

Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018

**Tabla 17-3** Comparativa de longitud realizada entre GPS NEO-6M de WGP y GPS Garmin Oregon 550 en condiciones normales.

Número de muestra	Longitud (grados decimales)		
	WGP	Garmin Oregon 550	Error absoluto Longitud
1	-78,67270	-78,672694	0,00000
2	-78,67271	-78,67269	0,00002
3	-78,67271	-78,672691	0,00002
4	-78,67271	-78,67269	0,00002
5	-78,67271	-78,67269	0,00002
6	-78,67271	-78,67269	0,00002
7	-78,67271	-78,67269	0,00002
8	-78,67271	-78,672691	0,00002
9	-78,67271	-78,672691	0,00002
10	-78,67271	-78,672691	0,00002
11	-78,67271	-78,672691	0,00002
12	-78,67271	-78,672691	0,00002
13	-78,67271	-78,672691	0,00002
14	-78,67271	-78,672691	0,00002

Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018

**Tabla 18-3** Comparativa de altura realizada entre GPS NEO-6M de WGP y GPS Garmin Oregon 550 en condiciones normales.

Número de muestra	Altura (m)		
	WGP	Garmin Oregon 550	Error absoluto Altura (m)
1	2820,7	2801,315674	19,384326
2	2820,7	2800,453125	20,246875
3	2820,7	2801,204834	19,495166
4	2820,7	2801,437012	19,262988
5	2820,7	2801,294434	19,405566
6	2820,7	2800,920898	19,779102
7	2820,7	2801,117188	19,582812
8	2820,7	2800,762207	19,937793
9	2820,7	2801,643555	19,056445
10	2820,7	2800,60376	20,09624
11	2820,7	2801,240479	19,459521
12	2820,7	2802,319824	18,380176
13	2820,7	2801,920898	18,779102
14	2820,7	2802,161133	18,538867

Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018

**Tabla 19-3** Comparativa de velocidad realizada entre GPS NEO-6M de WGP y GPS Garmin Oregon 550 en condiciones normales.

Número de muestra	Velocidad (m/s)		
	WGP	Garmin Oregon 550	Error absoluto Velocidad (m/s)
1	0,01	0,0	0,01
2	0,01	0,0	0,01
3	0,01	0,0	0,01
4	0,01	0,0	0,01
5	0,01	0,0	0,01
6	0,01	0,0	0,01
7	0,01	0,0	0,01
8	0,01	0,0	0,01
9	0,01	0,0	0,01
10	0,01	0,0	0,01
11	0,01	0,0	0,01
12	0,01	0,0	0,01
13	0,01	0,0	0,01
14	0,01	0,0	0,01

Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018

**Tabla 20-3** Comparativa de precisión realizada entre GPS NEO-6M de WGP y GPS Garmin Oregon 550 en condiciones normales.

Número de muestra	Precisión (cm)		
	WGP (cm)	Garmin Oregon 550(cm)	Error absoluto Precisión ( cm)
1	202	200	2
2	202	200	2
3	201	200	1
4	201	200	1
5	201	200	1
6	201	200	1
7	202	200	2
8	202	200	2
9	202	200	2
10	202	200	2
11	201	200	1
12	202	200	2
13	202	200	2
14	202	200	2

Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018

Al analizar las *Tablas 11-3 a 20-3* se muestra que las variables presentan un error absoluto máximo en condiciones adversas y mínimo en condiciones normales, en comparación con el dispositivo GPS Garmin Oregon 550 presenta un error de: latitud máximo de 0,00002 grados decimales y mínimo de 0,000013 grados decimales, de longitud máximo de 0,000024 grados decimales y mínimo de 0,00002 grados decimales, de altura máximo de 20,3072 metros y

mínimo de 20,246875 metros, de velocidad máximo de 0.02 m/s y mínimo de 0.01 m/s, y de precisión máximo de 6 cm y mínimo de 2 cm, cuyos valores no sobrepasan el error absoluto de ubicación de 2.5m y de velocidad de 0.1m/s del sensor con lo que se demuestra que el prototipo no incorpora error a los sensores y que es competitivo con equipos comerciales de iguales características.

### 3.3.1.1 Repetitividad del Nodo Sensor

Estas pruebas se realizaron con la finalidad de establecer que un dispositivo sensor reproduce la lectura con una precisión dada (Franco, 2013). Este análisis se realizó con la toma de 14 muestras durante un minuto, los datos obtenidos son enviados al Nodo Router que a su vez transmite los datos al Nodo Coordinador para almacenar la trama de datos en MySQL del computador. Por medio de Microsoft Excel 2013 se calcula el coeficiente de variación, la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación de los datos según Pearson (Universidad-de-Málaga, 2016).

**Tabla 21-3** Repetitividad de los valores leídos del Nodo Sensor

Número de muestra	Hora	Latitud	Longitud	Altura	Velocidad	Precisión	Botón
1	14:35:14	-1,661851	-78,67270	2820,7	0,01	202	0
2	14:35:19	-1,661852	-78,67271	2820,7	0,01	202	0
3	14:35:24	-1,661853	-78,67271	2820,7	0,01	201	0
4	14:35:29	-1,661852	-78,67271	2820,7	0,01	201	0
5	14:35:34	-1,661853	-78,67271	2820,7	0,01	201	0
6	14:35:39	-1,661854	-78,67271	2820,7	0,01	201	0
7	14:35:44	-1,661854	-78,67271	2820,7	0,01	202	0
8	14:35:49	-1,661853	-78,67271	2820,7	0,01	202	0
9	14:35:54	-1,661853	-78,67271	2820,7	0,01	202	0
10	14:35:59	-1,661852	-78,67271	2820,7	0,01	202	0
11	14:36:04	-1,661851	-78,67271	2820,7	0,01	201	0
12	14:36:09	-1,661851	-78,67271	2820,7	0,01	202	0
13	14:36:14	-1,661851	-78,67271	2820,7	0,01	202	0
14	14:36:19	-1,661851	-78,67271	2820,7	0,01	202	0
<b>Media</b>		-1,661852	-78,672705	2820,70	0,00	201,64	0
<b>Desviación Estándar(<math>\sigma</math>)</b>		0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00
<b>Coeficiente de Variación</b>		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,25%	0,00%

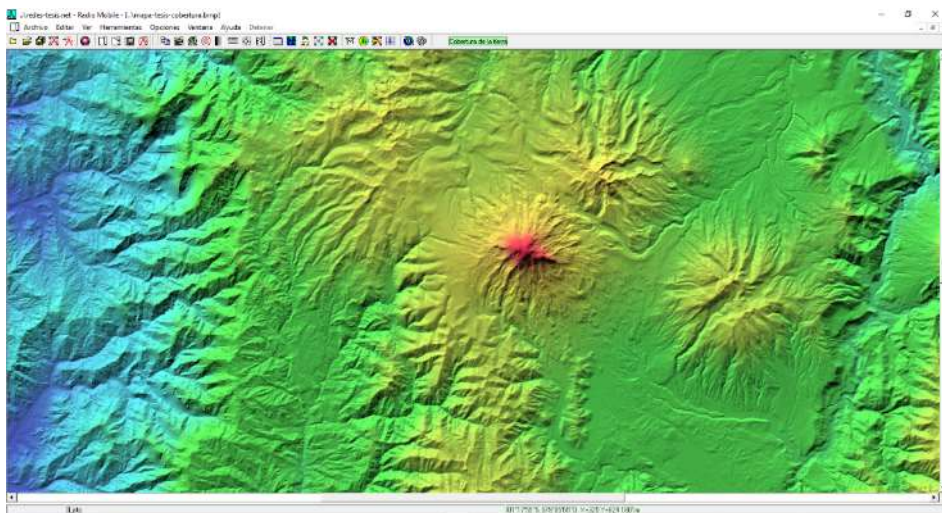
Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018

En la *Tabla 21-3* se muestra que las lecturas de datos realizadas por medio del GPS NEO-6M fueron constantes en latitud, longitud, altura, velocidad y botón, teniendo un coeficiente de

variación de 0 %, a diferencia del parámetro precisión que presenta variabilidad de 0,25 % que representa que la variabilidad es poco considerable ya que tiende a 0 según el coeficiente de variación de Pearson por lo que WGP es un prototipo confiable.

### 3.3.2 Estudio de cobertura red ZigBee

Esta prueba se realiza para determinar la cobertura del prototipo realizando las simulaciones y pruebas físicas. Esta etapa de simulación se la realiza usando el modelo de propagación Longley-Rice detallado en el Capítulo I. WGP usa un dispositivo de comunicación inalámbrica de largo alcance XBee-PRO 900HP que cuenta con una potencia de transmisión de 24dBm, en base a la *Tabla 4-1* tiene un alcance en línea de vista es de 6,5Km con una antena de 2,1dBi de ganancia, se realiza la simulación usando el *software* Radio Mobile que se muestra en la *Figura 4-3*, con un Nodo Coordinador un Nodo Router y dos Nodos Sensores situados en la entrada de la RPFCH.



**Figura 4-3** Radio Mobile.  
Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

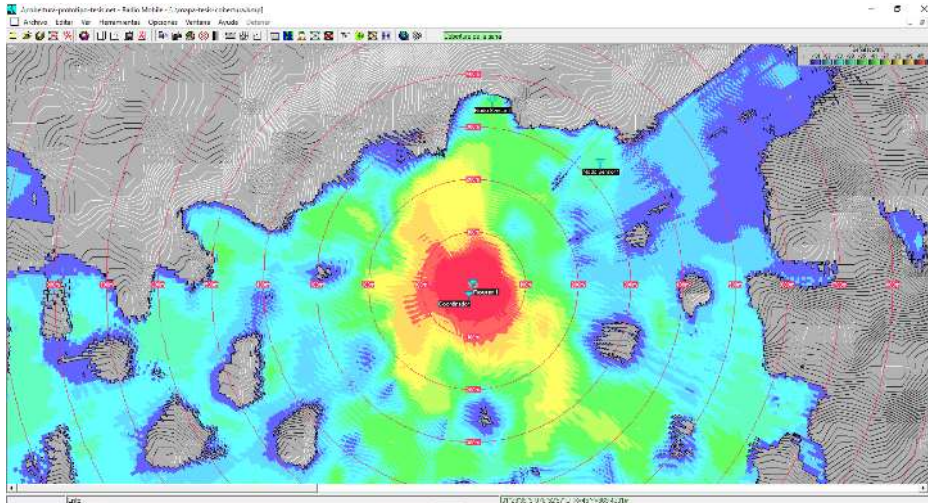
Los nodos Coordinador y Router se ubican en la entrada de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo en las coordenadas que se muestra en la *Tabla 22-3*.

**Tabla 22-3** Coordenadas Nodo Coordinador y Router.

Nodo	Latitud	Longitud	Altura
Nodo Coordinador	-1,497892	-78,87487	4357,2 m
Nodo Router	-1,497892	-78,87487	4363 m

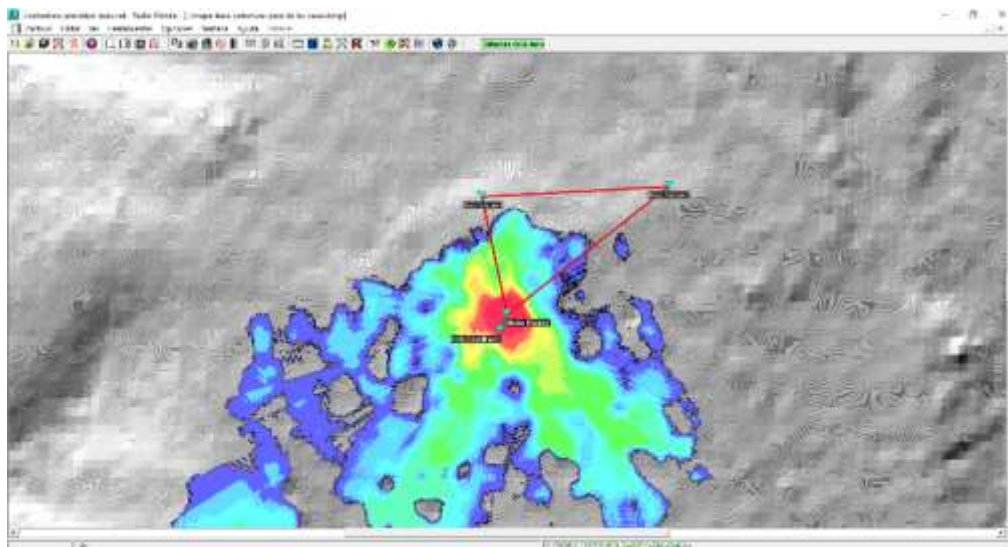
Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

En la *Figura 5-3* se muestra la cobertura del Nodo Router que posee una potencia de transmisión de 24dBm, una pérdida de conector de 0.5dB y una antena de 2.1dBi de ganancia y tienen una sensibilidad de -101dbm con lo que se obtiene un área de cobertura de entre 500m<sup>2</sup> en terreno montañoso con el uso de antenas dipolo de 2,1 dBi, estos mismos parámetros poseen los nodos Coordinador y Sensor.



**Figura 5-3** Cobertura Nodo Router WGP.  
Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

En la *Figura 6-3* se muestra la ubicación de los Nodos Sensores fuera del área de cobertura en las coordenadas que se muestran en la *Tabla 23-3*.



**Figura 6-3** Cobertura Nodo Router 1 WGP.  
Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

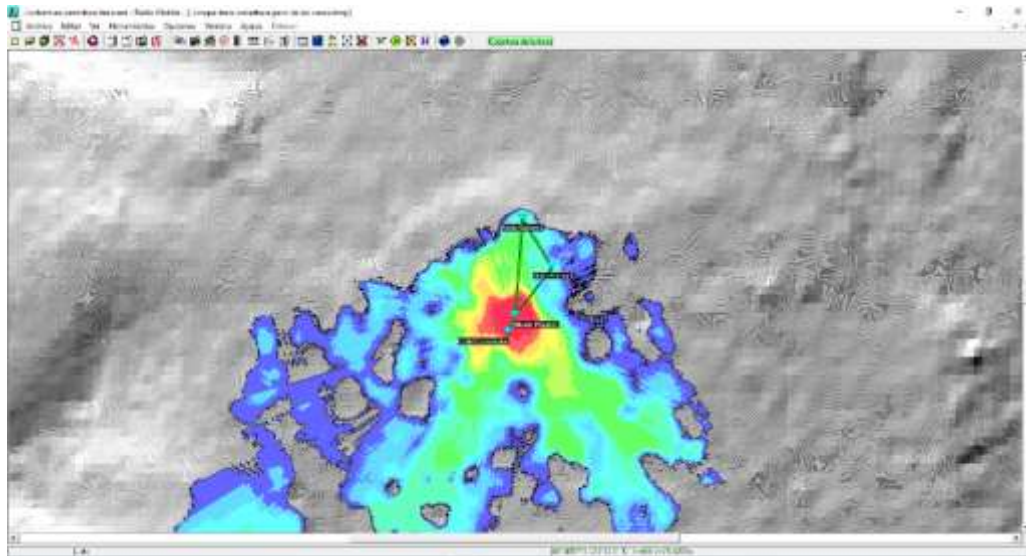


**Tabla 23-3** Coordenadas Peor de los Casos

Nodo	Latitud	Longitud	Altura
Nodo Coordinador	-1,498413	-78,87509	4354 m
Nodo Router	-1,497892	-78,87487	4357,2 m
Nodo Sensor 1	-1,494164	-78,87568	4392 m
Nodo Sensor 2	-1,493844	-78,86974	4455m

Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

En la *Figura 7-3* se muestra la ubicación de los Nodos Sensores dentro del área de cobertura del Nodo Router en las coordenadas que se muestran en la *Tabla 24-3*.



**Figura 7-3** Cobertura Nodo Router 1 WGP.

Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

**Tabla 24-3** Coordenadas Mejor de los Casos

Nodo	Latitud	Longitud	Altura
Nodo Coordinador	-1,498413	-78,87509	4354 m
Nodo Router	-1,497892	-78,87487	4357,2 m
Nodo Sensor 1	-1,496366	-78,8737	4394 m
Nodo Sensor 2	-1,49486	-78,87464	4412,9 m

Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

En la *Tabla 25-3* y *Tabla 26-3* se muestran los resultados para distintas distancias usando las fórmulas 1, 2, 3 detalladas en el Capítulo I en terreno plano y terreno montañoso respectivamente, los datos tomados de la simulación y tomados de la prueba de campo.

**Tabla 25-3** Resultados de Cobertura Terreno Plano

Muestra	Distancia (m)	Nivel de Recepción Prueba Simulada	Nivel de Recepción Prueba de Campo	Nivel de Recepción Teórico
1	50	-46.5 dBm	-40.5 dBm	-37,7835308 dBm
2	100	-50.8 dBm	-43.8 dBm	-43,8041308 dBm
3	150	-55.1 dBm	-50.1 dBm	-47,3259559 dBm
4	200	-58.3 dBm	-54.3 dBm	-49,8247307 dBm
5	250	-58.7 dBm	-58.7 dBm	-51,7629309 dBm
6	300	-61.4 dBm	-59.4 dBm	-53,3465558 dBm
7	350	-62.5 dBm	-61.4 dBm	-54,6854916 dBm
8	400	-62.7 dBm	-64.7 dBm	-55,8453306 dBm
9	450	-63.5 dBm	-65.4 dBm	-56,868381 dBm
10	500	-64.6 dBm	-65 dBm	-57,7835308 dBm
11	550	-65.4 dBm	-66 dBm	-58,6113845 dBm
12	600	-65.9 dBm	-66.4 dBm	-59,3671558 dBm
13	650	-67.3 dBm	-67 dBm	-60,0623979 dBm
14	700	-68.1 dBm	-67.5 dBm	-60,7060916 dBm
15	750	-68.6 dBm	-67.9 dBm	-61,305356 dBm
16	800	-68.4 dBm	-68.6 dBm	-61,8659305 dBm
17	850	-69 dBm	-70.1 dBm	-62,3925093 dBm
18	900	-71.1 dBm	-70.8 dBm	-62,8889809 dBm
19	950	-70 dBm	-71.5 dBm	-63,3586029 dBm
20	1000	-70.8 dBm	-72 dBm	-63,8041308 dBm
21	1050	-71.1 dBm	-73 dBm	-64,2279167 dBm
22	1100	-71.2 dBm	-74.2 dBm	-64,6319845 dBm
23	1150	-72.4 dBm	-75.4 dBm	-65,0180876 dBm
24	1200	-71.9 dBm	-75.9 dBm	-65,3877557 dBm
25	1250	-72.4 dBm	-77.4 dBm	-65,742331 dBm
26	1300	No hay línea de vista	No hay línea de vista	No hay línea de vista
27	1350	No hay línea de vista	No hay línea de vista	No hay línea de vista
28	1400	No hay línea de vista	No hay línea de vista	No hay línea de vista
29	1450	No hay línea de vista	No hay línea de vista	No hay línea de vista
30	1500	No hay línea de vista	No hay línea de vista	No hay línea de vista

Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

**Tabla 26-3** Resultados de Cobertura Terreno Montañoso

Muestra	Distancia (m)	Nivel de Recepción Prueba Simulada	Nivel de Recepción Prueba de Campo	Nivel de Recepción Teórico
1	50	-45.5 dBm	-40.5 dBm	-37,7835308 dBm
2	100	-51.7 dBm	-44.7 dBm	-43,8041308 dBm
3	150	-59.6 dBm	-58.6 dBm	-47,3259559 dBm
4	200	-63.3 dBm	-63 dBm	-49,8247307 dBm
5	250	-65.0 dBm	-64.0 dBm	-51,7629309 dBm
6	300	-66.4 dBm	-67.4 dBm	-53,3465558 dBm
7	350	-72.5 dBm	-71.5 dBm	-54,6854916 dBm
8	400	-74.3 dBm	-72.3 dBm	-55,8453306 dBm
9	450	No hay línea de vista	No hay línea de vista	No hay línea de vista
10	500	No hay línea de vista	No hay línea de vista	No hay línea de vista
11	550	No hay línea de vista	No hay línea de vista	No hay línea de vista
12	600	No hay línea de vista	No hay línea de vista	No hay línea de vista
13	650	No hay línea de vista	No hay línea de vista	No hay línea de vista

14	700	No hay línea de vista	No hay línea de vista	No hay línea de vista
15	750	No hay línea de vista	No hay línea de vista	No hay línea de vista
16	800	No hay línea de vista	No hay línea de vista	No hay línea de vista
17	850	No hay línea de vista	No hay línea de vista	No hay línea de vista
18	900	No hay línea de vista	No hay línea de vista	No hay línea de vista
19	950	No hay línea de vista	No hay línea de vista	No hay línea de vista
20	1000	No hay línea de vista	No hay línea de vista	No hay línea de vista

**Realizado por:** ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

En base a la *Tabla 25-3* y *Tabla 26-3*, se muestra el nivel de recepción en dBm según la distancia entre Nodo Router y Nodo Sensor en terreno plano y en terreno montañoso. Donde se verifica que al perder la línea de vista la comunicación se pierde dándonos un área de cobertura de entre 500m<sup>2</sup> en terreno montañoso y 4500m<sup>2</sup> en terreno plano con el uso de antenas dipolo de 2,1 dBi.

### **Propuesta de cobertura ruta hacia los refugios.**

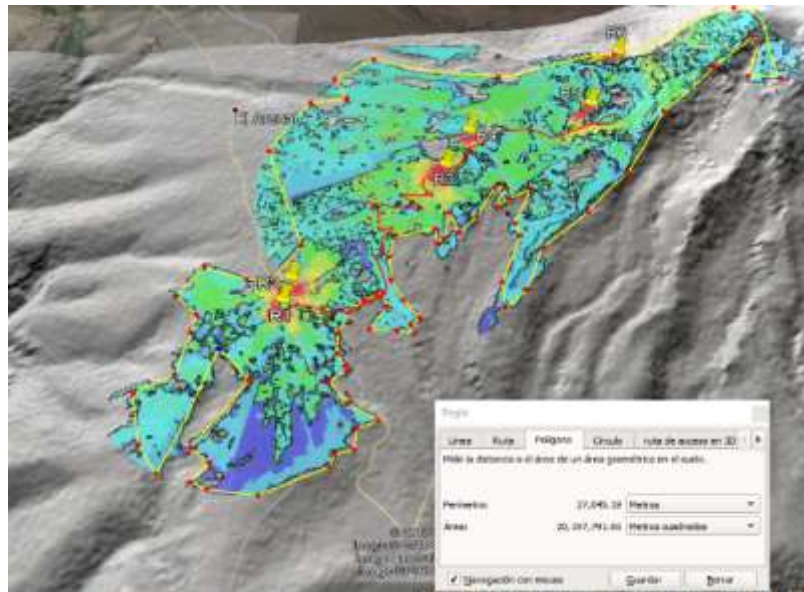
Usando el *software* Radio Mobile se determinó la posición de los nodos routers que se muestran en la *Tabla 27-3* en donde existe línea de vista con el Nodo Coordinador. Poseen una potencia de transmisión de 24dBm, una pérdida de conector de 0.5dB y una antena de 8.1dBi de ganancia y una sensibilidad de -101dBm.

**Tabla 27-3** Coordenadas Nodos Routers

<b>Nodo</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altura</b>
Nodo Coordinador	-1,498413	-78,87509	4354 m
Nodo Router 1	-1,497892	-78,87487	4357,2 m
Nodo Router 2	-1,494971	-78,87419	4411 m
Nodo Router 3	-1,479979	-78,85798	4715.6 m
Nodo Router 4	-1,474856	-78,85532	4796.4 m
Nodo Router 5	-1,472129	-78,84141	5010.9 m
Nodo Router 6	-1,46548	-78,83799	5300.7 m

**Realizado por:** ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

En la *Figura 8-3* se muestra que la cobertura total con 6 nodos routers con antenas dipolo de 8.1 dBi es de 20197 m<sup>2</sup> que cubre el 97.3% de la ruta de 10.1 Km hacia los refugios.



**Figura 8-3 Cobertura WGP.**  
Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

En la *Tabla 28-3* se muestra el nivel de potencia de recepción y Zona de Fresnel de los enlaces entre Nodos Routers y Nodos Coordinadores a lo largo de la ruta hacia los refugios obtenidos del *software* Radio Mobile. De los cuales los que poseen una potencia de recepción superior a -80 dBm y siguiendo la recomendación UIT-R P.530-13 que determina la necesidad de por lo menos el 60% de despeje de la primera zona de Fresnel son los enlaces cumplen los requerimientos para la propagación en el espacio libre (UIT, 2009).

**Tabla 28-3** Resultados Niveles de potencia de recepción y Zona de Fresnel.

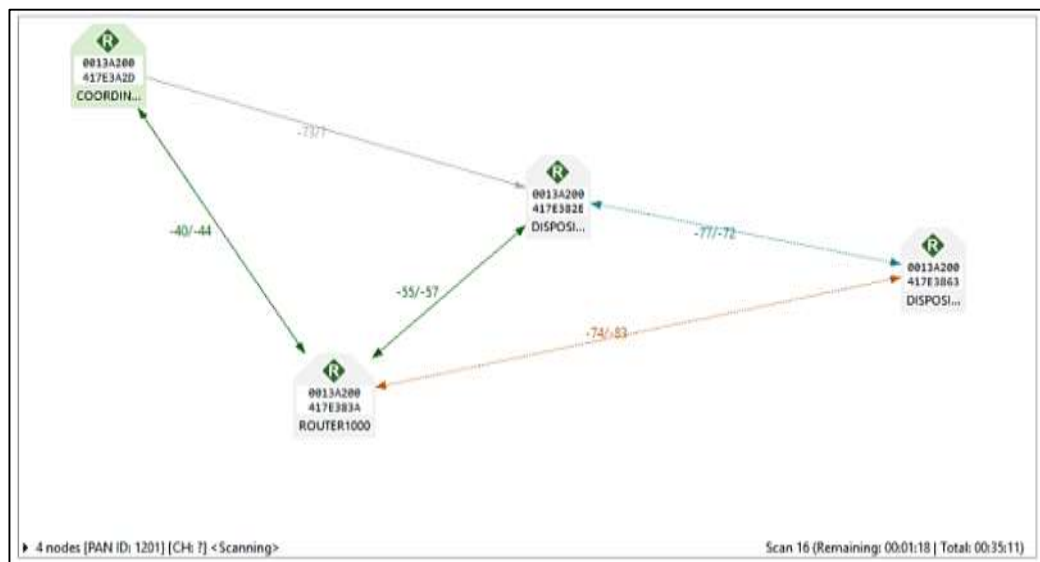
Transmisor	Receptor						
	Coordinador	Router 1	Router 2	Router 3	Router 4	Router 5	Router 6
Coordinador	-	-45.5 dBm 300%	-54.8 dBm 60%	-91.7 dBm -40%	-93.8 dBm -40%	-86.9 dBm 0%	-78.1 dBm 60%
Router 1	-45.5 dBm 300%	-	-51.1 dBm 60%	-82.1 dBm 0%	-82.6 dBm 10%	-68.7 dBm 80%	-72.2 dBm 160%
Router 2	-54.8 dBm 60%	-51.1 dBm 60%	-	-73.9 dBm 200%	-68.4 dBm 80%	-77.8 dBm 250%	-72.7 dBm 260%
Router 3	-91.7 dBm -40%	-82.1 dBm 0%	-73.9 dBm 200%	-	-68.3 dBm -10%	-101.2 dBm -60%	-77.9 dBm 20%
Router 4	-93.8 dBm -40%	-82.6 dBm 10%	-68.4 dBm 80%	-68.3 dBm -10%	-	-75.3 dBm 200%	-66.7 dBm 190%
Router 5	-86.9 dBm 0%	-68.7 dBm 80%	-77.8 dBm 250%	-101.2 dBm -60%	-75.3 dBm 200%	-	-61.4 dBm 40%
Router 6	-78.1 dBm 60%	-72.2 dBm 160%	-72.7 dBm 260%	-77.9 dBm 20%	-66.7 dBm 190%	-61.4 dBm 40%	-

Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

En base a la *Tabla 28-3* se determina que existen 12 enlaces con un margen superior a 20 dB con una sensibilidad del receptor de -101 dBm y una Zona de Fresnel superior al 60% por lo que se concluye que existe redundancia en la comunicación lo que permitirá mantener la comunicación al momento en que un enlace se pierda y cumple las recomendaciones de la UIT-R P.530-13 para la propagación en el espacio libre.

### Pruebas del Nodo Router

Esta prueba consiste en determinar si el Nodo Router retransmite hacia el Nodo Coordinador la información recibida de los Nodos Sensores como se muestra en la *Figura 9-3* para lo cual se utiliza la herramienta XCTU durante un intervalo de 35 minutos.



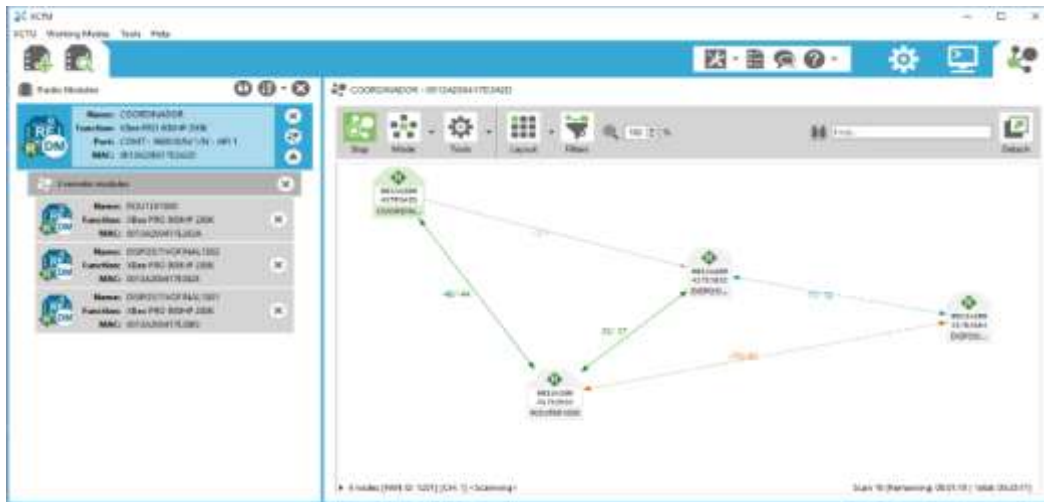
**Figura 9 -3** Funcionamiento Nodo Router.

Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

El la *Figura 9-3* se comprueba que los Nodos Sensores envían la información hacia el Nodo Router y este la retransmite hacia el Nodo Coordinador lo que determina que cumple su función.

### Pruebas del Nodo Coordinador

Esta prueba consiste en determinar si el Nodo Coordinador crea la red y designa las rutas para la comunicación entre los Nodos Router y Nodos Sensores usando la herramienta XCTU como se muestra en la *Figura 10-3* durante 35 minutos.



**Figura 10-3** Funcionamiento Nodo Coordinador.  
 Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

En la *Figura 10-3* se verifica que el Nodo Coordinador crea la red con los Nodos Sensores y Nodo Coordinador y marca las rutas para el envío de la información.

### Prueba de Exportación de datos a documento de Excel

En la *Figura 11-3*, se muestra los datos almacenados en archivo de Excel en donde se observa el ID dispositivo, Fecha, Hora, Latitud, Longitud, Altura, Velocidad, Alerta, Botón De Auxilio, Batería, HDOP.

1001	4/10/2018 11:41	-1.661954	-78.672683	2059.6	0.12	1	0	95	400
1001	4/10/2018 11:41	-1.661955	-78.672683	2059.6	0.38	1	0	95	400
1001	4/10/2018 11:41	-1.661959	-78.672683	2059.6	0.25	1	0	95	400
1001	4/10/2018 11:41	-1.661963	-78.672683	2059.6	0.01	1	0	95	400
1001	4/10/2018 11:41	-1.661964	-78.672688	2059.8	0.07	1	0	95	400
1001	4/10/2018 11:41	-1.661967	-78.672688	2059.6	0.02	1	0	95	400
1001	4/10/2018 11:41	-1.661971	-78.672688	2059.6	0.04	1	0	95	400
1001	4/10/2018 11:41	-1.661975	-78.67266	2059.4	0.03	1	0	95	400
1001	4/10/2018 11:41	-1.661976	-78.67266	2059.8	0.04	1	0	95	400
1001	4/10/2018 11:41	-1.661973	-78.67266	2059.6	0.06	1	0	95	400
1001	4/10/2018 11:55	-1.661915	-78.672734	2059.6	0.06	1	0	94	400
1001	4/10/2018 11:55	-1.661915	-78.672734	2059.6	0.03	1	0	94	400
1001	4/10/2018 11:55	-1.661912	-78.672796	2059.6	0.22	1	0	94	400
1001	4/10/2018 11:56	-1.661912	-78.672796	2059.6	0.13	1	0	94	400
1001	4/10/2018 11:56	-1.661911	-78.672796	2059.8	0.04	1	0	94	400
1001	4/10/2018 11:56	-1.661914	-78.672796	2059.6	0.07	1	0	94	400
1001	4/10/2018 11:56	-1.661909	-78.672721	2059.6	0.22	1	0	94	400
1001	4/10/2018 11:56	-1.66191	-78.672721	2059.6	0.08	1	0	94	400
1001	4/10/2018 11:56	-1.661907	-78.672721	2059.6	0.02	1	0	94	400
1001	4/10/2018 11:56	-1.661904	-78.672721	2059.8	0.13	1	0	94	400
1001	4/10/2018 11:56	-1.6619	-78.672721	2059.6	0.1	1	0	94	400
1001	4/10/2018 11:56	-1.661899	-78.672729	2059.8	0.15	1	0	94	400
1001	4/10/2018 11:56	-1.661896	-78.672729	2059.6	0.06	1	0	94	400
1001	4/10/2018 11:56	-1.661895	-78.672727	2059.6	0.07	1	0	94	400
1001	4/10/2018 11:56	-1.661896	-78.672727	2059.8	0.06	1	0	94	400
1001	4/10/2018 11:57	-1.6619	-78.672737	2059.8	0.05	1	0	96	400
1001	4/10/2018 11:57	-1.661904	-78.672737	2059.6	0.04	1	0	96	400
1001	4/10/2018 11:57	-1.6619	-78.672737	2059.6	0.06	1	0	96	400
1001	4/10/2018 11:57	-1.661906	-78.672744	2059.6	0.06	1	0	96	400

**Figura 11-3** Exportación de datos a documento de Excel  
 Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

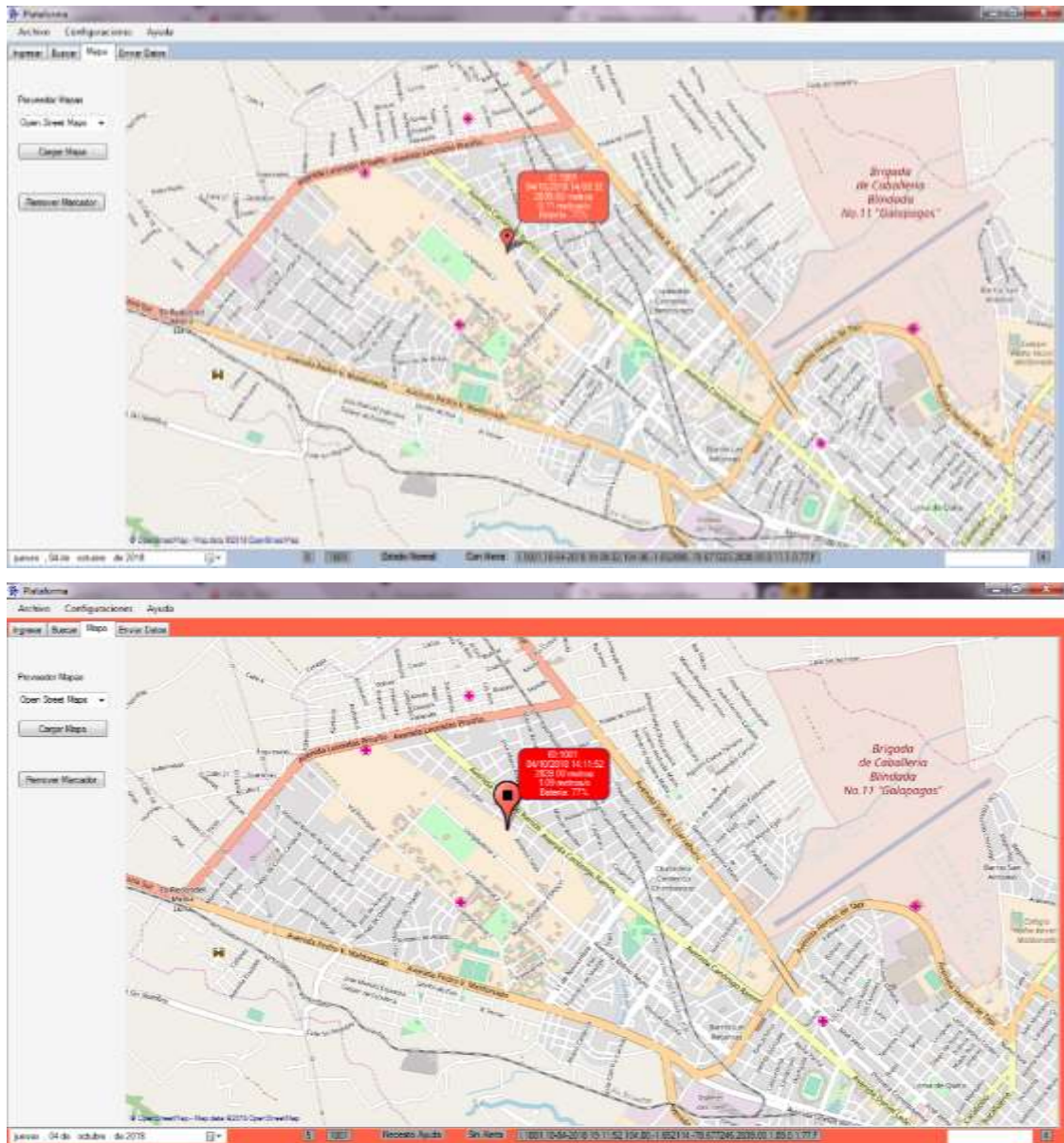
### 3.3.2.1 Pruebas de funcionamiento Nodo Sensor

En esta prueba se determinó si los datos enviados por el Nodo Router y Nodos Sensores recopilados por el Nodo Coordinador son almacenados en la base de datos y si se muestra en el mapa georreferenciado la ubicación y el mensaje de alerta al presionar el botón como se muestra en las Figuras 12-3 a la 14-3 durante un periodo de 2 horas.



**Figura 12-3** Información enviada por el Nodo Sensor  
Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

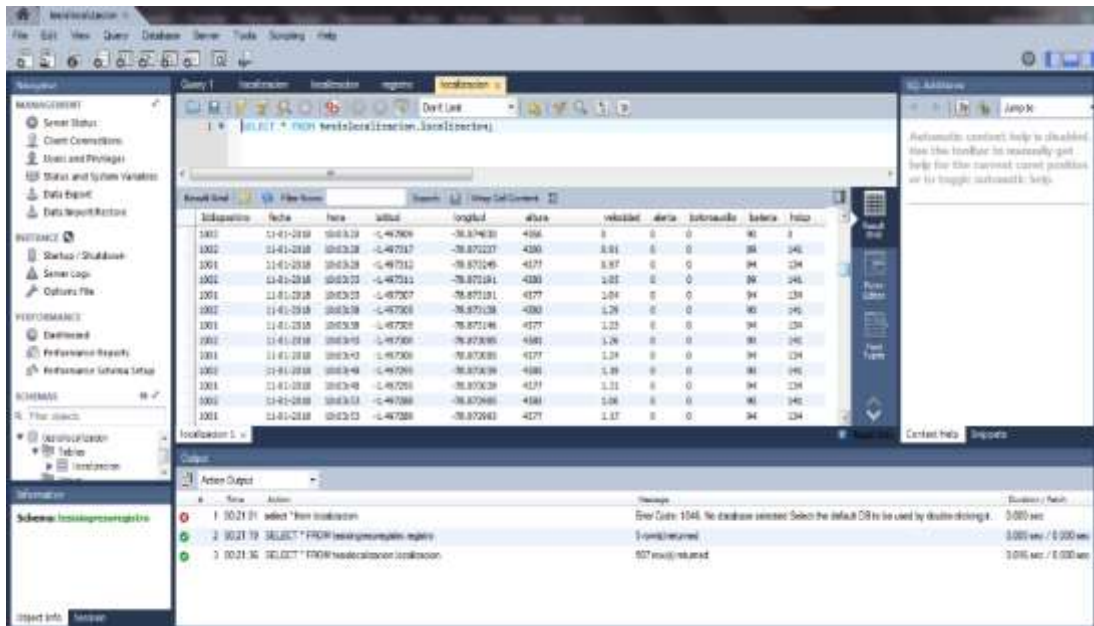




**Figura 13-3** Recepción de datos alerta baja velocidad y alerta botón de auxilio por el *software* WGP.

Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018





**Figura 14-3** Datos almacenados en MySQL  
 Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

En esta prueba se verificó que la información es almacenada en la base de datos usando el gestor de base de datos MySQL. Se verifico usando la herramienta Gmap.Net que en el mapa georreferenciado se muestra el marcador que cambia de forma al momento que el usuario presiona el botón de Auxilio y cuando la velocidad es menor de 0,9 m/s.

### 3.4 Implantación del prototipo WGP

Esta prueba consiste en instalar y probar el funcionamiento en campo del prototipo en la entrada de la RPFCH como se muestra en las *Figura15-3*.



**Figura 15-3** Implantación WGP-RPFCH  
 Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

Se colocó el Nodo Router a una altura de 4 metros para establecer la comunicación con los Nodos Sensores como se muestra en la *Figura 16-3*.



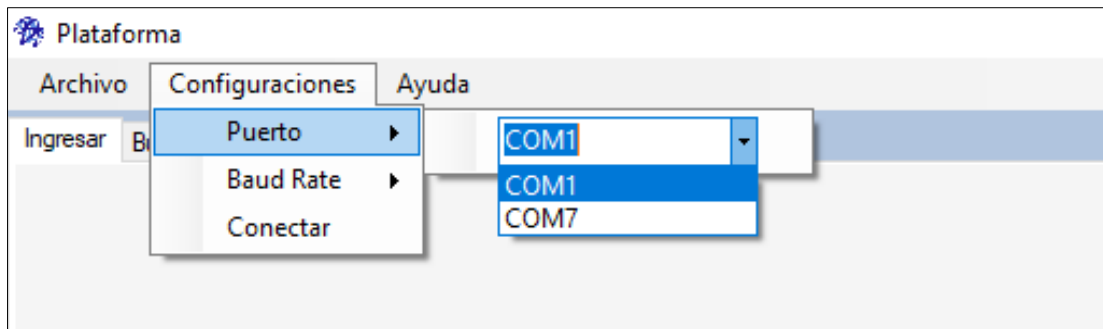
**Figura 16-3** Colocación Nodo Router en RPFCH  
*Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018*

Al ejecutar el *software* WGP nos muestra una ventana para el inicio de sesión lo que permite autenticar al administrador del sistema con su usuario y contraseña como se muestra en la *Figura 17-3*.



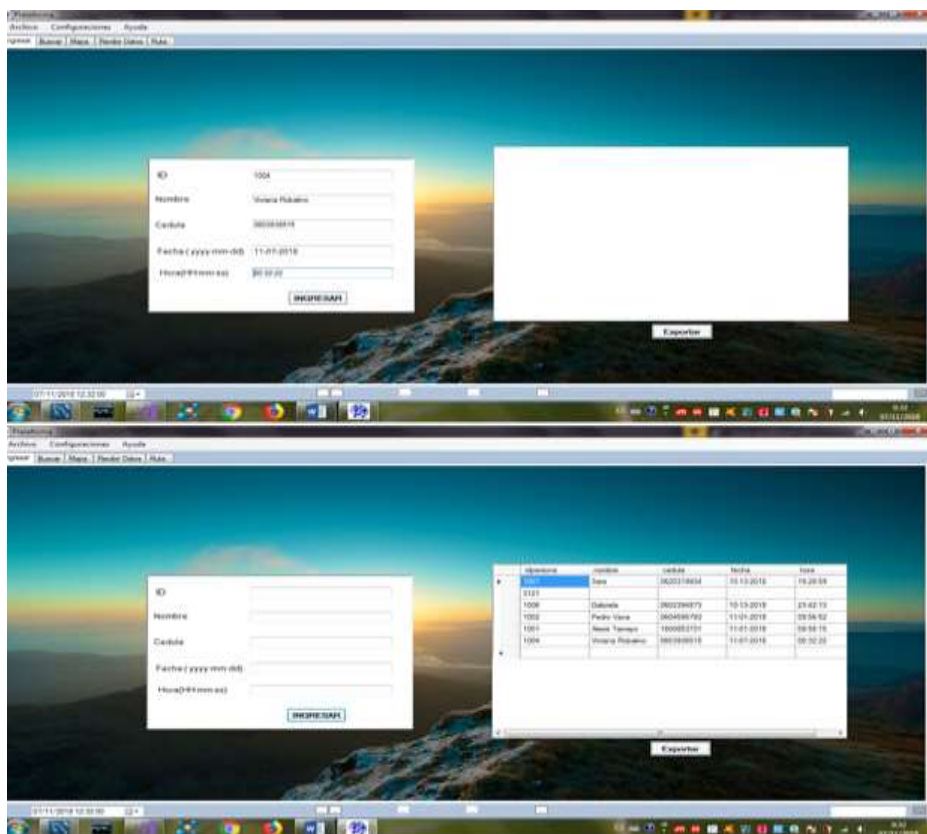
**Figura 17-3** Ventana de Inicio de sesión WGP.  
*Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018*

En la *Figura 18-3* se muestra un menú desplegable con la selección del puerto, la selección de la tasa de baudios y la opción Conectar lo que permite establecer la conexión con el Nodo Coordinador en el puerto correcto.



**Figura 18-3** Barra de Herramientas Configuraciones WGP.  
 Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

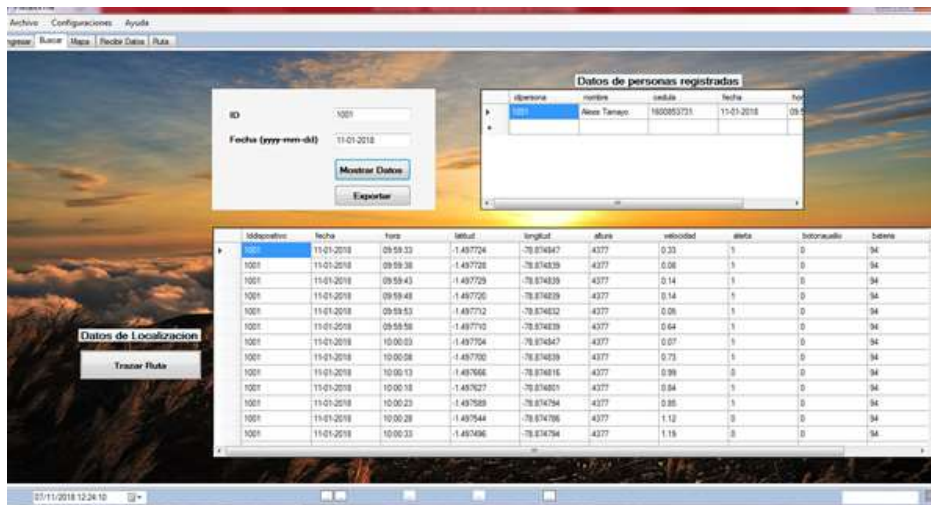
En la *Figura 19-3* se muestra la pestaña de ingreso de datos de los usuarios en donde se escribe el ID correspondiente al ID del dispositivo asignado, y se deben llenar los datos de Nombre, Cedula, el campo Fecha se asigna automáticamente en el momento que se dé clic en el mismo, y se almacena en la base de datos al dar clic en el botón Ingresar.



**Figura 19-3** Interfaz gráfica WGP.  
 Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

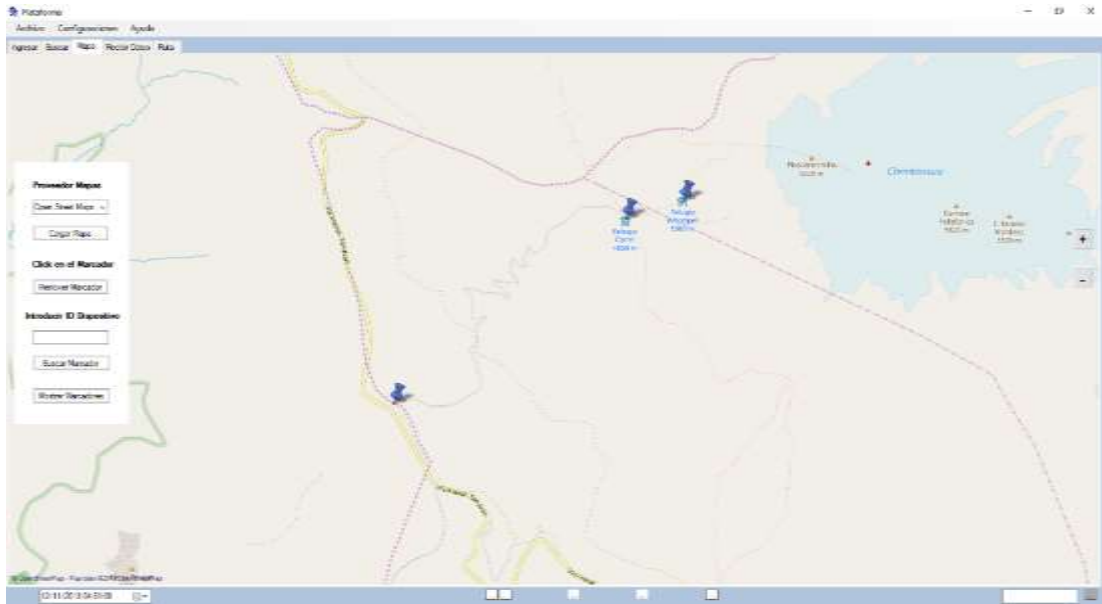
En la *Figura 20-3* se muestra la consulta de datos ingresando el ID que se requiera dando clic en el botón Mostrar Datos, y se observa los datos de registro del portador del dispositivo y del

dispositivo asignado al mismo, además se permite la exportación de los datos en un documento de Excel para tener un registro individual de cada portador.



**Figura 20-3** WGP pestaña Buscar.  
Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

En la *Figura 21-3* se observa el mapa georreferenciado en donde se muestran los marcadores creados con los datos recibidos por el puerto serial a través de la Red ZigBee, en esta pestaña la posición de los marcadores se actualiza al momento de recibir los datos de los dispositivos, el mapa mostrado es de uso libre Open Street Maps y está almacenado en cache por lo que no es necesario el uso de una conexión a internet, al dar clic en un marcador se muestra su información en un mayor tamaño, además se puede mostrar un marcador en específico escribiendo su ID y presionando el botón Buscar Marcador y se vuelve a mostrar todos los marcadores dando clic en el botón Mostrar Marcadores, el control del mapa es simple y amigable que permite moverlo usando el mouse, cambiar el aumento del mapa con el uso del scroll del mouse o los botones de “+” y “-”.



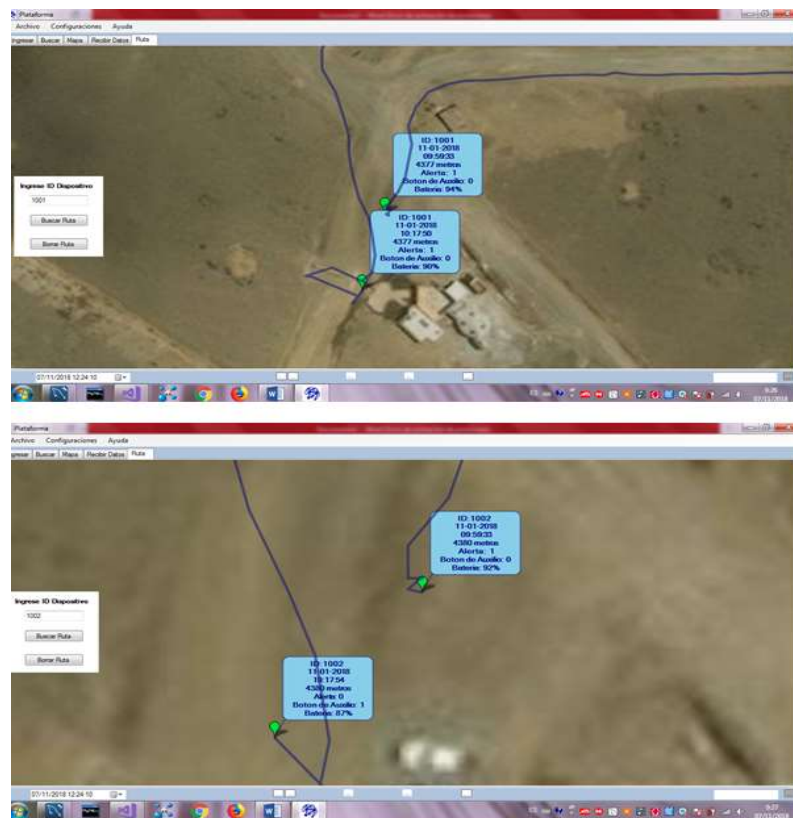
**Figura 21-3** Pestaña Mapa WGP.  
**Realizado por:** ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

En la Figura 22-3 se muestra el prototipo WGP siendo portado por personal de la RPFCH para la verificación del funcionamiento.



**Figura 22-3** Validación prototipo WGP Nodo Sensor  
**Realizado por:** ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

En la *Figura 23-3* se muestra dos marcadores que son el marcador de inicio de la ruta y el marcador final de la ruta con los datos de ID, fecha y hora, altura, sus estados de alerta de velocidad baja y el nivel de batería.



**Figura 23-3** Ruta tomada por el Nodo Sensor  
Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018



En la *Figura 24-3*, se muestra los datos almacenados en archivo de Excel en donde se observa el ID dispositivo, Fecha, Hora, Latitud, Longitud, Altura, Velocidad, Alerta, Botón De Auxilio, Batería, HDOP.

ID	Fecha	Hora	Latitud	Longitud	Altura	Velocidad	Alerta	Botón De Auxilio	Batería	HDOP
1001	4/10/2018	11:41	-1.661904	-78.672681	2039.6	0.12	1	0	95	400
1001	4/10/2018	11:41	-1.661955	-78.672681	2039.6	0.38	1	0	95	400
1001	4/10/2018	11:41	-1.661959	-78.672681	2039.6	0.25	1	0	95	400
1001	4/10/2018	11:41	-1.661961	-78.672666	2039.6	0.01	1	0	95	400
1001	4/10/2018	11:41	-1.661964	-78.672668	2039.6	0.07	1	0	95	400
1001	4/10/2018	11:41	-1.661967	-78.672666	2039.6	0.02	1	0	95	400
1001	4/10/2018	11:41	-1.661971	-78.672668	2039.6	0.04	1	0	95	400
1001	4/10/2018	11:41	-1.661975	-78.672666	2039.6	0.03	1	0	95	400
1001	4/10/2018	11:41	-1.661978	-78.672666	2039.6	0.04	1	0	95	400
1001	4/10/2018	11:41	-1.661979	-78.672666	2039.6	0.06	1	0	95	400
1001	4/10/2018	11:55	-1.661915	-78.672714	2039.6	0.06	1	0	94	400
1001	4/10/2018	11:55	-1.661915	-78.672714	2039.6	0.03	1	0	94	400
1001	4/10/2018	11:55	-1.661912	-78.672706	2039.6	0.22	1	0	94	400
1001	4/10/2018	11:56	-1.661912	-78.672706	2039.6	0.13	1	0	94	400
1001	4/10/2018	11:56	-1.661911	-78.672706	2039.6	0.04	1	0	94	400
1001	4/10/2018	11:56	-1.661914	-78.672706	2039.6	0.07	1	0	94	400
1001	4/10/2018	11:56	-1.661909	-78.672721	2039.6	0.22	1	0	94	400
1001	4/10/2018	11:56	-1.661911	-78.672721	2039.6	0.06	1	0	94	400
1001	4/10/2018	11:56	-1.661907	-78.672721	2039.6	0.02	1	0	94	400
1001	4/10/2018	11:56	-1.661904	-78.672721	2039.6	0.13	1	0	94	400
1001	4/10/2018	11:56	-1.6619	-78.672721	2039.6	0.1	1	0	94	400
1001	4/10/2018	11:56	-1.661899	-78.672729	2039.6	0.15	1	0	94	400
1001	4/10/2018	11:56	-1.661896	-78.672729	2039.6	0.06	1	0	94	400
1001	4/10/2018	11:56	-1.661895	-78.672737	2039.6	0.07	1	0	94	400
1001	4/10/2018	11:56	-1.661896	-78.672737	2039.6	0.06	1	0	94	400
1001	4/10/2018	11:57	-1.6619	-78.672737	2039.6	0.05	1	0	96	400
1001	4/10/2018	11:57	-1.661904	-78.672737	2039.6	0.04	1	0	96	400
1001	4/10/2018	11:57	-1.6619	-78.672737	2039.6	0.06	1	0	96	400
1001	4/10/2018	11:57	-1.661906	-78.672744	2039.6	0.08	1	0	96	400

**Figura 24-3** Datos almacenados en un archivo.  
Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

Como resultado de esta prueba se obtuvo que el prototipo WGP cumple con todos los requerimientos planteados al inicio de esta investigación.

### 3.4.1.1 Consumo energético

Para el análisis del consumo energético se toma los valores de consumo de cada dispositivo que conforma cada nodo. En las *Tablas 29-3 a 31-3* se muestra el consumo del Nodo Sensor, Router y Coordinador por una hora.

**Tabla 29-3** Consumo energético Nodo Sensor

Dispositivo	Consumo (mAh)	Porcentaje de tiempo de trabajo por hora	Consumo por hora (mAh)
XBee PRO 900HP	251	47.5%	119.225
Arduino Nano	15	100%	15
Convertidor DC-DC	6.5	100%	6.5
GPS NEO-6M	30	100%	30
Led	3	0.1%	0.003
<b>Total Consumo</b>			<b>170.728</b>

Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

**Tabla 30-3** Consumo energético Nodo Router

Dispositivo	Consumo por hora mAh	Porcentaje de tiempo de trabajo por hora	Total consumo por hora mAh
XBee PRO 900HP	251	47.5%	119.22
Arduino Nano	15	100%	15
Convertidor DC-DC	6.5	100%	6.5
Led	3	0.016%	0.00048
Total Consumo			140.5

Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

**Tabla 31-3** Consumo energético Nodo Coordinador

Dispositivo	Consumo por hora mAh	Porcentaje de tiempo de trabajo por hora	Total consumo por hora mAh
XBee PRO 900HP	251	100%	251
XBee Explorer	10	100%	10
Total Consumo			261.1

Realizado por: ROBALINO, Viviana; TAMAYO, Alexis, 2018

En base a las *Tablas 29-3 a 31-3* se verifica el tiempo de duración de la batería. Se realizaron pruebas de tiempo de carga y descarga, como resultado se obtuvo que requiere de 3 horas y 30 minutos para completar la carga y se obtuvo una autonomía de 16 horas para el Nodo Sensor cubriendo el 400 % del uso normal de 4 horas al día y 21 horas para el Nodo Router. El Nodo Coordinador tiene un consumo de 261.1 mAh y es alimentado a través del puerto USB del computador.

### 3.5 Análisis económico de la implementación del WGP

**Tabla 32-3** Presupuesto de cada elemento que conforma los nodos WGP

	PROTOTIPO	CANT.	COSTO UNITARIO \$	COSTO TOTAL \$
	XBee 900 HP	1	39,00	39,00
	XBee Explorer USB	1	24,95	24,95
	Antena RPSMA	1	9,00	9,00
	Cable, tornillos, empaque	1	6,50	6,50
	Case	1	4,00	4,00
	Ensamblaje	1	10,00	10,00
	Costo de envío e impuestos	1	71,58	71,58
<b>COORDINADOR</b>	<b>TOTAL NODO COORDINADOR</b>			<b>165,03</b>
<b>ROUTER</b>	XBee 900 HP	1	39,00	39,00
	Antena RPSMA	1	24,95	24,95
	Batería LiPo	1	10,50	10,50
	TP 4056	1	4,00	4,00
	Arduino Nano	1	22,00	22,00
	Shield IO Nano	1	13,00	13,00



	DC-DC Booster Converter	1	7,50	7,50
	Panel Solar	1	5,00	5,00
	Led, cable, tornillos, interruptor, cinta	1	8,20	8,20
	Case	1	35,00	35,00
	Ensamblaje	1	20,00	20,00
	Costo de envío e impuestos	1	82,14	82,44
	<b>TOTAL NODO ROUTER</b>			<b>271,59</b>
<b>SENSOR 1</b>	XBee 900 HP	1	39,00	39,00
	Antena RPSMA	1	24,95	24,95
	Batería LiPo	1	10,50	10,50
	TP 4056	1	4,00	4,00
	Arduino Nano	1	22,00	22,00
	Shield IO Nano	1	13,00	13,00
	DC-DC Booster Converter	1	7,50	7,50
	Panel Solar	1	5,00	5,00
	GPS NEO 6M	1	16,00	16,00
	Pulsador, led, cable, tornillos, interruptor, cinta	1	9,35	9,35
	Case	1	35,00	35,00
	Ensamblaje	1	20,00	20,00
	Costo de envío e impuestos	1	81,06	81,06
	<b>TOTAL NODO SENSOR 1</b>			<b>287,36</b>
<b>SENSOR 2</b>	XBee 900 HP	1	39,00	39,00
	Antena RPSMA	1	24,95	24,95
	Batería LiPo	1	10,50	10,50
	TP 4056	1	4,00	4,00
	Arduino Nano	1	22,00	22,00
	Shield IO Nano	1	13,00	13,00
	DC-DC Booster Converter	1	7,50	7,50
	Panel Solar	1	5,00	5,00
	GPS NEO 6M	1	16,00	16,00
	Pulsador, led, cable, tornillos, interruptor, cinta	1	9,35	9,35
	Case	1	35,00	35,00
	Ensamblaje	1	20,00	20,00
	Costo de envío e impuestos	1	81,06	81,06
	<b>TOTAL NODO SENSOR 2</b>			<b>287,36</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROTOTIPO WGP</b>				<b>1011,34</b>

Realizado por: ROBALINO, Viviana, TAMAYO, Alexis, 2018

De los valores obtenidos en la *Tabla 32-3*, se aprecia que los Nodos Sensor 1 y 2 son los más costosos con un valor \$ 287,36 cada uno, debido al costo de envío e impuestos siendo de \$81,06,

y el nodo más económico es el Nodo Coordinador con \$165,03, el costo total del prototipo es de \$1011,34.

Teniendo en cuenta la cantidad de 60 Nodos Sensores 6 Nodos Router y un Nodo Coordinador se estimó la cantidad de \$19036,17 sin incluir costos de instalación ni estructuras, para cubrir la ruta hacia los refugios de la RPFCH que no se puede comparar el valor de un sistema comercial ya que no existe.

En comparación con un GPS comercial con características similares al Nodo Sensor WGP tiene un costo menor en un 50% por lo que se concluye que el prototipo es de bajo costo

## CONCLUSIONES

Se diseñó un prototipo de red inalámbrica único en el país para la georreferenciación y envío de alertas usando la topología de red tipo malla ZigBee que tiene un alcance de 400 metros en terreno montañoso y 1200 metros en terreno plano con línea de vista directa.

Mediante la simulación se obtuvo que con 60 nodos sensores, la topología tipo malla posee un retardo de 2.44 segundos y una tasa de entrega del 97% superior a la topología tipo árbol que tiene un retardo de 2.58 segundos y tasa de entrega del 94%, por lo que se utiliza la topología tipo malla.

Se analizó que el caso más desfavorable en la comunicación de la red que tiene un throughput a 3 saltos de 8710 bits/s, la comunicación de 60 dispositivos con un tamaño de paquete de 680 bits toma un tiempo de 4,684 segundos.

Se obtuvo una capacidad de 128 dispositivos que generan un retardo 10 segundos cubriendo el 213% de la capacidad requerida con lo se concluye que la red implementada cumple con los requerimientos establecidos al inicio de la investigación.

Se realizó las pruebas de cobertura con un Nodo Router dando un área de cobertura de entre 500m<sup>2</sup> en terreno montañoso y 4500m<sup>2</sup> en terreno plano con el uso de antenas dipolo de 2,1 dBi.

Del estudio de cobertura para la ruta de 10.1km se comprobó que es necesario la implementación de 6 nodos routers que cubre un área de 20197 m<sup>2</sup> con antenas dipolo de 8.1dBi que representa el 97,3% del total de la ruta.

Se determinó que existen 12 enlaces con un margen superior a 20 dB con una sensibilidad del receptor de -101 dBm y una zona de Fresnel superior al 60% por lo que se concluye que existe redundancia en la comunicación lo que permitirá mantener la comunicación al momento en que un enlace se pierda cumpliendo las recomendaciones de la UIT-R P.530-13 para la propagación en el espacio libre.

Se verificó el tiempo de autonomía energética de los Nodos Sensores y Nodo Router que disponen de una batería, los nodos sensores tienen una autonomía de 16 horas cubriendo el 400% del tiempo normal del recorrido de con visitante, el Nodo Router tiene una autonomía de 21 horas.

Se determinó que el costo para la implementación de un nodo no supera los \$ 300, y el costo total de equipos requeridos para cubrir la ruta es de \$19036,17. En comparación con un GPS comercial con características similares al nodo sensor WGP tiene un costo menor en un 50% por lo que se concluye que el prototipo es de bajo costo.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar nuevos sensores como sensor cardiaco, sensores inerciales, sensor de temperatura corporal.
- Analizar el incremento de la red para cubrir diferentes rutas.
- Se estudie la posibilidad miniaturizar los dispositivos.
- Realizar estudios para que el dispositivo sea resistente al agua.
- Realizar estudios para incrementar la autonomía de la batería.
- Que se estudie la posibilidad de implementar nodos de control móviles.
- Integrar al prototipo un gestor de la base de datos comercial para permitir el acceso remoto a la base de datos.

## BIBLIOGRAFÍA

**Fiscalía General del Estado, Ecuador.** *Casos de desapariciones en Ecuador* [En línea]. [Consulta: 23 de Octubre de 2018]. Disponible en: <http://www.planv.com.ec/historias/sociedad/desaparecidos-cuando-la-vida-se-rompe-dos>

**AGUIRRE, Edgar, y otros.** "Poly(lactic acid) - Mass Production, Processing, Industrial Applications, and End of Life." [En línea]. [Consulta: 28 de Octubre de 2018]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/299767774\\_Polylactic\\_acid\\_-\\_Mass\\_Production\\_Processing\\_Industrial\\_Applications\\_and\\_End\\_of\\_Life](https://www.researchgate.net/publication/299767774_Polylactic_acid_-_Mass_Production_Processing_Industrial_Applications_and_End_of_Life)

**JUMA, Alexandra & VACACELA, Veronica.** Estudio de un sistema de ubicación y localización a través de una red umts. [En línea] (tesis) (pregrado). Universidad Nacional De Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2011. pp. 58-74. [Consulta: 28 de 10 de 2018]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/396/1/UNACH-EC-IAGRO-2011-0001.pdf>

**CHAMBA, Alfredo & SALVARRÍA, Carlos.** Implementación de un prototipo de sistema de georreferenciación mediante la tecnología GPS/GSM para personas vulnerables. [En línea] (tesis) (pregrado). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 58-74. [Consulta: 28 de 10 de 2018]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6367>

**Alternativo, Capital Humano y Social.** *Capital Humano y Social Alternativo*. [En línea]. [Consulta: 23 de Octubre de 2018]. Disponible en: <http://www.chsalternativo.org/conceptos-de-interes/personas-desaparecidas/situacion-en-el-mundo>

**ARDUINO.** *¿Qué es Arduino?*. [En línea]. [Consulta: 23 de Octubre de 2018]. Disponible en: <https://www.arduino.cc>

**BETANCOURT, Andrés & DÍAZ, Fabián .** Creación de los Módulos de Localización de Personas, Emisión de Alertas y Definición de Rutas en el Sistema Skillbox, con Signlr de la

Tecnología Web Asp. Net. [En línea] (tesis) (pregrado). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2015. pp. 58-74. [Consulta: 28 de Octubre de 2018]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4555>

**Burchfield, Ryan, Venkatesan, S Y Weiner, Douglas.** "Maximizing Throughput in ZigBee Wireless Networks through Analysis, Simulations and Implementations". [En línea] [Consulta: 23 de Octubre de 2018]. Disponible en: <https://www.avrfreaks.net/sites/default/files/ZigBee%20Throughput%20Analysis.pdf>

**BUSTAMANTE, Ivan.** Desarrollo de software para el análisis de modelos de propagación en las bandas 850 y 1900 mhz. [En línea] (tesis) (pregrado). Escuela Superior Politécnica Del Ejercito, Sangolqui, Ecuador. 2007. pp. 132-145. [Consulta: 20 de 10 de 2018]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/139/T-ESPE-025041.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**CAMACHO, Diana & TORRES, Gabriel.** Modelo de predicción de Lee. [En línea] (tesis) (pregrado). Escuela Superior De Ingeniería Mecánica Y Eléctrica, Mexico. 2007. pp. 132-145. [Consulta: 20 de 10 de 2018]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/139/T-ESPE-025041.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**Carrillo, Julio; Gómez, Marco.** *Cinématica del senderismo*. [En línea]. [Consulta: 23 de Septiembre de 2018]. Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd164/cinematica-del-senderismo-estudio-de-caso.htm>

**CommentCaMarche.** *Redes Inalambricas* [En línea]. [Consulta: 23 de Septiembre de 2018]. Disponible en: <http://es.ccm.net/contents/818-redes-inalambricas>

**Correo, Diario.** *Localizar personas*. [En línea]. [Consulta: 18 de Septiembre de 2018]. Disponible en: <https://diariocorreo.pe/miscelanea/app-ayuda-a-localizar-personas-sin-necesidad-de-internet-o-senal-de-telefonía-video-669812/>

**DFROBOT.** *DC-DC Boost Converter.* [En línea]. [Consulta: 16 de Octubre de 2018]. Disponible en: <https://www.dfrobot.com/product-444.html>

**DIGI.** *XBee-Pro 900HP* [En línea]. [Consulta: 24 de Octubre de 2018]. Disponible en: [https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/90001458-13/default.htm#concept/c\\_90001458-13\\_start.htm%3FTocPath%3D\\_\\_\\_\\_\\_1](https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/90001458-13/default.htm#concept/c_90001458-13_start.htm%3FTocPath%3D_____1)

**ECU911.** *Localizador Movil* [En línea]. [Consulta: 4 de Octubre de 2018]. Disponible en: <http://www.ecu911.gob.ec/localizador-mobil/>

**Ecuavisa.** *Rastreador personas desaparecidas.* [En línea]. [Consulta: 18 de Septiembre de 2018]. Disponible en: <https://www.ecuavisa.com/articulo/noticias/tecnologia/53041-dispositivo-capaz-rastrear-personas-desaparecidas-llega-ecuador>.

**Huerta, Eduardo; & Mangiaterra, Aldo.** Posicionamiento Satelital. Argentina : UNR EDITORA, 2005 pp. 4-60.

**El Telégrafo, Redaccion Regional Centro.** *Extravios de turistas en reservas naturales.* [En línea]. [Consulta: 24 de Octubre de 2018]. Disponible en: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/desde-enero-mas-de-30-turistas-se-han-perdido-en-reservas-naturales>

**EL UNIVERSO.** *Escaladores fallecidos.* [En línea]. [Consulta: 24 de Octubre de 2018]. Disponible en: <https://www.eluniverso.com/noticias/2015/08/24/nota/5084714/asi-descubrieron-chimborazo-restos-escaladores-fallecidos-1993>

**AG Electrónica.** *Arduino Nano* [En línea] [Consulta: 24 de Octubre de 2018]. Disponible en: <http://www.agspecinfo.com/pdfs/M/MB0016.PDF>

**Didacticas Electrónica.** *Arduino-Xbee-Shield*. [En línea] [Consulta: 24 de Octubre de 2018] Disponible en: <https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/sistemas-de-desarrollo/arduino/nano-io-shield-xbee-nano-shield-xb-shield-nano-detail>

**ERAZO, Jennyfer & HERVAS, Andres.** Evaluación de una Red de Sensores Inalámbrica Basada en el Estándar IEEE 802.15.4 para Sistemas de Detección de Incendios Forestales [En línea] (tesis) (pregrado). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2015. pp. 92-93. [Consulta: 28 de Octubre de 2018]. <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/4480>

**Franco, Torres Ignacio.** *Sensores*. [En línea]. [Consulta: 24 de 10 de 2018.] Disponible en: <https://sistemamid.com/download.php?...Detectores%20sensores%20y%20transductores>.

**Fullwat.** *Bateria LiPo*. [En línea] [Consulta: 26 de Octubre de 2018]. Disponible en: <http://www.fullwat.com/documentos/000662-LNK03624.pdf>

**Gobierno Descentralizado de la Provincia de Chimborazo.** PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO. [En línea], 2015. [Consulta: 10 de Septiembre de 2018]. Disponible en: <http://www.chimborazo.gob.ec/chimborazo/wp-content/uploads/PD-y-OT.pdf>

**GitHub.** *GreatMaps*. [En línea] [Consulta: 20 de Octubre de 2018]. Disponible en: <https://github.com/radioman/greatmaps>

**González, Felipe y Loredo, Sergio.** *Análisis de requerimiento de mayor ancho de banda del enlace de internet para la estación de radio institucional para cubrir la demanda de usuarios*. [En línea] [Consulta: 24 de Octubre de 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=498150317004>.

**Grupo ADSL Zone.** *Visual Studio 2017*. [En línea]. [Consulta: 22 de Octubre de 2018.] Disponible en: <https://www.redeszone.net/2017/03/07/disponible-visual-studio-2017/>.



**Hacedores.** *Tarjetas de desarrollo.* [En línea]. [Consulta: 24 de Octubre de 2018]. Disponible en: <https://hacedores.com/que-tarjeta-de-desarrollo-elegir-parte-1/>.

**Digi Internacional.** *Xbee-PRO-900HP.* [En línea]. [Consulta: 18 de Octubre de 2018]. Disponible en: [http://www.mouser.com/ds/2/111/90002173\\_L-315757.pdf](http://www.mouser.com/ds/2/111/90002173_L-315757.pdf).

**López Herrera, Josefina.** Universitat Politècnica de Catalunya. Catalunya : La Factoria de Recursos Docents, 2011 pp.12-20.

**Localizadorsherlog.** *Congreso sobre localizador* [En línea]. [Consulta: 14 de Octubre de 2018]. Disponible en: <https://www.localizadorsherlog.es/localizador-sherlog-presente-en-el-mobile-world-congress-2017/>.

**Ministerio del Ambiente del Ecuador.** *Montañismo.* [En línea]. [Consulta: 24 de Octubre de 2018]. Disponible en: [http://maetransparente.ambiente.gob.ec/documentacion/Biodiversidad/Informaci%C3%B3n\\_actividad\\_monta%C3%B1a\\_PANE.rar](http://maetransparente.ambiente.gob.ec/documentacion/Biodiversidad/Informaci%C3%B3n_actividad_monta%C3%B1a_PANE.rar).

**Microsoft.** *Visual Studio Community.* [En línea]. [Consulta: 23 de Octubre de 2018]. Disponible en: <https://visualstudio.microsoft.com/es/vs/features/net-development/>.

**Radio Mobile.** *Radio Mobile.* [En línea]. [Consulta: 21 de Octubre de 2018.] Disponible en: <http://radiomobile.pe1mew.nl/?Welcome....>

**Monk, Simon.** Programming Arduino. New York : McGrawHill, 2012 pp.12-60.

**Moreno, Javier y Fernández, Daniel.** *Informe Técnico:Protocolo Zigbee(IEEE 802.15.4).* [En línea]. [Consulta: 10 de Octubre de 2018]. Disponible en: [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1109/7/Informe\\_ZigBee.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1109/7/Informe_ZigBee.pdf)

**Moviltronics.** *TP4056.* [En línea] 2017. [Consulta: 06 de Octubre de 2018]. Disponible en: <https://moviltronics.com.co/baterias-cargadores/149-modulo-cargador-tp4056.html>.

**Organización Mundial del Turismo.** *Turismo internacional* [En línea] 2017. [Consulta: 04 de Octubre de 2018]. Disponible en: <http://media.unwto.org/es/press-release/2018-01-15/resultados-del-turismo-internacional-en-2017-los-mas-altos-en-siete-anos>.

**Pinedo, Dalila.** *An Experimental Analysis of Zigbee Networks* [En línea] 2008. [Consulta: 14 de Octubre de 2018]. Disponible en: <https://usuario.cicese.mx/~jagm/docs/pinedogarcia-zbeetest.pdf>

**Radiosyculturalibre.** *Redes de Comunicaciones* [En línea] 2009. [Consulta: 10 de Octubre de 2018]. Disponible en: <https://radiosyculturalibre.com.ar/compartir/biblioteca/REDES/redes-de-comunicaciones.pdf>

**Riverbed.** *Riverbed Modeler.* [En línea] 2017. [Consulta: 14 de Junio de 2017.] Disponible en: <https://www.riverbed.com/mx/products/steelcentral/steelcentral-riverbed-modeler.html>

**Robotshop.** *Datasheet Xbee Explorer.* [En línea] 2017. [Consulta: 20 de Octubre de 2018.] Disponible en: <https://www.robotshop.com/media/files/pdf/datasheet-wrl-11697.pdf>

**Ruiz, Mar.** *Centro de Referencia Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas.* [En línea] Junio de 2013. [Consulta: 11 de Octubre de 2018]. Disponible en: <http://www.ceapat.es/InterPresent2/groups/imserso/documents/binario/localizacionasistida.pdf>

**Skyworksinc.** *Extending 2.4 GHz ZigBee® Short-Range Radio Performance.* [En línea] 8 de 04 de 2011. [Consulta: 15 de Octubre de 2018]. Disponible en: <http://www.skyworksinc.com/uploads/documents/201527A.pdf>

**SolidWorks.** *Solidworks*. [En línea] 2016. [Consulta: 12 de Octubre de 2018]. Disponible en: [https://www.solidworks.com/sw/docs/Student\\_WB\\_2011\\_ESP.pdf](https://www.solidworks.com/sw/docs/Student_WB_2011_ESP.pdf)

**Soriano, M.** *Modelos de Propagación*. [En línea]. [Consulta: 10 de Octubre de 2018]. Disponible en: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/soriano\\_m\\_jc/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/soriano_m_jc/capitulo2.pdf)

**Teuta, Guillermo; & Castellanos, Germán.** Modelo metodológico para la coexistencia de las señales de TDT y LTE. Medellín : Corporacion Universitaria Remington, 2018 pp. 20-35.

**Tomasi, Wayne.** Sistema de Comunicaciones Electrónicas. Phoenix, Arizona : Pearson Educación, 2003 pp.467-522 .

**Ublox.** *Neo-6m datasheet*. [En línea] 2011. [Consulta: 24 de Octubre de 2018]. Disponible en: [https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6\\_DataSheet\\_%28GPS.G6-HW-09005%29.pdf?utm\\_source=en%2Fimages%2Fdownloads%2FProduct\\_Docs%2FNEO-6\\_DataSheet\\_%28GPS.G6-HW-09005%29.pdf](https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_%28GPS.G6-HW-09005%29.pdf?utm_source=en%2Fimages%2Fdownloads%2FProduct_Docs%2FNEO-6_DataSheet_%28GPS.G6-HW-09005%29.pdf)

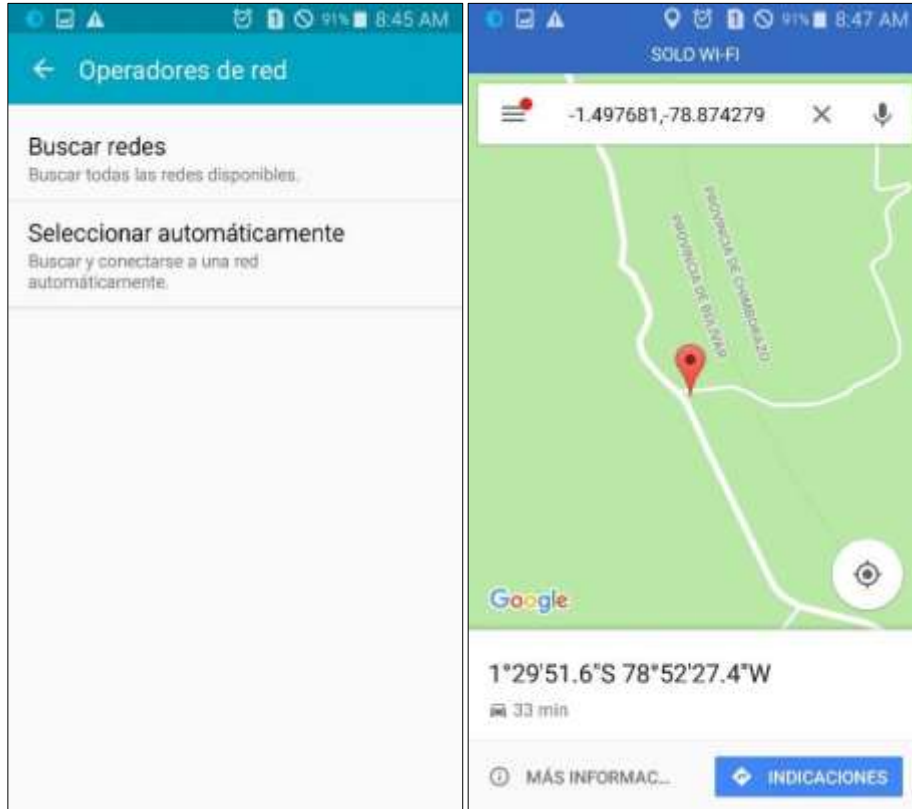
**Union Internacional Telecomunicaciones.** *UIT-R P.530-13*. [En línea] 2009. [Consulta: 10 de Septiembre de 2018]. Disponible en: [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.530-13-200910-S!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.530-13-200910-S!!PDF-S.pdf).

**Universidad-de-Málaga.** *Coficiente de variacion de Pearson* [En línea] 2016. [Consulta: 24 de Septiembre de 2018]. Disponible en: <http://webpersonal.uma.es/~GCARRAS/Files/Tema1.pdf>


**ZigBee-Alliance.** *ZigBee* [En línea] 2018. [Consulta: 24 de Septiembre de 2018]. Disponible en: <https://www.zigbee.org/>

## ANEXOS

### Anexo A: Cobertura Celular RPFCH.




## Anexo B: Hojas de características técnicas elementos que conforman WGP.


Email: support@iyead.com  
Tel: support@iyead.com

### Nano IO Shield

- Sensor and wireless interface breakout for Arduino Nano

#### Overview




Nano IO shield is a breakout board designed for Arduino Nano. It breaks out all pins as Electronic brick 2pin interface, the XBee and nRF24L01 wireless interface. Also a 7-12V external power interface on board.

#### Features

- All digital and analog pins breakout
- XBee and nRF24L01+ module interface breakout
- External power supply current support.
- Compatible pin map for electronic brick

Nano IO shield V1.0      IYeadStudio.com      2011-08-27


Email: support@iyead.com  
Tel: support@iyead.com

### Specifications

PCB size	74.4mm X 50.3mm X 1.6mm		
Indicators	-		
Power supply	compatible with Arduinos		
Communication Protocol	-		
Ports	Yes		

### Electrical Characteristics

Specification	Min	Type	Max	Unit
Power Voltage	6	-	10	VDC
Input Voltage V <sub>HI</sub>	3	-	5.5	V
Input Voltage V <sub>LI</sub>	-0.5	0	0.5	V

### Hardware

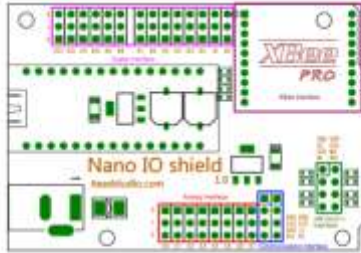


Figure 1: Top View

Nano IO shield V1.0      IYeadStudio.com      2011-08-27



**TP4058 1A Standalone Linear Li-Ion Battery Charger with Thermal Regulation in SOP-8**

**DESCRIPTION**

The TP4058 is a complete constant-current/constant-voltage linear charger for single cell lithium-ion batteries. Its SOP package and low external component count make the TP4058 ideally suited for portable applications. Furthermore, the TP4058 can work with USB and wall adapters.

No loading diode is required due to the internal PROTECT architecture and fuse prevent to negative charge current. Thus, thermal feedback regulates the charge current to limit the die temperature during high power operation or high ambient temperature. The charge voltage is fixed at 4.2V, and the charge current can be programmed externally with a single resistor. The TP4058 automatically terminates the charge cycle when the charge current drops to 10% of the programmed value after the final float voltage is reached.

TP4058 other features include current monitor, under-voltage lockout, automatic re-charge and two status pins to indicate charge termination and the presence of an input voltage.

**FEATURES**

- Programmable Charge Current Up to 1000mA
- No MISERET, Sense Resistor or Blocking Diode Required
- Complete Linear Charger in SOP-8 Package for Single Cell Lithium-Ion Batteries
- Constant-Current/Constant-Voltage
- Charges Single Cell Li-Ion Batteries Directly from USB Port
- Fixed 4.2V Charge Voltage with 1.5% Accuracy
- Automatic Recharge
- Two Charge Status Output Pins
- C/10 Charge Termination
- 2.5V Throttle Charge Threshold (TP4058)
- 500-Ohm Limits Inrush Current
- Available Resistor in 8-Lead SOP Package. The Resistor used controls GND or Inrushing.

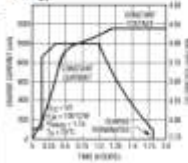
**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**

- Input Supply Voltage (V<sub>IN</sub>): -0.3V~6V
- TSDP: -40~100°C
- CE: -40~100°C
- BAT Drain-Current Duration, Continuous
- BAT Pin Current: 1000mA
- PROG Pin Current: 1000mA
- Maximum Junction Temperature: 140°C
- Operating Ambient Temperature Range: -40°C~85°C
- Lead Temp (Soldering, 10sec): 260°C

**APPLICATIONS**

- Cellular Telephones, PDA, GPS
- Charging Cables and Cables
- Digital Still Cameras, Portable Devices
- USB Bus-Powered Chargers/Chargers

**Complete Charge Cycle (1000mAh Battery)**



**PACKAGE/ORDER INFORMATION**

ORDER PART NUMBER  
TP4058-10-SOP-8P

PART MARKING TP4058



**TEMP(Pin 1): Temperature Sense Input** Connecting TEMP pin to NTC thermistor's output in lithium-ion battery pack. If TEMP pin's voltage is below 40% or above 90% of supply voltage V<sub>IN</sub> for more than 0.5s, this means that battery's temperature is too high or too low, charging is suspended. The temperature sense function can be disabled by grounding the TEMP pin.

**PROG(Pin 2): Constant Charge Current Setting and Charge Current Monitor Pin** Charge current is set by connecting a resistor R<sub>PROG</sub> from this pin to GND. When in pre-charge mode, the ISET pin's voltage is regulated to 2V in all modes during charging, the voltage on ISET pin can be used to measure the charge current as follows:  
$$I_{CHG} = \frac{V_{ISET} - 2V}{R_{PROG}} \quad (V_{ISET} < 1V)$$

**VOSET(Pin 4): Positive Input Supply Voltage V<sub>IN</sub>** The power supply to the internal circuit. When V<sub>IN</sub> drops to within 30mV of the BAT pin voltage, TP4058 enters low power sleep mode, dropping BAT pin current to less than 20A.

**BAT(Pin 5): Battery Connection Pin** Connect the positive terminal of the battery to BAT pin. BAT pin draws less than 20A current in sleep mode or in sleep mode. BAT pin provides charge current to the battery and provides regulation voltage of 4.2V.

**STRT(Pin 6): Open Drain Charge Status Output** When the battery Charge Termination, the STRT pin is pulled low by an internal switch, otherwise, STRT pin is in high impedance state.

**CHG(Pin 7): Open Drain Charge Status Output** When the battery is being charged, the CHG pin is pulled low by an internal switch, otherwise, CHG pin is in high impedance state.

**CE(Pin 8): Chip Enable Input** A high input will put the device in the normal operating mode. Pulling the CE pin to low level will put the TP4058 into disable mode. The CE pin can be driven by TTL or CMOS logic level.

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS**

The  $\bullet$  denotes specifications which apply over the full operating temperature range, otherwise specifications are at T<sub>AMB</sub> = 25°C, V<sub>IN</sub> = 5V, V<sub>BAT</sub> = 0V, unless otherwise noted.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
V <sub>IN</sub>	Input Supply Voltage		0.5	6	6.0	V
I <sub>CHG</sub>	Peak Supply Current	Charge Mode, R <sub>PROG</sub> = 1.2k, Standalone/Recharge	●	100	1000	mA
		Terminated	●	80	100	mA
		Shutdown Mode (V <sub>IN</sub> = 0V, V <sub>BAT</sub> = 0V, CE = 10V)	●	0	100	mA
V <sub>BAT</sub>	Required Output (Peak) Voltage	25°C, V <sub>IN</sub> = 5V, I <sub>CHG</sub> = 100mA	4.197	4.2	4.203	V
I <sub>BAT</sub>	BAT Pin Current	Pre-charge = 1.5A, Current Mode	●	100	1000	mA
		Pre-charge = 1.5A, Current Mode	●	100	1000	mA
		Standby Mode, V <sub>IN</sub> = 4.2V	●	0	-2.0	-4.0
I <sub>TEMP</sub>	TEMP Pin Current	Charge Mode, R <sub>PROG</sub> = 1.2k	●	100	100	mA
		Standby Mode, V <sub>IN</sub> = 5V	●	2.0	2.0	3.0
V <sub>CE</sub>	Junction Temperature in Constant Temperature Mode		140			°C



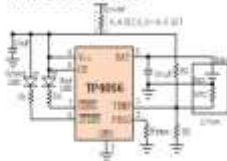
**Indicator light state**

Charge state	Red LED (CHG)	Green LED (STRT)
charging	light	extinguish
Charge Termination	extinguish	light
Temperature of battery too low or too high, no battery	extinguish	extinguish
BAT Pin Connect You capacitance, no battery	Green LED light, Red LED Glows like 7~1~0.5	

**Prog. Current Setting**

Resistor (k)	I <sub>CHG</sub> (mA)
10	100
1	1000
0.5	2000
0.2	5000
0.1	10000
0.05	20000
0.02	50000
0.01	100000

**TYPICAL APPLICATIONS**



## LM1577/LM2577 Series SIMPLE SWITCHER® Step-Up Voltage Regulator

### General Description

The LM1577/LM2577 are monolithic integrated circuits that provide all of the power and control functions for step-up (boost), flyback, and forward converter switching regulators. The device is available in three different output voltage versions: 1.5V, 1.5V, and adjustable.

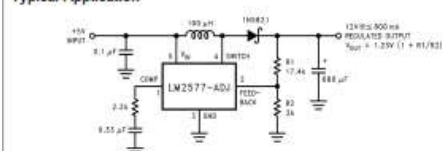
Requiring a minimum number of external components, these regulators are cost effective, and simple to use. Listed in the data sheet are a family of standard inductors and flyback transformers designed to work with these switching regulators.

Included on the chip is a 3.0A NPN switch and its associated protection circuitry, consisting of current and thermal limiting, and under-voltage lockout. Other features include a 52 kHz fixed-frequency oscillator that requires no external components, a soft start mode to reduce in-rush current during startup, and current mode control for improved rejection of input voltage and output load transients.

### Features

- Requires few external components
  - NPN output switches 3.0A, can stand off 65V
  - Wide input voltage range: 2.5V to 40V
  - Current-mode operation for improved transient response, line regulation, and current limit
  - 52 kHz internal oscillator
  - Soft-start function reduces in-rush current during start-up
  - Output switch protected by current limit, under-voltage lockout, and thermal shutdown
- ### Typical Applications
- Simple boost regulator
  - Flyback and forward regulator
  - Multiple-output regulator

### Typical Application



Note: Pin numbers shown are for TO-220 (7) package.

### Ordering Information

Temperature Range	Package Type	Output Voltage			Package Drawing	Package
		1.5V	1.5V	ADJ		
-40°C ≤ T <sub>A</sub> ≤ +125°C	24-Pin Surface Mount	LM2577N-12	LM2577N-15	LM2577N-ADJ	M24B	SO
	16-Pin Mated DIP	LM2577N-12	LM2577N-15	LM2577N-ADJ	N16A	N
	5-Lead Surface Mount	LM2577S-12	LM2577S-15	LM2577S-ADJ	T526	TO-263
-55°C ≤ T <sub>A</sub> ≤ +150°C	5-Strap Lead	LM2577T-12	LM2577T-15	LM2577T-ADJ	T05A	TO-220
	5-Lead Staggered Leads	LM2577T-12	LM2577T-15	LM2577T-ADJ	T05D	TO-220
	4-Pin TO-3	LM1577N-12883	LM1577N-15883	LM1577N-ADJ883	K04A	TO-3

NSIC 25170-007 is a registered trademark of United States Patent Corporation.

© 1999 National Semiconductor Corporation DS20146B

### Absolute Maximum Ratings (Note 1)

† Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

### Minimum ESD Rating

(C = 100 pF, R = 1.5 kΩ)

2 kV

### Operating Ratings

Supply Voltage	45V	Supply Voltage	3.5V ≤ V <sub>IN</sub> ≤ 40V
Output Switch Voltage	65V	Output Switch Voltage	0V ≤ V <sub>SW</sub> ≤ 65V
Output Switch Current (Note 2)	6.0A	Output Switch Current	I <sub>SW</sub> ≤ 3.0A
Power Dissipation	Internally Limited	Junction Temperature Range	-55°C ≤ T <sub>J</sub> ≤ +150°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	LM1577	-55°C ≤ T <sub>J</sub> ≤ +125°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)	260°C	LM2577	-40°C ≤ T <sub>J</sub> ≤ +125°C
Maximum Junction Temperature	150°C		

### Electrical Characteristics—LM1577-12, LM2577-12

Specifications with standard type face are for T<sub>A</sub> = 25°C, and those in bold type face apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, V<sub>IN</sub> = 5V, and I<sub>LOAD</sub> = 0.

Symbol	Parameter	Conditions	Typical	LM1577-12 Limit (Notes 3, 4)	LM2577-12 Limit (Note 5)	Units (Limits)
<b>SYSTEM PARAMETERS Circuit of Figure 1 (Note 6)</b>						
V <sub>OUT</sub>	Output Voltage	V <sub>IN</sub> = 5V to 10V I <sub>LOAD</sub> = 100 mA to 800 mA (Note 3)	12.0	11.60/11.40 12.40/12.60	11.60/11.40 12.40/12.60	V (V <sub>MIN</sub> ) (V <sub>MAX</sub> )
ΔV <sub>OUT</sub> /ΔV <sub>IN</sub>	Line Regulation	V <sub>IN</sub> = 3.5V to 10V I <sub>LOAD</sub> = 300 mA	20	50/100	50/100	mV (mV/MIN) (mV/MAX)
ΔV <sub>OUT</sub> /ΔI <sub>LOAD</sub>	Load Regulation	V <sub>IN</sub> = 5V I <sub>LOAD</sub> = 100 mA to 800 mA	20	50/100	50/100	mV (mV/MIN) (mV/MAX)
η	Efficiency	V <sub>IN</sub> = 5V, I <sub>LOAD</sub> = 800 mA	80			%
<b>DEVICE PARAMETERS</b>						
I <sub>S</sub>	Input Supply Current	V <sub>IN</sub> = 14V (Switch Off)	7.5	10.0/14.0	10.0/14.0	mA (mA(MIN)) (mA(MAX))
		I <sub>SW</sub> = 2.0A V <sub>COMP</sub> = 2.0V (Max. Duty Cycle)	25	50/85	50/85	mA (mA(MIN)) (mA(MAX))
V <sub>UV</sub>	Input Supply Under-Voltage Lockout		2.90	2.70/2.65 3.10/3.15	2.70/2.65 3.10/3.15	V (V <sub>MIN</sub> ) (V <sub>MIN</sub> )
f <sub>o</sub>	Oscillator Frequency	Measured at Switch Pin I <sub>SW</sub> = 100 mA	52	4942 5682	4942 5682	kHz (kHz(MIN)) (kHz(MAX))
V <sub>REF</sub>	Output Reference Voltage	Measured at Feedback Pin V <sub>IN</sub> = 3.5V to 40V V <sub>COMP</sub> = 1.0V	12	11.70/11.64 12.24/12.36	11.70/11.64 12.24/12.36	V (V <sub>MIN</sub> ) (V <sub>MIN</sub> )
ΔV <sub>REF</sub> /ΔV <sub>IN</sub>	Output Reference Voltage Line Regulation	V <sub>IN</sub> = 3.5V to 40V	7			mV
R <sub>FB</sub>	Feedback Pin Input Resistance		9.7			kΩ
G <sub>EA</sub>	Error Amp Transconductance	I <sub>COMP</sub> = +30 µA to +30 µA	370	225/45 515/615	225/45 515/615	µmho (µmho(MIN)) (µmho(MAX))
		V <sub>COMP</sub> = 1.0V	80	50/5	50/5	µV (V <sub>MIN</sub> ) (V <sub>MIN</sub> )
A <sub>VOL</sub>	Error Amp Voltage Gain	V <sub>COMP</sub> = 1.1V to 1.9V R <sub>COMP</sub> = 1.0 MΩ (Note 7)		50/5	50/5	V/V (V <sub>MIN</sub> ) (V <sub>MIN</sub> )

www.national.com

2

### Electrical Characteristics—LM1577-12, LM2577-12 (Continued)

Specifications with standard type face are for T<sub>A</sub> = 25°C, and those in bold type face apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, V<sub>IN</sub> = 5V, and I<sub>SW</sub> = 0.

Symbol	Parameter	Conditions	Typical	LM1577-12 Limit (Notes 3, 4)	LM2577-12 Limit (Note 5)	Units (Limits)
<b>DEVICE PARAMETERS</b>						
Error Amplifier Output Slew	Upper Limit	V <sub>IN</sub> = 10.0V	2.4	2.3/2.0	2.3/2.0	V (V <sub>MIN</sub> )
		V <sub>IN</sub> = 15.0V	0.3	0.4/0.55	0.4/0.55	V (V <sub>MIN</sub> )
Error Amplifier Output Current	V <sub>IN</sub> = 10.0V to 15.0V V <sub>COMP</sub> = 1.0V		±200	±130/±90 ±30/±400	±130/±90 ±30/±400	µA (µA(MIN)) (µA(MAX))
		I <sub>S</sub>	Soft Start Current	V <sub>IN</sub> = 10.0V V <sub>COMP</sub> = 0V	5.0	2.5/1.5 7.5/9.5
D	Maximum Duty Cycle	V <sub>IN</sub> = 1.5V I <sub>SW</sub> = 100 mA	95	93/90	93/90	% (MIN) (MIN)
Δ <sub>SWITCH</sub> /ΔV <sub>COMP</sub>	Switch Transconductance		12.5			AV
I	Switch Leakage Current	V <sub>IN</sub> = 65V V <sub>SW</sub> = 15V (Switch Off)	10	300/600	300/600	µA (µA(MIN)) (µA(MAX))
V <sub>sat</sub>	Switch Saturation Voltage	I <sub>SW</sub> = 2.0A	0.5	0.7/0.9	0.7/0.9	V (V <sub>MIN</sub> ) (V <sub>MIN</sub> )
		V <sub>COMP</sub> = 2.0V (Max. Duty Cycle)	4.5	3.7/3.0	3.7/3.0	A (A(MIN)) (A(MAX))

### Electrical Characteristics—LM1577-15, LM2577-15

Specifications with standard type face are for T<sub>A</sub> = 25°C, and those in bold type face apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, V<sub>IN</sub> = 5V, and I<sub>SW</sub> = 0.

Symbol	Parameter	Conditions	Typical	LM1577-15 Limit (Notes 3, 4)	LM2577-15 Limit (Note 5)	Units (Limits)
<b>SYSTEM PARAMETERS Circuit of Figure 2 (Note 6)</b>						
V <sub>OUT</sub>	Output Voltage	V <sub>IN</sub> = 5V to 12V I <sub>LOAD</sub> = 100 mA to 800 mA (Note 3)	15.0	14.50/14.25 15.50/15.75	14.50/14.25 15.50/15.75	V (V <sub>MIN</sub> ) (V <sub>MIN</sub> )
ΔV <sub>OUT</sub> /ΔV <sub>IN</sub>	Line Regulation	V <sub>IN</sub> = 3.5V to 12V I <sub>LOAD</sub> = 300 mA	20	50/100	50/100	mV (mV/MIN) (mV/MAX)
ΔV <sub>OUT</sub> /ΔI <sub>LOAD</sub>	Load Regulation	V <sub>IN</sub> = 5V I <sub>LOAD</sub> = 100 mA to 800 mA	20	50/100	50/100	mV (mV/MIN) (mV/MAX)
η	Efficiency	V <sub>IN</sub> = 5V, I <sub>LOAD</sub> = 800 mA	80			%
<b>DEVICE PARAMETERS</b>						
I <sub>S</sub>	Input Supply Current	V <sub>IN</sub> = 18.0V (Switch Off)	7.5	10.0/14.0	10.0/14.0	mA (mA(MIN)) (mA(MAX))
		I <sub>SW</sub> = 2.0A V <sub>COMP</sub> = 2.0V (Max. Duty Cycle)	25	50/85	50/85	mA (mA(MIN)) (mA(MAX))
V <sub>UV</sub>	Input Supply Under-Voltage Lockout		2.90			V

2

www.national.com

### Electrical Characteristics—LM1577-15, LM2577-15 (Continued)

Specifications with standard type face are for T<sub>A</sub> = 25°C, and those in bold type face apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, V<sub>IN</sub> = 5V, and I<sub>SW</sub> = 0.

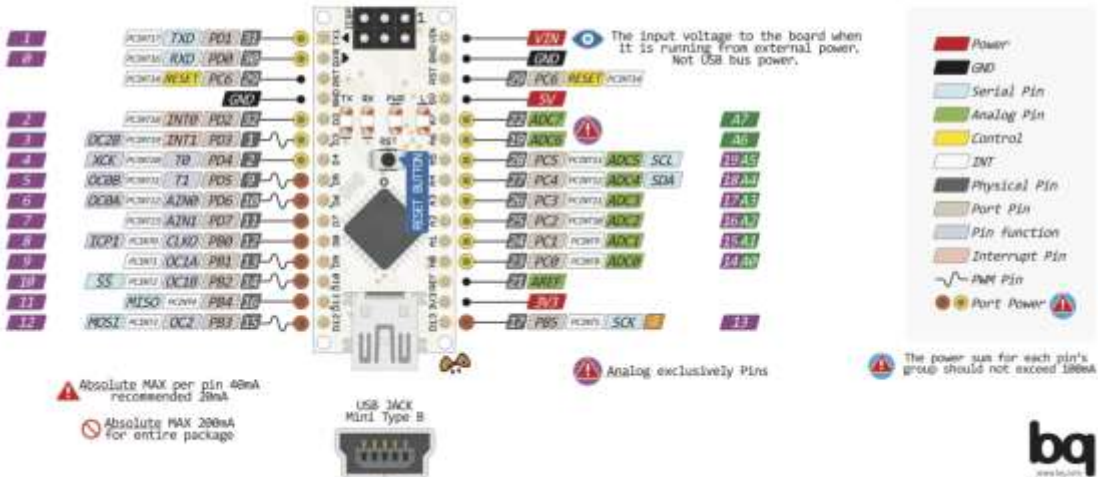
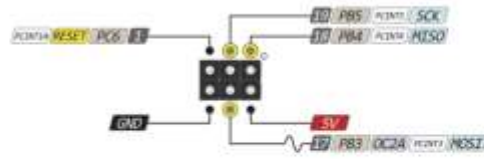
Symbol	Parameter	Conditions	Typical	LM1577-15 Limit (Notes 3, 4)	LM2577-15 Limit (Note 5)	Units (Limits)
<b>DEVICE PARAMETERS</b>						
Error Amplifier Output Slew	Upper Limit	V <sub>IN</sub> = 12.0V	2.4	2.3/2.0	2.3/2.0	V (V <sub>MIN</sub> )
		V <sub>IN</sub> = 18.0V	0.3	0.4/0.55	0.4/0.55	V (V <sub>MIN</sub> )
Error Amplifier Output Current	V <sub>IN</sub> = 12.0V to 18.0V V <sub>COMP</sub> = 1.0V		±200	±130/±90 ±30/±400	±130/±90 ±30/±400	µA (µA(MIN)) (µA(MAX))
		I <sub>S</sub>	Soft Start Current	V <sub>IN</sub> = 12.0V V <sub>COMP</sub> = 0V	5.0	2.5/1.5 7.5/9.5
D	Maximum Duty Cycle	V <sub>COMP</sub> = 1.5V I <sub>SW</sub> = 100 mA	95	93/90	93/90	% (MIN) (MIN)
Δ <sub>SWITCH</sub> /ΔV <sub>COMP</sub>	Switch Transconductance		12.5			AV
I	Switch Leakage Current	V <sub>IN</sub> = 65V V <sub>SW</sub> = 18.0V (Switch Off)	10	300/600	300/600	µA (µA(MIN)) (µA(MAX))
V <sub>sat</sub>	Switch Saturation Voltage	I <sub>SW</sub> = 2.0A	0.5	0.7/0.9	0.7/0.9	V (V <sub>MIN</sub> ) (V <sub>MIN</sub> )
		V <sub>COMP</sub> = 2.0V (Max. Duty Cycle)	4.3	3.7/3.0	3.7/3.0	A (A(MIN)) (A(MAX))

www.national.com

4



# NANO PINOUT



Absolute MAX per pin 40mA recommended 20mA

Absolute MAX 200mA for entire package



Analog exclusively Pins

The power sum for each pin's group should not exceed 100mA



### XBee S2 Quick Reference Guide

**XBee S2** is a series of modules that can be used to create a wireless network. It is a small, low-power, and easy-to-use module that can be used to create a wireless network. The XBee S2 is a series of modules that can be used to create a wireless network. It is a small, low-power, and easy-to-use module that can be used to create a wireless network.

**XBee S2 Pinout:**

- 1: VCC
- 2: GND
- 3: TXD
- 4: RXD
- 5: GND
- 6: GND
- 7: GND
- 8: GND
- 9: GND
- 10: GND
- 11: GND
- 12: GND
- 13: VCC
- 14: GND
- 15: GND
- 16: TXD
- 17: RXD
- 18: GND
- 19: GND
- 20: GND
- 21: GND
- 22: GND
- 23: GND

**XBee S2 Pinout:**

- 1: VCC
- 2: GND
- 3: TXD
- 4: RXD
- 5: GND
- 6: GND
- 7: GND
- 8: GND
- 9: GND
- 10: GND
- 11: GND
- 12: GND
- 13: VCC
- 14: GND
- 15: GND
- 16: TXD
- 17: RXD
- 18: GND
- 19: GND
- 20: GND
- 21: GND
- 22: GND
- 23: GND

### XBee S2 Performance Specifications

**Performance specifications**

The following table describes the performance specifications for the XBee S2 modules.

Specification	Value
Ideal RF throughput range	10 kbps up to 1 Mbps (0.2 km)
Transport power output	10 dBm (100 mW) (software selectable)
RF data rate (high)	100 kbps
RF data rate (low)	10 kbps
Serial UART interface	Complementary metal-oxide-semiconductor (CMOS) serial universal asynchronous receiver/transmitter (UART) based rate stability of ±1%
Serial interface data rate (software selectable)	9600-230400 baud
Receiver sensitivity (typical)	-100 dBm, high data rate -110 dBm, low data rate

**Power requirements**

The following table describes the power requirements for the XBee S2 modules.

Specification	Value
Supply voltage	2.1 to 5.5 VDC*
Maximum current	PL: 1.125 mA typical (100 mA max) PL: 1.140 mA typical PL: 1.125 mA typical PL: 1.105 mA typical PL: 1.070 mA typical
Idle/Receive current	20 mA typical at 3.3 V (20 mA max)
Sleep current	2.0 µA (typical)

\*Supply voltages of less than 3.2 V may reduce performance, output power and receiver sensitivity slightly.



**General specifications**

The following table describes the general specifications for the device.

Specification	Value
Operating frequency band	802.11n/nac (software selectable channel)
Dimensions	5.29 in x 2.04 in x 0.54 in (134.7 mm x 51.7 mm x 13.7 mm) Dimensions do not include connectors/antenna or pin lengths
Weight	3 to 4 grams, depending on the antenna option
Operating temperature	-40 °C to 65 °C (industrial)
Antenna options	Integrated whip, U.FL, RF connector, ultra-quietly SMA connector
Input I/O	33Vmax I/O pins
Analog-to-digital converter (ADC)	Four 12.5-bit analog inputs

**Networking specifications**

The following table provides the networking specifications for the device.

Specification	Value
Supported network topologies	Mesh, peer-to-peer, point-to-multipoint, peer-to-peer
Number of channels, user-selectable channels	63 channels available
Addressing options	Personal Area Network Identifier (PAN ID), Predefined ID, and static addresses
Encryption	IEEE 802.15.4-2006 Standard (AES)

**Regulatory conformity summary**

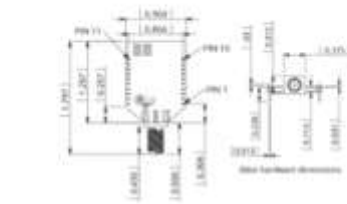
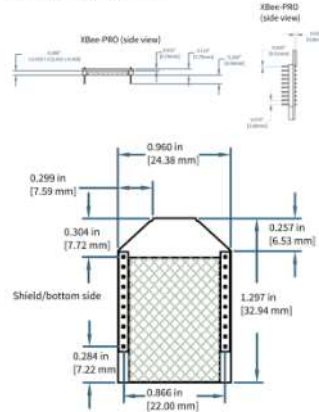
This table describes the agency approvals for the device.

Country	Approval
United States (FCC Part 15.247)	HCQ-000001P
International, Science and Economic Development Canada (ISED)	23434-0000-P

Supply voltage of less than 3.3 V may reduce performance. Output power and receiver sensitivity may degrade.

**Mechanical drawings**

The following figures show the mechanical drawings for the XBee-PRO 900P RF Module. The drawings do not show antenna options.

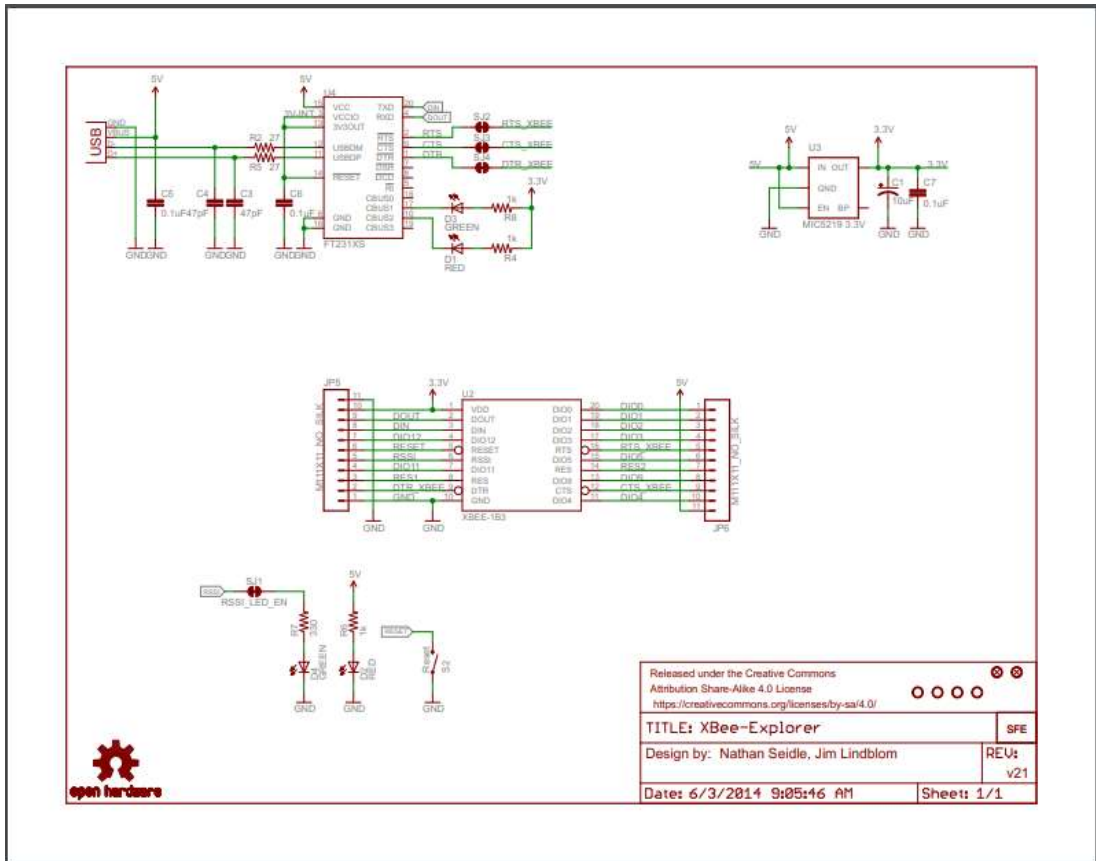


**Pin signals**

The following table shows the pin signals and their descriptions. The table specifies signal direction and is subject to the device. For more information on pin connections, see [Pin signals](#).

Pin #	Name	Direction	Description
1	VCC		Power supply

Pin #	Name	Direction	Default state	Description
2	IO0/STATUS	Both	Input	GPIO0/STATUS data out
3	IO1/STATUS	Both	Input	GPIO1/STATUS data in
4	IO2/STATUS	Both	Output	GPIO2/STATUS data out
5	IO3	Input		On-board status line to reset the device. This is also associated with an open-drain configuration with an internal 10 kΩ pullup (never drive to high logic, as the device may be driving it low). The minimum pulse width is 1 μs.
6	IO4/STATUS	Both		GPIO4 signal strength indicator
7	IO5/STATUS	Both		GPIO5 status indicator
8	Reserved	Reserved		Do not connect
9	IO6/STATUS	Both	Input	GPIO6 status control line (IO6 on the development board)
10	GND			Ground
11	IO7/STATUS	Both	Output	GPIO7 data in
12	IO8/STATUS	Both	Output	GPIO8 data-out flow control
13	IO9/STATUS	Output	Output	GPIO9 module status indicator
14	VDD	Input		Internally used for the programmable secondary processor. For compatibility with other XBee modules, we recommend connecting this pin to the voltage reference if you desire analog sampling. Otherwise, connect to GND.
15	IO10/STATUS	Both	Output	GPIO10 status indicator
16	IO11/STATUS	Both	Input	GPIO11 input/output flow control
17	IO12/STATUS	Both	Both	GPIO12 input/output slave select
18	IO13/STATUS	Both	Both	GPIO13 input/output slave select
19	IO14/STATUS	Both	Both	GPIO14 input/output slave select
20	IO15/STATUS	Both	Both	GPIO15 input/output slave select



**u-blox** NEO-6 - Data Sheet

### 1.3 GPS performance

Parameter	Specification
Receiver type	50 Channels GNSS: Frequency, CA Code SBAS: PMAA, SBAS, MSAS
Time-to-Results	100-4000* Cold Start <sup>1</sup> 28 s 27 s 32 s Warm Start <sup>2</sup> 28 s 27 s 32 s Hot Start <sup>3</sup> 7 s 7 s 7 s Reheat Start <sup>4</sup> 7 s 7 s 7 s
Sensitivity <sup>5</sup>	100-4000* Tracking & Navigation -160 dBm -151 dBm -148 dBm Reacquisition <sup>6</sup> -160 dBm -148 dBm -148 dBm Cold Start (without aiding) -158 dBm -148 dBm -148 dBm Hot Start <sup>7</sup> -157 dBm -154 dBm -155 dBm
Maximum Navigation update rate	100-4000* 5Hz 1Hz
Horizontal position accuracy <sup>8</sup>	GPS 2.5 m SBAS 2.8 m SBAS + RTK <sup>9</sup> < 1 m (RTK, RTSP) SBAS + RTK <sup>9</sup> < 1 m (RTK, RTSP)
Carrier-phase Time-to-Frequency range	100-4000* 0.25 Hz to 1 kHz 0.25 Hz to 10 kHz
Accuracy for Time-to-First Fix	RTK 30 ns SBAS 400 ns Continuity 27 ns Continuity <sup>10</sup> 15 ns
Velocity accuracy <sup>11</sup>	0.1 m/s
Heading accuracy <sup>12</sup>	0.5 degrees
Operational limits	Dynamic < 4 g Altitude <sup>13</sup> 50,000 m Velocity <sup>14</sup> 600 m/s

Table 2: NEO-6 GPS performance

<sup>1</sup> All satellites at -130 dBm  
<sup>2</sup> Without aiding  
<sup>3</sup> Dependent on aiding data connection speed and latency  
<sup>4</sup> Determined with a good satellite geometry  
<sup>5</sup> For an outage duration < 30 s  
<sup>6</sup> Cold Start, 24 hours outage, -150 dBm, 30 Hz, 15 km  
<sup>7</sup> RTSP only  
<sup>8</sup> Determined under following conditions: 24 hours outage, first 100 seconds of data discarded, RTKSP = 1.2 during measurement period, steady signal, continuous availability of valid SBAS correction data during full test period  
<sup>9</sup> Quantitative error information can be seen with NEO-6 to compensate the geometry, which error of the time-to-first fix  
<sup>10</sup> Assuming best-case 1-Hz duration

GPS-6H-00005-E Page 6 of 25

**u-blox** NEO-6 - Data Sheet

### 3 Electrical specifications

#### 3.1 Absolute maximum ratings

Parameter	Symbol	Module	Min	Max	Units	Condition
Power supply voltage	VCC	NEO-6G	-0.5	2.0	V	
		NEO-6Q, 6M, 6P, 6V, 6T	-0.5	3.6	V	
Backup battery voltage	V_BCKP	AB	-0.5	3.6	V	
USB supply voltage	VDDUSB	AB	-0.5	3.6	V	
Input pin voltage	Vin	AB	-0.5	3.6	V	
	Vin_und	AB	-0.5	VDDU	V	
DC current through any digital I/O pin (except supplies)	Ipin			10	mA	
VCC pin output current	I <sub>CC pin</sub>	AB		100	mA	
Input power at RF pin	P <sub>in</sub>	NEO-6Q, 6M, 6G, 6V, 6T		15	dBm	source impedance
		NEO-6P		-5	dBm	a 50 Ω, continuous wave
Storage temperature	Tstg	AB	-40	85	°C	

Table 3: Absolute maximum ratings

**⚠ GPS receivers are Electrostatic Sensitive Devices (ESD) and require special precautions when handling. For more information see chapter 6.4.**

**⚠ 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 above, must be limited to values within the specified boundaries by using appropriate protection diodes. For more information see the LEA-6/NEO-6/MAX-6 Hardware Integration Manual [1].**

GPS-6H-00005-E Page 14 of 25



### 1. Scope

This document describes the Product Specification of the Lithium-ion Polymer (LFP) Battery supplied by J & A ELECTRONICS.

### 2. Model: JA-0545135P

### 3. Specification

No.	Items	Specifications
1	Charge voltage (V)(CC/CV)	4.25
2	Nominal voltage (V)	3.7
3	Cut-off voltage (V)	3.0
4	Max. charge current (continuous charging)	1.2C
5	Min. capacity ( discharge @ 0.2C)	300mAh
6	Impedance	≤ 15mΩ(1kHz AC impedance)
7	Standard charging time	2.5 hours (Ref.)
8	Max. discharge current	2.0C
9	Operating temperature & relative humidity %	Charging: 0°C~45°C; 80% RH Max. Discharging: -20°C~45°C; 90% RH Max.
10	Storage condition	-20°C~45°C; 80%±20% RH
11	Recommended storage condition	20°C±5°C; 80%±20% RH
12	Weight	Approx. 45.0g
13	Dimension (mm)	Item: cell Length: 135.0mm ±0.5/-0.5 Width: 45.0mm ±0.5/-0.5 Thickness: 5.0mm ±0.05/-0.15

### 4. Cell Performance Criteria

#### 4.1 Visual inspection

There shall be no such defects such as scratch, flaw, crack, and leakage, which may adversely affect Commercial value of the cell.

#### 4.2 Standard environmental test condition

Unless otherwise specified, all tests stated in this Product Specification are conducted in the following conditions:

Temperature: 25 ± 2 °C, Relative Humidity: 45 ± 20%

#### 4.3 The requirement of measure instrument

(1) The measure instrument is passed tested by qualified institute.

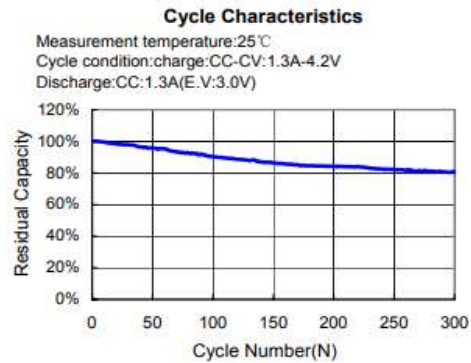
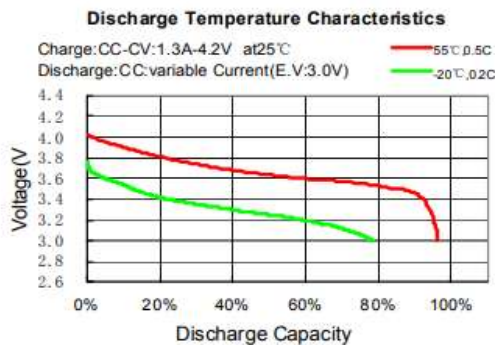
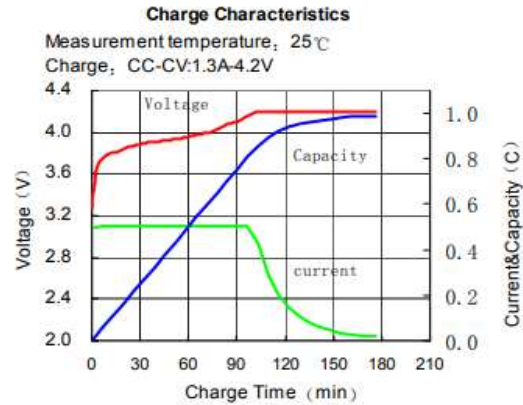
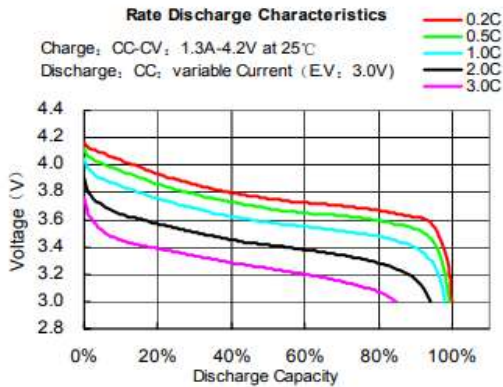
- (2) The accuracy of the scale instrument is not more than 0.05mm.
- (3) The accuracy of multimeter is not less than 0.5%. While measure the voltage, the internal resistance mustn't less than 10MΩ.
- (4) The principle of the internal resistance is 100μ Ω/Ω, the accuracy is 0.2%.
- (5) The internal resistance is changeable, it varies according to the temperature and the charging mode. And it is relevant to the PTC and the length and the capacity of the drawing line.
- (6) The current accuracy of the battery test system is more than ±0.1%, its basic accuracy is ±0.5%, line accuracy is less than ±0.1%.
- (7) The accuracy of the temperature meter is less than ±0.5 °C.

### 4. Electrical characteristic

Item	Test Method and Condition	Criteria
Full Charging	Charging the cell initially with constant current at 0.5 C to 4.2V, and then with constant voltage at 4.2V till charge current declines to 0.01 C.	
Rated Capacity	1~3 hours after the full charging, with discharge current of 0.2 C (standard) till 3.0V cut-off voltage.	Over 300 minutes
Cycle life	Continuous charge and discharge for 300 cycles at 80°C±0°C condition, then discharge 1.0 C till 3.0V cut-off voltage, measure the discharging capacity.	≥ 80% Rated Capacity
Reversion Capacity	After full charging, storing the battery 28 days with 20°C ± 2°C condition and then staying 1 hours with discharge current of 0.2 C till 3.0V cut-off voltage.	Reversion capacity: ≥ 80%

#### ⊖ Nominal Capacity

The Nominal capacity is the Min. capacity of the J & A production specification indicates, denotes the cell supply power with discharging 0.5 speed till cut-off voltage at 20°C ± 5°C condition. It is showed CE, for cell is Ah or mAh.

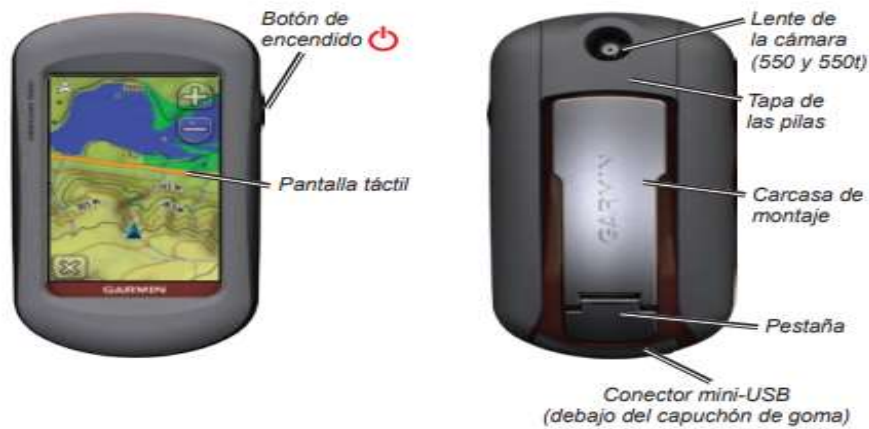


## Specification for 1W PV Module

(Test condition:  $1000\text{W/m}^2$ , AM1.5,  $25^\circ\text{C}$ )

Parameters	Type	1W
	Silicon	Mono-Crystalline Silicon
Maximum Power	Watt	1
Production Tolerance		$\pm 10\%$
Maximum Power voltage	V	6V
Maximum Power current	A	0.17
Open circuit voltage	V	6.9
Short circuit current	A	0.18
Cells thickness		$0.18\text{mm} \pm 20\mu\text{m}$
size of panel (wide and high)		$125 \times 63 \times 3\text{mm}$
Number of cells		12
Weight per piece (Kgs)		0.12

## Inicio



## Apéndice

**Interfaces:** serie propiedad de Garmin, dispositivo de almacenamiento masivo USB, NMEA 0183

**Duración del almacenamiento de datos:** indefinido; no requiere batería de memoria

**Almacenamiento de mapas:** interno o tarjeta microSD

### Rendimiento

**Receptor:** más de 12 canales, compatible con WAAS/alta sensibilidad

**Tiempos de adquisición:** < 1 segundo (inicio en caliente)  
< 33 segundos (inicio en frío)  
< 36 segundos (autolocate)

**Frecuencia de actualización:** 1/segundo, continua

**Brújula:** Precisión:  $\pm 2$  grados ( $\pm 5$  grados en latitudes norte y sur extremas)\*  
Resolución: 1 grado

**Altimetro:** Precisión:  $\pm 3$  m ( $\pm 10$  ft)\*  
Resolución: 0,3 m (1 ft)  
Rango: de -610 a 9.144 m (de -2.000 ft a 30.000 ft)

\*Sujeto a la correcta calibración del usuario.

### Uso del modo Demo

El modo Demo desactiva el receptor GPS para su uso en interiores o en prácticas. La unidad no rastrea los satélites en el modo Demo.



## Apéndice

### Especificaciones

#### Físicas

**Tamaño:** An. × Al. × Pr.: 58 × 114 × 36 mm (2,3 × 4,5 × 1,4 in)

**Peso:** 146 g (5,1 oz) sin pilas  
191,4 g con pilas

**Pantalla:** pantalla TFT de 65.000 colores con retroiluminación de 76 mm en diagonal (3 pulgadas) (240 × 400 píxeles)

**Carcasa:** de plástico, compacta y resistente al agua IPX7

**Rango de temperaturas:**  
entre -20 °C y 70 °C  
(entre -4 °F y 158 °F)\*

\*El rango de temperaturas de la unidad Oregon puede ser superior al rango de utilización de algunas pilas. Algunas pilas se pueden agrietar a altas temperaturas.

### Alimentación

**Fuente:** dos pilas AA (alcalinas, NiMH, de litio o NiMH precargadas); las pilas alcalinas no se recomiendan para las unidades Oregon 550 y 550t

**Duración de las pilas:** hasta 16 horas

### Precisión

**GPS:** < 10 m (33 ft) 95% típica\*

\*Sujeto a una degradación de la precisión a 100 m, 2 DRMS, bajo el Selective Availability (SA) Program (Programa de disponibilidad selectiva, SA) impuesto por el Departamento de Defensa de EE. UU. cuando está activado.

**DGPS:** de 3 a 5 m (de 10 a 16 ft) 95% típica (precisión WAAS en Norteamérica)

**Velocidad:** 0,1 m/s (0,328 ft/s) en estado estable







## Código Arduino Nodo Router.

```
byte pinPWR; // Este tiene el voltaje
float voltaje=0.0;
int medida=0;
const int ledA=7;
const int temporizador=0;

void setup()
{
  // desactivamos led como salida
  pinMode(ledA, OUTPUT);
  digitalWrite(ledA, LOW);
  medida=0;
  voltaje=0;
  medida = analogRead(pinPWR); // Leemos voltaje de la batería
  voltaje = (medida*0.01)/1023.0;
  //voltaje = (medida*5.0)/1023.0; // Conversión a volt con decimales
  if (voltaje<=0)
  {
    voltaje=0.0;
  }
  bateria=(voltaje*100)/3.3; // Fórmula para mostrar el porcentaje de carga
  if(bateria<=0)
  { // Evitamos valores negativos
    bateria=0;
  }
  else if(bateria>100)
  {
    bateria=100;
  }
  if(bateria<=0)
  {
    digitalWrite(ledA, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(ledA, LOW);
    delay(1000);
    digitalWrite(ledA, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(ledA, LOW);
    delay(1000);
  }
  if(bateria<=0)
  {
    digitalWrite(ledA, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(ledA, LOW);
  }
}

void loop()
{
  EnvioTexto();
}

void Bateria()
{
  medida=0;
  voltaje=0;
  medida = analogRead(pinPWR); // Leemos voltaje de la batería
  voltaje = (medida*0.01)/1023.0;
  //voltaje = (medida*5.0)/1023.0; // Conversión a volt con decimales
  if (voltaje<=0)
  {
    voltaje=0.0;
  }
  bateria=(voltaje*100)/3.3; // Fórmula para mostrar el porcentaje de carga
  if(bateria<=0)
  { // Evitamos valores negativos
    bateria=0;
  }
  else if(bateria>100)
  {
    bateria=100;
  }
}

void Temp()
{
  temporizador = millis();
  //999999 CADA 9 DÍGITOS
  while(millis()-temporizador < 90000)
  {
    if(millis()-temporizador <= 1)
    {
      digitalWrite(ledA, HIGH);
    }
    else
    {
      digitalWrite(ledA, LOW);
    }
  }
}

void EnvioTexto()
{
  Serial.print("T,1000,0,0,-1,487006,-78,874883,4864,0,0,0,");
  Bateria();
  Serial.print(bateria);
  Serial.print(",");
  Serial.print("T");
  Serial.println();
  Temp();
}
}
```

## Configuración XBee-Pro 900HP

Product family: XBPS-DM Function set: XSec P, P 200K Firmware version: 0175

**MAC/PHY**  
Change MAC/PHY Settings

AF Available Frequencies	FFFFFFFFFFFFFF
CM Channel Mask	0000000000000000
MF Minimum Frequencies	0
HP Presettable ID	2 ID
ID Network ID	1231
MF Broadcast Multi-Transmits	3
PL TX Power Level	Lowest (0)
RR Circuit Retries	A Retries

**Network**  
Change Addressing Settings

SH Serial Number High	13A200
SL Serial Number Low	417E3A2D
DH Destination Address High	0
DL Destination Address Low	FFFF
TO Transmit Options	C3
NI Node Identifier	SENSOR

Configuración del módulo Sensor

Radio Configuration [COORDINADOR - 00 13A200417E3A2E]

Product family: XBPS-DM Function set: XSec P, P 200K Firmware version: 0175

**MAC/PHY**  
Change MAC/PHY Settings

AF Available Frequencies	FFFFFFFFFFFFFF
CM Channel Mask	FFFFFFFF7FFF
MF Minimum Frequencies	10
HP Presettable ID	2 ID
ID Network ID	1231
MF Broadcast Multi-Transmits	0
PL TX Power Level	Lowest (0)
RR Circuit Retries	A Retries

**Network**  
Change Addressing Settings

SH Serial Number High	13A200
SL Serial Number Low	417E3A2E
DH Destination Address High	0
DL Destination Address Low	FFFF
TO Transmit Options	C3
NI Node Identifier	COORDINADOR

Configuración del módulo Router

Product family: XBPS-DM Function set: XSec P, P 200K Firmware version: 0175

**MAC/PHY**  
Change MAC/PHY Settings

AF Available Frequencies	FFFFFFFFFFFFFF
CM Channel Mask	0000000000000000
MF Minimum Frequencies	10
HP Presettable ID	2 ID
ID Network ID	1231
MF Broadcast Multi-Transmits	3
PL TX Power Level	Lowest (0)
RR Circuit Retries	A Retries

**Network**  
Change Addressing Settings

SH Serial Number High	13A200
SL Serial Number Low	417E3A2D
DH Destination Address High	0
DL Destination Address Low	FFFF
TO Transmit Options	C3
NI Node Identifier	ROUTER

Configuración del módulo Coordinador

**Anexo D: Fotos terreno montañoso y plano.**











