

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

TEMA:

"RED PRIVADA DE COMUNICACIONES APLICADA AL ÁREA DE TRANSPORTE Y LOGÍSTICA DEL HONORABLE GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA"

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

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Comunicaciones Inalámbricas

AUTOR: Christian Edmundo Silva Guevara

TUTOR: Ing. Mg. Geovanni Brito

Ambato – Ecuador

Junio 2017

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: “RED PRIVADA DE COMUNICACIONES APLICADA AL ÁREA DE TRANSPORTE Y LOGÍSTICA DEL HONORABLE GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA”, del señor Christian Edmundo Silva Guevara, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los tramites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato junio, 2017

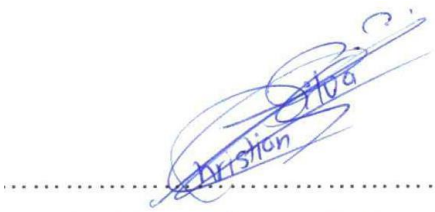
TUTOR

Ing. Mg. Geovanni Brito

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado “RED PRIVADA DE COMUNICACIONES APLICADA AL ÁREA DE TRANSPORTE Y LOGÍSTICA DEL HONORABLE GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA”, es absolutamente original, autentico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato junio, 2017



Christian Edmundo Silva Guevara

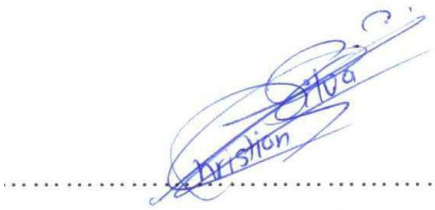
C.C. 180365005-8

DERECHO DE AUTOR

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

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato junio, 2017



Christian Edmundo Silva Guevara

C.C. 180365005-8

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La comisión calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes PhD. Carlos Gordón e Ing. Santiago Manzano, Mg. revisaron y aprobaron el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “RED PRIVADA DE COMUNICACIONES APLICADA AL ÁREA DE TRANSPORTE Y LOGÍSTICA DEL HONORABLE GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA”, presentado por el señor Christian Edmundo Silva Guevara de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

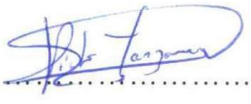
Ambato junio, 2017



Ing. Mg. Elsa Pilar Urrutia Urrutia
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



PhD. Carlos Gordón
DOCENTE CALIFICADOR



Ing. Mg.Santiago Manzano
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación, principalmente a mis padres, quienes incondicionalmente me han apoyado durante esta etapa de mi vida, siendo así los ejes fundamentales para haber alcanzado este objetivo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por brindarme la oportunidad de disfrutar de esta meta, a los Docentes por compartir desinteresadamente sus conocimientos, a mis amigos por estar incondicionalmente, al Ing. Francisco López, Director de Sistemas del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua por el apoyo brindado en cada etapa del proyecto y un especial agradecimiento a mi Tutor Ing. Geovanni Brito, quien con paciencia supo guiarme en el desarrollo de este TEMI.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

TEMA……..……I
APROBACIÓN DEL TUTOR.....II
AUTORÍA III
DERECHO DE AUTOR IV
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA..... V
DEDICATORIA VI
AGRADECIMIENTO VII
ÍNDICE DE CONTENIDOS..... VIII
ÍNDICE DE TABLAS..... XI
RESUMEN.....XVII
ABSTRACT XVIII
INTRODUCCIÓN.....XIX

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema de investigación 1
1.2 Planteamiento del problema 1
1.3 Delimitación de contenidos 2
1.3.1 Delimitación espacial 3
1.3.2 Delimitación temporal 3
1.4 Justificación 3
1.5 Objetivos.....4

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos.....6
2.2 Fundamentación teórica 7
2.2.1 Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua 7
2.2.2 Área de Transporte y Logística 8
2.2.3 Propagación de ondas electromagnéticas 8
2.2.4 Radiocomunicaciones.....15
2.2.5 Radioenlace.....16
2.2.6 Sistema de radio de dos vías.....18

2.2.7 Radio análogo vs digital 18
2.2.8 Selección de sitios 19
2.2.9 Redes privadas de comunicaciones (PMR) 20
2.2.10 Equipos comerciales de radiocomunicaciones 21
2.2.11 Torres utilizadas en radiocomunicaciones 32
2.2.12 Pararrayos 38
2.2.13 Puesta a tierra 41
2.2.14 Caseta 44
2.2.15 Software de diseño 45
2.3 Propuesta de solución 46

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Modalidad de la investigación 47
3.2 Recolección de información 47
3.3 Procesamiento y análisis de datos 47
3.4 Desarrollo del proyecto 47

CAPITULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 Condiciones actuales H.G.P.T 49
4.2 Selección de puntos de repetición 53
4.3 Selección de equipos comerciales de radiocomunicaciones 55
4.3.1 Sistema VHF 55
4.3.2 Enlaces punto a punto 56
4.4 Equipos a utilizarse 56
4.4.1 Equipos a utilizarse en enlace 5.8 Ghz. 57
4.4.2 Antenas a utilizarse en el sistema VHF 61
4.4.3 Equipos del sistema MOTOTRBO 64
4.4.4 Equipos del sistema de respaldo de energía 68
4.4.5 Equipos de protección del sistema 71
4.4.6 Torres a utilizarse de radiocomunicaciones 73
4.4.7 Equipos adicionales del sistema 74
4.5 Enlaces y cálculos de propagación 76
4.6 Software de Aplicación Motorola 85

4.6.1 TRBOnet.....85
4.6.2 SmartPTT 86
4.7 Área de cobertura 87
4.8 Diseño y Topología.....89
4.8.1 Sistema de protección 89
4.8.2 Sistema de respaldo de energía 91
4.8.3 Interconexión de equipos.....92
4.9 Uso de equipos en sistema VHF.....95
4.10 Tarifa por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico 98
4.11 Presupuesto del sistema de radiocomunicaciones.....99
4.12 Términos de referencia 108

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones 118
5.2 Recomendaciones 119
5.3 Referencias 120
5.4 Anexos.....126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Radiofrecuencias y sus aplicaciones 9
Tabla 2. Comparación entre dispositivos análogos y digitales 18
Tabla 3. Características de equipos punto a punto de Cambium Networks .29
Tabla 4. Características de equipos Airmax de Ubiquiti 30
Tabla 5. Caracteristicas de antenas de la serie 5ac de Mrikrotik 31
Tabla 6. Especificaciones modelo N-100-2 y N-200-4 33
Tabla 7. Especificaciones modelo PT 34
Tabla 8. Coordenadas de los puntos de repetición 54
Tabla 9. Comparación de quipos para el sistema VHF 55
Tabla 10. Comparación de equipos para enlace punto a punto 56
Tabla 11. Especificaciones LBE – 5AC -23.....58
Tabla 12. Antenas ANDREWS de 4 dipolos para VHF 62
Tabla 13. Características antena movil VHF BBGT-150 64
Tabla 14. Funciones y características del repetidor DGR – 6175.....65
Tabla 15. Características de radio móvil DGM – 8500 66
Tabla 16. Características de radio portátil DGP – 8550 68
Tabla 17. Especificaciones del cargador SEC-125OUL 69
Tabla 18. Especificaciones de Bateria UB121000 70
Tabla 19. Características de Punta Franklin 72
Tabla 20. Especificaciones de duplexor Q2220E 76
Tabla 21. Coeficiente de valoración 98
Tabla 22. Distancia máximas aplicables 99
Tabla 23. Presupuesto Enlaces Microondas 100
Tabla 24. Presupuesto de Equipos a ubicarse en el edificio principal del H.G.P.T 100
Tabla 25. Presupuesto de equipos a ubicarse en repetidora Llantantoma .101
Tabla 26. Presupuesto de equipos a ubicarse en repetidora Apatug 102
Tabla 27. Presupuesto de equipos a ubicarse en repetidora Llimpe 103
Tabla 28. Presupuesto Equipos MOTOTRBO y Antenas VHF 104
Tabla 29. Presupuesto Sistema VHF y estudio de ingeniería 104
Tabla 30. Presupuesto de torres y casetas 105

Tabla 31. Presupuesto materiales adicionales.....106
Tabla 32. Presupuesto Total de proyecto 106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Tungurahua 7
Figura 2. Propagación por onda directa 11
Figura 3. Propagación por onda terrestre 11
Figura 4. Propagación por onda refractada 12
Figura 5. Propagación por difracción ionosférica 12
Figura 6. Propagación Troposférica 13
Figura 7. Propagación por medio de satélites 13
Figura 8. Comunicación Simplex 14
Figura 9. Comunicación Half-Duplex 14
Figura 10. Comunicación Duplex 14
Figura 11. Elementos de un sistema de radiocomunicaciones 15
Figura 12 Repetidor RD98XS 22
Figura 13. Radio Movil MD78XG 22
Figura 14. Radio portátil PD79X EX 23
Figura 15. Esquema de sistema DMR de HYTERA 24
Figura 16. Repetidor DGR 6175 25
Figura 17. Radio móvil DGM 8500 25
Figura 18. Radio portátil DGP 8550 25
Figura 19. Sistemas Mototrbo 27
Figura 20. Repetidor NXR-5800E 27
Figura 21. Radio móvil NX5800E 28
Figura 22. Radio portátil NX5300E2 28
Figura 23. Diagrama de torre autosoportada 33
Figura 24. Vistas de torre arriostradas 34
Figura 25. Esquema de partes de una torre arriostrada 36
Figura 26. Torres tipo monopolo 37
Figura 27. Mástil sobre edificio 37
Figura 28. Soporte para antena 38
Figura 29. Punta de Franklin 39
Figura 30. Pararrayos ionizante 39
Figura 31. Diagrama de funcionamiento de SPD 40

Figura 32. Tierra física 42
Figura 33. Esquema de tierra del sistema 42
Figura 34. Tierra del equipo 43
Figura 35. Subsistema exterior de tierra 43
Figura 36. Subsistema interior de tierra 44
Figura 37. Caseta para equipos 45
Figura 38. Instituciones pertenecientes al H.G.P.T 49
Figura 39. Mapa de Carreteras de Tungurahua 52
Figura 40. Necesidades de cobertura del H.G.P.T 52
Figura 41. Puntos de repetición 54
Figura 42. Puntos de repetición en Radio Mobile 55
Figura 43. Antena LiteBeam 5ac-23 57
Figura 44. Enlace H.G.P.T – Llantantoma(airLink) 58
Figura 45. Parametros técnicos y antenas para enlace H.G.P.T – Llantantoma 59
Figura 46. Enlace LLantantoma – Apatug(airLink) 59
Figura 47. Parametros técnicos y antenas para enlace Llantantoma – Apatug 60
Figura 48. Enlace Apatug – Llimpe(airLink) 60
Figura 49. Parámetros técnicos y antenas para enlace Apatug – Llimpe 61
Figura 50. Antena ANDREWS DB-224 61
Figura 51. Patrón antena DB-224 omnidireccional 62
Figura 52. Patron antena DB – 224 offset 63
Figura 53. Antena movil VHF BB-GT 150 63
Figura 54. Repetidor DGR – 6175 65
Figura 55. Radio móvil DGM-8500 66
Figura 56. A) uso para radio movil B) uso para radio fija 66
Figura 57 Radio portátil DGP – 8550 67
Figura 58. Cargador SEC-125OUL 69
Figura 59. Bateria UB12100 70
Figura 60. UPS APC 71
Figura 61. Punta Franklin 72
Figura 62. Protector de sobrecargas Wilson 859902 72

Figura 63 Especificaciones de torre arriostrada para estaciones repetidoras 73
Figura 64. Especificaciones de torre arriostrada para H.G.P.T 74
Figura 65. Switch CISCO SG100D-08 75
Figura 66. Inyector POE Ubiquiti 24 v 75
Figura 67. Duplexor Q2220E 76
Figura 68. Enlace H.G.P.T – Llantantoma 77
Figura 69. Perfil H.G.P.T – Llantantoma 77
Figura 70. Resumen enlace H.G.P.T – Llantantoma.....77
Figura 71. Obstáculo entre H.G.P.T – Llantantoma 78
Figura 72. Zona de Fresnel H.G.P.T – Llantantoma.....79
Figura 73. Enlace Llantantoma – Apatug 79
Figura 74. Perfil Llantantoma – Apatug.....80
Figura 75. Resumen enlace Llantantoma – Apatug 80
Figura 76. Obstaculo entre Llantantoma – Apatug.....81
Figura 77. Zona de Fresnel Llantantoma – Apatug 81
Figura 78. Enlace Apatug – Llimpe.....82
Figura 79. Perfil Apatug – Llimpe.....82
Figura 80. Resumen enlace Apatug – Llimpe 82
Figura 81. Obstáculo entre Apatug – Llimpe.....83
Figura 82. Zona de Fresnel Apatug – Llimpe 84
Figura 83. Enlaces en mapa físico.....84
Figura 84. Software TRBOnet Enterprice 85
Figura 85. Esquema de sistema utilizando SmartPTT 86
Figura 86. Área de Cobertura antena Llantantoma 88
Figura 87. Area de cobertura antena Apatug 88
Figura 88. Área de cobertura antena Llimpe.....89
Figura 89. Sistema de protección pararrayos.....90
Figura 90. Sistema de protección contra sobrecargas 90
Figura 91. Conexión a tierra de los equipos.....91
Figura 92 Sistema de respaldo de energía para el repetidor.....91
Figura 93. Esquema de conexión de los equipos.....92
Figura 94. Estaciones repetidoras-enlaces-equipos.....92

Figura 95. Equipos y conexión en repetidora Llantantoma y Apatug.....93
Figura 96. Equipos y conexión en repetidora Llimpe.....94
Figura 97. Equipos y conexión en el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua 95
Figura 98. Instalaciones que contaran con la radio base 95
Figura 99. Vehículos que utilizaran la radio móvil 96
Figura 100. Personal que utilizara la radio portátil 96
Figura 101. Topología física e interconexión de equipos 97

RESUMEN

El presente proyecto se desarrolló para el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, con la finalidad de proporcionar un sistema de comunicaciones idóneo para interconectar el área de Transporte y Logística con cada uno de sus departamentos, además de poder determinar la ubicación exacta de todos los vehículos a cargo de la institución, con fines de monitoreo y seguridad dentro de la provincia de Tungurahua.

El sistema de comunicaciones se encuentra diseñado en base a tres distintos software para comprobar el grado de efectividad del mismo y dividido en dos partes fundamentales que son: los enlaces microondas a una frecuencia de 5.8 GHz, para interconectar y transmitir información entre las estaciones base; y el sistema VHF para el establecer el radio de cobertura al cual los equipos de cada usuario podrán engancharse.

Dentro del proyecto se presenta detallado los equipos a utilizarse en cada una de las estaciones base, al igual que los equipos que serán utilizados tanto para los vehículos como para el personal, sin dejar a un lado el software utilizado para el monitoreo continuo, con sus respectivas especificaciones técnicas y costos dentro del mercado actual.

Palabras clave

Comunicación inalámbrica, enlaces microondas, VHF, radio de dos vías.

ABSTRACT

This project was developed for the Honorable Provincial Government of Tungurahua, which aims to provide a suitable communications system to interconnect the area of Transport and Logistics with each of the departments, besides allowing to have an accurate location of all institution vehicles by purposes of monitoring and security within Tungurahua province.

The communications system is designed based on three different software to check the degree of effectiveness and divided into two main parts which are: the microwave links at a frequency of 5.8 GHz, for connecting and transmitting information between base stations; and the VHF system to set the radius of coverage to which each user can be connected.

With the project its presented a detailed of the equipment used in each of the base stations, as well as equipment to be used for both vehicles and staff, without leaving aside the software used for continuous monitoring with their respective technical specifications and costs in today's market.

Key words

Wireless communications, microwave links, VHF, two-way radio.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico que se ha dado en los últimos años ha permitido un avance significativo dentro de todas las áreas, llegando al punto de interconectar el mundo entero de una manera fácil y eficiente. Los sistemas de comunicación sin lugar a duda han llegado a ser una herramienta indispensable para transmitir todo tipo de información, ya sea de una manera guiada o inalámbrica.

Las comunicaciones inalámbricas han sobresalido en cada una de sus aplicaciones debido a sus grandes ventajas en cuanto respecta a alcance, seguridad, velocidad y facilidad de instalación. Además los costos de equipos son considerablemente económicos y existen en base a cada uno de los parámetros necesitados.

En el siguiente proyecto se detalla el diseño de una red de comunicaciones inalámbrica para el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, de tal manera que pueda estar interconectado con su área de Transporte y Logística dentro de toda la provincia de Tungurahua. A continuación se describe el contenido de cada uno de los capítulos dentro de esta investigación:

En el capítulo I se habla sobre el problema que presenta el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua en cuanto respecta a la comunicación con su área de Transporte y Logística a nivel provincial, además de la justificación para realizar el proyecto y los objetivos planteados a nivel general y especifico.

En el capítulo II se analizan los proyectos existentes que se encuentran relacionados de alguna manera con el presente ya sea en el sentido tecnológico o funcional. Además se establece la fundamentación legal que respalde la creación del proyecto a nivel nacional o internacional. Se tiene

también la recopilación de información a través de libros, papers, tesis o fuentes electrónicas confiables relacionadas a la temática.
En el capítulo III se plasma el tipo de investigación que se utilizó durante el proyecto conjuntamente con el procedimiento para realizar el análisis de los resultados y la documentación del mismo.

En el capítulo IV se desarrolla de una manera detallada el diseño de la red de comunicaciones para interconectar el área de Transporte y Logística dentro de la provincia de Tungurahua, conjuntamente con los equipos a utilizarse y el costo de los mismos.

En el capítulo V se realizan las conclusiones y recomendaciones, esto en base al diseño del proyecto. Para culminar se añade la bibliografía y linkografía que sirven de evidencia para justificar la investigación realizada y se agrega como punto final anexos.

CAPITULO I
EL PROBLEMA

1.1 Tema de investigación

“Red privada de comunicaciones aplicada al área de transporte y logística del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua”.

1.2 Planteamiento del problema

El proceso de desarrollo tecnológico que se viene dando desde hace algunos años atrás ha permitido la evolución en distintas ramas como lo son: la educación, las comunicaciones, la salud, entre cientos de otras que se ven beneficiadas sin duda alguna. En el caso muy particular al hacer referencia a las radiocomunicaciones, se podría considerar como un ámbito bastante explotado debido a las necesidad de industrias, empresas, en fin un sin número de instituciones cuya finalidad es comunicarse interna y externamente de sus instalaciones con su personal de trabajo.

A nivel mundial existen marcas bien posicionadas en cuanto se refiere a la innovación y por consiguiente el desarrollo de equipos de radiocomunicaciones con aplicaciones caracterizadas por enfocarse en sistemas digitales con voz, datos y video en tiempo real, entre ellas se encuentran Motorola, Hytera y Kenwood, con una serie de equipos que difieren su uso de acuerdo a características tales como servicios de ubicación, de voz, mensajes de texto, servicio de email, automatización, entre otros aplicativos.

Ecuador sin quedarse atrás se encuentra al alcance de los avances tecnológicos en el área de las telecomunicaciones, sin embargo para realizar la implementación de los mismos en alguna institución es necesario un

estudio previo, el cual consta de un análisis de las necesidades y las condiciones actuales de tal manera que se logre dimensionar de una manera correcta el sistema y equipo a utilizar.

A nivel de Tungurahua y enfocándose en el Honorable Gobierno Provincial es importante mencionar que el área de transporte y logística carece de un sistema de comunicaciones lo cual no es eficiente debido a la necesidad de intercambio de información entre los trabajadores encargados del transporte y la parte supervisora en el caso de ordenes inmediatas o casos de emergencia.

De presentarse estos inconvenientes la única solución es la utilización de la red pública al igual que cualquier otro ciudadano, esto podría acarrear problemas ya que se deben considerar varios factores como los son: la disponibilidad de un dispositivo móvil, que en este caso es un teléfono celular, de no poseerlo las posibilidades de comunicación serian nulas. Si se da el caso de poseer el teléfono celular, se debe tomar en cuenta el área de obertura de la Operadora, y el saldo disponible, debido a que este sería un gasto personal, mas no para la institución.

Un esquema similar se presenta en la parte supervisora, con la diferencia de que en este caso se puede hacer uso de los teléfonos de la institución para realizar la llamada, pero esto significa un costo elevado mensual. Sin dejar a un lado el costo elevado proveniente de sistema de localización y monitoreo que poseen los vehículos. El problema se incrementa al establecer que un gran porcentaje del personal, se encuentra laborando fuera de la institución como es el caso del área de Transporte.

1.3 Delimitación de contenidos

Área académica: Comunicaciones

Línea de investigación: Tecnologías de Comunicación

Sublínea de investigación: Comunicaciones Inalámbricas

1.3.1 Delimitación espacial

La presente investigación se desarrolló en la provincia de Tungurahua, aplicada al área de Transporte y Logística del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua.

1.3.2 Delimitación temporal

El presente proyecto de investigación se desarrolló desde octubre 2016 hasta marzo 2017, desde la aprobación por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

1.4 Justificación

En toda institución una de las principales herramientas que nunca debe faltar es la comunicación, para emitir algún tipo de orden, coordinar diversos procesos e incluso para informar de anormalidades o inconvenientes. Esto puede ser para comunicarse con el personal que se encuentre laborando dentro de la infraestructura de la institución como aquellos cuya labor sea en el campo.

Por lo tanto la finalidad del presente proyecto fue brindar una comunicación eficaz y eficiente al área transporte y logística del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua mediante una red privada de comunicaciones para garantizar la seguridad de los trabajadores y además mejorar su desempeño gracias a un control continuo por parte de sus superiores.

Los beneficiarios directos son los miembros del área de transporte y logística los cuales actualmente se ven obligados a hacer uso de la red pública de comunicaciones en el caso de suscitarse alguna emergencia ya sea con respecto al vehículo, carretera o salud del personal, generando de esta manera un retraso en los procesos que a su vez desembocan en pérdidas de tiempo y dinero.

Al implementar el diseño de la red privada de comunicaciones para el área en mención, se pretendió generar impactos orientados a la parte económica y organizacional ya que existirá una notable mejora en la manera en que se

manejan los procesos en dicha área debido a un comunicación continua entre el personal y de igual manera una mejor coordinación por parte de quien se encuentre a cargo. Sin dejar a un lado el aspecto económico el cual se reducirá debido a que la comunicación seria gratuita al poseer los equipos y el sistema en funcionamiento.

Es importante recalcar que la institución estuvo consiente que la red privada de comunicaciones mejorará en varios aspectos el trabajo dentro del área de Transporte y Logística como los son la disminución de costos, la mejora en tiempos y por consiguiente la satisfacción del personal y un mejor desempeño de los mismos.

Dentro del país se cuenta con los equipos adecuados para la realización del proyecto por lo que la tecnología no sería un impedimento al igual que el material bibliográfico es abundante en todas las ramas que este abarco y conjuntamente con el internet y proyectos relacionados, su realización es factible.

1.5 Objetivos

General

Diseñar una red privada de comunicaciones aplicada al área de transporte y logística del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua.

Específicos

- Analizar los sistemas de comunicaciones con los que se encuentra trabajando actualmente el área de Transporte y Logística del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua para determinar sus principales necesidades.
- Establecer las características de los distintos equipos de radiocomunicación y sus software de aplicación, para seleccionar el idóneo de acuerdo a la necesidad existente.
- Plantear una red privada integral de radiocomunicación digital y determinar el software de aplicación que requiere el Honorable

Gobierno Provincial de Tungurahua para el control y monitoreo del área de transporte y logística.

- Elaborar los términos de referencia (TDR) para la realización de la subasta inversa electrónica para el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua.

CAPITULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos

Realizada la respectiva investigación bibliográfica y en los repositorios digitales de las principales universidades a nivel nacional, se encontró trabajos o proyectos con cierto grado de similitud o simplemente con características esenciales que fueron de mucha ayuda para el presente proyecto. Es el caso de la tesis con el tema: “Diseño e implementación de un sistema de localización automática de vehículos, utilizando una red de radio existente en el casco urbano de la ciudad de Guayaquil”, en el cual desarrolló un prototipo para integrar la transmisión de datos sobre sistemas de radio de dos vías, con el fin de generar una localización geográfica mediante el sistema de posicionamiento global más conocido como GPS. Tras realizar el prototipo del sistema, establecen como conclusión que se deben analizar aspectos como cantidad de vehículos, criticidad de la supervisión y el tráfico generado por voz, para poder dar valores reales sobre cuantos vehículos se podrán monitorear y el número de reportes de posición por hora necesarios para extraer. [1]

Otro trabajo de mucha utilidad fue el titulado: “Diseño del sistema de radiocomunicaciones del IASA en la banda de 150Mhz”, presentado en la Escuela Politécnica del Ejercito, la cual se enfoca en la comunicación por radio de dos vías en la banda VHF, realizando así inicialmente un estudio de los arreglos de antena y una investigación acerca de los canales de comunicación móvil simplex y semiduplex, con el objetivo de comunicar IASA con la red de seguridad de la Escuela Politécnica del Ejercito. Los resultados más relevantes hacen referencia a los beneficios de la PMR, ofreciendo privacidad y gratuidad en las comunicaciones, sin dejar a un lado

el arreglo de 4 dipolos doblados los cuales ofrecieron una mayor ganancia y por consiguiente una mayor área de cobertura. [2]

Por último se analizó la tesis desarrollada en la provincia del Guayas con tema “Diseño e implementación de un sistema de localización automática de vehículos, utilizando una red de radio existente en el casco urbano de la ciudad de Guayaquil”, cuya finalidad se encontraba en el redimensionamiento del sistema de radio troncalizado para dar servicio de cobertura a radio de dos vías, debido a un incremento de número de usuarios. Dicho inconveniente se solucionó al introducir un nuevo sistema troncalizado digital para reemplazar al sistema analógico existente, y para el diseño fueron útiles los software PTP LINKPlanner y Radiomobile para mejorar el área de cobertura, logrando así dimensionar un sistema con un incremento de 150 usuarios anuales por 15 años. [3]

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua



Figura 1. Mapa de Tungurahua [4]

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua como institución se encuentra a cargo del cumplimiento de manera prioritaria de los objetivos a nivel provincial, lo cual significa el mejoramiento de las condiciones de vida de la comunidad. Todo esto mediante un trabajo honesto y una transparencia en cada una de las instituciones que se encuentran involucradas.

Su misión es ser un ente: “Coordinador, orientador, facilitador, planificador y ejecutor de acciones mancomunadas con gobiernos locales, instituciones públicas, privadas y organizaciones sociales, en los niveles: parroquiales, cantonales, provincial, nacional e internacional; con el fin de impulsar las iniciativas de desarrollo económico, social, ambiental y territorial de Tungurahua, bajo los principios de participación, mancomunidad, equidad, ética, efectividad y transparencia”. [5]

2.2.2 Área de Transporte y Logística

El área de Transporte y Logística del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua tiene a su cargo dos funciones principales que son la fiscalización y mantenimiento vial. En cuanto se refiere a fiscalización, esta abarca el tema construcción y reconstrucción de carreteras y dentro de mantenimiento vial se tiene la colocación y mantenimiento de letreros al igual que la eliminación de baches en la carretera. Es importante recalcar que el trabajo lo realizan dentro de los límites de la provincia de Tungurahua.

2.2.3 Propagación de ondas electromagnéticas

Radiofrecuencia

El termino radiofrecuencia hace referencia al espacio o porción de espectro electromagnético menos energético, donde se producen ondas electromagnéticas, este se encuentra comprendido entre los valores de 3KHz hasta los 300GHz, el cual ha sido subdividido como se muestra en la tabla 1, para especificar su funcionalidad y aplicaciones.

Propagación de ondas de radio

El fenómeno de propagación hace referencia al comportamiento de las ondas electromagnéticas en el espacio libre, lo cual permite transmitir información desde un punto denominado fuente hacia otro llamado destino de la información, separados en tiempo y espacio.

“Las ondas de radio al ser ondas electromagnéticas poseen una componente eléctrica y una componente magnética y como tales están expuestas a ciertos fenómenos los cuales son capaces de modificar el patrón de propagación de las ondas.” [6]

Tabla 1. Radiofrecuencias y sus aplicaciones [7]

Frecuencias	Designación	Servicios
3-30 KHz	VLF	Navegación, sonar
30-300 KHz	LF	Radio guía, ayuda en la navegación
0.3-3 MHz	MF	Radiodifusión AM, servicios marítimos
3-30 MHz	HF	Telefonía, telégrafo, banda ciudadana, comunicaciones mar –tierra y mar-aire
30-300 MHz	VHF	Televisión, Radiodifusión FM, control de tráfico aéreo, ayuda a la navegación
0.3-3 GHz	UHF	Televisión, hornos domésticos, comunicación satelital, radares de vigilancia
3-30 GHz	SHF	Radares embarcados de policía, aeropuertos, comunicaciones satelitales, radioenlaces, televisión por cable
30-300 GHz	EHF	Radar, localización de misiles

Generalmente las ondas de radio tienden a desplazarse en línea recta, por lo cual ingresa el concepto de línea de vista entre el transmisor y el receptor para una comunicación eficiente, sin embargo esto no sucede en todos los casos debido a que los puntos a comunicarse se encuentran distantes de tal manera que no existe visibilidad directa, es ahí cuando se debe tomar en

cuenta las distintas condiciones de propagación y adecuadas frecuencias para así establecer la comunicación.

A estas condiciones se las conoce como mecanismos básicos de propagación, entre los cuales se encuentran la reflexión, la difracción y la dispersión. Estos mecanismos dan origen a desvanecimientos, pérdidas de trayectoria y distorsiones, factores que a su vez se ven reflejadas en una disminución de la relación señal a ruido, la cual indica matemáticamente la diferencia entre el nivel de la señal y el nivel del ruido, entendiéndose como ruido a cualquier señal no deseada.

a) Reflexión

La reflexión hace referencia cuando la señal RF es reflejada al incidir sobre una superficie con una longitud de onda mayor que la que posee, entre estas se encuentra la superficie terrestre, paredes y edificios, las cuales están en las condiciones de generar una reflexión total o parcial de la onda o la desviación de su trayectoria.

b) Difracción

Es el esparcimiento de las ondas en los límites de una superficie. Tiene la característica de permitir a la señal de radio propagarse sobre la superficie curva de la Tierra y ciertos obstáculos presentes entre el transmisor y receptor. Es de gran utilidad al presentarse zonas de sombra de señal producidas por montañas y en ciertos casos rascacielos.

c) Dispersión

El fenómeno de la dispersión ocurre cuando una onda de radio incide sobre una superficie rugosa cuyo tamaño sea menor que la longitud de onda de la señal, ocasionando que la energía reflejada sea distribuida hacia todas las direcciones. Esta es generada principalmente por la lluvia.

Tipos de propagación

a) Propagación por onda directa

Este tipo de propagación se caracteriza por tener una línea de vista directa entre el transmisor y el receptor. Generalmente se trabaja con frecuencias superiores a los 50 Mhz. debido a que se ve menos afectada ante fenómenos atmosféricos y por consiguiente el radio de las antenas a utilizar es menor.

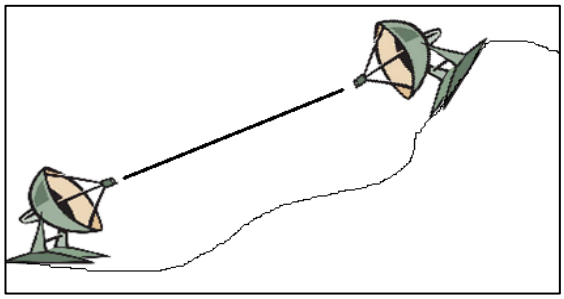


Figura 2. Propagación por onda directa

Fuente: Investigador

b) Propagación por onda terrestre

En este tipo de propagación las ondas de radio siguen la curvatura de la Tierra, alcanzando grandes distancias antes de ser absorbidas por el propio suelo. La frecuencia a utilizarse debe ser inferior a los 4 Mhz.

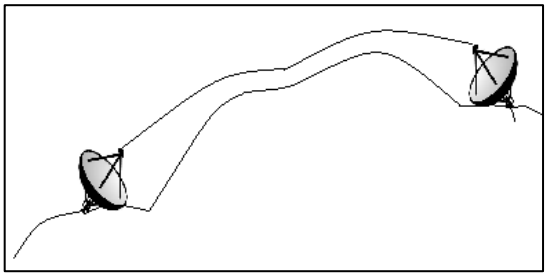


Figura 3. Propagación por onda terrestre

Fuente: Investigador

c) Propagación por onda refractada

Considerada como una de las más importantes, esta propagación se caracteriza por utilizar a la ionosfera a manera de espejo cuando esta se halla eléctricamente cargada para así poder cubrir la curvatura de la tierra mediante una reflexión múltiple.

Esto permite una comunicación entre estaciones que se encuentren distantes varios kilómetros entre sí. Es importante aclarar que la frecuencia a utilizar depende de las horas en el día debido al nivel de ionización de la atmosfera y esto se conoce como Frecuencia Útil Máxima.

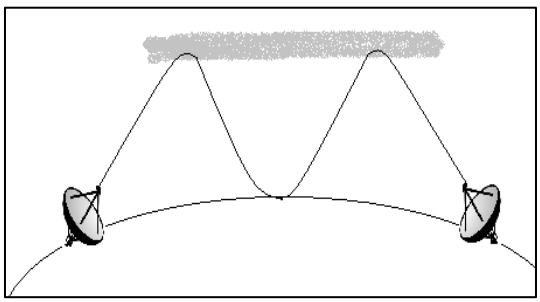


Figura 4. Propagación por onda refractada
Fuente: Investigador

d) Propagación por difracción ionosférica

Se produce cuando la señal de radio en lugar de ser reflejada por la ionósfera es difractada, provocando que solo una pequeña parte de la señal llegue a la tierra. Este fenómeno está dado debido a que la frecuencia de la señal es superior a los 30MHz.

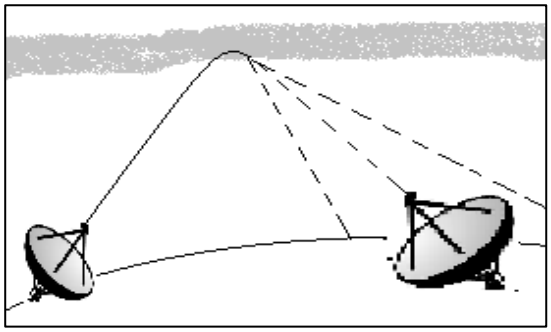


Figura 5. Propagación por difracción ionosférica
Fuente: Investigador

e) Propagación troposférica

"La troposfera se caracteriza por poseer una temperatura que en general disminuye con la altitud y por capas alternadas de flujo de aire turbulento y laminar a temperaturas significativamente diferentes. Los índices de

refracción de estas capas son tan diferentes que se experimenta algo de dispersión de regreso a la tierra en bandas de muy alta frecuencia."[8] Siendo ideal para trabajar con frecuencias de VHF y UHF.

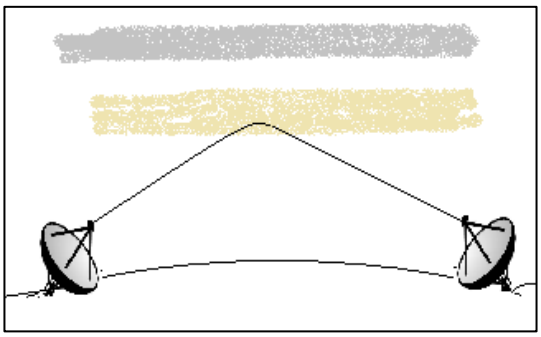


Figura 6. Propagación Troposférica

Fuente: Investigador

f) Propagación por medio de satélites artificiales

Con la utilización de satélites artificiales que se encuentran orbitando la Tierra se logra enlazar dos estaciones mediante la reflexión de la señal en dicho satélite. Estos satélites pueden ser pasivos si únicamente actúan como espejo ante la señal o activos si se encuentran diseñados para captar la señal, amplificarla y enviarla a su destino. Las frecuencias utilizadas en los sistemas satelitales están alrededor de 1 a 30 Ghz, con la finalidad de que logren cruzar la atmosfera.

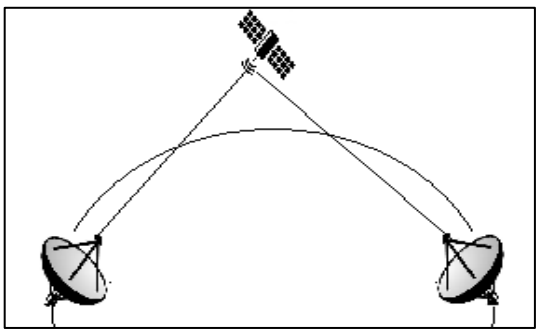


Figura 7. Propagación por medio de satélites

Fuente: Investigador

Modos de transmisión

a) Simplex

Este modo de comunicación es utilizado para enviar datos en una sola dirección, por consiguiente únicamente existe un canal unidireccional. Un ejemplo claro es la radio y la televisión.

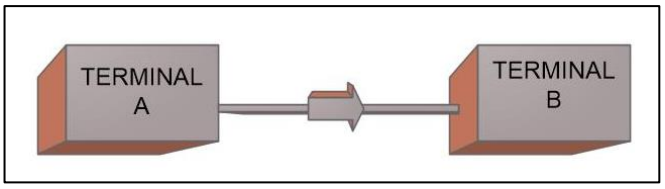


Figura 8. Comunicación Simplex

Fuente: Investigador

b) Semi- Duplex

Este modo de comunicación permite enviar y recibir datos, con la condición de que estos no sean simultáneamente, es decir no se puede enviar y recibir al mismo instante, por lo que es necesario cierto tiempo para invertir el sentido de la comunicación. Es el caso del radio de dos vias el cual usa un solo canal para transmisión y recepción.

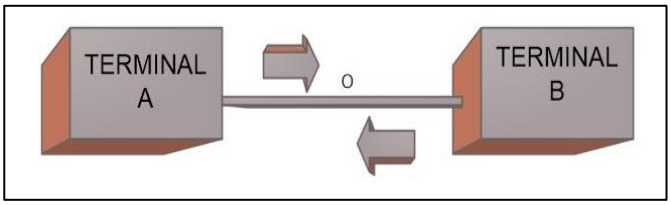


Figura 9. Comunicación Half-Duplex

Fuente: Investigador

c) Duplex

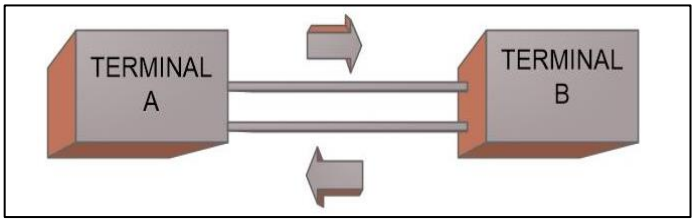


Figura 10. Comunicación Duplex

Fuente: Investigador

Este modo de comunicación también es conocido como full dúplex, y se caracteriza por ajustar las condiciones para transmitir y recibir información de manera simultánea, es decir al mismo instante. Bajo este criterio cabe recalcar que existen dos vías o canales uno para cada sentido, como se tiene el caso del teléfono convencional.

2.2.4 Radiocomunicaciones

“La radiocomunicación es una forma de telecomunicación que se realiza a través de ondas de radio u ondas hertzianas, que a su vez está caracterizada por el movimiento de los campos eléctricos y magnéticos. La comunicación vía radio se realiza a través del espectro radioeléctrico cuyas propiedades son diversas dependiendo de sus bandas de frecuencia.” [9]

Las radiocomunicaciones tienen su importancia en diversas aplicaciones cuya finalidad se encuentre en transmitir información inalámbricamente a largas o cortas distancias, donde el único medio de transmisión sea el aire mediante ondas de radio. Es así como tenemos el ejemplo de transmisiones de televisión, telefonía móvil, radar y obviamente radio, entre otras aplicaciones para distintas áreas.

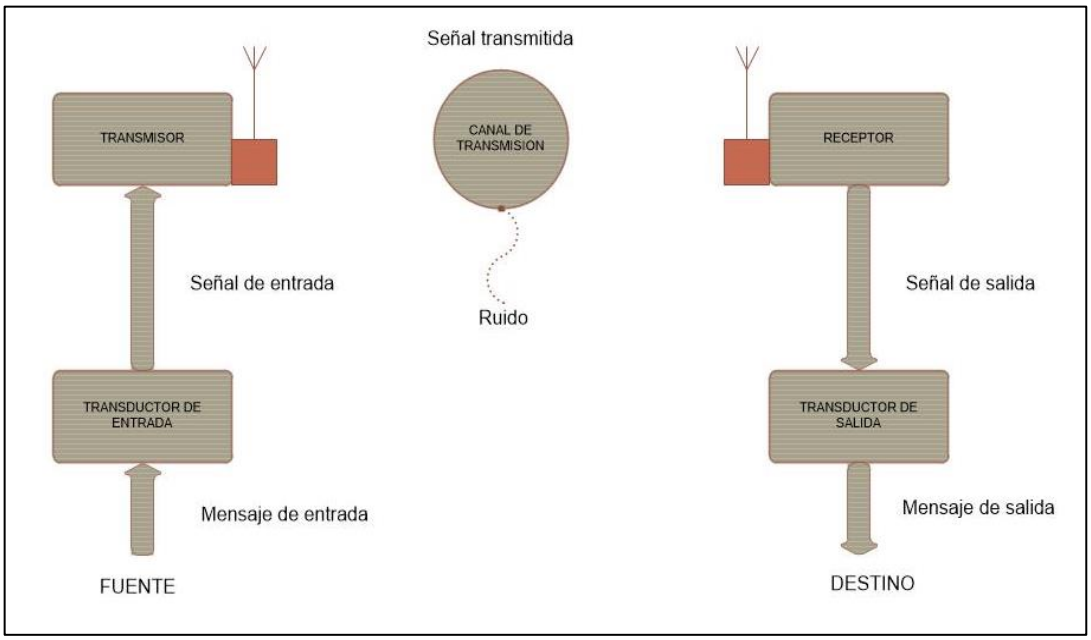


Figura 11. Elementos de un sistema de radiocomunicaciones

Fuente: Investigador

2.2.5 Radioenlace

Se puede definir al radio enlace del servicio fijo, como sistemas de comunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas. Típicamente estos enlaces se explotan entre los 800 MHz y 42 GHz.

Los radioenlaces, establecen un concepto de comunicación del tipo dúplex, de donde se deben transmitir dos portadoras moduladas: una para la Transmisión y otra para la recepción. Al par de frecuencias asignadas para la transmisión y recepción de las señales, se lo denomina radio canal. Los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles, es decir, puntos altos de la topografía. Cualquiera que sea la magnitud del sistema de microondas, para un correcto funcionamiento es necesario que los recorridos entre enlaces tengan una altura libre adecuada para la propagación en toda época del año, tomando en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región.

Para poder calcular las alturas libres debe conocerse la topografía del terreno, así como la altura y ubicación de los obstáculos que puedan existir en el trayecto.

a) Microondas

Se describe como microondas a aquellas ondas electromagnéticas cuyas frecuencias van desde los 500 MHz hasta los 300 GHz o aún más. Por consiguiente, las señales de microondas, a causa de sus altas frecuencias, tienen longitudes de onda relativamente pequeñas, de ahí el nombre de “micro” ondas. Así por ejemplo la longitud de onda de una señal de microondas de 100 GHz es de 0.3 cm., mientras que la señal de 100 MHz, como las de banda comercial de FM, tiene una longitud de 3 metros. Las longitudes de las frecuencias de microondas van de 1 a 60 cm., un poco mayores a la energía infrarroja. Se usa el espacio aéreo como medio físico de transmisión. La información se transmite en forma digital a través de ondas de radio de muy corta longitud (unos pocos centímetros).

Pueden direccionarse múltiples canales a múltiples estaciones dentro de un enlace dado, o pueden establecer enlaces punto a punto. Las estaciones consisten en una antena tipo plato y de circuitos que interconectan la antena con la terminal del usuario.

Microondas terrestres

Un radioenlace terrestre o microondas provee conectividad entre dos sitios (estaciones terrenas) en línea de vista (Line – of - Sight, LOS) usando equipo de radio con frecuencias de portadora por encima de 1 GHz. La forma de onda emitida puede ser analógica (convencionalmente en FM) o digital.

Las principales aplicaciones de un sistema de microondas terrestre son las siguientes:

- Telefonía básica (canales telefónicos)
- Datos
- Telégrafo / Telex / Facsímile
- Canales de Televisión.
- Vídeo
- Telefonía Celular (Troncales)
- Entre otros

Repetidores de Microondas

La distancia cubierta por enlaces microondas puede ser incrementada por el uso de repetidoras, las cuales amplifican y redireccionan la señal, es importante destacar que los obstáculos de la señal pueden ser salvados a través de reflectores pasivos.

Activos

En ellos se recibe la señal en la frecuencia de portadora y se la baja a una frecuencia intermedia (FI) para amplificarla y retransmitirla en la frecuencia de salida. No hay demodulación y son transceptores.

Pasivos

Se comportan como espejos que reflejan la señal y se los puede dividir en pasivos convencionales, que son una pantalla reflectora y los pasivos back-back, que están constituidos por dos antenas espalda a espalda. Se los utiliza en ciertos casos para salvar obstáculos aislados y de corta distancia.

2.2.6 Sistema de radio de dos vías

Un sistema de radio de dos vías es aquel cuya principal característica es transmitir información entre puntos distantes entre sí, utilizando una frecuencia dentro del espectro. Consta de una radio que posee la capacidad de transmitir y recibir información, además de un sin número de aplicaciones como mensajería de texto e e-mail, automatización y localización vehicular en rangos de distancia determinados.

2.2.7 Radio análogo vs digital

En sus inicios todas las radios de dos vías eran netamente análogas, y actualmente se podría decir que todavía se encuentran en el mercado de manera abundante, sin embargo debido a la implementación de nuevas funcionalidades y ciertas mejoras, se genera la necesidad de migrar hacia la tecnología digital, la cual en comparación con la análoga ofrece una mayor eficiencia de espectro, permitiendo una mayor capacidad de llamadas y mejor calidad de la voz.

Tabla 2. Comparación entre dispositivos análogos y digitales [10]

ANÁLOGO	**VS**	**DIGITAL**
Permite solo comunicaciones de voz, más no aplicaciones de datos.	Aplicaciones	Permite aplicaciones de voz y datos
Alto consumo de batería	Batería	Optimiza la vida útil de la batería
Transmite audio original, por lo que	Audio	Reducción en los ruidos ambientales y

puede verse afectado por ruido y estática		eliminación de la estática
Tiene aplicaciones limitadas	Evolución tecnológica	Permite implementar nueva tecnología.
Para crecer requiere plataformas diferentes	Expansión	La misma plataforma permite agregar nuevo software y hardware.
No permite personalización	Personalización	Personalización de los botones y funciones
Admite un solo usuario por canal	Capacidad	Mayor cantidad de usuarios por canal.

Además es importante recalcar otros factores como lo son:

- Mayor durabilidad de la batería, esto debido a la cantidad de energía utilizada en la transmisión, la cual es mucho menor al ser ésta digital.
- Mayor seguridad de la información a transmitir.
- Combinar voz y otras aplicaciones, como mensajería y localización en un mismo dispositivo.

2.2.8 Selección de sitios

Uno de los aspectos más relevantes en un sistema de radiocomunicaciones es la selección de sitios para la ubicación de los repetidores, puesto que a razón de este dependerá el área de cobertura del sistema. En definitiva un sitio de repetición no es nada más que el lugar físico donde se instalará la infraestructura para proveer interconectividad, y este a su vez debe ser el más alto posible, debido a que la propagación se realiza con línea de vista. Para la selección del sitio se deben considerar los siguientes factores:

- La altura a considerarse para la ubicación de los repetidores dependerá netamente de la cobertura que se desee del mismo, por ejemplo la cima de una montaña para un área extensa, sobre un

edificio en el caso de cubrir una zona urbana o el techo de una casa en caso de áreas pequeñas como fábricas.

- El sitio debe constar con un área protegida para realizar la instalación de los repetidores y equipos auxiliares.

2.2.9 Redes privadas de comunicaciones (PMR)

a) Sistemas PMR

Los sistemas PMR siglas provenientes de Private Mobile Radio son redes de radiocomunicaciones privadas que utilizan los móviles que llevan esta tecnología para poder comunicarse sin la necesidad de las redes públicas. Prácticamente son redes con un número cerrado de usuarios utilizado principalmente por empresas o instituciones.

Estas redes son de gran utilidad puesto que facilitan que los terminales dentro de un entorno se conecten al centro de control, y luego ésta la distribuye de las siguientes maneras:

- A estación a través de la estación base
- Fijos mediante línea telefónica.

b) Sistemas Trunking

El sistema Trunking es la evolución de PMR, nace de la necesidad de mejorar el uso de la restricción de canales radioeléctricos disponibles, de tal manera que utiliza pocas frecuencias pero de una manera más eficiente.

Las redes trunking asignan las frecuencias, siempre y cuando estas se encuentren disponibles, y una vez asignado el canal este es permanente durante toda la conversación generando un factor de seguridad, a diferencia de las redes PMR donde cualquiera que se encuentre en la misma frecuencia puede escuchar la conversación, en las redes trunking solo los involucrados pueden tener este privilegio. Una vez culminada la conversación el canal se libera para una próxima utilización.

c) Estándar TETRA

“El sistema trunking digital TETRA constituye una alternativa para las aplicaciones de datos, tanto en su versión voz+datos, como en los de solo datos. Este sistema, definido por el ETSI, ha sido optimizado para comunicaciones móviles de tipo profesional.”

El estándar TETRA opera en una banda de 380 a 400 Mhz. Transmite todo tipo de información, al igual que realizar llamadas de difusión, mensaje cortos, entre otros servicios y tiene la característica de poder encriptar las comunicaciones, además de permitir la conexión con redes de telefonía pública.

Dicho estándar cumple también con la condición de asignar el número de canales de acuerdo a la demanda o en otras palabras al tráfico generado y en cada caso al terminarse una llamada, el canal es regresado a un centro de control de asignación de llamadas, para poder prestar servicio a otros usuarios.

2.2.10 Equipos comerciales de radiocomunicaciones

Equipos para sistema VHF

a) HYTERA

Hytera Communications es una compañía encargada del diseño y fabricación de equipos de comunicaciones de radio móvil profesional óptimo para ofrecer soluciones integrales para organismos gubernamentales, seguridad pública, servicios públicos, transporte, sector empresarial y comercial.

Manejan las tecnologías TETRA, DMR y PDT, por lo cual las nuevas series de sus productos son digitales.

Dentro de los equipos de radiocomunicaciones que promociona Hytera, los que se ajustan a la propuesta presentada son los pertenecientes a la línea DMR Convencional, la cual posee los siguientes equipos:

Repetidor

Los repetidores digitales que dispone Hytera son de los siguientes modelos RD62X, RD96X, RD98X, RD98XS



Figura 12 Repetidor RD98XS [11]

Radio móvil

Los modelos de radios móviles digitales son los siguientes: MD65X, MD78X/78XG



Figura 13. Radio Movil MD78XG [12]

Radio portatil

En la gama de DMR convencional los radios portátiles con los que trabaja Hytera son los siguientes: PDX35X, PDX36X, PDX37X, PDX40X, PDX41X, PDX50X, PDX56X, PDX60X, PDX66X, PDX68X, PD70X/70XG, PD78X/78XG, X1e, X1p, PD98X, PD70XX/70XG(UL913), PD71X Ex, PD78X/PD78XG(UL913), X1p(UL913), PD79X Ex



Figura 14. Radio portátil PD79X EX [13]

Características del Sistema DMR

- Comunicación de voz digital clara, donde la codificación de banda estrecha de voz, las tecnologías de corrección digital y la exclusiva capacidad de supresión de ruidos se combinan para garantizar una voz clara, aún en los ambientes de trabajo más ruidosos.
- TDMA aumenta la capacidad del sistema, permitiendo a dos grupos de usuarios realizar llamadas en un canal de 12.5 Khz. de un repetidor. Un repetidor digital puede realizar las funciones de dos analógicos, lo que significa que un repetidor digital duplica la capacidad de llamadas.
- La emisión simultánea ahorra recursos, Los repetidores de diferentes departamentos pueden compartir la misma frecuencia. Esto elimina la necesidad de obtener frecuencias múltiples y ayuda en gran manera a simplificar el sistema y a ahorrar en cantidad de frecuencias y costos para las empresas.
- Interconexión IP soporta conexión a nivel mundial, por lo que es posible conectar los repetidores por medio de IP para los departamentos y sucursales en todo el mundo.
- Software de comunicación que permite envíos centralizados, es decir permite realizar llamadas a cualquier departamento o persona que sea necesaria.

Todas esta características se juntan para formar un sistema integro, cuyo esquema se muestra en la Figura 15

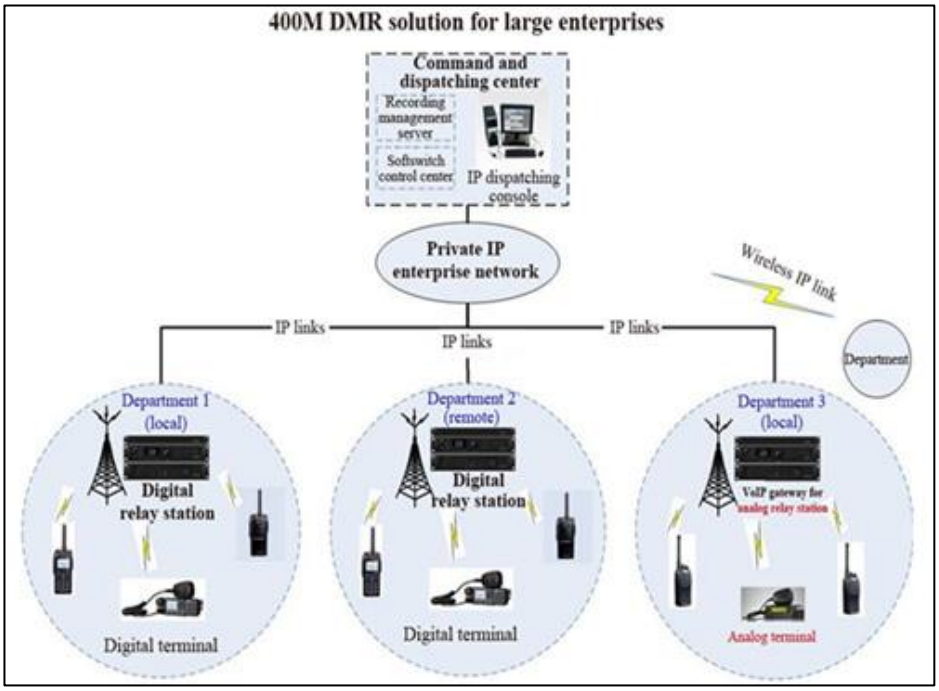


Figura 15. Esquema de sistema DMR de HYTERA [14]

b) MOTOROLA

Motorola es una empresa especializada en sistemas de comunicaciones tanto en fabricación como distribución a nivel mundial, maneja tecnología analógica y digital. Su escalabilidad lo permite trabajar a nivel de pequeños negocios como servicios para instituciones gubernamentales tales como policía y bomberos.

Entre sus líneas de tecnología y productos maneja radios de dos vías, Dimetría TETRA, LTE para seguridad pública, Mototrbo, entre otras que incluyen equipos, sistemas y software, proporcionando soluciones para innumerables áreas.

Dentro de los equipos de radiocomunicaciones que promociona Motorola, los que se ajustan a la propuesta presentada son los pertenecientes a la línea Mototrbo, la cual posee los siguientes equipos:

Repetidor

Los repetidores Motorola que son utilizados conjuntamente con el sistema Mototrbo son: DGR 6175, SLR 5100, SLR 8000



Figura 16. Repetidor DGR 6175 [15]

Radio móvil

Los siguientes radios móviles pueden ser utilizados con los repetidores anteriormente mencionados: serie DGM 8000e/ 5000e, serie DEM 300/400/500, Serie DGM 8000/5000



Figura 17. Radio móvil DGM 8500 [16]

Radio portátil

Los radios portátiles que ofrece Motorola son los de la serie DEP500/, serie DGP 8550/5550, serie SL y son óptimos para funcionar con el sistema Mototrbo.



Figura 18. Radio portátil DGP 8550 [17]

Características del sistema Mototrbo

- Permite compartir aplicaciones de voz y datos, como mensajes de texto o rastreo GPS a través de áreas geográficas ilimitado.
- Amplía la cobertura para usuarios convencionales al permitir conectarse a múltiples repetidores en un sitio único o sitios dispersos.
- Ofrece a los administradores de sistemas la capacidad de controlar y manejar los repetidores dentro de su sistema análogo o digital.
- Soporta todas las radios en un canal de área amplia y les permite a los usuarios escuchar las comunicaciones desde sitios remotos en su red.
- Permite a los usuarios transitar ininterrumpidamente entre sitios de un sistema de área amplia sin tener que cambiar físicamente los canales.
- El equipo MOTOTRBO existente permite las futuras actualizaciones de software.
- Permite rastrear o enviar un mensaje a cualquier dispositivo en un área amplia desde un único servidor.
- Utiliza la tecnología TDMA para brindar el doble de capacidad de llamadas comparado a FDMA y radios análogas.
- Proporciona una comunicación de voz clara al eliminar la estática y el ruido.

Todas estas características trabajan dentro de cualquiera de los esquemas que ofrece Mototrbo, como lo son Convencional, Ip site connect, capacity plus, linked capacity plus y connect plus, los cuales entre si difieren básicamente en cantidad de dispositivos como se muestra en la Figura 19

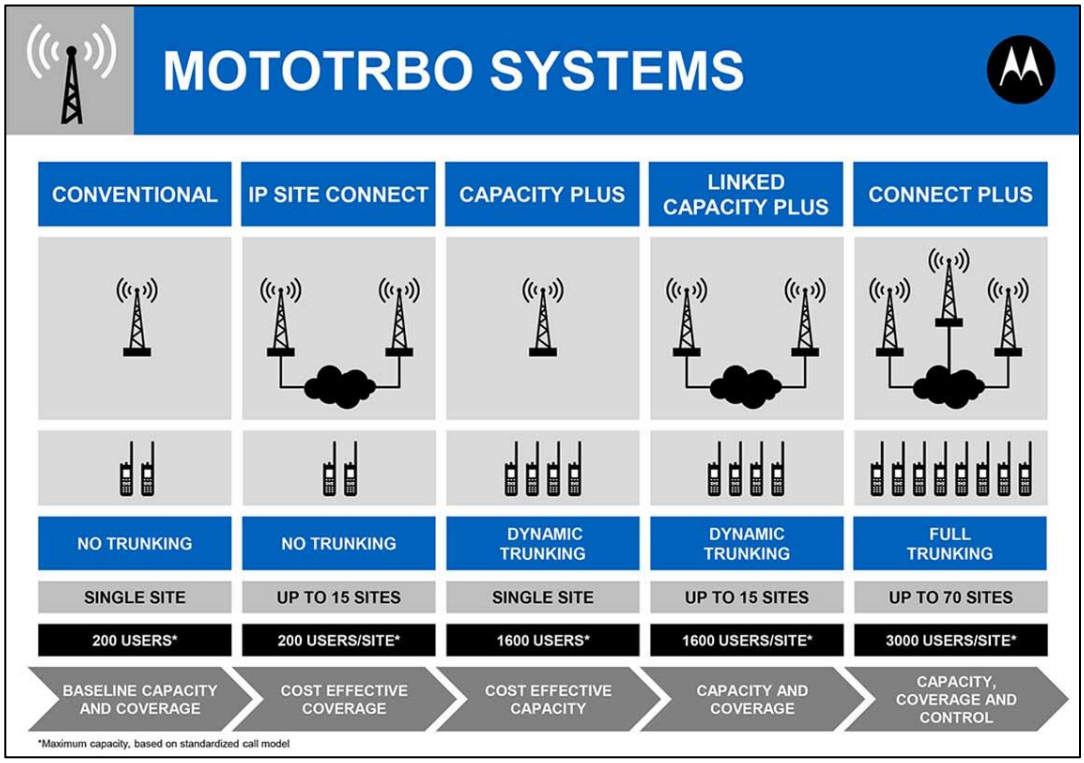


Figura 19. Sistemas Mototrbo [18]

c) KENWOOD

Kenwood ofrece soluciones de audio, electrónica para automóviles y además cuatro líneas de comunicaciones como lo son radio móvil terrestre, radio empresarial, sistemas de radio y radio amateur, cuyos equipos tienen un énfasis especial en la calidad de audio.

Dentro de los equipos de radiocomunicaciones que promociona Kenwood, los que se ajustan a la propuesta presentada son los pertenecientes a la línea Nexedge, la cual posee los siguientes equipos:

Repetidor

Los repetidores Nexedge de Kenwood son los siguientes: NXR-710E/810E, NXR-700E/800E, NXR-5700E/5800E



Figura 20. Repetidor NXR-5800E [19]

Radio móvil

Los siguientes son los radios móviles que trabajan con la línea Nexedge: NX-720E/840, NX-720E/720GE, NX-700E, NX-820E/820GE, NX-5700E/5800E



Figura 21. Radio móvil NX5800E [20]

Radio portátil

Por último se tiene los radios portátiles que funcionan con los repetidores mencionados anteriormente: NX-230EXE, NX220E/220E2/220E3, NX-330EXE, NX-320E/320E2/320E3, NX-300GE/300GE4, NX-200GE/2006E3 NX-5200E/5200E2/5300E/5300E2.



Figura 22. Radio portátil NX5300E2 [21]

Características del sistema Nextedge

- Voz digital con sonido natural, reproduciendo con precisión los matices de la conversación humana.

- El bajo BER mejora la recepción en los límites de cobertura, aumentando así el alcance efectivo.
- Los usuarios pueden declarar una emergencia a una consola, individuo y grupos
- El gestor puede deshabilitar temporal o permanentemente equipos, por motivos de seguridad.
- Verificar que las unidades estén en la cobertura de radio.
- Software de despacho y monitoreo GPS.

Equipos para enlaces punto a punto

A continuación se analizaran tres marcas predominantes en el mercado como lo son Cambium Networks, Ubiquiti y Mikrotik, en especial su equipos dedicados a enlaces punto a punto que trabajen en la frecuencia de 5.8 GHz

a) Cambium Networks

Ofrece soluciones inalámbricas de banda ancha a dos plataformas que son punto a punto(PTP) y punto a multipunto(PMP), gestionados mediante un software basado en la nube.

Óptimo para agencias gubernamentales y servicios públicos, debido a que ofrece comunicaciones de gran alcance que pueden llegar a los 200 Km en enlaces con línea de vista.

Para satisfacer las necesidades de los enlaces para interconectar las instalaciones del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua y su personal, Cambium Networks ofrece las siguientes antenas punto a punto PTP 450, PTP 650, PTP 650L, PTP 650S y PTP 700.

Tabla 3. Características de equipos punto a punto de Cambium Networks

General	**PTP450**	**PTP650**	**PTP650L**	**PTP650S**	**PTP700**
Frecuencia (GHz)	3.3 a 3.8, 5	4.9a 6.05	4.9a 6.05	4.9a 6.05	4.4 a 5.9
Ganancia Ant(dBi)	12,14	23	19	19	21

Capacidad de canal (Mbps)	125	125,250, 450	300	450	450
Rango máximo (Km)	64	200	200	2	200
Ancho de canal (MHz)	5,10,20	5,10,15, 20,30,40, 45	5,10	5,10,15, 20,30,40, 45	5,10,15, 20,30,40, 45

Fuente: Investigador

b)Ubiquiti Networks

Es una empresa estadounidense dedicada al diseño de hardware para redes inalámbricas tanto de larga distancia para uso militar, gubernamental y empresarial como también redes pequeñas de WiFi de uso a nivel de pequeños negocio y doméstico.

Entre sus líneas de productos se encuentran EdgeMax una serie de enrutadores, Airmax productos de WiFi exterior, airFiber para conexiones troncales a velocidades de hasta 1.4 Gbps, UniFi productos WiFi para interior y por ultimo UniFi Video, UniFi VoIP, mFi que son una serie de productos de video vigilancia, líneas de teléfono, sensores y actuadores con comunicación IP respectivamente.

Para el caso exclusivo del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, Ubiquiti pone a disposición su serie Airmax, debido a factores de alcance máximo y capacidad de canal.

Tabla 4. Características de equipos Airmax de Ubiquiti

General	**PowerBeam AC**	**NanoBeam AC**	**LiteaBeam AC**
Frecuencia(GHz)	5	5	5G
Ganancia	22,25	16,19	23

Ant.(dBi)			
Capacidad de canal(Mbps)	450	450	450
Rango máximo(Km)	20	15	30
Ancho de canal(MHz)	10,20,30,40,50,60,80	10,20,30,40,50,60,80	10,20,30,40,50,60,80

Fuente: Investigador

c) Mikrotik

Es una compañía de Letonia encargada del desarrollo de routers, switchs y sistemas inalámbricos domesticos y empresariales, ofreciendo tanto software como hardware. Los productos que ofrece Mikrotik para satisfacer la necesidad del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua son QRT 5ac, SXT 5ac, SXT Lite 5ac, Dynadish 5ac

Tabla 5. Caracteristicas de antenas de la serie 5ac de Mrikrotik

General	**Dynadish**	**SXT**	**QRT**
Frecuencia(GHz)	5	5	5
Ganancia ant.(dBi)	25	16,17	24
Capacidad de canal(Mbps)	600	866	540
Rango máximo(Km)	14	2	11
Ancho de canal(MHz)	20,40,80	20,40,80	20,40,80

Fuente: Investigador

Microtik trabaja bajo los estándares, 802.11a/b/g/n/ac, soportando altas velocidades, y con los nuevos modelos alcanza mayores distancias para ampliar su gama de aplicaciones.

2.2.11 Torres utilizadas en radiocomunicaciones

Las torres a utilizarse dependen netamente de la necesidad y las condiciones del terreno. Existen torres arriostradas, autosoportadas, monopolos, mástiles, entre otras. Cada una es construida con perfiles, ángulos, alturas y espesores variables para cumplir principalmente el efecto provocado por la velocidad del viento.

a) Torres autosoportadas

Construidas sobre terrenos en áreas urbanas o cerros, son consideradas como la mejor opción para telecomunicaciones gracias a la resistencia que presenta a cargas de viento y múltiples antenas, además del reducido espacio que ocupa.

Su sección puede ser cuadrada o triangular y en la parte inferior posee una forma piramidal y en la parte superior se mantiene una armadura de sección constante. Es importante considerar que el ancho de la base depende directamente de la altura de la torre, además de la suma del peso de todas las antenas a instalarse.

Características

- Escalera de acceso
- Bandeja para cables
- Luces de obstrucción
- Parrayos
- Conexión a tierra normas IEC, IEEE

La Figura 23, muestra la estructura de una torre autosoportada, dividida en secciones, por motivos de fabricación acorde a la altura necesitada.

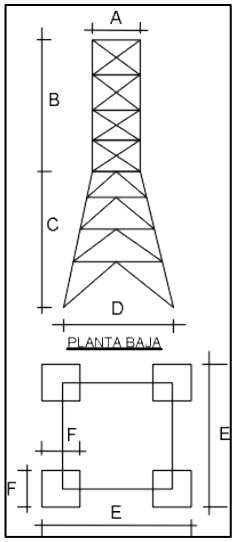


Figura 23. Diagrama de torre autosoportada [22]

La siguiente tabla es realizada en base a los parámetros mostrados de la Figura 23.

Tabla 6. Especificaciones modelo N-100-2 y N-200-4 [22]

MODELO	Altura(mts)	A	B	C	D	E	F
N-101-2	9.50	2.50	9.00	0.50	2.80	4.30	1.50
N-102-2	14.20	2.50	9.00	5.20	3.00	5.00	1.90
N-103-2	20.00	2.50	9.00	11.00	3.40	5.30	1.90
N-104-2	25.00	2.50	9.00	16.00	3.75	5.75	2.00
N-105-2	30.00	2.50	9.00	21.00	4.50	7.29	2.50
N-106-2	35.00	2.50	9.00	26.00	5.04	7.29	2.50
N-107-2	43.00	2.50	9.00	34.00	5.80	8.20	2.50
N-108-2	52.00	2.50	9.00	43.00	6.30	8.70	2.50
N-109-2	60.00	2.50	9.00	51.00	7.00	9.40	2.50
N-110-2	65.00	2.50	9.00	56.00	7.50	11.00	3.00
N-111-2	72.00	2.50	9.00	63.00	8.20	11.30	3.10
N-112-2	75.00	2.50	9.00	66.00	8.50	11.30	3.10
N-113-2	82.00	2.50	9.00	73.00	9.00	12.50	3.40
N-114-2	90.00	2.50	9.00	81.00	10.00	13.50	3.50
N-115-2	100.00	2.50	9.00	91.00	13.00	17.50	4.50
N-201-4	9.50	2.50	9.00	0.50	2.80	4.30	1.50

b) Torres arriostradas

Son utilizadas con mayor frecuencia para la instalación de antenas celulares, video vigilancia y enlaces en puntos específicos como edificaciones existentes debido a que el peso que ejerce no es muy grande, sin embargo para su sustento cuentan con tirantes o arriostes. Sus bases pueden ser de dos tipos triangular o pata de gallo.

Tramos de torre [23]

- Torre modelo PT-20
- Torre modelo PT-29
- Torre modelo PT-35
- Torre modelo PT-45
- Torre modelo PT-45R
- Torre modelo PT-60
- Torre modelo PT-90

La Figura 24, muestra la estructura de una torre arriostrada, dividida en secciones, por motivos de fabricación acorde a la altura necesitada.

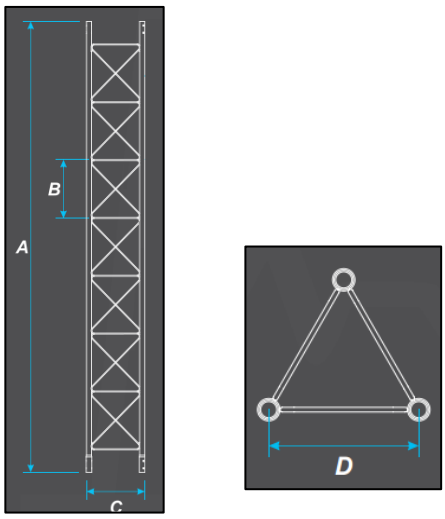


Figura 24. Vistas de torre arriostradas [23]

La siguiente tabla es realizada en base a los parámetros mostrados de la Figura 24.

Tabla 7. Especificaciones modelo PT [23]

Modelo	Altura(m)	A(cm)	B(cm)	C(cm)	D(cm)	Peso(kg)
PT-20	20	200.0	36.3	22.3	19.8	7.1
PT-29	30	308.0	35.7	29.0	22.6	11.5
PT-35	35.0	308.0	35.5	36.7	33.6	17.0
PT-45	45.0	308.0	39.5	45	41.8	28.0
PT-45R	60.0	308.1	39.5	45	41.8	42.0
PT-60	75.0	314.0	46.0	61.0	55.0	63.0
PT-90	100.0	314.0	55.0	90.0	84.0	97.0

La altura de las torres arriostradas o atirantadas puede variar de acuerdo a las necesidades, no estrictamente se rigen a la tabla anterior.

Partes de una torres arriostrada [24]

Una torres arriostrada o atirantada consta principalmente de las siguientes partes, las cuales se encuentran enumeradas en función de la Figura 25.

1. Torre PT
2. Pararrayos tipo dipolo
3. Triangulo estabilizador
4. Cable de retención
5. Bases de concreto
6. Delta de tierras
7. Ancla de torre

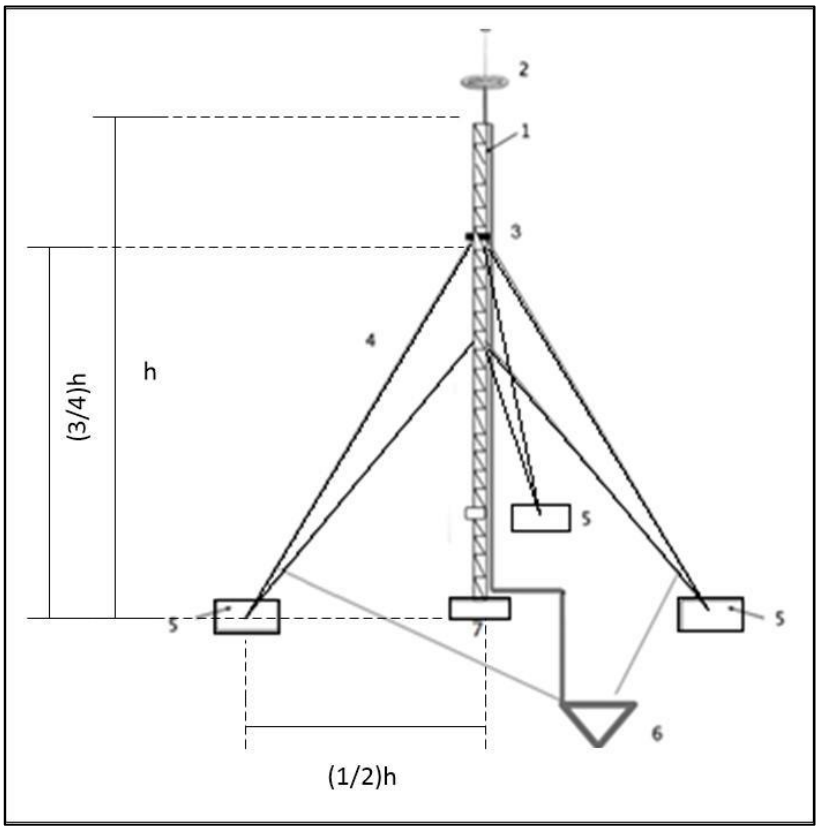


Figura 25. Esquema de partes de una torre arriostrada

Fuente: Investigador

c) Monopolo

Por lo general dichas torres son instaladas en lugares donde es necesario conservar la estética, ya que utilizan menos espacio que las mencionadas anteriormente, además su color se lo selecciona en base a su contorno para evitar el impacto visual, por lo que pueden camuflarse como bandera, poste de alumbrado, pino, palmera, árbol, campanario, entre otras opciones.

Su estructura está conformada por tubos de sección circular o poligonal, mientras que su elevación puede ser de sección constante o cónica. Para la construcción de la misma además es importe una cimentación adecuada para soportar los fenómenos físicos que esta puede sufrir, por lo que sus altura pueden ser de 18, 24, 30, 36 y un máximo de 42 m.

Características

- Escalera de acceso con sistema de seguridad

- Sistema pararrayos
- Luz de obstrucción
- Tuberías y cajas de paso

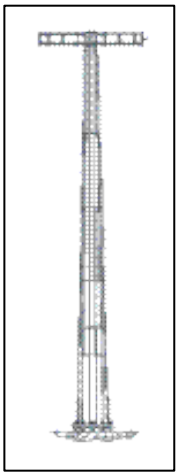


Figura 26. Torres tipo monopolo [25]

d) Mástiles

Son de fácil instalación y por consiguiente bajo costo, óptimos para uso en azoteas o edificios donde no se requiera una torre. Su limitante es la altura, sin embargo este dependerá de la necesidad en base a un diámetro de 10 pulgadas, además de la estabilidad la cual está directamente relacionada con los contrapesos colocados en la base, razón por la cual la carga deberá ser moderada.

Como punto de referencia se tiene los mástiles autosustentables, los cuales son utilizados en alturas de 4, 6, 8, 10 y máximo 12 metros.



Figura 27. Mástil sobre edificio [26]

e) Soportes

Son utilizados cuando la altura a la que se necesita instalar los equipos coinciden con la altura del terreno o edificio, esto quiere decir que la altura de dichas estructuras no superan el rango de 2.5 a 3 metros con un diámetro máximo de 2 pulgadas. Además estos no necesitan un cimiento sino que son incrustados directamente sobre la fachada.



Figura 28. Soporte para antena [27]

2.2.12 Pararrayos

Son utilizados como punto focal en el instante en el que cae un rayo, guiándolo hacia la tierra, evitando daños a los equipos utilizados en los sistemas de comunicaciones. Se ubican en la parte más alta de la torre y debe ser de un material que permita atraer el rayo.

Formula de área de cobertura de pararrayos [28]

$$Rp = \sqrt{\mathrm{h}(2\mathrm{D} - \mathrm{h}) + \Delta\mathrm{L}\,(2\mathrm{D} + \Delta\mathrm{L})}$$

Rp= radio de protección

$\Delta\mathrm{L} = \text{constante de cebado}$

h= altura de pararrayo

D= 20,45 o 60 según el nivel de protección

a) Puntas Franklin

Para guiar el rayo a tierra, provoca una excitación atmosférica al estar por encima de cualquier punto sobre la infraestructura a salvaguardar, esto genera una mayor probabilidad de descarga en la zona deseada.

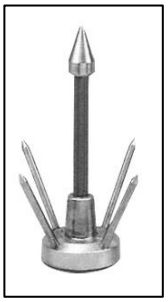


Figura 29. Punta de Franklin [29]

Características

- Protege edificaciones
- Su radio de protección depende de la altura
- Fácil instalación

Instalación

- Varilla captadora
- Una o dos bajantes
- Protector contra golpes
- Toma de tierra por bajante
- Circuito general de tierras

b) Pararrayos Ionizante

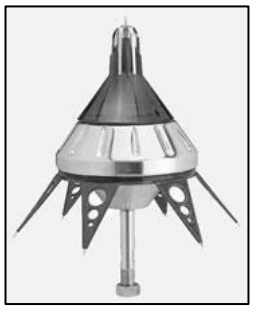


Figura 30. Pararrayos ionizante [30]

Produce una ionización dirigida hacia la nube, guiando desde su origen, la posible descarga eléctrica, esto gracias al dispositivo de cebado, el cual genera impulsos de alta tensión sobre los electrodos, provocando un efecto corona.

Elementos

- Punta receptora de bronce o acero inoxidable
- Unidad eléctrica ionizante
- Barra conectada a tierra

c) Dispositivo de protección de descargas (SPD)

Son dispositivos utilizados en redes eléctricas y telecomunicaciones para proteger la integridad de los equipos del sistema.

Se conecta usualmente en paralelo a la fuente de poder del circuito, o en cualquier lugar vulnerable del sistema.

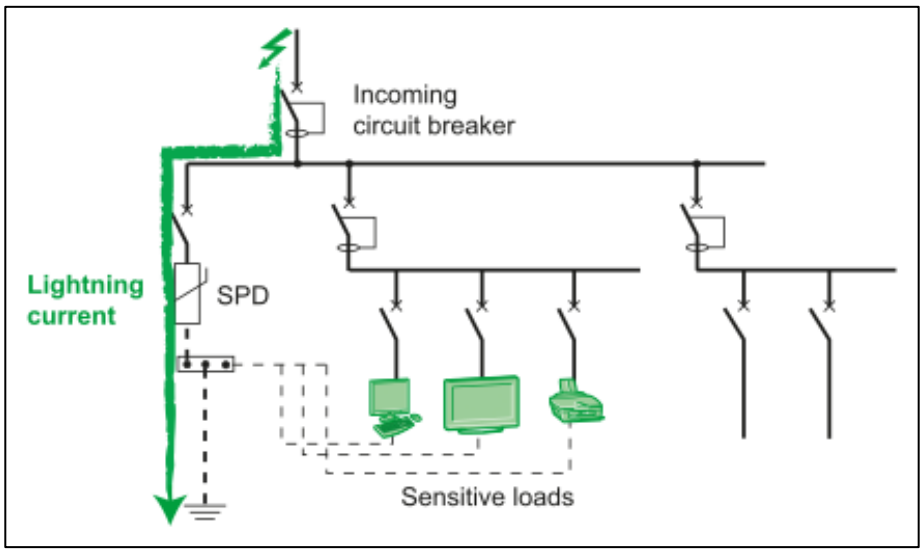


Figura 31. Diagrama de funcionamiento de SPD [31]

Tipos de SPD

SPD 1

Es recomendado en el caso específico de proteger instalaciones eléctricas de descargas de rayos directas.

SPD 2

Es el dispositivo de protección para todas las instalaciones de bajo voltaje, de uso domiciliario.

SPD 3

Tiene una capacidad baja de descarga y por lo general es utilizado como un equipo de complemento para un sistema de protección.

2.2.13 Puesta a tierra

Según la definición proporcionada por la IEEE, un sistema de tierra es una conexión conductora, ya sea intencional o accidental, por medio de la cual un circuito eléctrico o equipo se conecta a tierra o algún cuerpo conductor de dimensiones relativamente grande que cumple con la función de tierra.

Objetivos de la puesta a tierra [32]

- Limitar el voltaje ocasionado por descargas atmosféricas, sobrevoltajes transitorios y contactos accidentales con alto voltaje
- Estabilizar el voltaje durante operaciones normales
- Facilitar la protección de dispositivos de contra sobrecargas

Al enfocarnos en el área de comunicaciones es importante la instalación de dispositivos de protección en el caso de darse sobretensiones que superen las nominales, para que se forme así un circuito alternativo de tierra que disipe dicha energía.

El sistema óptimo de puesta a tierra debe proporcionar un camino seguro para las descargas de rayos, estática, corriente de fallas y por su puesto señales de interferencia electromagnética y radiofrecuencia.

Sistemas que deben estar sujetos a una conexión a tierra [32]

- Sistemas de protección atmosférica
- Sistemas que manejen señales electrónicas
- Sistemas eléctricos de potencia
- Estructuras metálicas

- Equipos eléctricos

a) Sistema de Tierra

Tierra Física

Consiste principalmente en el contacto directo entre el sistema eléctrico y un sistema de electrodos de tierra, el cual consta de una varilla, tubería, placa u otro material apropiado incrustado en el terreno.

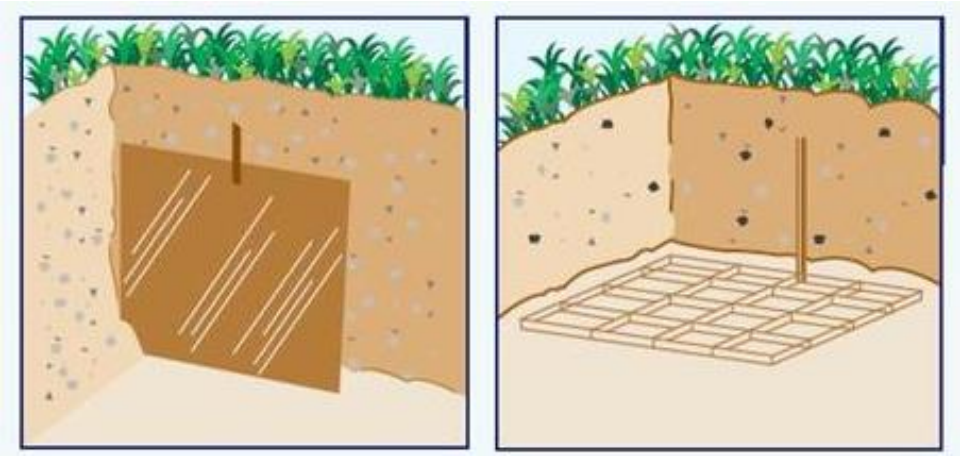


Figura 32. Tierra física [33]

Tierra del sistema

Es básicamente la interfaz entre los equipos y la tierra física, cuya función es guiar la corriente de falla, producida por cortocircuito o sobrevoltaje hacia el sistema de tierra. Todos los equipos deben tener dicha conexión para evitar fallas o daños de los mismos.

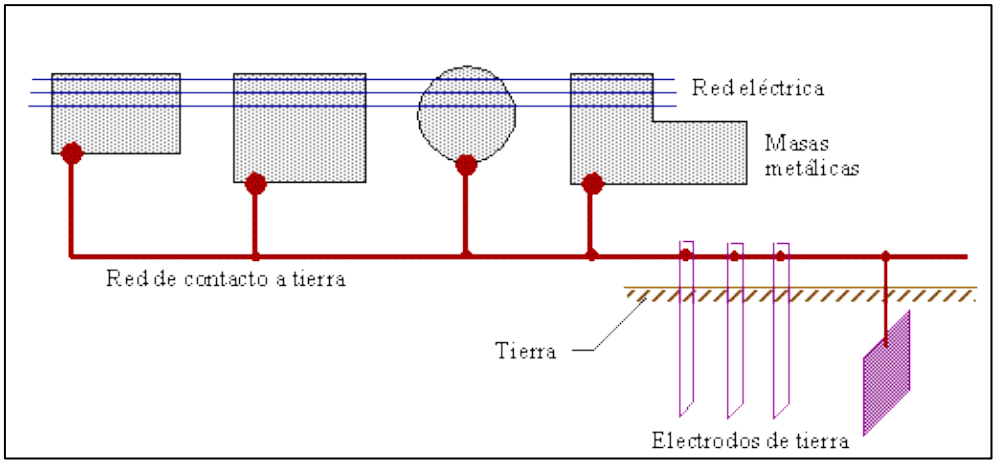


Figura 33. Esquema de tierra del sistema [34]

Tierra del equipo

Está destinado a protección neta del equipo en caso de fallas o cortocircuitos, mediante una interconexión hacia las partes metálicas. Dicha tierra es más conocida como “masa”.



Figura 34. Tierra del equipo [35]

Tierra aislada

Esta tierra es utilizada principalmente para uso de equipos de telecomunicaciones y salas de supervisión y control de señales. Se le conoce también como tierra dedicada, ya que su implementación es independiente con respecto al sistema de tierra del edificio.

Puesta a tierra de sistemas de telecomunicaciones

La puesta a tierra en un sistema de telecomunicaciones se consigue conectando todos los elementos de tierra en un punto en común, conocido como “Barra Principal de Tierra”. Sin embargo es importante considerar que existen dos subsistemas a tratar como lo son, el subsistema exterior de tierra y el subsistema interior de tierra.

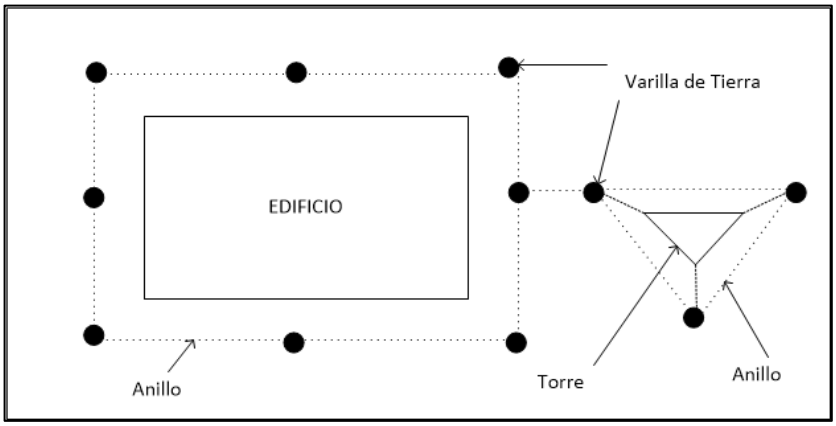


Figura 35. Subsistema exterior de tierra

Fuente: Investigador

a) Subsistema exterior de tierra

Este subsistema comprende la tierra de la torre, que en si es un anillo de alambre enterrado alrededor de la base, la tierra externa del edificio, la cual es un alambre enterrado alrededor del edifico y para garantizar los valores bajos de resistencia, ambos anillos se interconectan y con la ayuda de electrodos tipo vertical se mejora considerablemente el sistema de puesta a tierra.

b) Subsistema interior de tierra

Dicho subsistema es el encargado de salvaguardar los equipos, manteniendo una trayectoria de baja impedancia a tierra. Para cumplir esta condición, todas las conexiones internas deben llegar a una barra de principal de cobre.

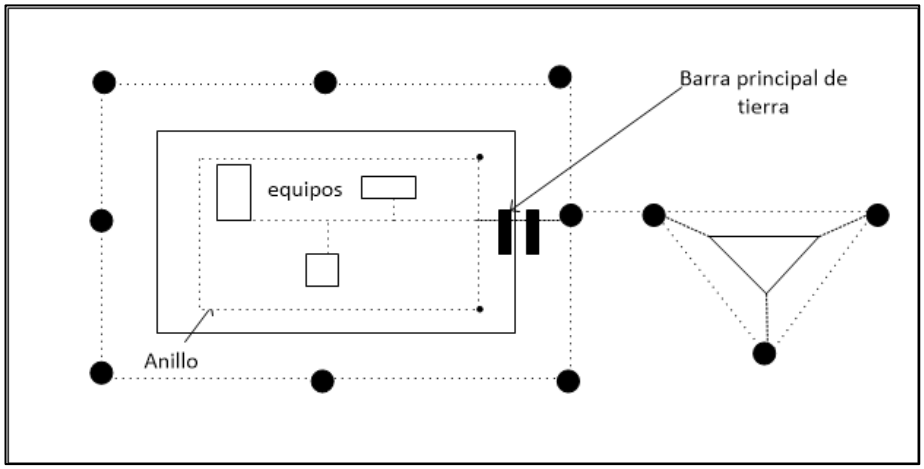


Figura 36. Subsistema interior de tierra

Fuente: Investigador

2.2.14 Caseta

Para cuidar la integridad de los equipos de radiocomunicaciones es necesaria la construcción de una caseta, que permita mantener los equipos protegidos de golpes, manipulación indebida, robo y además factores climáticos que afecten el funcionamiento de los mismos

.



Figura 37. Caseta para equipos [36]

2.2.15 Software de diseño

Los siguientes software son utilizados para simular enlaces, área de cobertura y entregan ciertos parámetros importantes para el diseño de una red de comunicaciones inalámbricas.

a) Radio Mobile

Es un programa utilizado para realizar simulaciones de propagación de ondas de radio, de tal manera que se pueda predecir el comportamiento de los sistemas de radio, conjuntamente con la simulación de radioenlaces, que permite además modificar los valores de frecuencia, altura de torre, tipo de antena, entre otros parámetros utilizados en el área, para que se asemejen a las condiciones reales de trabajo.

b) RM Path

Es un programa externo utilizado para otorgar una funcionalidad extra al software Radio Mobile, que permite analizar de una manera más profunda el enlace entre dos puntos (transmisor-receptor). Es óptimo para obtener información sobre los parámetros relacionados con la zona de Fresnel.

c) Linkplanner

Es un programa perneciente a Cambiun Networks, que permite modelar sistemas de radiocomunicaciones basado en geografía del terreno,

distancia, altura de antena, potencia de transmisión, con la ventaja adicional de proporcionar una lista de los equipos a utilizarse en dicho sistema pertenecientes a la misma marca. Además entrega el perfil de cada enlace con sus respectivos parámetros.

d) Airlink

Es un programa online que trabaja de la mano con la marca Ubiquiti. Permite seleccionar los equipos a utlizarse en el enlace entre dos puntos y como resultado muestra una gráfica donde se visualiza si el enlace es factible en base al porcentaje libre de la zona de Fresnel y la potencia de la señal transmitida y recibida

2.3 Propuesta de solución

El diseño de la red privada de comunicaciones aplicada al área de Transporte y Logística del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua permite economizar el costo de la comunicación con el personal dentro y fuera de las instalaciones de la institución, además de permitir el control vehicular con la ayuda de GPS.

CAPITULO III
METODOLOGÍA

3.1 Modalidad de la investigación

La presente es una investigación aplicada, la que se desarrolló utilizando**:**

Investigación bibliográfica, porque la explicación científica de las variables del tema de investigación se la obtuvo mediante libros, revistas, artículos y tesis relacionadas físicas y digitales. Cumpliendo así con el proceso de recolección de información.

Investigación de campo, porque la recolección de ciertos datos asociados al proyecto se recopilaron mediante mediciones en el lugar donde se desarrolla el diseño. Además de analizar las condiciones actuales del problema.

3.2 Recolección de información

La información pertinente para el proyecto se la obtuvo de las manos del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua con previa autorización, de tal manera que fue para establecer valores exactos en el diseño.

3.3 Procesamiento y análisis de datos

Una vez recolectada la información, ésta ingreso a un proceso de clasificación para descartar aquellos trabajos cuyo grado de credibilidad sea bajo, garantizando así la factibilidad del presente proyecto.

3.4 Desarrollo del proyecto

Para el desarrollo de la investigación se efectuaron los siguientes pasos:

1. Analizar la información acerca de las condiciones actuales en las que se encuentra el área de transporte y logística del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua.
2. Establecer las necesidades que presenta el área de Transporte y Logística del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua con respecto a las comunicaciones.
3. Analizar los distintos equipos de radiocomunicaciones que satisfagan el objetivo del proyecto.
4. Determinar los equipos idóneos de radiocomunicaciones a utilizarse considerando costo y calidad.
5. Seleccionar los puntos de repetición de acuerdo a las áreas de cobertura que requiere el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua.
6. Realizar los cálculos de propagación y enlaces de datos entre los puntos de repetición.
7. Analizar los software de aplicación y seleccionar el más óptimo para cubrir las necesidades existentes del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua.
8. Diseñar la red de comunicaciones.
9. Fijar el presupuesto completo de la red propuesta.
10. Elaborar los términos de referencia (TDR)
11. Elaborar y presentar el informe final.

CAPITULO IV
DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 Condiciones actuales H.G.P.T

El Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua cuenta a su cargo con cinco instalaciones las cuales se mencionan a continuación:

- Edificio Principal
- Centro de Promoción y Control
- Talleres
- Parque de la Familia (Quisapincha)
- Parque de la familia (Baños)



Figura 38. Instituciones pertenecientes al H.G.P.T

Fuente: Investigador

a) Vehículos

El Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua y en especial el Área de Transporte y Logística hacen uso de vehículos para movilización del personal, traslado de equipos y trabajo pesado. Poseen 82 vehículos entre autos, camionetas, furgonetas, camiones, volquetas, tractores camión y plataformas. En la parte de maquinaria poseen 31 vehículos entre tractores, motoniveladoras, cargadoras, mini cargadoras, excavadoras oruga, retroexcavadoras y rodillos compactadores

b) Personal

El personal se encuentra dividido en dieciocho áreas bien definidas que son: Desarrollo Humano y Cultura, Prefectura, Secretaria, Financiero, Recursos Hídricos, Relaciones Externas, Vías y Construcciones, Jurídico, Producción, Administración, Asociación, Cooperativa, Red de Servicios, Planificación, Sistemas, Talleres y el área correspondiente a los parque de la familia de Quisapincha y Baños.

Sistema actual de comunicaciones

Actualmente el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua no cuenta con un sistema propio de comunicaciones, por lo que utiliza los servicios proporcionados por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), generando un gasto mensual de 246.4 dólares, por una sola línea telefónica con salida a celular ilimitada a cualquier Operadora nacional. Cabe recalcar tres puntos importantes los cuales son: que no todos los funcionarios del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua cuentan con un teléfono móvil para ser contactados en el caso de que lo ameriten, segundo que la línea telefónica limita a una sola llamada a la vez y considerando que cada departamento posee como mínimo dos teléfonos fijos, esto genera ineficiencia del servicio. Por último se tiene que el área de cobertura de dicha Operadora no satisface la necesidad de la institución. Sin dejar a un lado que los únicos que poseen este plan de telefonía son los departamentos del edificio principal, los demás departamentos ubicados en las instalaciones restantes se comunican con telefonía fija sin salida a

celular, por lo que no tienen comunicación directa con el personal que está trabajando fuera de las instalaciones de la institución.

Sistema actual de localización vehicular (GPS)

El sistema de localización con el que se encuentra trabajando el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua proviene es HUNTER, soluciones tecnológicas de seguridad, cuyos objetivos son los siguientes:

- Monitoreo permanente de vehículos y motos
- Recorridos
- Horas trabajadas
- Excesos de velocidad
- Consumo de combustible

El monitoreo es realizado a través de página web y aplicación celular, las 24 horas del día, los 365 días del año, por un costo de 12.50 dólares mensuales por vehículo y está asignado únicamente a 79 vehículos generando un gasto total mensual de 987.50, un equivalente a 11850 dólares anuales sin incluir impuestos. El único inconveniente con respecto al sistema es la disponibilidad económica del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua de asignar a cada uno de sus vehículos el servicio de localización, puesto que únicamente lo posee 79 de los 113 vehículos.

Necesidades de cobertura del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

Las principales áreas que necesita cubrir el área de Transporte y Logística, se muestran en la Figura 40, y están definidas en base a los trabajos anteriores, como: la limpieza y desalojo de materiales en el Rosario Centro, Rio Verde; mantenimiento de vías en el Corte Benítez-Quero, Ambatillo Alto-Pilishurco, Huachi Totoras- Huachi Cristal; mejoramiento de vía en Quisapincha; asfaltado y empedrado en Pilahuín, Cunchibamba y Unamuncho, trabajos presentes como: mantenimiento de vías en Tisaleo, Mocha; asfaltado de vías en Quero, Cevallos, Cotaló y Huambaló; obras de

arte en Salasaca, Totoras y en los cantones Ambato y Pelileo todos realizados por el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, además de la necesidad de cubrir todas las carreteras de las Provincia, las cuales se indican en la Figura 39 y sus propias instalaciones.



Figura 39. Mapa de Carreteras de Tungurahua [37]

Generando así un esquema similar al indicado en la siguiente Figura, para satisfacer las necesidades de cobertura

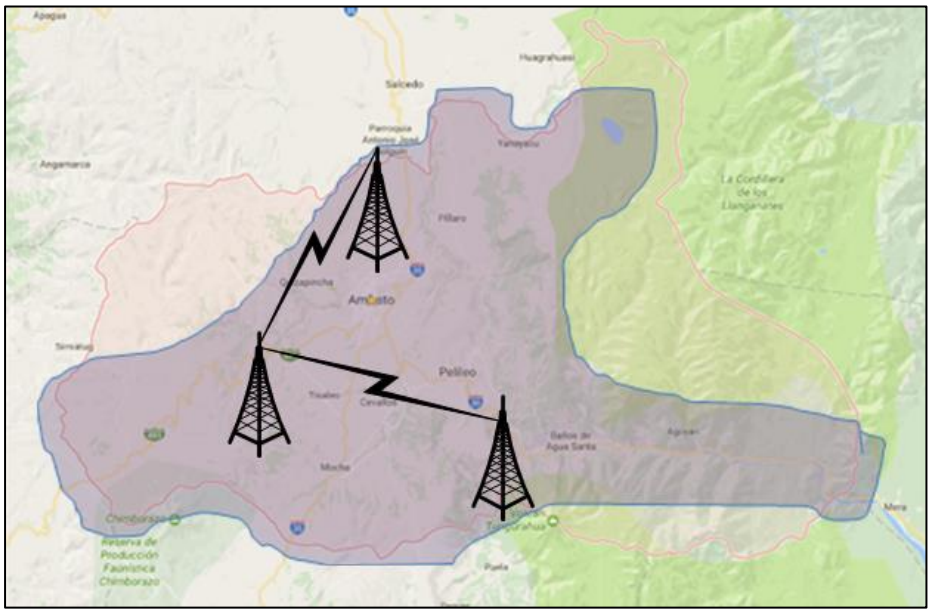


Figura 40. Necesidades de cobertura del H.G.P.T

Fuente: Investigador

4.2 Selección de puntos de repetición

Después de haber determinado las necesidades en el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, se comienza con el diseño de la red de comunicaciones, partiendo de la selección de los puntos de repetición los cuales deben cubrir el área ya mencionada en la sección 4.1

Para realizar los enlaces inalámbricos que brindaran la oportunidad de interconectar al Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua con todo su personal de trabajo fuera de la institución, es necesaria la instalación de tres puntos de repetición con características especiales.

Todos los puntos mencionados deben contar con las condiciones idóneas para ser considerados como sitios de repetición, en base a las siguientes características:

- Energía eléctrica
- Acceso para vehículo
- Condiciones ambientales estables
- Condiciones idóneas de suelo

Además deben contar con línea de vista directa(LOS) con el repetidor a enlazarse, como factor primordial.

Una vez establecidos los parámetros, dichos puntos son el cerro LLANTATOMA, ubicado en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, encontrándose este a una altura de 3356 m. El siguiente punto seleccionado es el cerro APATUG, ubicado en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, encontrándose este a una altura de 3703 m. Como último punto de repetición se encuentra el cerro LLIMPE, ubicado en la provincia de Tungurahua, cantón Quero, encontrándose este a una altura de 3263 m.

Tabla 8. Coordenadas de los puntos de repetición

UBICACIÓN	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
LLANTANTOMA	1° 9'52.88"S	78°37'56.97"O	3356
LLIMPE	1°22'59.17"S	78°34'24.70"O	3703
APATUG	1°19'19.00"S	78°41'35.00"O	3263

Fuente: Investigador

Gracias a la ayuda del programa Google Earth como se muestra en la siguiente figura, se puede observar la ubicación de los puntos de repetición en un mapa físico, con la provincia de Tungurahua y sus respectivos límites.

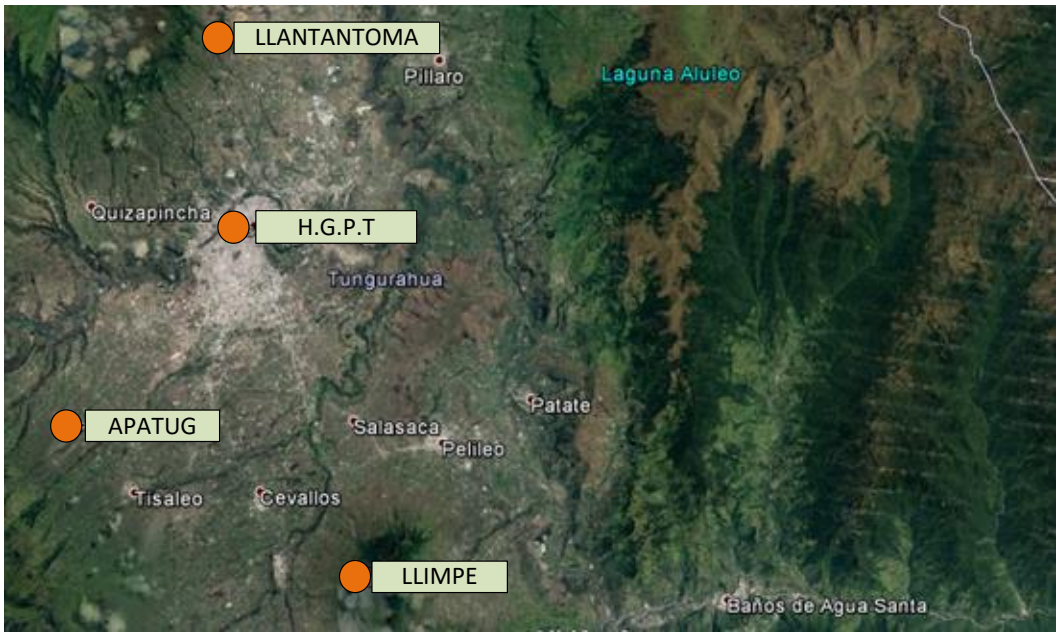


Figura 41. Puntos de repetición

Fuente: Investigador

Para verificar la altura de los puntos de repetición se utilizó la herramienta de Radio Mobile, que ofrece un perfil del terreno, basado en la altura e identificado por colores, como ejemplo desde un blanco haciendo referencia a menor elevación hasta alturas máximas con color rojo, como se muestra en la Figura 42.

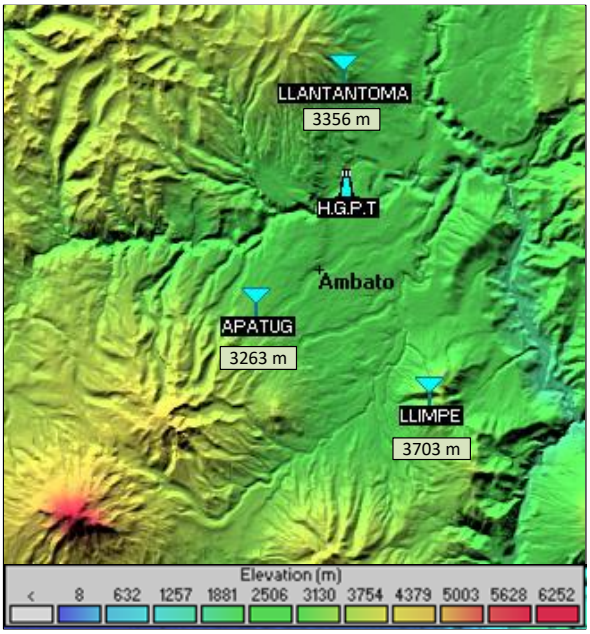


Figura 42. Puntos de repetición en Radio Mobile

Fuente: Investigador

4.3 Selección de equipos comerciales de radiocomunicaciones

4.3.1 Sistema VHF

Para los posibles equipos a utilizarse en el sistema VHF, se analizaron tres marcas dominantes en el mercado actual como lo son Hytera, Motorola y Kenwood. La siguiente tabla compara las características de cada marca.

Tabla 9. Comparación de quipos para el sistema VHF

CARACTERÍSTICAS	DMR (Hytera)	MOTOTRBO (Motorola)	NEXEDGE (Kenwood)
Aplicación Voz y Datos	X	X	X
GPS	X	X	X
Compatibilidad analógica-digital		X	X
Tecnología	TDMA	TDMA	FDMA
Software de despacho	X	X	X
Eliminación de ruido	X	X	X

Fuente: Investigador

En base a la tabla 9, se decidió trabajar con la marca Motorola y su sistema MOTOTRBO, debido a que permite dos comunicaciones simultaneas gracias a su tecnología TDMA, a diferencia de NEXEDGE, puede trabajar de manera análoga o digital, además del soporte mundial que posee.

4.3.2 Enlaces punto a punto

Para los posibles equipos a utilizarse en los enlaces punto a punto se analizaron tres marcas como lo son Cambium Networks, Ubiquiti y Mikrotik. En la siguiente tabla se realiza una comparación entre los equipos punto a punto de cada marca con sus debidas características.

Tabla 10. Comparación de equipos para enlace punto a punto

Características	Cambium Networks	Ubiquiti	Mikrotik
Frecuencia(GHz)	3.3 a 3.8, 5, 4.9 a 6.05, 4.4 a 5.9	5	5
Ganancia Antena (dBi)	12,14,19,21,23	16,19,22,23,25	16,17,24,25
Capacidad de canal (Mbps)	125,250,300,450	450	540,600,866
Rango máximo (Km)	2,64,200	15,20,30	2,11,14
Ancho de canal (MHz)	5,10,15,20,30,40 ,50	10,20,30,40,50, 60,80	20,40,80

Después de haber analizado los distintos equipos punto a punto se optó por trabajar con la marca Ubiquiti debido a que posee parámetros adecuados en cuanto a capacidad de canal y alcance máximo.

4.4 Equipos a utilizarse

Dentro de esta sección se especificara los equipos a utilizarse en cada una de etapas del sistema de radiocomunicaciones con su respectiva explicación de su selección.

4.4.1 Equipos a utilizarse en enlace 5.8 Ghz.

Después de analizar las distintas marcas de equipos para enlaces punto a punto a 5.8 GHz. se llegó a la conclusión de que la calidad de las tres marcas se encuentra en un rango similar, sin embargo Cambium Networks posee equipos diseñados para enlaces que alcanzan distancias hasta los 200 Km, pero con una capacidad de canal limitada. Mikrotik tiene una capacidad de canal que supera los 450 Mbps a distancias no superiores a los 14 Km, razón por lo que se optó por trabajar con la marca UBIQUITI, la cual en comparación con Cambium Network y Mikrotik, posee parámetros técnicos adecuados para los enlaces, ya que su capacidad de canal alcanza los 450 Mbps y su alcance puede llegar hasta los 30 Km, considerando además que sus equipos son más convenientes que las otras marcas mencionadas y su duración en condiciones similares es mayor.

Al trabajar con UBIQUITI se utilizó su herramienta conocida como airLink, la cual en base a los enlaces establecidos sugirió, la tecnología Airmax AC y específicamente con las antenas LiteBeam 5AC 23, ya que están diseñadas para trabajar a partir de 5 km hasta los 30 km en condiciones adversas y poseen una ganancia de 23 dBi y una potencia de transmisión de 25 dBm equivalente a 0.316 watts. Además es importante mencionar que en condiciones óptimas tiene un ancho de banda de 450 Mbps.



Figura 43. Antena LiteBeam 5ac-23 [38]

Tabla 11. Especificaciones LBE – 5AC -23 [39]

LBE-5AC-23	
Dimensiones	362x272x203 mm
Peso	907 g
Frecuencias de Operación **USA** **Restos del mundo**	 5725-5850 MHz 5150-5875 MHz
Interfaz de red	10/100/1000 Puerto Ethernet
Ganancia de antena	23 dBi
Potencia de salida	25 dBm
Consumo de potencia	7 w
Fuente de poder	24 v, 0.3 A, Puerto POE
Temperatura de trabajo	-40 – 70°C
certificaciones	CE,FCC,IC
Soporte al viento	200 Km/h

Enlace H.G.P.T – Llantantoma

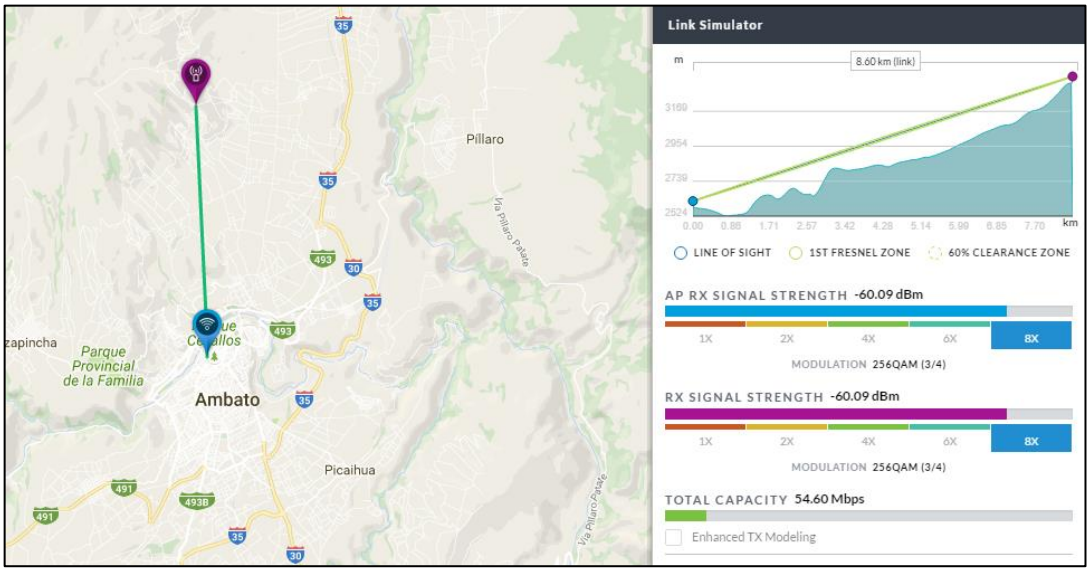


Figura 44. Enlace H.G.P.T – Llantantoma(airLink)

Fuente: Investigador

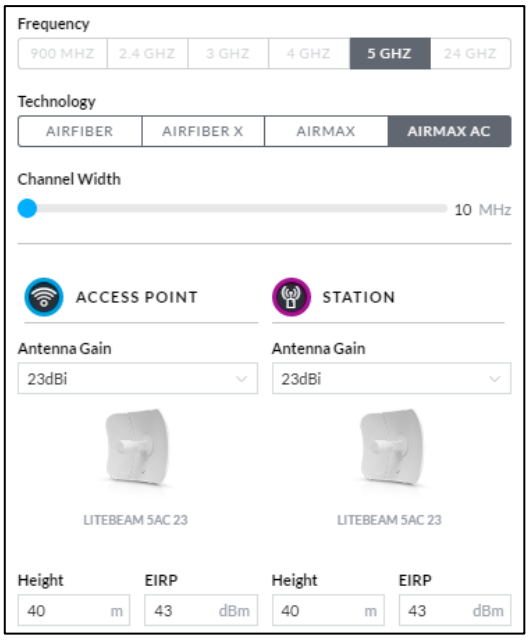


Figura 45. Parametros técnicos y antenas para enlace H.G.P.T – Llantantoma

Fuente: Investigador

Enlace Llantantoma – Apatug

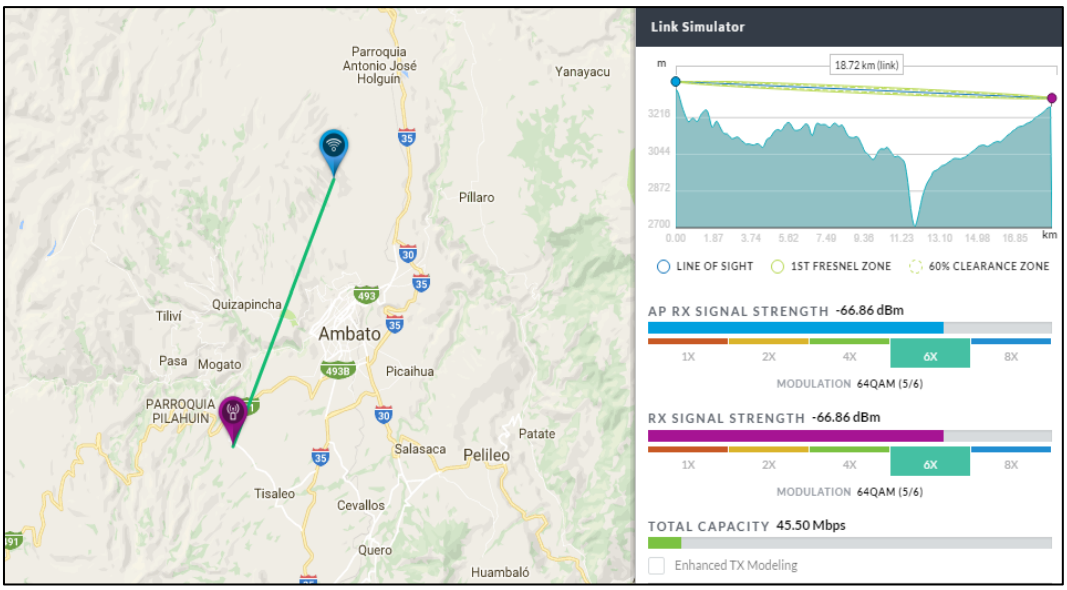


Figura 46. Enlace LLantantoma – Apatug(airLink)

Fuente: Investigador

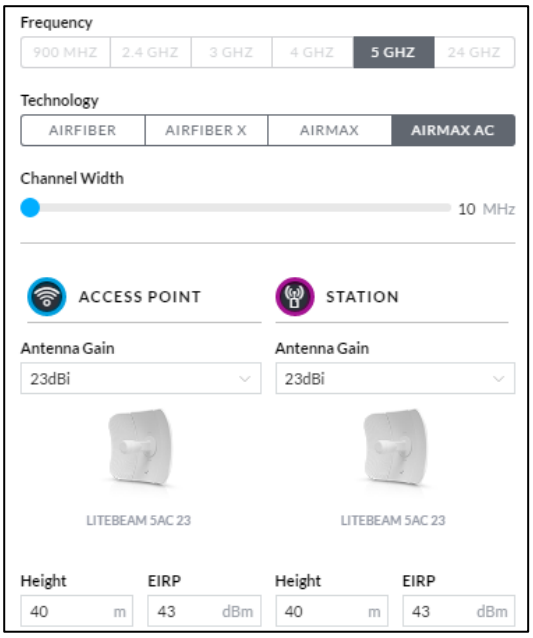


Figura 47. Parametros técnicos y antenas para enlace Llantantoma – Apatug

Fuente: Investigador

Enlace Apatug – Llimpe

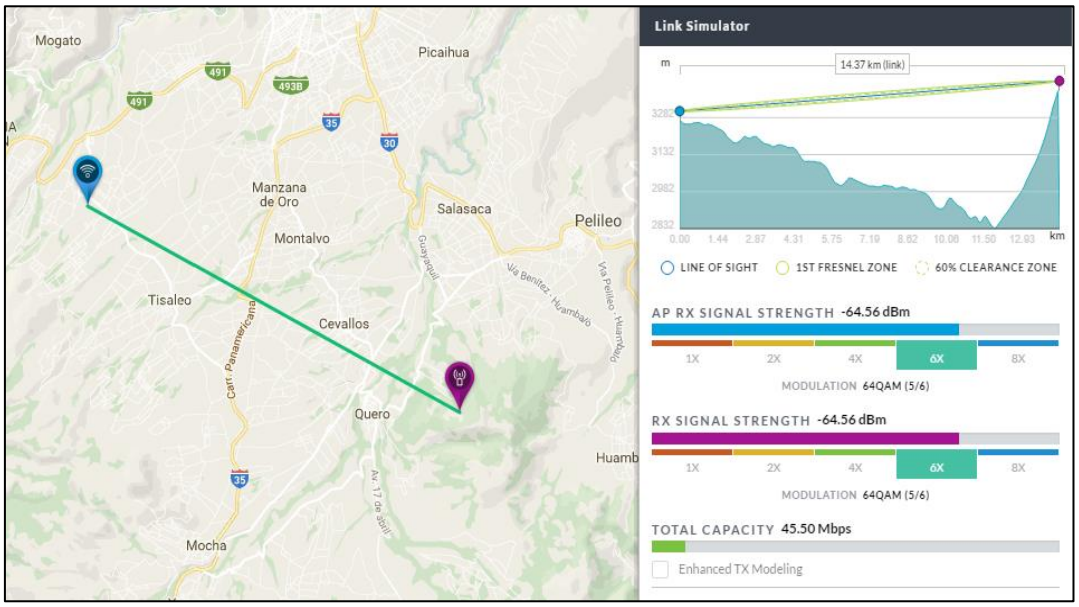


Figura 48. Enlace Apatug – Llimpe(airLink)

Fuente: Investigador

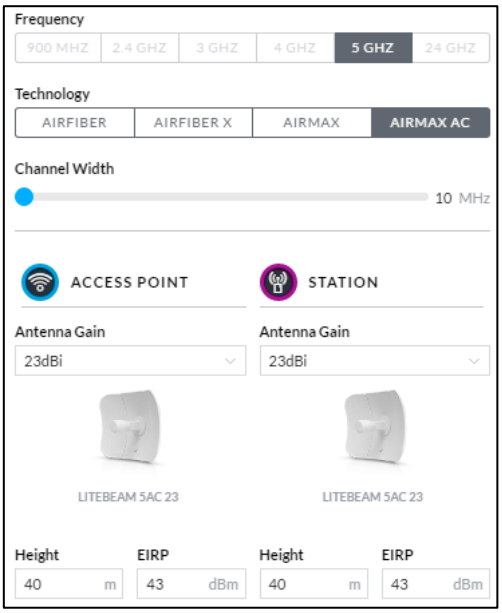


Figura 49. Parámetros técnicos y antenas para enlace Apatug – Llimpe

Fuente: Investigador

4.4.2 Antenas a utilizarse en el sistema VHF

Para el sistema VHF se utilizaran dos tipos de antenas, una antena de cuatro dipolos para las estaciones repetidoras y radios fijas, mientras que la siguiente antena es para los equipos radio móvil, las cuales se detallan a continuación.

a) Antena Andrews DB-224

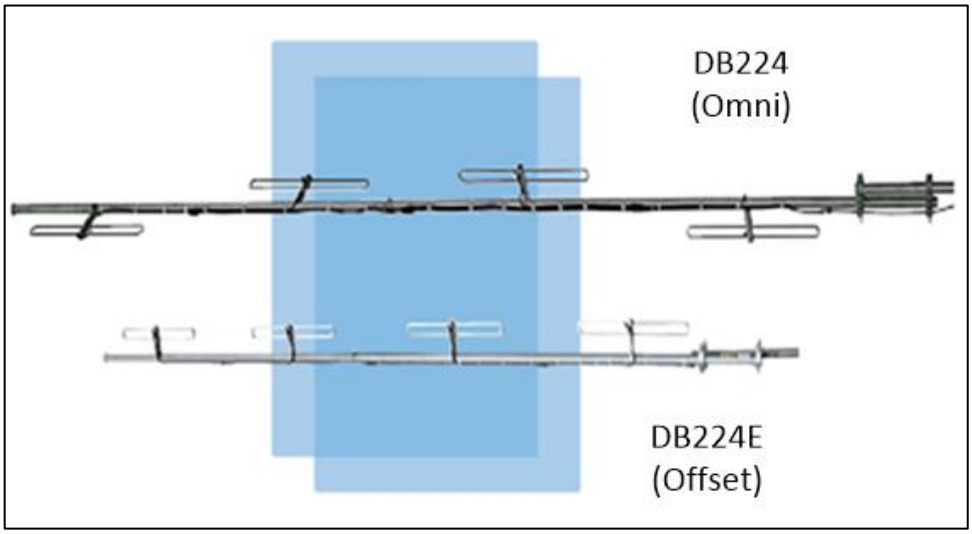


Figura 50. Antena ANDREWS DB-224 [47]

Para el sistema de VHF se optó por la utilización de antenas de 4 dipolos de la marca ANDREWS debido a su calidad, costo y facilidad para transformar de omnidireccional a offset y viceversa de acuerdo a la conveniencia en cuanto se refiere a ganancia de la antena. Dentro de las distintas antenas bajo el grupo DB-224 se encuentran las siguientes, que difieren básicamente en la frecuencia de trabajo.

Tabla 12. Antenas ANDREWS de 4 dipolos para VHF [40]

Modelo	**Tipo de Antena**	**Frecuencia (MHz)**	**dBd (dB)**	**dBi (dBi)**	**VBW (°)**	**Pwr (W)**	**Wt (lb)**	**Hgt (in)**
DB-224-A	Omni, ED	150-160	6	8.1	16	500	35	255
DB-224-B	Omni, ED	155-165	6	8.1	16	500	35	255
DB-224-C	Omni, ED	164-174	6	8.1	16	500	35	255
DB-224-E	Omni, ED	138-150	6	8.1	16	500	38	279
DB-224-F	Omni, ED	160-170	6	8.1	16	500	35	255
DB-224-FAA	Omni, ED	127-141	6	8.1	16	500	38	279

El patrón de radiación de dichas antenas varía acorde a la ubicación de sus dipolos. Por ejemplo si lo hace de manera omnidireccional posee una ganancia de 6 dBd, para esto sus dipolos deben estar distanciados 90° consecutivamente alrededor del mástil y su patrón es el siguiente:

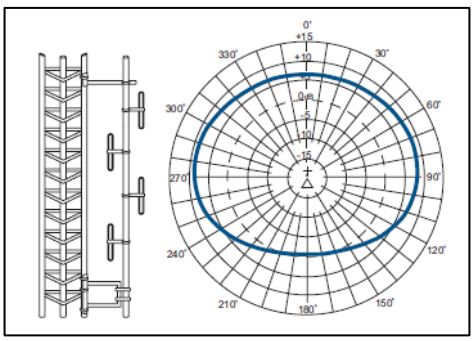


Figura 51. Patrón antena DB-224 omnidireccional [40]

Si la posición de los dipolos es lineal en una sola dirección, la antena posee una ganancia de 9 dBd y su patrón de radiación queda de la siguiente manera:

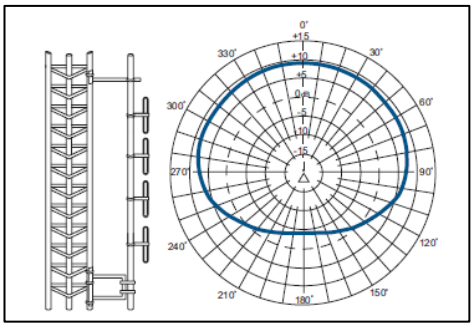


Figura 52. Patron antena DB – 224 offset [40]

Cabe recalcar que dichas antenas proporcionan un ancho de banda de 10MHz, lo cual es óptimo para sistemas de frecuencia única o multi-frecuencia.

b) Antena Movil VHF BB-GT-150



Figura 53. Antena movil VHF BB-GT 150 [41]

Para la radio móvil se utilizó la antena que trabaje en el rango de frecuencias del equipo(136-174 MHz), que en este caso viene de la marca Hustler cuyas características se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 13. Características antena movil VHF BBGT-150[41]

General	VHF
Frecuencia	135- 175 MHz
Ganancia	3dB
Potencia	200 Watts
Conector	UHF(PL-259) Macho
Longitud máxima	128 cm

4.4.3 Equipos del sistema MOTOTRBO

Después de analizar entre las marcas Hytera, Kenwood y Motorola, se optó por trabajar con la marca Motorola debido a una superioridad en innovación tecnológica de sus equipos, proporcionando mayor número de funcionalidades, cumpliendo así con las necesidades existentes y futuras.

En cuanto se refiere al sistema MOTOTRBO, se tomó esta opción debido a que MOTOTRBO más que una gama de productos es un sistema completo que permite integrar distitos tipos de dispositivos ya sean ordenadores, simplemente radios o inclusive repetidores y todos enlazarlos a un solo software para proporcionarles los servicios requeridos e independientes. Es decir permite tener muchos usuarios, cada uno con distinto dispositivo y en múltiples ubicaciones.

MOTOTRBO pone a disposición una serie de equipos de acorde la necesidad de frecuencia de los cuales se han seleccionado los siguientes:

a) Repetidora DGR-6175

En cuanto se refiere al sistema MOTOTRBO se trabajara con la repetidora DGR-6175, la cual ofrece un mejor rendimiento y productividad debido a su tecnología digital, lo cual además permite tener una mejor eficiencia del espectro y una mayor capacidad.



Figura 54. Repetidor DGR – 6175 [15]

Las principales funciones y características del equipo proporcionadas por el fabricante se muestran en la siguiente tabla

Tabla 14. Funciones y características del repetidor DGR – 6175[15]

FUNCIONES	CARACTERÍSTICAS
Mediante TDMA permite dos vías simultaneas de voz y datos	Fuente de alimentación integrada
Duplica el número de usuarios con un solo canal de 12.5kHz con licencia	Posee leds indicadores de los modos de Tx y Rx
Integra voz y datos	Adecuado para instalación en bastidor o montaje en pared
Trabajo continuo 100% hasta 45W en VHF y 40W en UHF	Manijas robustas para mejor manipulación
Permite servicios de mensajes de texto y localización	Respaldo automatizado de batería

b) Radio móvil DGM-8500

Los equipos que se utilizaran en los vehículos de trabajo del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua para poder comunicarse ya sea con otros compañeros de trabajo, edificios principales o autoridades a cargo serán los radio móviles DGM-8500 pertenecientes a Motorola, los cuales ofrecen comunicaciones de voz y datos, se encuentra integrado con sistema de Bluetooth, GPS para localización de los vehículos, y sin dejar a un lado mensajería de texto, todo esto en una pantalla de 4 líneas a color que

permite intercambiar entre modos diurno y nocturno, además de un audio de alta calidad.



Figura 55. Radio móvil DGM-8500 [16]

Las radio fijas difieren a las móviles únicamente en la antena a utilizarse ya que esta abarcara a un mayor número de usuarios puesto que estará ubicada como radio base fija ya sea en un edificio o una instalación determinada.

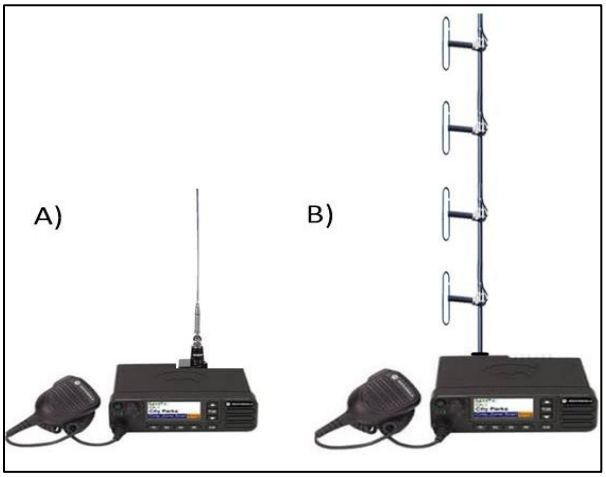


Figura 56. A) uso para radio movil B) uso para radio fija

Fuente: Investigador

Tabla 15. Características de radio móvil DGM – 8500 [16]

GENERAL	VHF
Número de canales	Hasta 1000
Salida RF típica **Baja potencia** **Alta potencia**	 1-25W 25-45W

Dimensiones	2.1x6.9x8.1 in
Peso	1.8 kg
Consumo de energía **Standby** **Rx en audio normal** **Transmisión:** **1-25W** **25-45W**	 0.81 A 2 A 11 A 14.5 A
Descripción de la FCC: **1-25W** **25-45W**	 ABZ99FT3086 ABZ99FT3087
Descripción del IC: **1-25W** **25-45W**	 109AB-99FT3086 109AB-99FT3087

c) Radio portátil DGP-8550

Los equipos a entregarse al personal de trabajo, ya sea que este se encuentre laborando fuera o dentro de la instalaciones pertenecientes al Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, serán los radios portátiles DGP-8550.



Figura 57 Radio portátil DGP – 8550 [17]

Dichas radios, mediante una fácil navegación, permiten enviar mensajes de texto, realizar comunicaciones de voz y datos, compartir información mediante Bluetooth, todo esto mediante una codificación integrada para mejorar la seguridad. Su interfaz es orientada a menús en una pantalla de color de 5 líneas. Además posee GPS incluido para rastreo de ubicación.

Tabla 16. Características de radio portátil DGP – 8550[17]

GENERAL	VHF
Número de canales	1000
Frecuencia	136-174 MHz
Batería de ion de litio IMPRES de alta capacidad de 2150 mAH(PMNN4409) **Dimensiones** **Peso**	 130.3x55.2x41.1 mm 355.5 g
Fuente de alimentación	7.5 V
Potencia	5 W
Temperatura	-30 a + 60 °C
Código FCC	ABZ99FT3085
Código IC	109AB-99FT3085

4.4.4 Equipos del sistema de respaldo de energía

En esta sección se indicaran los equipo de respaldo de energía, utilizados para garantizar el funcionamiento del sistema cuando se presenten fallas eléctricas.

a) Caragador SAMLEX SEC-125OUL

Para mantener funcionando el sistema de radiocomunicaciones en caso de fallos de energía se instalará un cargador automático de la marca Samlexamerica el cual mantendrá cargada una batería de ciclo profundo.



Figura 58. Cargador SEC-125OUL [42]

Se optó por la marca SAMLEX, debido que se especializan en productos de conversión de energía, además del soporte que ofrecen a soluciones a nivel macro y micro para todo tipo de empresas e instituciones.

Tabla 17. Especificaciones del cargador SEC-125OUL [42]

General	**SEC-125OUL**
Voltaje de entrada	120 VCA, 50/60 Hz. 230 VCA, 50/60Hz.
Corriente de entrada	10.4A(120VCA) 5.6A(230VCA)
Voltaje de salida	13.5 V± 0.05V 14V/14.4V ± 0.05V
Máxima carga de corriente	50A(normal) 5A ± 1A(medio poder)
Capacidad de la batería	500 Ah
Protecciones	Sobrecarga, corto circuito, sobre temperatura.
Rango de temperatura	0^{o} – 40^{o} C
Dimensiones	331 x 244 x 97 mm
Peso	4.1 Kg.

b) Batería de ciclo profundo UB121000-45978

Para alimentar el repetidor en cada estación, se utilizará una batería con malla de fibra de vidrio absorvente (AGM) y además de ciclo profundo, lo cual permite comenzar su proceso de carga inclusive cuando se encuentra en los niveles mínimos de energía, razón por la cual es óptima para abastecer el sistema, durante un tiempo prolongado.



Figura 59. Bateria UB12100 [43]

Tabla 18. Especificaciones de Bateria UB121000 [44]

General	**UB121000-45978**
Voltaje nominal	12 V
Capacidad nominal	95 Ah
Peso aproximado	27.1 Kg
Corriente de máxima descarga	950 A
Corriente máxima de carga	28.5 A
Temperatura **Carga** **Descarga** **Almacenamiento**	 0 – 40 ºC -20 – 50 ºC -20 – 40 ºC
Vida útil aproximada	6 años
dimensiones	306 x 168 x 232 mm

c) UPS-APC 1500VA

Para abastecer de energía a todos los equipos a excepción del repetidor, cuando el sistema carezca de energía eléctrica se instalara unidades de

alimentación ininterrumpida más conocidas como UPS, en este caso se trabajara con la marca APC, la cual es una marca líder mundial en UPS potenciada por Schnelder Electric.

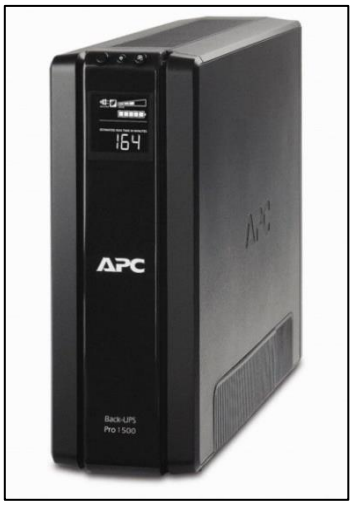


Figura 60. UPS APC [45]

Características de UPS APC [45]

- 1500 VA de capacidad
- Regulación automática de energía
- Uso exclusivo para 120 V
- Indicadores LED para energía
- Notificaciones de falla
- Tiempo de recarga 8 horas

4.4.5 Equipos de protección del sistema

a) Punta Franklin MAT 1302

Para evitar que exista una descarga proveniente de un rayo e ingrese al sistema de radiocomunicaciones se colocara una punta franklin, el cual es un dispositivo comúnmente utilizado en el mercado de las radiocomunicaciones, siendo eficiente en su funcionalidad, se encuentra formado por una punta principal y tres auxiliares que se conectan entre sí para direccionar la sobrecarga a tierra



Figura 61. Punta Franklin [46]

Tabla 19. Características de Punta Franklin [47]

General	**Punta Franklin**
Corriente típica de descarga	30 KA
Numero de trazadores	4
Numero de puntas auxiliares	3
Radio de protección	22 m
Dimensiones **Punta principal** **Puntas auxiliares**	 1X(D16X170)mm 3X(D8X65)mm

b) Protector 859902

El protector de descargas utilizado para proteger a los equipos en el caso de la presencia de un rrayo, será el modelo 859902 de Wilson Electronics, el cual se coloca entre la antena y el duplexor. En el caso de absorber un rayo, este generara la suficiente corriente como para poner al protector de descargas en circuito abierto y así evitar que existan daños a los equipos.



Figura 62. Protector de sobrecargas Wilson 859902 [48]

Es importante que este equipo se encuentre directamente conectado a tierra para direccionar la descarga. Posterior a una descarga es necesario cambiar el protector pues este quedara obsoleto.

Características de protector 859902 [48]

- Trabaja a una frecuencia de 0 – 3 GHz.
- Atenuación menor a 0.2 Db
- Conector N-hembra
- Resistente a la intemperie

4.4.6 Torres a utilizarse de radiocomunicaciones

Para la ubicación de las antenas se utilizaran las siguientes torres con sus respectivas alturas.

Torre arriostrada de 12 y 6 metros

Para las estaciones repetidoras como lo son Llantantoma, Apatug y Llimpe se utilizaran torres arriostradas de 12 m de altura

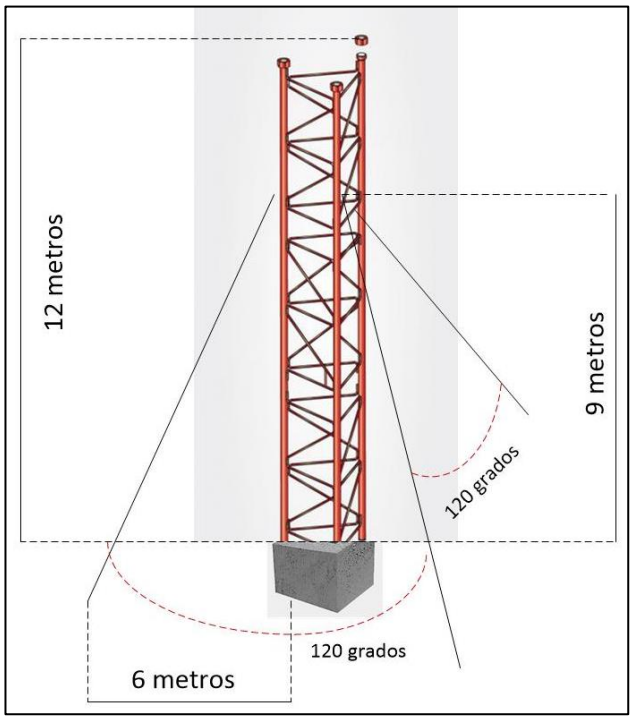


Figura 63 Especificaciones de torre arriostrada para estaciones repetidoras
Fuente: Investigador

Mientras que para el edificio central del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua se utilizar el mismo tipo de torre pero una altura de 6 metros.

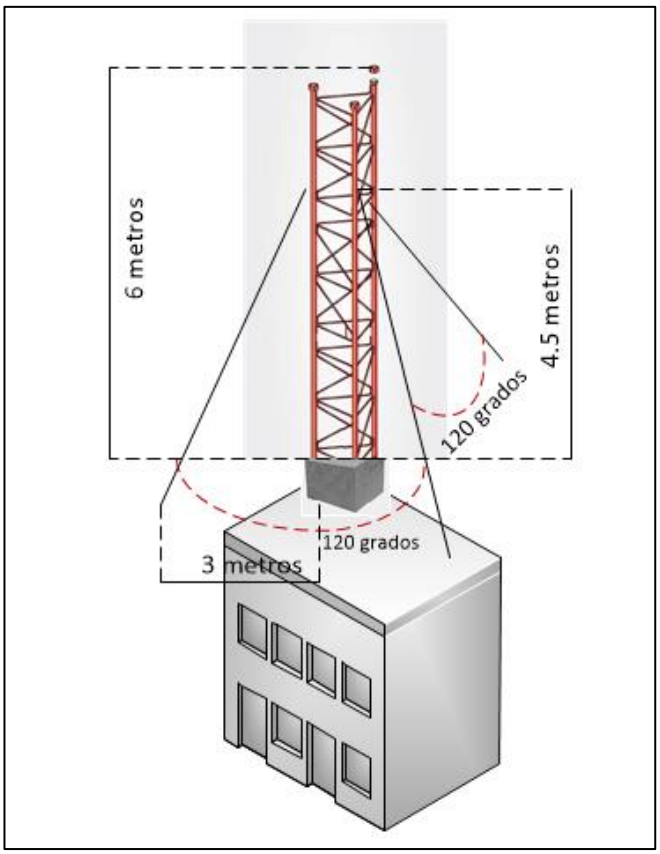


Figura 64. Especificaciones de torre arriostrada para H.G.P.T

Fuente: Investigador

4.4.7 Equipos adicionales del sistema

Para permitir el funcionamiento óptimo del sistema se utilizaron los siguientes equipos que pese a no pertenecer a una sección específica del proyecto, son indispensable.

a) Switch CISCO SG100D-08

Para interconectar los segmentos de red en cada una de las estaciones se utilizó un switch Gigabit de 8 puertos de marca CISCO no administrable, debido a que la mayoría de equipos que Honorable Gobierno Provincial son de esta marca, además del gran soporte técnico que poseen a nivel mundial. Sus características son las siguientes:

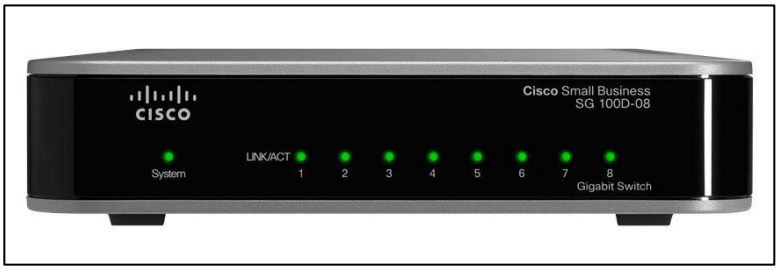


Figura 65. Switch CISCO SG100D-08 [49]

- No requieren software de configuración
- Compatibilidad con todos los dispositivos conectados a la red
- Elimina congestiones de red
- Alto rendimiento

b) Inyector POE 24-24W-G

Para alimentar el radio de la antena y a su vez transmitir la información sobre Ethernet se utilizó un inyector POE de la marca UBIQUITI, con una alimentación de 24 VDC, 24 W de potencia y un puerto Gigabit, debido a que la antena con la que se realizaran los enlaces será también de la misma marca y viene incluido dentro del kit.



Figura 66. Inyector POE Ubiquiti 24 v [50]

c) Duplexor VHF

Para dividir las funciones de transmisión y recepción, de tal manera que estas no interfieran entre sí, se utilizó el duplexor VHF de la marca SINCLAIR y modelo Q2220E que trabaja en un rango de frecuencias que va desde los 138 MHz. hasta los 174 MHz. esta selección fue en base a la recomendación de MOTOROLA en sus especificaciones técnicas, además

de considerar su eficiente supresión de ruido generado por frecuencias laterales o intermedias.

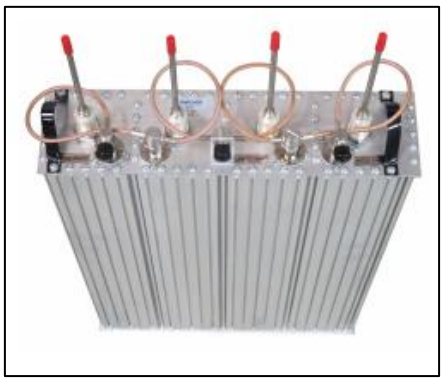


Figura 67. Duplexor Q2220E [51]

Tabla 20. Especificaciones de duplexor Q2220E [51]

General	**Q2220E**
Frecuencia	138 – 174 MHz.
Cavidades **Tx** **Rx**	 2 2
Impedancia	50 Ω
Potencia	350 W
Conectores	N - hembra
Separación mínima de frecuencia	0.5 MHz.
Dimensiones	483 x 30.3 x 4.17 mm
Peso	12.71 Kg.
Temperatura	-40 a +60 ºC

4.5 Enlaces y cálculos de propagación

Los enlaces entre los distintos puntos de repetición se realizaran a una frecuencia de 5.8 Ghz, debido a que es una frecuencia no licenciada al igual que la frecuencia de 2.4 Ghz, con la diferencia de que esta ya se encuentra saturada por otros sistemas de radiocomunicaciones.

a) Enlace entre H.G.P.T- Llantantoma



Figura 68. Enlace H.G.P.T – Llantantoma

Fuente: Investigador

El enlace establecido entre el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua y Llantantoma asimila una distancia aproximada de 8.6 kilómetros con línea de vista directa.

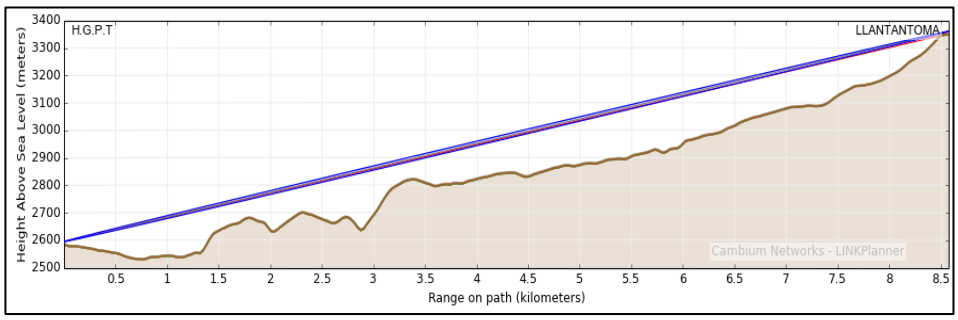


Figura 69. Perfil H.G.P.T – Llantantoma

Fuente: Investigador

Aggregate IP Throughput :	**288.42 Mbps**
Lowest Mode Availability :	**100.0000 %**
System Gain Margin :	20.87 dB
Free Space Path Loss :	126.36 dB
Gaseous Absorption Loss :	0.04 dB
Excess Path Loss :	0.00 dB
Total Path Loss :	126.40 dB

Figura 70. Resumen enlace H.G.P.T – Llantantoma

Fuente: Investigador

La herramienta Link Planner proporcionada por Motorola, ofrece la posibilidad de realizar cálculos de radioenlaces, presen tentando conjuntamente perfiles del terreno con dimensiones bastante aproximadas tanto en altura como en separación.

Perdidas en el espacio libre

$$L = 32.4 + 20*\log(d/Km) + 20*\log(f/Mhz)$$

$$L = 32.4 + 20*\log(8.6) + 20*\log(5800)$$

$$L = 126.358\ dB$$

Zona de Fresnel

$$r_1 = 17.32 * \sqrt{\frac{d1*d2/Km}{4*(f/Ghz)}}$$

$$r_1 = 17.32 * \sqrt{\frac{3.42*5.18}{4*(5.8)}}$$

$$r_1 = 15.13\ m$$

En el enlace H.G.P.T – Llantantoma el obstáculo más prominente se encuentra a 3.42 Km a partir del H.G.P.T, sin embargo la distancia de dicho punto a la línea de vista es de 66.22 m, distancia suficiente para no intervenir con la primera zona de Fresnel.

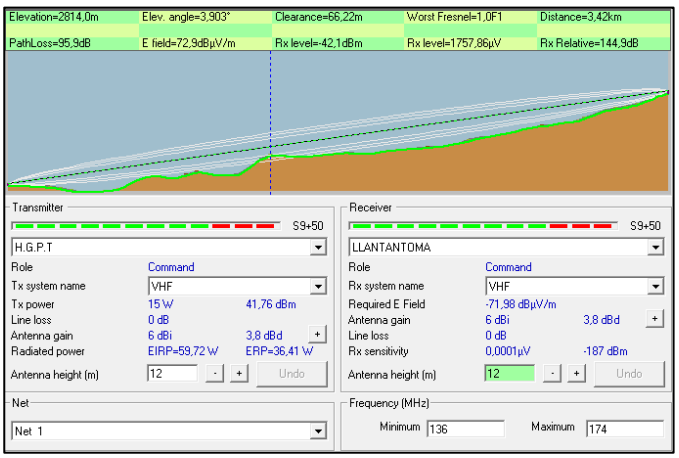


Figura 71. Obstáculo entre H.G.P.T – Llantantoma

Fuente: Investigador

Utilizando la herramienta RM Path propia de Radio Mobile se puede observar el enlace entre H.G.P.T y Llantantoma conjuntamente con la primera zona de Fresnel.

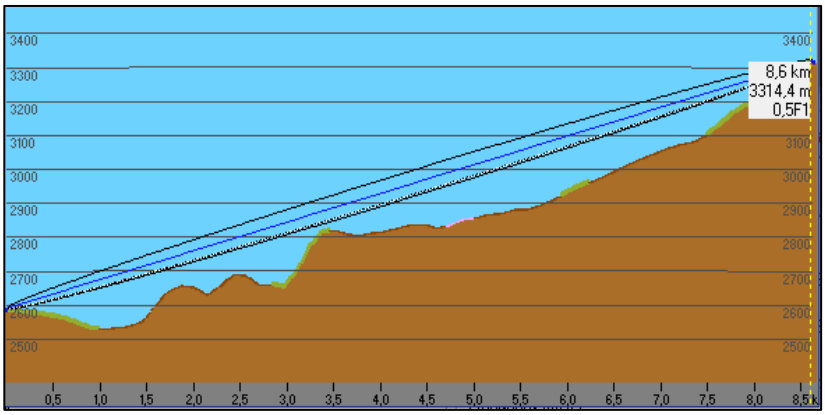


Figura 72. Zona de Fresnel H.G.P.T – Llantantoma

Fuente: Investigador

b) Enlace entre Llantantoma-Apatug

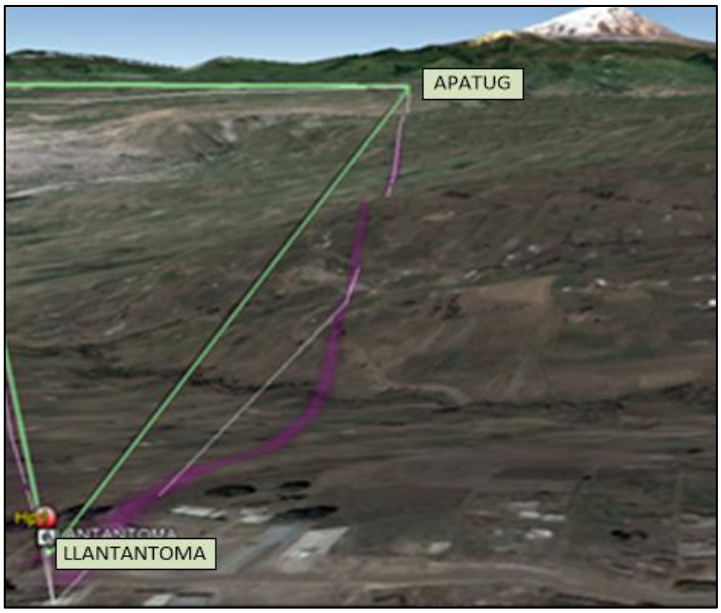


Figura 73. Enlace Llantantoma – Apatug

Fuente: Investigador

El enlace establecido entre Llantantoma y Apatug asimila una distancia aproximada de 18.6 kilómetros con línea de vista directa.

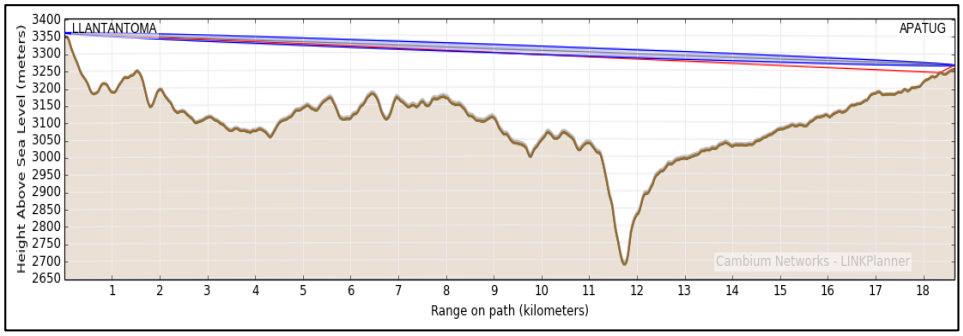


Figura 74. Perfil Llantantoma – Apatug

Fuente: Investigador

Aggregate IP Throughput :	**144.20 Mbps**
Lowest Mode Availability :	**100.0000 %**
System Gain Margin :	14.08 dB
Free Space Path Loss :	133.11 dB
Gaseous Absorption Loss :	0.08 dB
Excess Path Loss :	0.00 dB
Total Path Loss :	133.19 dB

Figura 75. Resumen enlace Llantantoma – Apatug

Fuente: Investigador

Perdidas en el espacio libre

$$L = 32.4 + 20*\log(d/Km) + 20*\log(f/Mhz)$$

$$L = 32.4 + 20*\log(18.6) + 20*\log(5800)$$

$$L = 133.058 \text{ dB}$$

Zona de Fresnel

$$r_1 = 17.32 * \sqrt{\frac{d1*d2/Km}{4*(f/Ghz)}}$$

$$r_1 = 17.32 * \sqrt{\frac{0.28*18.32}{4*(5.8)}}$$

$$r_1 = 8.14 \text{ m}$$

En el enlace Llantantoma – Apatug el obstáculo más prominente se encuentra a 18.32 Km a partir del Llantantoma, sin embargo la distancia de dicho punto a la línea de vista es de 42.79 m, distancia suficiente para no intervenir con la primera zona de Fresnel.

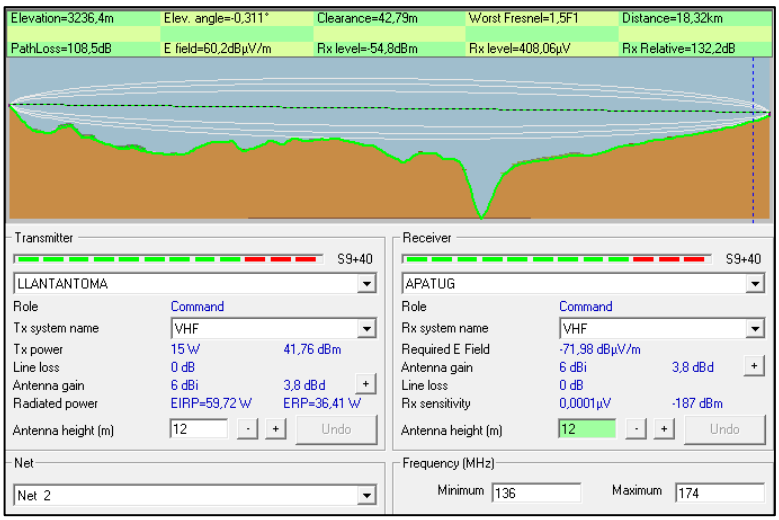


Figura 76. Obstaculo entre Llantantoma – Apatug

Fuente: Investigador

En la siguiente figura se muestra el enlace Llantantoma – Apatug, conjuntamente con la primera zona de Fresnel.

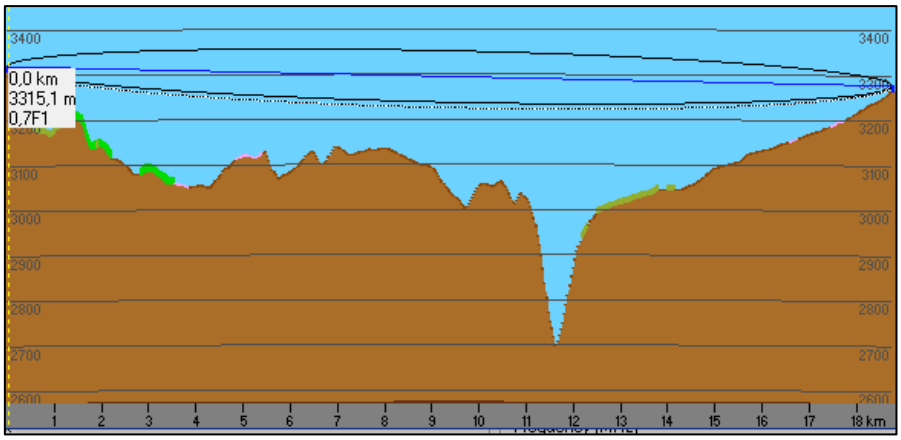


Figura 77. Zona de Fresnel Llantantoma – Apatug

Fuente: Investigador

c) Enlace entre Apatug – Llimpe

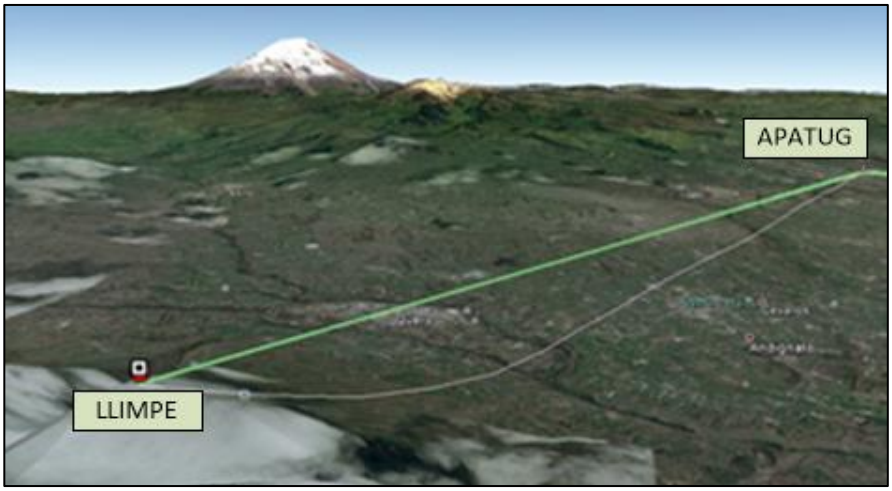


Figura 78. Enlace Apatug – Llimpe

Fuente: Investigador

El ultimo enlace es el establecido entre Apatug y Llimpe, el cual asimila una distancia aproximada de 14.9 kilómetros con línea de vista directa.

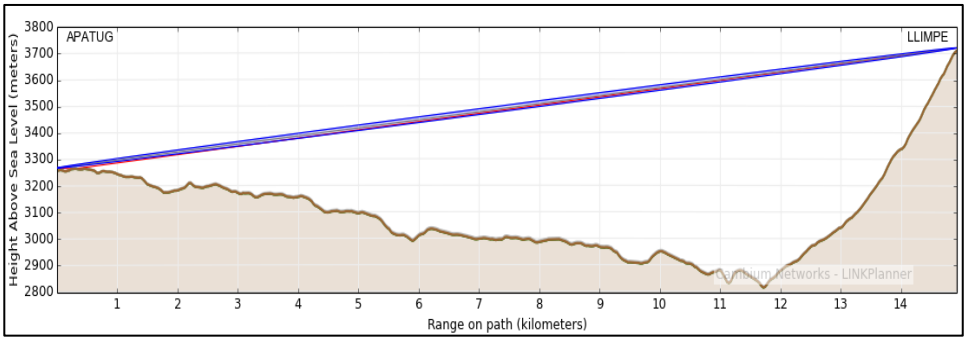


Figura 79. Perfil Apatug – Llimpe

Fuente: Investigador

Aggregate IP Throughput :	**179.16 Mbps**
Lowest Mode Availability :	**100.0000 %**
System Gain Margin :	16.04 dB
Free Space Path Loss :	131.17 dB
Gaseous Absorption Loss :	0.06 dB
Excess Path Loss :	0.00 dB
Total Path Loss :	131.24 dB

Figura 80. Resumen enlace Apatug – Llimpe

Fuente: Investigador

Perdidas en el espacio Libre

$$L= 32.4 + 20*\log(d/Km) + 20*\log(f/Mhz)$$

$$L=32.4+20*\log(14.9)+20*\log(5800)$$

$$L= 131.13\ dB$$

Zona de Fresnel

$$r_1=17.32 * \sqrt{\frac{d1*d2/Km}{4*(f/Ghz)}}$$

$$r_1= 17.32 * \sqrt{\frac{0.12*14.78}{4*(5.8)}}$$

$$r_1=4.788\ m$$

En el enlace Apatug - Llimpe el obstáculo más prominente se encuentra a 14.78 Km a partir del Apatug, sin embargo la distancia de dicho punto a la línea de vista es de 5.43 m, distancia suficiente para no intervenir con la primera zona de Fresnel.

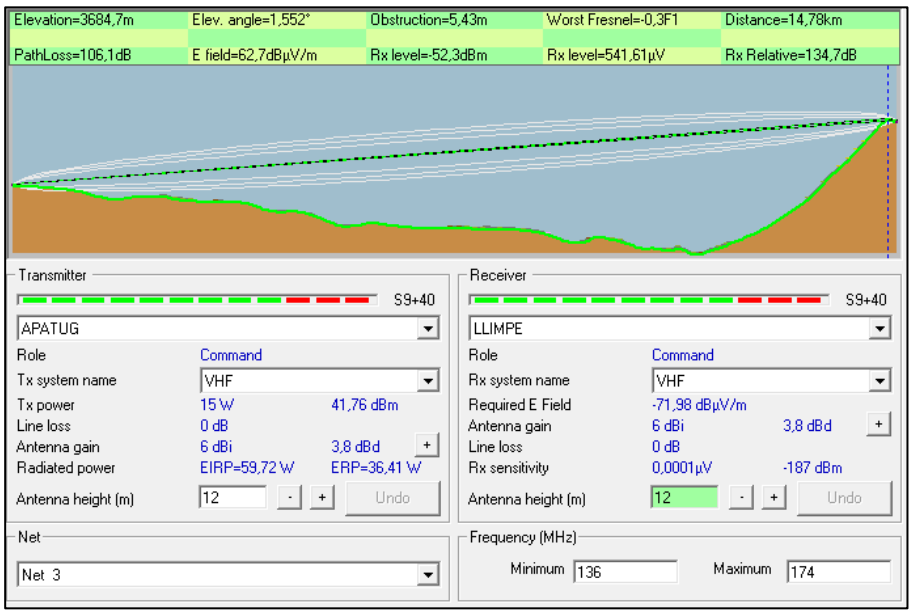


Figura 81. Obstáculo entre Apatug – Llimpe

Fuente: Investigador

En la siguiente figura se muestra el enlace Apatug - Llimpe, conjuntamente con la primera zona de Fresnel.

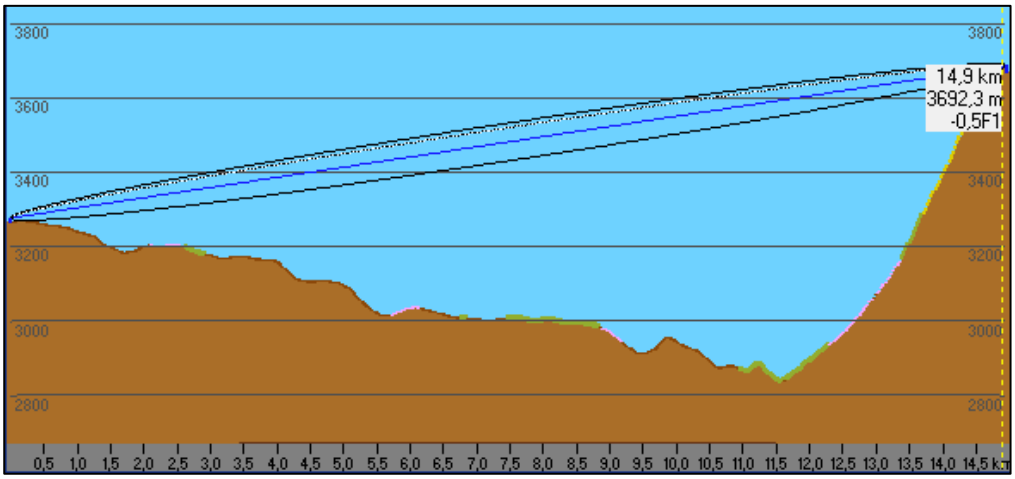


Figura 82. Zona de Fresnel Apatug – Llimpe

Fuente: Investigador

Una vez realizados los correspondientes enlaces, el esquema final sería el siguiente.

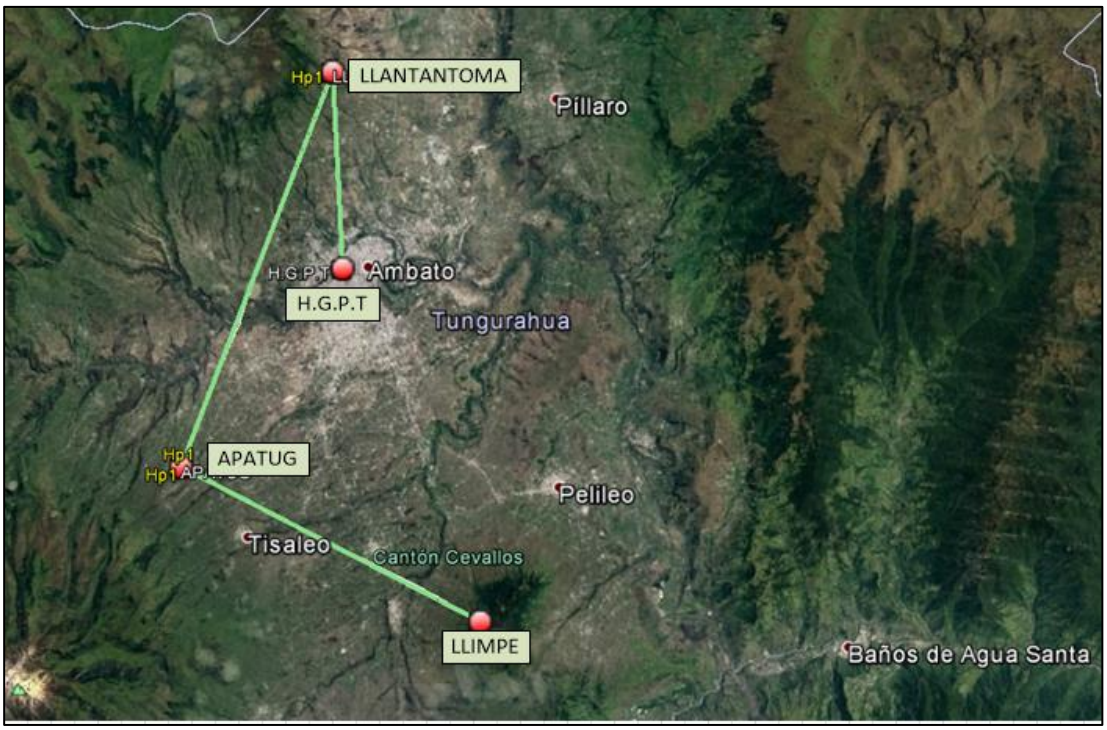


Figura 83. Enlaces en mapa físico

Fuente: Investigador

4.6 Software de Aplicación Motorola

Motorola para sus sistemas MOTOTRBO tiene a su disposición los siguiente software, dependiendo de la necesidad del usuario, es decir las características y aplicativos que este necesite.

4.6.1 TRBOnet

a) TRBOnet Enterprice

Software utilizado con las estaciones de radio digitales MOTOTRBO, diseñado para la creación de sistemas de operador de comunicación digital de múltiple nivel, multicanal y sistemas de oprador territorialmente expandido. Permite además un soporte para las funcionalidades del estándar DMR tanto en llamadas de voz como en transferencia de datos. Es decir es capaz de una comunicación estándar como también el control y ubicación de dispositivos móviles. [52]

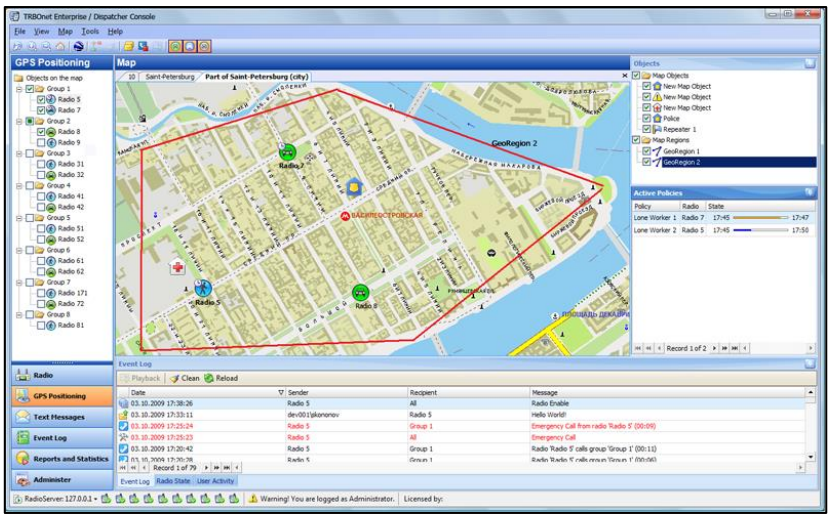


Figura 84. Software TRBOnet Enterprice [52]

b) TRBOnet Móvil

Es una aplicación Andorid para tablets y smarphones, que funciona como una consola adicional sobre 3G, 4G y WIFI.

Módulos adicionales de TRBOnet Móvil [53]

- Posicionamiento indoor

- Administración de alarmas
- Interfaz web
- Tickets de trabajo
- Interconexión telefónica
- Administración de rutas

4.6.2 SmartPTT

a) SmartPTT Enterprise

Es utilizado con repetidores MOTOTRBO mediante protocolos IP y es aplicado para la construccion de redes de radiocomunicacion con las siguientes funcionalidades[54]:

- Sistemas multicanal o multisitio
- Sistemas trunking
- Interconexión telefónica

b) SmartPTT PLUS

Es un software de despacho utilizado en sistemas multisitio y multicanal de MOTOTRBO. Soporta transferencia de voz y datos mediante conexiones IP

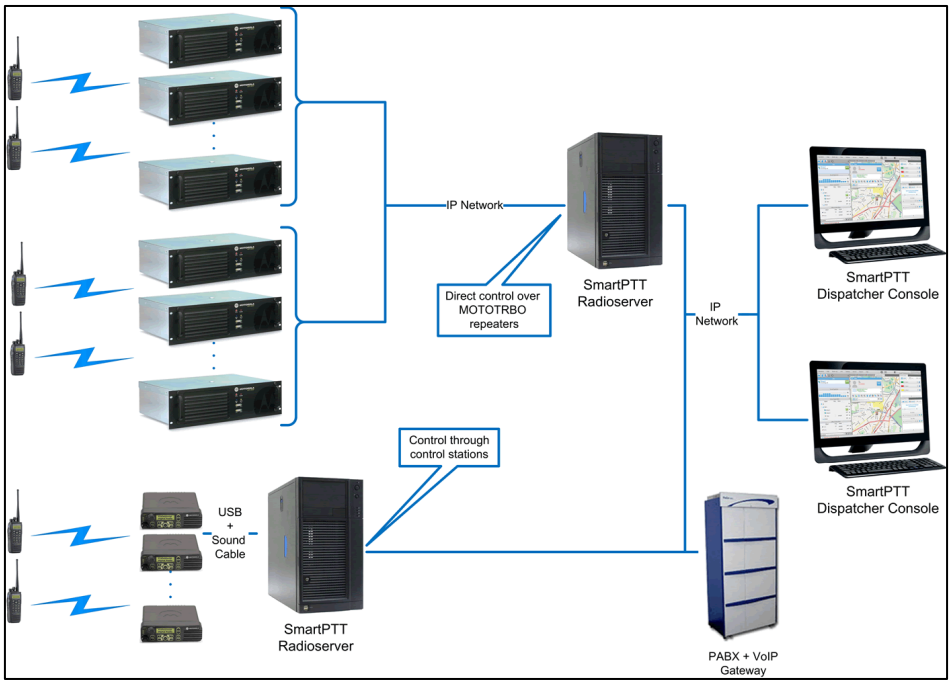


Figura 85. Esquema de sistema utilizando SmartPTT [54]

Selección de software de aplicación

Debido a las características presentadas por el software de aplicación TRBOnet y su interfaz móvil, conjuntamente con su aplicativo para GPS y administración de rutas será el seleccionado para trabajar conjuntamente con el sistema de radiocomunicaciones diseñado para Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua. Sus interfaces de radio, canal y localización se mencionan y detallan a continuación.

Interfaz de radio

- Mensajes individuales o enlatados
- Llamadas de grupo, privadas, emergencia
- Grabación de voz

Interfaz de canal

- Presionar para hablar(PTT)
- Cambio de canal
- Selección de grupo de conversación
- Tipo de llamada
- Niveles de Tx/Rx
- Tono de alarma

Interfaz de localización

- Ubicación de unidades
- Historia de rutas
- Geo-cercas
- Control de velocidad

4.7 Área de cobertura

Para proporcionar el servicio de comunicaciones tanto a radios móviles como portátiles, es necesario conocer el radio de cobertura generado por cada una de las estaciones repetidoras. Se trabajara en la banda VHF (136 – 174 MHz).

a) Llantantoma

La antena ubicada en Llantantoma será la encargada primordialmente de ofrecer servicio de radiocomunicación a la zona norte del cantón Ambato, y Pillaro

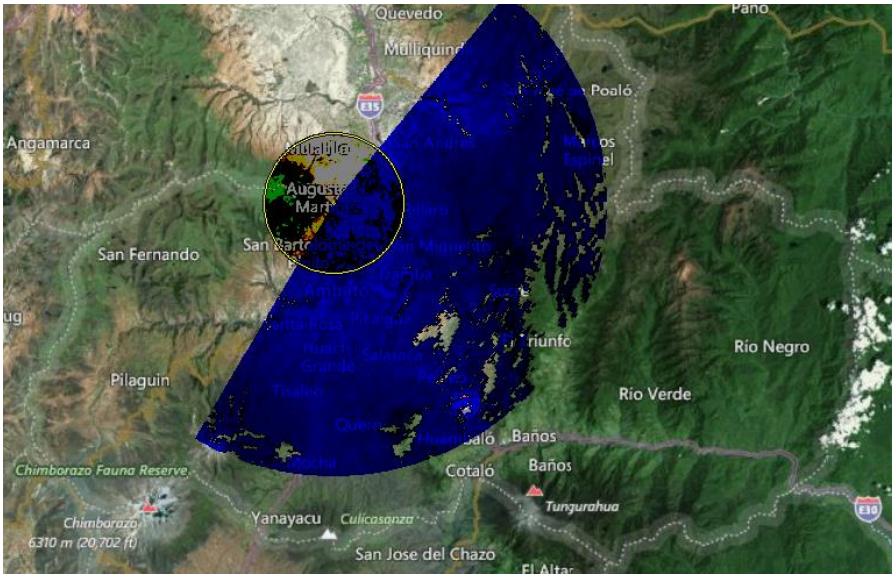


Figura 86. Área de Cobertura antena Llantantoma

Fuente: Investigador

b) Apatug

La antena ubicada en Apatug tiene la finalidad cubrir la zona sur del cantón Ambato, al igual que parte del canton Pelileo, pero con prioridad a los cantones Cevallos, Tisaleo y Mocha.

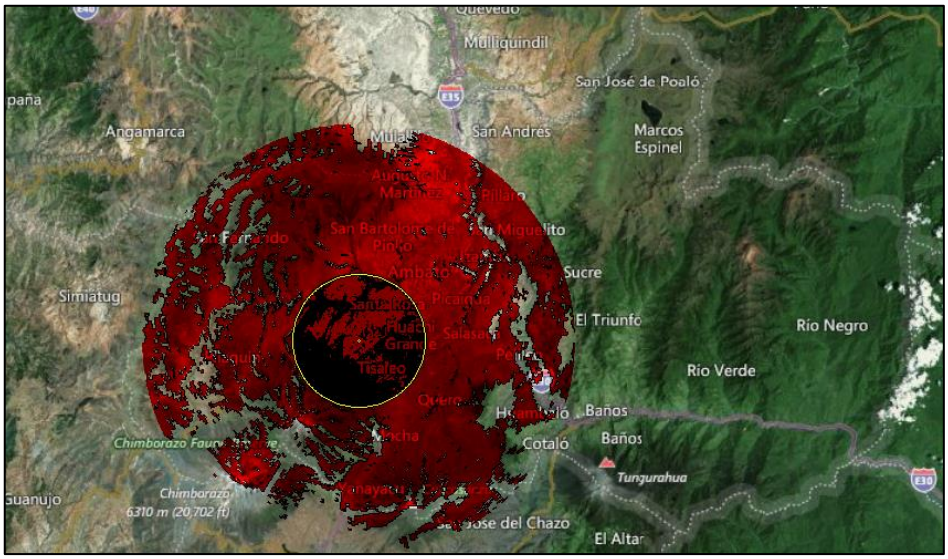


Figura 87. Area de cobertura antena Apatug

Fuente: Investigador

c) Llimpe

La antena ubicada en cerro Llimpe se encargara de cubrir las vías principales en el cantón Baños, el cantón Pelileo, Quero y Patate.

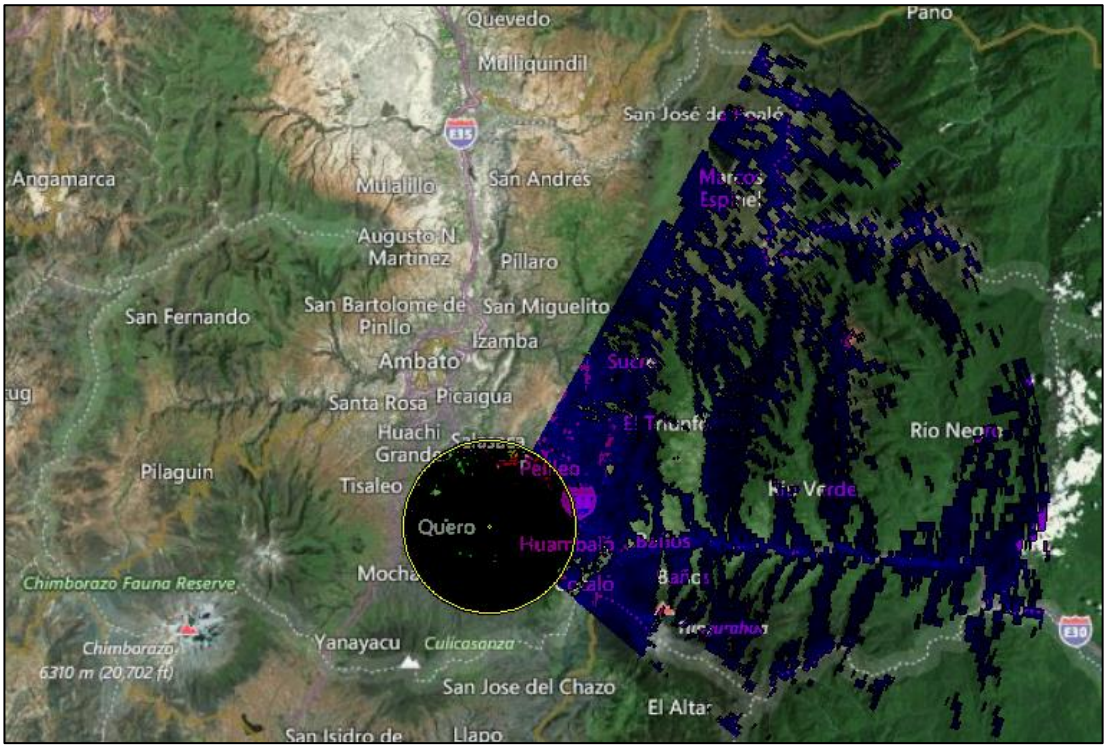


Figura 88. Área de cobertura antena Llimpe

Fuente: Investigador

4.8 Diseño y Topología

4.8.1 Sistema de protección

a) Protección anti-rrayos

El siguiente esquema muestra la conexión de la punta Franklin en la torre de radiocomunicaciones atirantada, con su debida instalación a tierra para direccionar descargas provenientes de rayos.

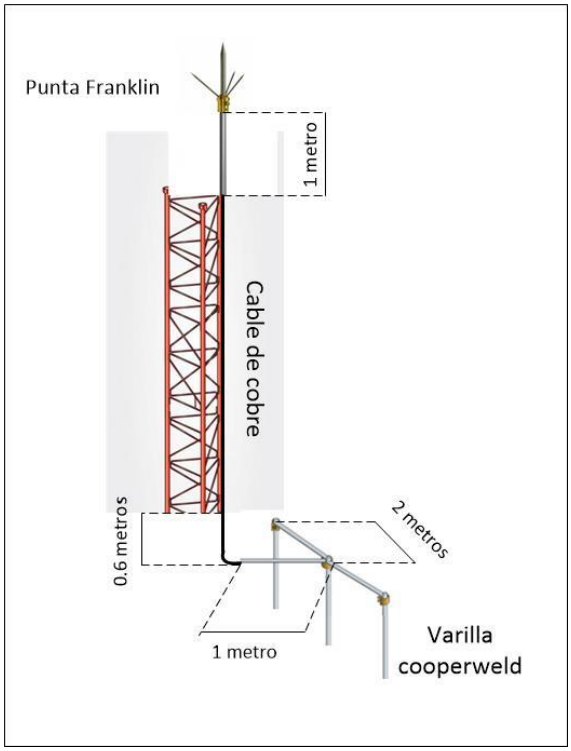


Figura 89. Sistema de protección pararrayos

Fuente: Investigador

En caso de que la antena sea la receptora de la descarga del rayo se utilizara un protector anti-rayos SPD nivel I como se muestra en la siguiente figura.



Figura 90. Sistema de protección contra sobrecargas

Fuente: Investigador

b) Protección de equipos

Para proteger netamente los equipos de radiocomunicaciones en caso de sobrecargas o sobre voltajes, se utilizara un esquema básico de tierra al cual se conectara el UPS, de tal manera que este pueda suministrar energía al resto de los equipos.

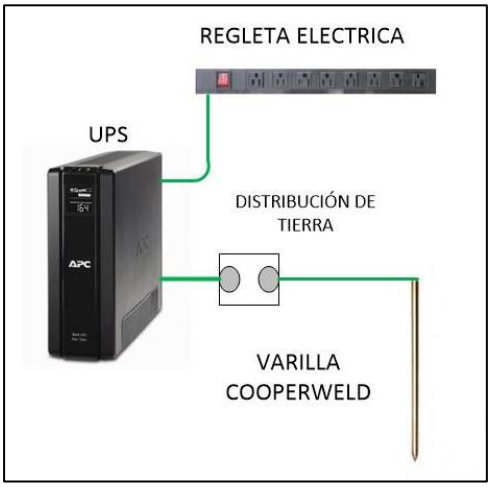


Figura 91. Conexión a tierra de los equipos

Fuente: Investigador

4.8.2 Sistema de respaldo de energía

Para mantener funcionando el repetidor en caso de pérdida de energía se utilizó el siguiente esquema.

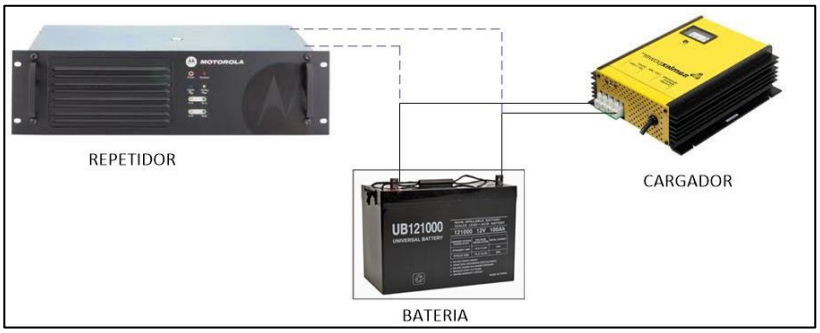


Figura 92 Sistema de respaldo de energía para el repetidor

Fuente: Investigador

Los otros equipos del sistema de radiocomunicaciones se mantendrán funcionando con la ayuda de una fuente de poder interrumpible (UPS).

4.8.3 Interconexión de equipos

El siguiente esquema muestra de una manera detallada los equipos a utilizarse tanto en el sistema VHF como en el enlace punto a punto, así como también su debida interconexión para el correcto funcionamiento.

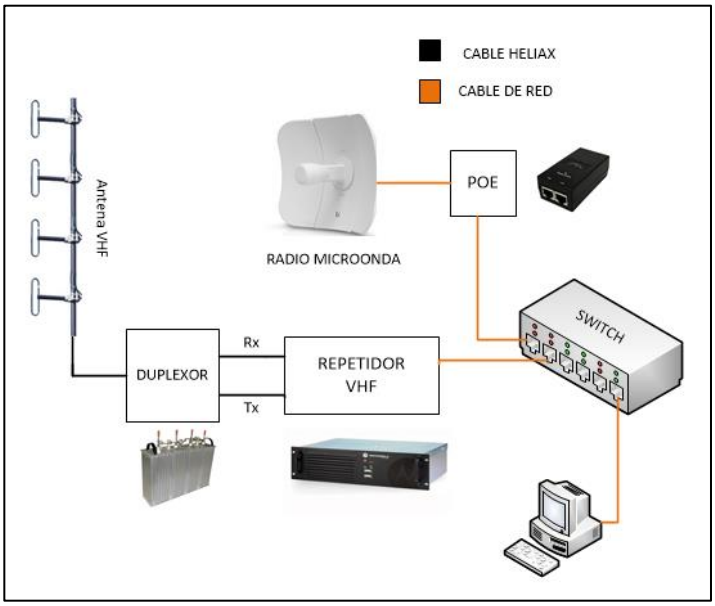


Figura 93. Esquema de conexión de los equipos

Fuente: Investigador

Para el enlace punto a punto es necesario que la radio microondas sea alimentada mediante un inyector POE, el cual también le permitirá ingresar a la red por su conexión a un switch.

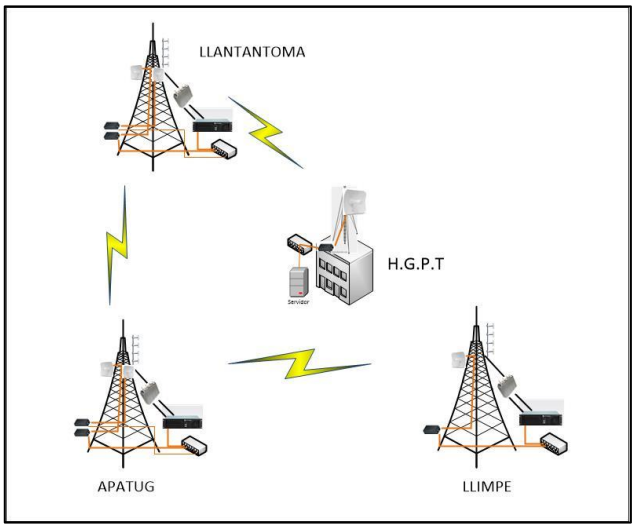


Figura 94. Estaciones repetidoras-enlaces-equipos

Fuente: Investigador

Por otra parte el sistema VHF cuenta con su antena conectada directamente a un duplexor para filtrar las frecuencias de transmisión y recepción debidamente y estas a su vez ingresaran al repetidor el cual también se encuentra conectado a la red.

En el esquema anterior se puede observar cada una de las estaciones repetidoras, con la conexión básica de los equipos utilizados tanto para el enlace punto a punto como sistema VHF

a) Repetidora Llantantoma y Apatug

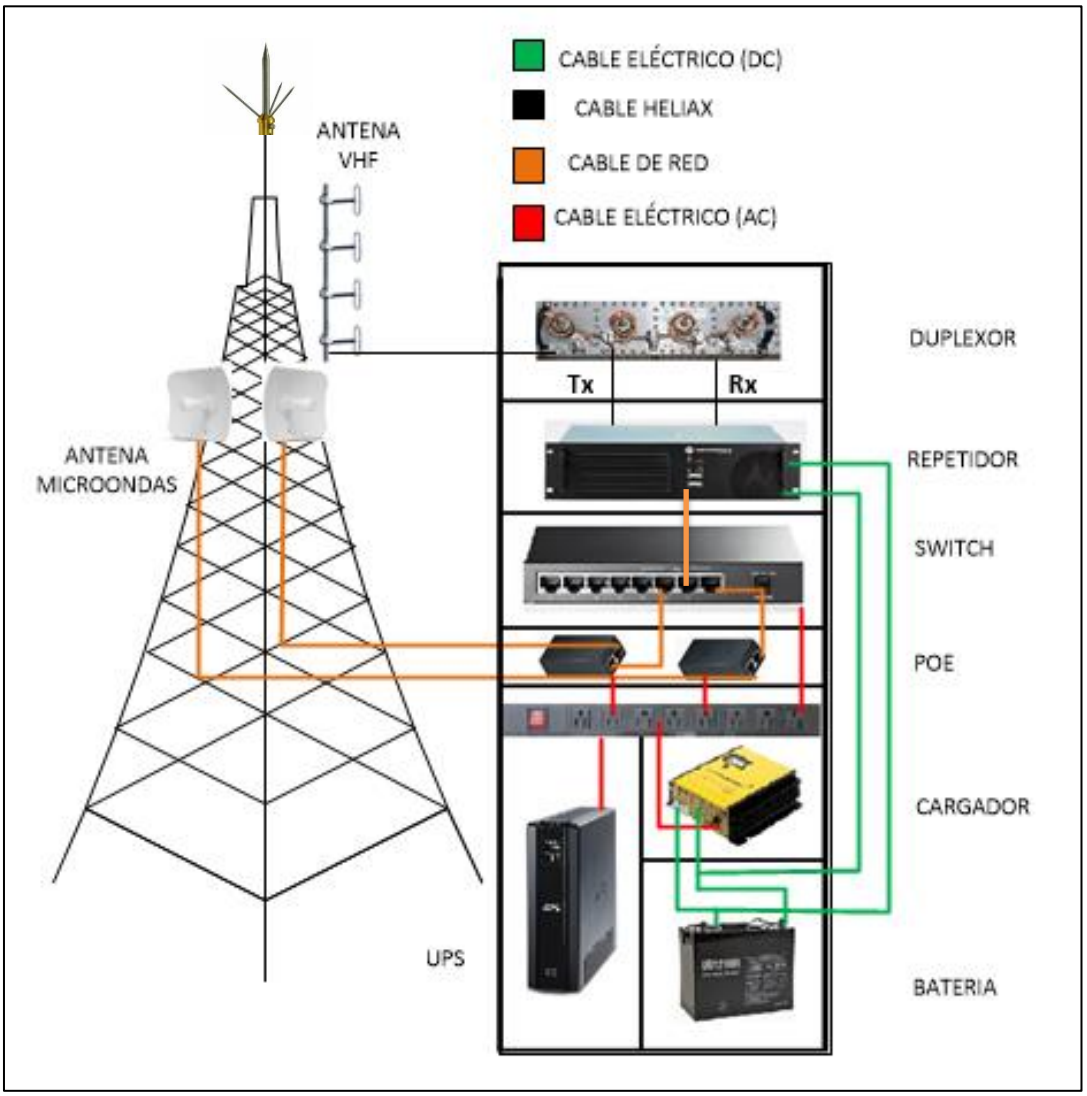


Figura 95. Equipos y conexión en repetidora Llantantoma y Apatug

Fuente: Investigador

En las estaciones ubicadas en Llantantoma y Apatug se utilizara el esquema presentado en la figura anterior, el cual indica los equipos a utilizarse, sus conexiones y la distribución dentro de la caseta.

b) Repetidora Llimpe

Para la estación Llimpe se trabajara con el siguiente esquema, donde de igual manera se muestran los equipos, conexión y ubicación

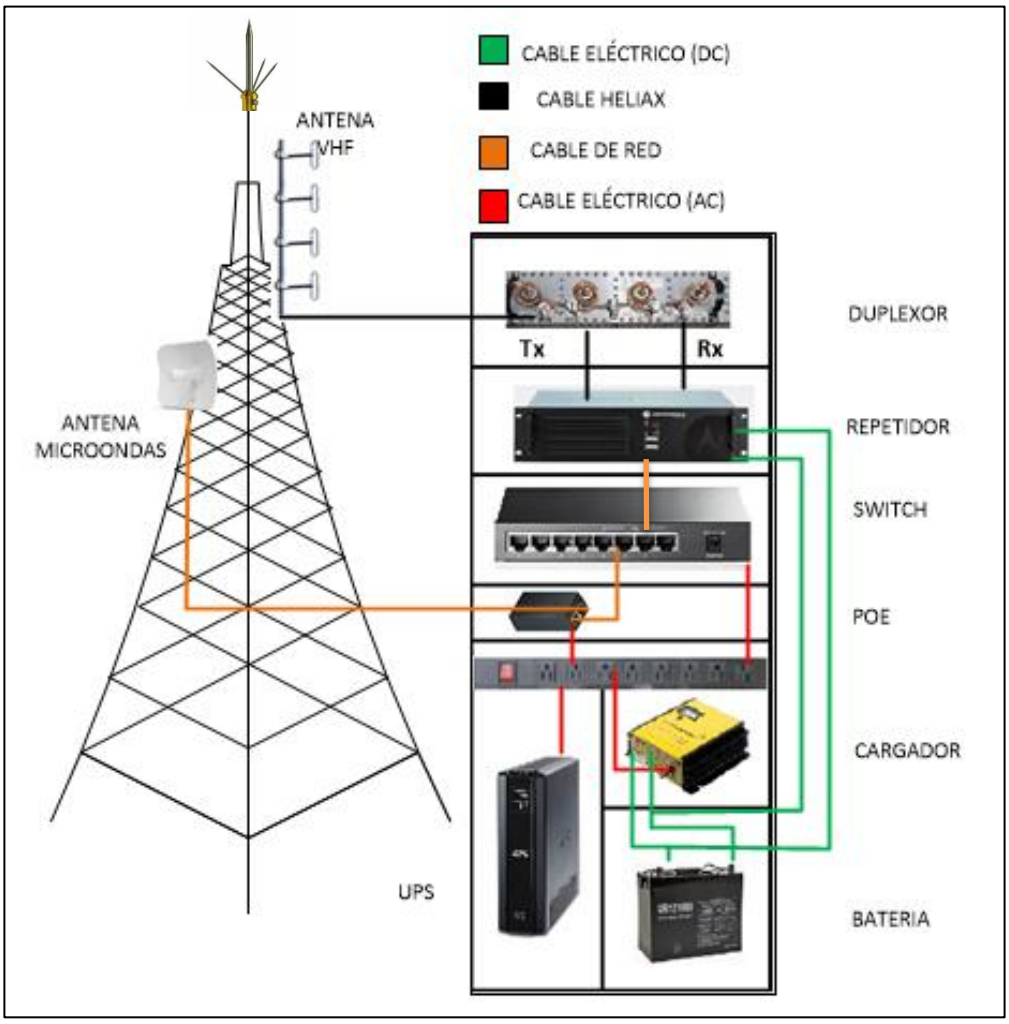


Figura 96. Equipos y conexión en repetidora Llimpe

Fuente: Investigador

c) Estación H.G.P.T

Para la estación ubicada en las instalaciones del edificio principal del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua se elaboró el siguiente esquema que indica la interconexión de los equipos a utilizarse.

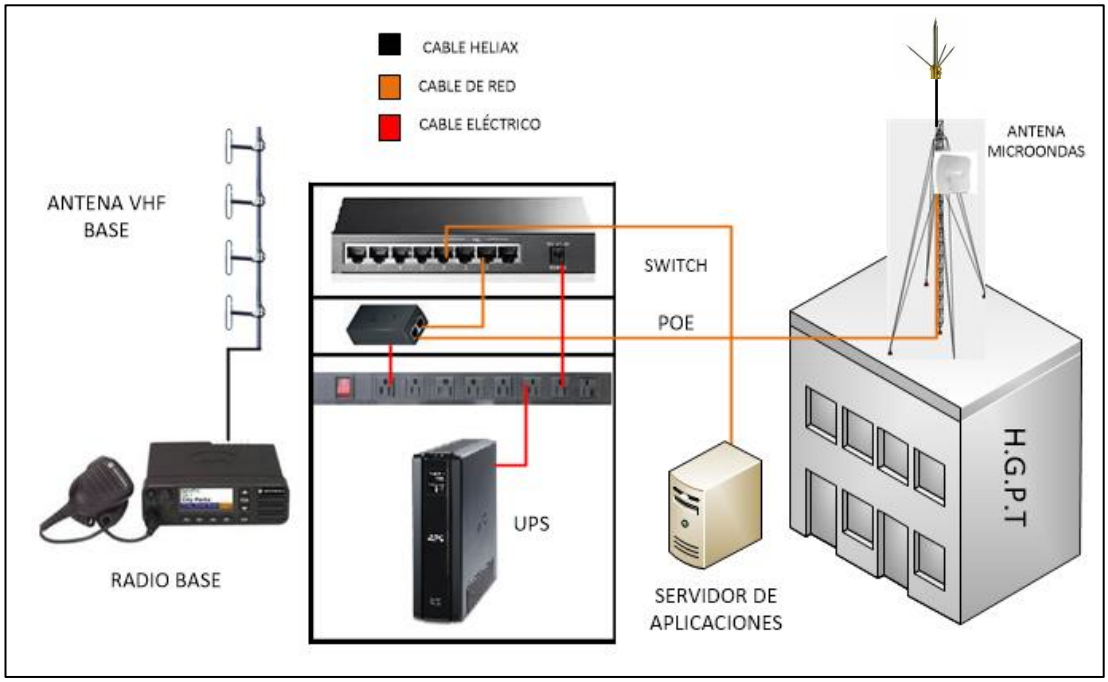


Figura 97. Equipos y conexión en el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

Fuente: Investigador

4.9 Uso de equipos en sistema VHF

Para el sistema de VHF es necesario especificar qué tipo de radio se utilizara acorde a la necesidad de potencia tanto de transmisión como de recepción, estos pueden ser radio bases fijas, radio móviles o radios portátiles.

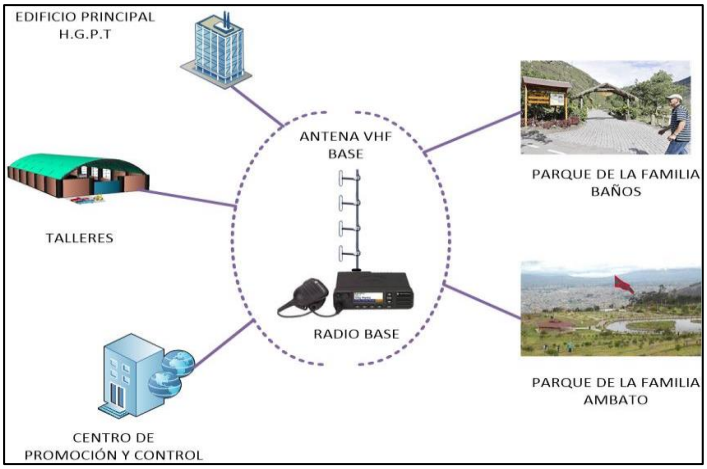


Figura 98. Instalaciones que contaran con la radio base

Fuente: Investigador

Las radio bases fijas serán ubicadas en todas las instalaciones del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua como lo son, el edificio principal, los talleres, el centro de promoción y control asi como también en los dos parques de la familia.

Las rádio móviles serán ubicadas en todos los vehículos tanto livianos como pesados pertenecientes a la institución.

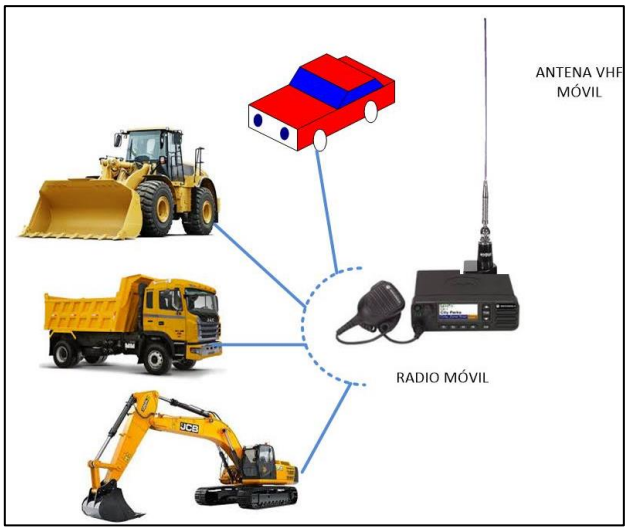


Figura 99. Vehículos que utilizaran la radio móvil

Fuente: Investigador

Por otra parte la radio portátil las utilizaran el personal de las distintas áreas que se encuentren dentro o fuera de las instalaciones de la institución.

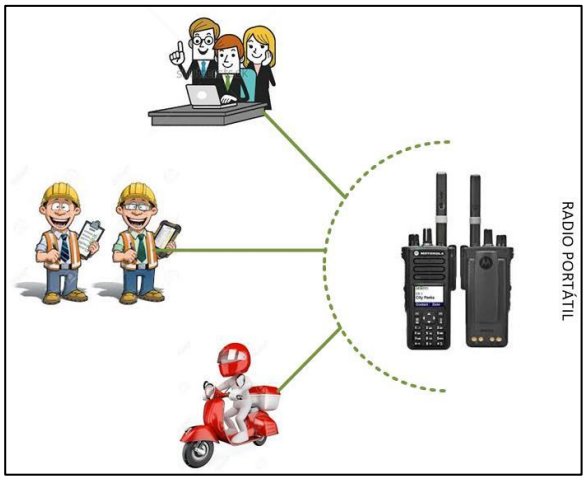


Figura 100. Personal que utilizara la radio portátil

Fuente: Investigador

Una vez establecidos los equipos en cada una de las estaciones, y la topología del sistema, la siguiente imagen muestra el diagrama del sistema completo de radiocomunicaciones.

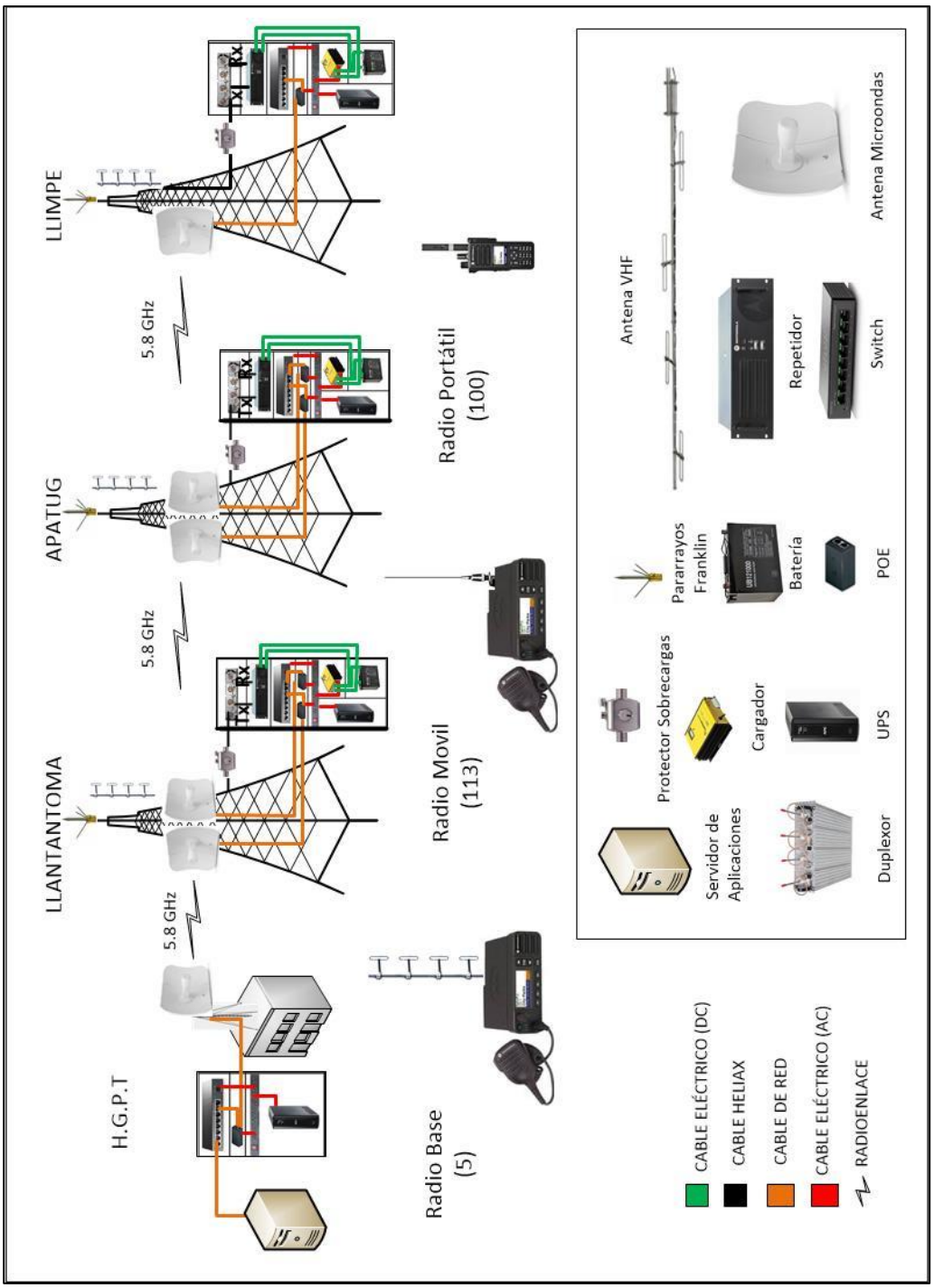


Figura 101. Topología física e interconexión de equipos

Fuente: Investigador

4.10 Tarifa por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico

El Consejo Nacional de Telecomunicaciones del Ecuador expidió el reglamento de Derechos por concesión y tarifas por uso de frecuencias en base ciertos parámetros establecidos a manera de ecuación. En este caso se utilizara la ecuación para enlace punto-punto y punto-multipuntos. [58]

$$T(US\$) = Ka * \alpha * \beta * A * (D)^2$$

T(US$) = Tarifa mensual en dólares

Ka = Factor de ajuste por inflación (1 como valor de referencia)

α = Coeficiente de valoración del espectro del servicio fijo para enlaces punto-punto

β = Coeficiente de corrección para el sistema fijo para enlaces punto-punto (1 como valor de referencia)

A = Ancho de banda de la frecuencia asignada, en MHz.

D = Distancia entre las estaciones fijas en Km.

Tabla 21. Coeficiente de valoración [58]

Rango de frecuencias	Coeficiente de valoración (α)
0 GHz < f < 1 GHz	0.0815313
1 GHz < f < 5 GHz	0.0323876
5 GHz < f < 10 GHz	0.0237509
10 GHz < f < 15 GHz	0.0215917
15 GHz < f < 20 GHz	0.0194325
20 GHz < f < 25 GHz	0.0183529
f > 25 GHz	0.0172734

Tabla 22. Distancia máximas aplicables [58]

Rango de frecuencias	Distancia mínima (Km)	Distancia máxima (Km)
0 GHz < f < 1 GHz	30	70
1 GHz < f < 5 GHz	15	50
5 GHz < f < 10 GHz	12	30
10 GHz < f < 15 GHz	9	25
15 GHz < f < 20 GHz	8	20
20 GHz < f < 25 GHz	6	15
f > 25 GHz	5	10

4.11 Presupuesto del sistema de radiocomunicaciones

Después de realizar el diseño de la red privada de comunicaciones para el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua y haber seleccionado los equipos idóneos para un eficiente funcionamiento, se procede a establecer el presupuesto tanto de los estudios, equipos, materiales, software y costos por usos de frecuencias y enlaces, que se detallan en las siguientes tablas.

a) Costo por uso de frecuencias

La fórmula utilizada en cada uno de los enlaces se la conoce como la tarifa por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico y sus valores están dados en base a la frecuencia de operación, distancia de separación entre los dos puntos y ancho de banda. Cabe recalcar que el costo por enlace es mensual.

H.G.P.T – Llantantoma

$$T(US\$) = (1) * (0.0237509) * (1) * (10) * (8.6)^2$$

$$T(US\$) = 17.566\ \$$$

Llantantoma – Apatug

$$T(US\$) = (1) * (0.0237509) * (1) * (10) * (18.6)^2$$

$$T(US\$) = 82.168\ \$$$

Apatug – Llimpe

$$T(US\$) = (1) * (0.0237509) * (1) * (10) * (14.9)^2$$

$$T(US\$) = 52.729\ \$$$

Tabla 23. Presupuesto Enlaces Microondas

Enlaces 5.8 Ghz				
Puntos	cantidad	Costo /mensual (USD)	Meses	Costo total (USD)
H.G.P.T - Llantantoma	1	17.566	12	210.80
Llantantoma - Apatug	1	82.168	12	986.02
Apatug - Llimpe	1	52.729	12	632.75
		TOTAL		1,829.57

Fuente: Investigador

b) Presupuesto de equipos a ubicarse en el edificio principal del H.G.P.T

En el edificio principal del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua se instalara el software de aplicación dentro de un ordenador propio de la institución y se comunicara con la repetidora en Llantantoma, para lo cual se indica el presupuesto en la siguiente tabla.

Tabla 24. Presupuesto de Equipos a ubicarse en el edificio principal del H.G.P.T

Edificio principal H.G.P.T			
Equipo	cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Equipo Ubiquiti LBE-5AC-23+	1	96	96

inyector POE			
Switch CISCO SG100D-08	1	110	110
UPS APC 1500VA	1	310	310
Software de aplicaciones MOTOTRBO - Software de programación DGR - 6175 - Software cliente - Licencia IP SITE - Sistema de Localización (113 vehículos)	1	9,000	9,000
		TOTAL	9,516

Fuente: Investigador

c) Presupuesto de equipos a ubicarse en repetidora Llantantoma

Los equipos que utilizaran en la estación repetidora Llantantoma para enlazarse tanto con el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua como con la estación repetidora Apatug, al igual que los equipos para respaldo de energía se detallan en la siguiente tabla con sus respectivos costos.

Tabla 25. Presupuesto de equipos a ubicarse en repetidora Llantantoma

Llantantoma			
Equipo	cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Antena Ubiquiti LBE-5AC-23 + inyector POE	2	96	192
Switch CISCO SG100D-08	1	110	110
Cargador SAMLEX SEC125OUL	1	120	120
Batería UB12100	1	350	350
UPS APC 1500VA	1	310	310

Antena ANDREW VHF DB-224	1	1,200	1,200
Duplexor SINCLAIR Q2220E	1	1,450	1,450
Repetidora MOTOROLA DGR 6175	1	2,600	2,600
		TOTAL	6,332

Fuente: Investigador

d) Presupuesto de equipos a ubicarse en repetidora Apatug

Los equipos que utilizaran en la estación repetidora Apatug para enlazarse tanto con la estación repetidora Apatug como con la estación repetidora Llimpe, al igual que los equipos para respaldo de energía se detallan en la siguiente tabla con sus respectivos costos.

Tabla 26. Presupuesto de equipos a ubicarse en repetidora Apatug

Apatug			
Equipo	cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Antena Ubiquiti LBE-5AC-23 + inyector POE	2	96	192
Switch CISCO SG100D-08	1	110	110
Cargador SAMLEX SEC125OUL	1	120	120
Batería UB12100	1	350	350
UPS APC 1500VA	1	310	310
Antena ANDREW VHF DB-224	1	1,200	1,200
Duplexor SINCLAIR Q2220E	1	1,450	1,450
Repetidora MOTOROLA	1	2,600	2,600

DGR 6175			
		TOTAL	6,332

Fuente: Investigador

e) Presupuesto de equipos a ubicarse en repetidora Llimpe

Los equipos que utilizaran en la estación repetidora Llimpe para enlazarse con la estación repetidora Apatug, al igual que los equipos para respaldo de energía se detallan en la siguiente tabla con sus respectivos costos.

Tabla 27. Presupuesto de equipos a ubicarse en repetidora Llimpe

Llimpe			
Equipo	cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Antena Ubiquiti LBE-5AC-23 + inyector POE	1	96	96
Switch CISCO SG100D-08	1	110	110
Cargador SAMLEX SEC125OUL	1	120	120
Batería UB12100	1	350	350
UPS APC 1500VA	1	310	310
Antena ANDREW VHF DB-224	1	1,200	1,200
Duplexor SINCLAIR Q2220E	1	1,450	1,450
Repetidora MOTOROLA DGR 6175	1	2,600	2,600
		TOTAL	6,236

Fuente: Investigador

f) Presupuesto Equipos MOTOTRBO y Antenas VHF

Los equipos Motorola utilizados dentro del sistema MOTOTRBO se detallan a continuación con sus respectivas antenas VHF, para estaciones fijas o móviles

Tabla 28. Presupuesto Equipos MOTOTRBO y Antenas VHF

Equipos MOTOTRBO y Antenas VHF			
Equipo	cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Antena ANDREW VHF DB-224	5	1,200	6,000
Antena HUSTER VHF BB-GT-150	113	55	6,215
Radio Móvil MOTOROLA DGM 8500	118	891	105,138
Radio Portátil MOTOROLA DGP 8550	100	960	96,000
		TOTAL	213,353

Fuente: Investigador

g) Presupuesto Sistema VHF

Cada estación repetidora requiere dos frecuencias asignadas por el ARCOTEL, encargadas de la transmisión y recepción. En la siguiente tabla se detalla el valor a pagar por el uso de dichas frecuencias.

Tabla 29. Presupuesto Sistema VHF y estudio de ingeniería

Uso de frecuencias VHF y Estudio de Ingeniería				
General	cantidad	Costo (USD)	Meses	Costo total (USD)
Estudios de Ingeniería - (1) Enlaces	4	700	--	2,800

microondas - (3) Estaciones repetidoras				
Uso de frecuencias de comunicaciones	1	500	--	500
Firma de contrato	1	180	--	180
Uso de frecuencias	6	18	12	1,296
		TOTAL		4,776

Fuente: Investigador

h) Presupuesto de torres y casetas

Para ubicar los equipos de radiocomunicaciones es necesaria la utilización de torres y casetas, una por cada estación repetidora, además se debe tomar en cuenta la protección para los equipos utilizando pararrayos y sistemas de puesta a tierra.

Tabla 30. Presupuesto de torres y casetas

Torres y Caseta			
Equipo	cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Torre arriostrada 12m	3	1,500	4,500
Torre arriostrada 6m	1	800	800
Luz de balizamiento	3	80	240
Pararrayo Franklin	3	360	1,080
Caseta	3	1,500	4,500
Protector 859902	4	55	220
Tierra de equipos	3	500	1,500
Tierra de torre	3	900	2,700
		TOTAL	15,540

Fuente: Investigador

i) Presupuesto materiales adicionales

Adicionalmente se utilizaran ciertos materiales como el cable, al igual que los conectores adecuados de acorde a las especificaciones de los equipos, para interconectarlos.

Tabla 31. Presupuesto materiales adicionales

Materiales para instalación			
Materiales	cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Cable FTP cat 6 Ext.	180	1.50	270.00
Cable UTP cat 6	60	0.66	39.60
Cable HELIAX ½' standard ANDREW	210	8.00	1680.00
Conectores RJ-45	32	0.25	8.00
Conectores N macho	18	40.00	720.00
Regleta de voltaje	3	45,00	135.00
		TOTAL	2,852.60

Fuente: Investigador

j) Presupuesto total del proyecto

Después de haber establecido los presupuestos individuales, en la siguiente tabla se detalla de manera general el costo total del presente proyecto.

Tabla 32. Presupuesto Total de proyecto

Presupuesto Total	
General	Costo Total
Enlaces Microondas 5.8 GHz.	1,829.57
Equipos a ubicarse en Edificio Principal H.G.P.T	9,516.00
Equipos a ubicarse en Repetidora Llantantoma	6,332.00
Equipos a ubicarse en Repetidora Apatug	6,332.00
Equipos a ubicarse en Repetidora Llimpe	6,236.00

Equipos de Sistema MOTOTRBO y Antenas VHF	213,353.00
Uso de frecuencias VHF y estudio de Ingeniería	4,776.00
Torres y Casetas	15,540.00
Materiales adicionales	2,852.60
TOTAL	266,767.17

Fuente: Investigador

El valor total que se muestra se encuentra establecido para el primer año del proyecto, a partir de este periodo únicamente se cancelara mensualmente un valor de 260.46 por concepto de uso de frecuencias y enlaces microondas.

4.12 Términos de referencia

1. **Antecedentes:** El Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, en marzo del 2017, tiene la necesidad de comunicarse de manera privada con su personal dentro y fuera de sus instalaciones, además de rastrear a los vehículos y al personal de la entidad en todo momento, por lo tanto solicita el diseño de una red privada de comunicaciones aplicada al área de Transporte y Logística, que cumpla con las necesidades existentes.
2. **Objetivo:** El diseño de la red privada de comunicaciones permitirá comunicar al área de Transporte y Logística con su personal dentro y fuera de las instalaciones de la institución, además de monitorear de una manera permanente los vehículos y personal mediante el GPS incorporado en los equipos.
3. **Alcance:** mantener comunicados al personal del H. Gobierno Provincial de Tungurahua, mediante radios de dos vías y monitorear de manera remota los vehículos al igual que al personal a través de la aplicación móvil o mediante el software para PC, las 24 Horas del día, los 365 días del año, dentro de los límites Provinciales
4. **Información que dispone la Entidad:** Se utilizaran 100 radios portátiles para el personal y 113 radios móviles para dividirse entre vehículos y maquinaria pesada.
5. **Metodología:** A través de los radios de dos vías el personal puede comunicarse de manera ilimitada entre si dentro de la provincia de Tungurahua. De igual manera los vehículos tendrán incorporados radios móviles, los cuales cuentan con sistema de localización para determinar su ubicación en todo momento. El monitoreo se lo puede realizar desde la estación fija perteneciente al edificio principal donde se instalará el software o de manera móvil mediante la aplicación Android, en cualquier dispositivo autorizado.

6. Productos esperados:

a) TRBOnet Enterprise

- Grabación de llamadas
- Posicionamiento GPS
- Geo-cercas
- Mensajería de Texto
- E-mail

<table>
<tr><th>Interfaz de radio</th><th>Interfaz de canal</th></tr>
<tr><td>- Llamadas de grupo, llamadas privadas, llamadas de emergencia
- Cambio de canal, zona o grupo
- Grabación de voz
- Intercomunicador con despachadores
- Mensajes individuales o enlatados</td><td>- Presionar para hablar(PTT)
- Cambio de canal
- Selección de grupo de conversación
- Tipo de llamada
- Niveles de Tx/Rx
- Tono de alarma</td></tr>
<tr><td colspan="2">Interfaz de localización GPS</td></tr>
<tr><td colspan="2">- Ubicación actual de las unidades
- Intervalos pre configurados de ubicación
- Historial de ubicación y rutas
- Estado del radio(online/offline/alarma)
- Regiones controladas(Geo-cercas)
- Control de velocidad
- Puntos de control
- Mapas personalizados</td></tr>
</table>

b) Equipos MOTOTRBO

Repetidora DGR-6175

General	VHF
Número de canales	1000
Salida RF típica	1-25 W 25-45W
Frecuencia	136-174 MHz
Dimensiones(AlxAnxP)	132.6 x 486.6 x 296.5 mm
Peso	14 Kg
Consumo de corriente Espera transmision	 1 A 3.8 A
Rango Operativo de temperatura	-30ºC a 60ºC
Ciclo máximo de trabajo	100%
Aprobacion FCC	ABZ99FT3026 ABZ99FT3025
RECEPTOR	VHF
Espaciamiento de canal	6.25 KHz/12.5KHz
Estabilidad de la frecuencia	± 0.5 ppm
Sensitividad digital	5% VER: 0.3 uV
Intermodulación	78 dB
Rechazo de espurias	80 dB
Distorsión de audio nominal	3%
Ruido	-40dB a 12.5 KHz. -45 dB a 25KHz.
TRANSMISOR	VHF
Potencia de salida	1-25W
Modulación FM	12.5KHz: 11K0F3E 25 KHz: 16K0FE
Modulacion digital 4FSK	12.5 KHz solo datos: 11K0f3E 12.5 KHz voz y datos: 7K60FXE
Tipo de vodocoder digital	AMBE+

Protocolo digital	ETSI-TS102 361-1

Radio móvil DGP 8500

Características	Botones programables
- 1000 canales - VHF 136-174 MHz - Funcion GPS - Espaciamiento 12.5 KHz - 4 botones programables - Pantalla alfanumérica - Envío rápido de mensajes - Rastreo de canal - Aviso audible - Privacidad básica/ mejorada(40 bits) - Audio inteligente - Transmisión activada por voz - Bluetooth - Site roaming	- Tono de alerta on/off - Intensidad de luz - Lista de contactos - Emergencia - PA externo - Potencia alta/baja - Bocina y luces - Marcación manual - Monitoreo permanente/remoto - Eliminación de canal molesto - VOX on/off - Marcación rápida - Activación/desactivación de radio - Control de telemetría - Envio rápido de mesajes de texto
Funciones de llamadas digitales	
- PTT-ID(recepcion) - Grupos de conversación - Llamada privada/sistema/alerta - Emergencia - Verificación de radio	

- Alerta de llamada entrante - Interrupción de transmisión de voz

Radio portátil DGP-8550

Características	Botones programables
- 1000 canales - VHF 136-174 MHz - Funcion GPS - Batería Impres 2150 mAH - Espaciamiento 12.5 KHz - Sumergible(IP57) - 5 botones programables - Pantalla a color - Envío rápido de mensajes - Rastreo de canal - Aviso audible - Privacidad básica/ mejorada(40 bits) - Audio inteligente - Transmisión activada por voz - Bluetooth - Site roaming	- Tono de alerta on/off - Luz de fondo - Indicador de bateria - Lista de contactos - Emergencia - Potencia alta/baja - Bloqueo de teclado - Marcación manual - Monitoreo permanente/remoto - Eliminación de canal ruidoso - Marcación rápida - Activación/desactivación de radio - Squelch - Rastreo - Control de telemetría - Mensaje de texto - VOX on/off
Funciones de llamadas digitales	
- PTT-ID(recepcion) - Grupos de conversación - Llamada privada/sistema/alerta	

- Emergencia - Verificación de radio - Alerta de llamada entrante - Interrupción de transmisión de voz

c) Equipos del sistema de respaldo de energía

Cargador SAMLEX SEC-125OUL

General	SEC-125OUL
Voltaje de entrada	120 VCA, 50/60 Hz 230 VCA, 50/60 Hz
Corriente de entrada	10.4A (120 VCA) 5.6A (230 VCA)
Voltaje de salida	13.5 V ± 0.05 V 14.4 V ± 0.05 V
Máxima carga de corriente	50 A(normal) 5 A ± 1 A (medio poder)
Capacidad de la batería	500 Ah
Protecciones	Sobrecargas, corto circuito, sobre temperatura
Rango de temperatura	0^o – 40^o C
Dimensiones	331 x 244 x 97 mm
peso	4.1 Kg

Batería de ciclo profundo UB121000-45978

General	UB121000-45978
Voltaje nominal	12 V
Capacidad nominal	95 Ah
Peso aproximado	27.1 Kg
Corriente de máxima descarga	950 A

Corriente máxima de carga	28.5 A
Temperatura Carga Descarga Almacenamiento	 0 – 40 ^{o}C -20 – 50 ^{o}C -20 – 40 ^{o}C
Vida útil aproximada	6 años
dimensiones	306 x 168 x 232 mm

UPS-APC 1500VA

Output	
Potencia	980 W/1440 VA
Voltaje nominal	120 V
Frecuencia	47-53 Hz / 57-53 Hz
Input	
Voltaje nominal	120 V
Frecuencia	50/60Hz
Tiempo de uso	
Respaldo a media carga	23.9 min (490 Watts)
Respaldo a carga completa	6.7 min (980 W)
Tiempo de recarga	8 h

d) Equipos de protección del sistema

Punta Franklin MAT 1302

General	Punta Franklin
Corriente típica de descarga	30 KA
Numero de trazadores	4
Numero de puntas auxiliares	3
Radio de protección	22 m
Dimensiones Punta principal Puntas auxiliares	 1X(D16X170)mm 3X(D8X65)mm

Protector 859902

General	Protector
Frecuencia de trabajo	0 – 3 Ghz
Atenuación	< 0.2 Db
Conector	N-hembra
Protección	Resistente a la intemperie

e) Equipos para enlace 5.8 GHz

Equipo LBE-5AC-23

General	LBE-5AC-23
Dimensiones	362 x 272 x 203 mm
Peso	907 g
Frecuencia de operación USA Resto del mundo	 5725-5850 MHz 5150-5875 MHz
Interfaz de red	10/100/100 Puerto Ethernet
Ganancia de antena	25 dBm
Potencia de salida	7W
Consumo de potencia	24 v, 03 A, Puerto POE
Fuente de poder	
Temperatura de trabajo	-40 a 70^{o} C
Soporte al viento	200 Km/h
Certificaciones	CE, FCC,IC

f) Antenas para sistema VHF

Antena Andrew DB-224

General	DB-224
Tipo de antena	Omni, ED

Frecuencias de operación (A/B/C/E/F/FAA)	150-160/155-165/164-174/138-150/160-170/127-141
Ganancia de la antena	8.1 dBi
Potencia	500 W
Peso (A,B,C,F/E,FAA)	35/38 lb
Altura (A,B,C,F/E,FAA)	255/279

Antena móvil VHF BB-GT-150

General	VHF
Frecuencia	135- 175 MHz
Ganancia	3dB
Potencia	200 Watts
Conector	UHF(PL-259) Macho
Longitud máxima	128 cm

g) Equipos adicionales del sistema

Switch CISCO SG100D-08

General	SG100D-08
Capacidad de conmutación	16 Gbps
Capacidad de envío	11.9 mpps
Puertos	8 conectores RJ-45
Dimensiones	140x33.35x140 mm
Peso	430 g
Temperatura de funcionamiento	0 – 40º C

Duplexor Q2220E

General	Q2220E
Frecuencia	138 – 174 MHz.
Cavidades Tx	 2

Rx	2
Impedancia	50 Ω
Potencia	350 W
Conectores	N - hembra
Separación mínima de frecuencia	0.5 MHz.
Dimensiones	483 x 30.3 x 4.17 mm
Peso	12.71 Kg.
Temperatura	-40 a +60 ^{o}C

Inyector POE 24-24W-G

General	POE-24-24W-G
Voltaje de salida	24 VDC
Voltaje de entrada	90-260 VAC
Corriente de entrada	0.3 A(120VAC)/0.2 A(230VAC)
Temperatura de funcionamiento	-10 a 60^{o}C
dimensiones	85x43x30 mm

El sistema es escalable acorde a las necesidades futuras del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Para lograr un mayor radio de cobertura se trabaja en la frecuencia de VHF, donde existe menor atenuación en comparación con UHF, y además el consumo de la batería es menor.
- Trabajar en la frecuencia no licenciada de 5.8 Ghz, mejora la calidad de la señal, como ejemplo se tiene el enlace con mayor distancia Llantantoma-Apatug, el cual al ser simulado con equipos propios de la marca cambium networks, a una frecuencia de 2.4 Ghz reduce la velocidad de transmisión en aproximadamente un 44% en comparación con el enlace a 5.8 Ghz, debido a que es un espectro más congestionado, y por consiguiente, existe menor inmunidad al ruido ante fuentes externas
- Al implementar el sistema de radiocomunicaciones, el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua tendrá un ahorro mensual de 973.44 dólares, sin considerar los 34 vehículos adicionados para el monitoreo y un área de cobertura que cumple todas sus necesidades a nivel provincial.
- La técnica de multiplexación TDMA usada por los equipos Mototrbo de Motorola, permite realizar dos llamadas simultáneas utilizando la misma frecuencia, mejorando así la eficiencia del sistema.
- Estableciendo todos los parámetros técnicos del sistema VHF y enlaces microondas dentro de los Términos de Referencia, el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua se encuentra en condiciones para ingresar el proyecto a compras públicas y convocar a una subasta inversa.

5.2 Recomendaciones

- Incrementar el número de estaciones repetidoras para cubrir el 100% de la Provincia a largo plazo, en el caso de que los requerimientos de cobertura del Honorable Gobierno Provincial incrementen.
- Realizar pruebas para verificar que es sistema de puesta a tierra cumpla con las normativas, establecida por el instituto ecuatoriano de normalización para el uso de los equipos de radiocomunicaciones, y así evitar daños de los mismos
- Una vez implementado el sistema se recomienda realizar pruebas en el campo, para verificar ancho de banda, calidad de la señal, alcance máximo e inmunidad a interferencia.
- Se recomienda utilizar el diseño de la red privada de comunicaciones para aplicaciones futuras como telemetría para así explotar de manera completa la red planteada.
- Para mantener el sistema de radiocomunicaciones funcionando en caso de fallas eléctricas es necesario el mantenimiento preventivo de los equipos de respaldo de energía como lo son la batería, cargador y UPS.

5.3 Referencias

[1] Aguilar D. Blum C. Mayorga F. Tesis: “Diseño e implementación de una sistema de localización automática de vehículos, utilizando una red de radio existente en el casco urbano de la ciudad de Guayaquil”, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2003.

[2] Lasso P. Méndez D. Tesis: “Diseño del sistema de radiocomunicaciones del IASA en la banda de 150 MHz.” Escuela Politécnica del Ejército, 2009.

[3] Cueva D. Tesis: “Ampliación del sistema de radio troncalizado de comunicaciones de la comisión de tránsito del Guayas con aplicación de tecnología digital (PDH)”, Escuela Politécnica Nacional, 2009.

[4] Google Maps Disponible : https://www.google.com.ec/maps/place /Tungurahua/@-1.2434335,-78.8192851,10z/data=!3m1!4b1!4m2!3m1 !1s0x91d381a37fef551f:0x97d7199d468c4a07 ,2016.

[5] Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, Disponible: http://www.tungurahua.gob.ec/index.php/la-institucion-hgpt/mision-y-vision, 2015.

[6] Capítulo 1, Propagación de RF Disponible: http://catarina.udlap. mx/u_dl_a/tales /documentos/lem/peredo_a_s /capitulo1.pdf.

[7] Aplicaciones y Teoría de Ingeniería de Microondas, Disponible: http://escritura.proyectolatin.org/aplicaciones-y-teoria-de-ingenieria-de -microondas/las-microondas/.

[8] Andrade R. Tesis:“Análisis diseño e integración de un sistema de comunicación de radio a través de repetidores en la banda de VHF”, Universidad Autónoma de Puebla, 2002.

[9] Ramírez L. ” Sistema de radiocomunicaciones ”, Paraninfo, 2015, Capitulo 1, pág. 2

[10] Blogs de Tecnologia: Diferencias entres los radios Analogico vs Digital Disponible:http://Motorola-latinamerica.hosted.jivesoftware.com /community/tecnologia_blogs/movilidad_empresarial/blog/2012/09/19 /diferencias-entre-los-radios-anal%C3%B3gico-vs-digital.

[11] HYTERA, " RD98XS " Marcombo, 2015, Disponible : http://www.hytera.com/navigation.htm?newsId=5540&columnType=product&pageType=newDetail

[12] Two Way Solutions, "MD78XG/MD78G", 2013, Disponible: http://www.twowaysolutions.com/MD78-MD78G.html

[13] YT Communication, " PD795 " , 2017 , Disponible: http://www.ytcommunication.com/catalog/pd78x-78xg/

[14] Intepla, "Solucion DMR para empresas", 2011, Disponible: http://www.intepla.com/hytera/index.php?lid=5&pid=8

[15] Motorola solutions, " MOTOTRBO repetidor DGR 6175 " Disponible: https://www.motorolasolutions.com/content/dam/msi/docs /business/product_lines/mototrbo/mobiles/_documents/spanish/staticfiles/dgr-_mototrbo_radios_repetidor_dgr_6175.pdf

[16] Motorola solutions, "Radios móviles digitales de dos vías serie DGM 8000/5000",2014, Disponible: https://www.motorolasolutions .com/content/dam/msi/docs/business/products/two-way_radios /portable_radios/wide_area_large_business_ portable_radios/dgp8050 /_documents/_staticfiles/mot_mototrbo_dgm8000_dgm5000_series_ specsheet_es_081114.pdf

[17] Motorola solutions, " Radios portátiles digitales de dos vías serie DGP 8000/5000",2014, Disponible: https://www.motorola solutions.com/content/dam/msi/docs/business/products/two-way_ radios/portable_radios/wide_area_large_business_portable_radios /dgp8050/_documents/_staticfiles/mot_mototrbo_dgp8000_5000_ss_ es_091614.pdf

[18] AGECOM, “ Sistemas MOTOTRBO ”, 2015, Disponible: http://agecomtelecom.com.br/sistemas-mototrbo/

[19] Kenwood, “ NEXEDGE Repeater ” ,2017, Disponible : http://www.kenwood.es/comm/digital/nexedge/nxd_repetidores/

[20] Kenwood, “ NEXEDGE Mobiles ”, 2017, Disponible: http://kenwoodcommunications.co.uk/digital-pmr/nxdn/mobiles/eu/NX-5800E/

[21] Kenwood, “ NEXTEDGE Portatiles ”, 2017, Disponible: http://www.kenwood.es/comm/digital/nexedge/nxd_portatiles/NX-5300E2/

[22] NEPTUNO, “ Torres Autosoportadas ” 2008, Disponible: http://neptuno-com.com/n/ptorresa.htm

[23] Tierra Física, “Torres Arriostradas Catalogo”, 2015, Disponible: http://www.tierrafisica.com.mx/TORRES%20ARRIOSTRADAS_1.pdf

[24] K-Best, “ Servicios de instalación y mantenimiento ”, Disponible: http://www.kbest.com.mx/category/telecomunicaciones/servicios-de-instalacion-y-mantenimiento/

[25] Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), “Prevencion de lesiones y muertes por caídas durante las tareas de construcción y mantenimiento de torres de telecomunicaciones” , 2015, Disponible: https://www.cdc.gov/ spanish/niosh/docs/2001-156_sp/

[26] Camión Militar, “ Ham Radio News”, Disponible: http://www. camion-militar.com/spa/item/ART01816.html

[27] ANSAT, “Montaje de punto de acceso WIFI doméstico en el exterior”, 2004, Disponible: http://www.ansat.es/soporte/docs/wifi/ nodowifi/ nodowifi.htm

[28] E29, “ Ground & Earth system ”, 2010, Disponible: http://e29.com.mx/proteccionAtmos.html

[29] GAMA Materiales Eléctricos, “Pararrayos punta Franklin”, Disponible: http://www.gama-me.com/materiales-electricos/puesta-a-tierra/pararrayos-punta-franklin

[30] ROM Electric, “ Pararrayos Ionizantes”, 2017, Disponible: http://www.romelectric.com/index.php?IDDT=67

[31] Electrical Installation, “Surge Protector Device(SPD)”,2016, Disponible: http://www.electrical-installation.org/enwiki/The_Surge_ Protection_Device_(SPD)

[32] Duche E. Miñan W, “Diseño del sistema de puesta a tierra de la estación repetidora EL ALISAL para sistemas de telecomunicaciones de Movistar” Marcombo, 2013, Capitulo II pag.40,41,42,43,44, Capitulo III pag 67,68.

[33] Sistemas de Puesta a Tierra, “Electrodos de tierra” 2017, Disponible: https://sistemadepuestatierra.wikispaces.com/Electrodos

[34] Profesor Molina, “ Protección con toma de tierra - relé diferencial”, Disponible: http://www.profesormolina.com.ar/electromec/tierra_rele.htm

[35] Electrónica Fácil , “ Conexión de Tierra y Masa”, 2017, Disponible: https://www.electronicafacil.net/foros/PNphpBB2-viewtopic-t-7572.html

[36] INVETRONICA, “ Torres y Casetas ”, 2016, Disponible: http://www.invetronica.com/en/diseno-y-fabricacion/torres

[37] Gigex, “Mapa de carreteras de Tungurahua” Disponible: http://www.gifex.com/America-del-Sur/Ecuador/Tungurahua/ Carreteras.html

[38] MercadoLibre, “ Antena Ubiquiti Lbe-5ac-23 5Ghz ”, 2017, Disponible: http://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-423039548-antena-ubiquiti-lbe-5ac-23-5-ghz-litebeam-ac-23-dbi-_JM

[39] UBIQUITI NETWORKS, “ LiteBeam ” 2016, Disponible: https://dl.ubnt.com/datasheets/LiteBeam/LiteBeam_DS.pdf

[40] ANDREW, “ Exposed Dipole Quasi-Omni Antenna ”, Disponible: http://www.repeater-builder.com/antenna/db/pdfs/db-224-data-sheet-(andrew).pdf

[41] Hustler Antenna, “ Model BBGT- 150 ” 2002, Disponible: http://www.new-tronics.com/main/html/mobile_nmo_150_models.html

[42] Samlex América, “ Cargador de batería automático ”, Disponible: http://www.samlexamerica.com/documents/product-specs/12001-SEC-1250UL-0714%20ES%20Hrez.pdf

[43] MercadoLibre, “Ub121000-45978 Universal 12v 100Ah ciclo profundo AGM”, 2017, Disponible: http://articulo.mercadolibre.com.co /MCO-434057875-ub121000-45978-universal-12v-100ah-ciclo-profundo-agm-_JM

[44] UPG, “ Sealed - Lead Acid Battery”, Disponible: https://a89b8e4143ca50438f09-7c1706ba3fabeeda794725d88e4f5e57.ssl.cf2.rackcdn.com/spec_sheets/files/000/003/508/original/ub45978-spec.pdf?1440174712

[45] Power backups, “ APC BR1500GI ”, 2015, Disponible: http://powerbackups.com.au/apc-power-saving-back-ups-pro-1500va-865-w-230v-br1500gi.html

[46] INGESCO, “Pararrayos de punta simple”, 2017, Disponible: http://www.directindustry.es/prod/ingesco/product-39920-605122.html

[47] Metalco, “ Ficha Tecnica Pararrayos Franklin”, Disponible: http://www.metalcoltda.com/Fichas/PARARRAYOS_FRANKLIN.pdf

[48] Solid Signal, “ Wilson Electronics 0-3 GHz. Lightning Protector (859902)”, 2017, Disponible: http://www.solidsignal.com/pview.asp?p=859902

[49] CISCO, “ Cisco Small Business Unmanaged Switches ”, Disponible: http://www.cisco.com/c/en/us/support/switches/sg-100d-08-8-port-gigabit-switch/model.html

[50] UBIQUITI, “ PoE Adapters ”, 2017 Disponible: https://www.ubnt.com/accessories/poe-adapters/

[51] SINCLAIR, “ Q2220E Duplexer ”, 2016, Disponible: http://www.sinclairtechnologies.com/catalog/resources/pdf/Q2220E-DI.pdf

[52] TRBOnet, “TRBOnet Enterprice” Disponible: http://es.trbonet.com/es/product/soft/192-trbonet-enterprise

[53] TRBOnet, “ Client Móvil ” Disponible: http://es.trbonet.com/product/soft/225-cliente-movil

[54] SmartPTT, “ Enterprice ”, Disponible: http://smartptt.com/products/smartptt-enterprise/

5.4 Anexos

a) Factura mensual de soluciones HUNTER contratada por H.G.P.T



@HunterEcuador
www.hunter.com.ec

Hunter
Soluciones Tecnológicas en Seguridad

CARRO SEGURO CARSEG S.A.
R.U.C.: 0991259546001

Matriz: Cdla. Vernaza Norte Mz. 10 Solar 19 (Guayaquil)
Sucursal: Montalvo 02-36 y Av. Los Capules (Ambato)
Teléfono: PBX (03) 2420247 FAX: (04) 2290883
Contribuyente Especial Nro.: 0505
Obligado a Llevar Contabilidad: SI

FACTURA:
No: 005-001-000047712

Núm. de Autorización: 0205201612495009912595460016643544511
Fecha/Hora Autorización: 02/05/2016 12:49 p.m.
Ambiente: PRODUCCIÓN Emisión: EMISIÓN NORMAL
Clave de Acceso:
0205201601099125954600120050010000477120004771215

Cliente: GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA
C.I/R.U.C: 1860000130001
Dirección: BOLIVAR Y CASTILLO, ESQUINA
Ciudad: AMBATO
Teléfono: 033730220

Fecha Emisión: 02/05/2016
Fecha de Vencimiento: 17/05/2016
Plazo: 15 días
Lugar Emisión: AMBATO

COD.	CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	DSCTO	PRECIO TOTAL
10630	79.00	HM CORPORATIVO TRANSMISION	12.50	0.00	987.50

Valor en Letras: (MIL CIENTO SEIS 00/100 DÓLARES)

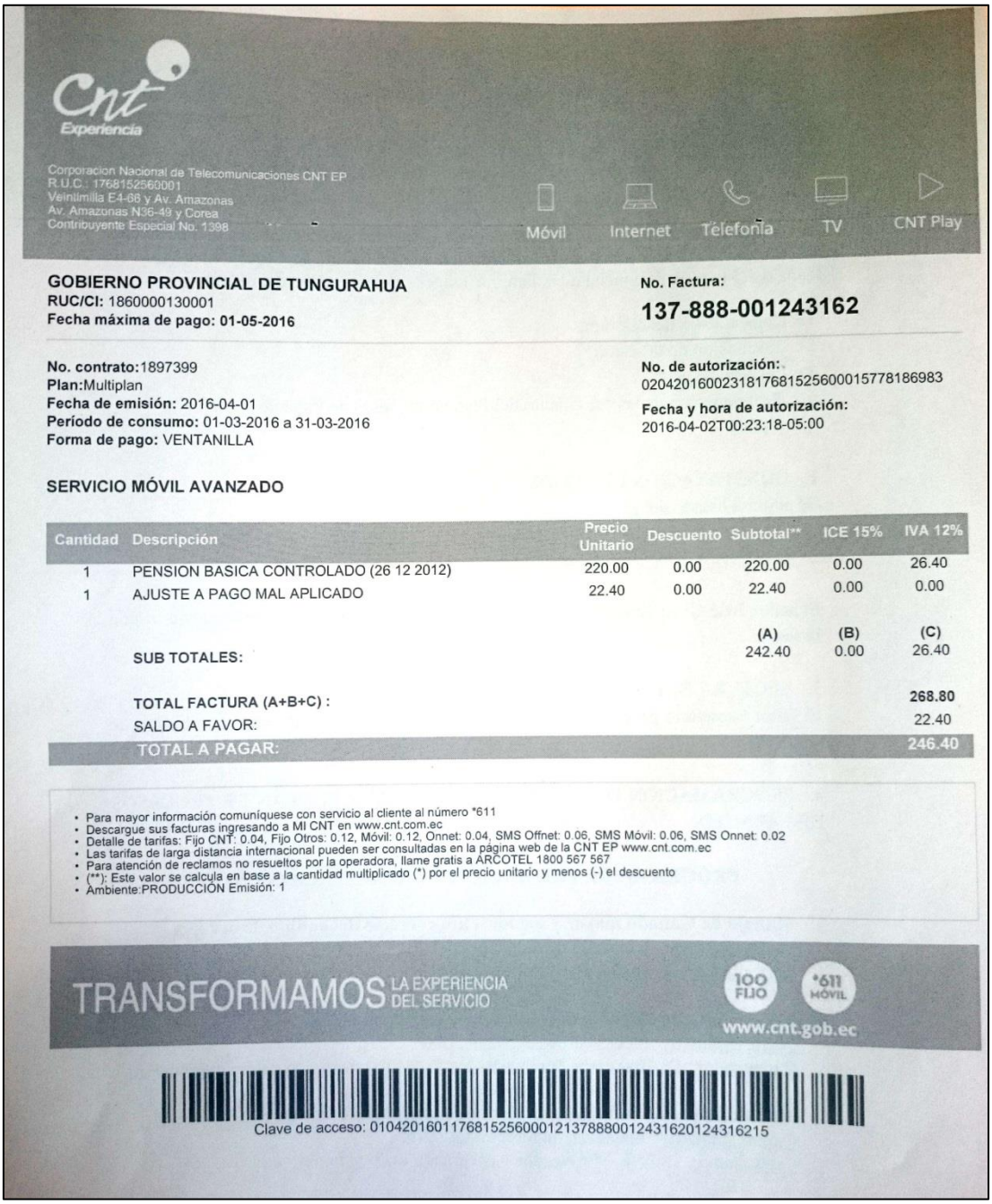
Gracias por ser parte de HUNTER, descargue sus documentos autorizados ingresando a www.hunteronline.com.ec opción: "Documentos Electrónicos"

Subtotal 12%	987.50
Subtotal 0%	0.00
Subtotal sin Impuestos	987.50
Descuento	0.00
IVA 12%	118.50
Total	1,106.00

Datos Generales:

MES MARZO

b) Factura mensual de CNT por servicio móvil avanzado contratado por H.G.P.T



Cnt
Experiencia

Corporacion Nacional de Telecomunicaciones CNT EP
R.U.C.: 1768152560001
Veintimilla E4-68 y Av. Amazonas
Av. Amazonas N36-49 y Corea
Contribuyente Especial No. 1398

Móvil Internet Telefonía TV CNT Play

GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA
RUC/CI: 1860000130001
Fecha máxima de pago: 01-05-2016

No. Factura:
137-888-001243162

No. contrato:1897399
Plan: Multiplan
Fecha de emisión: 2016-04-01
Período de consumo: 01-03-2016 a 31-03-2016
Forma de pago: VENTANILLA

No. de autorización:
0204201600231817681525600015778186983
Fecha y hora de autorización:
2016-04-02T00:23:18-05:00

SERVICIO MÓVIL AVANZADO

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Descuento	Subtotal**	ICE 15%	IVA 12%
1	PENSION BASICA CONTROLADO (26 12 2012)	220.00	0.00	220.00	0.00	26.40
1	AJUSTE A PAGO MAL APLICADO	22.40	0.00	22.40	0.00	0.00
				(A)	(B)	(C)
	SUB TOTALES:			242.40	0.00	26.40
	TOTAL FACTURA (A+B+C) :					268.80
	SALDO A FAVOR:					22.40
	TOTAL A PAGAR:					246.40

- Para mayor información comuníquese con servicio al cliente al número *611
- Descargue sus facturas ingresando a MI CNT en www.cnt.com.ec
- Detalle de tarifas: Fijo CNT: 0.04, Fijo Otros: 0.12, Móvil: 0.12, Onnet: 0.04, SMS Offnet: 0.06, SMS Móvil: 0.06, SMS Onnet: 0.02
- Las tarifas de larga distancia internacional pueden ser consultadas en la página web de la CNT EP www.cnt.com.ec
- Para atención de reclamos no resueltos por la operadora, llame gratis a ARCOTEL 1800 567 567
- (**): Este valor se calcula en base a la cantidad multiplicado (*) por el precio unitario y menos (-) el descuento
- Ambiente:PRODUCCIÓN Emisión: 1

TRANSFORMAMOS LA EXPERIENCIA DEL SERVICIO

100 FIJO *611 MÓVIL

www.cnt.gob.ec

Clave de acceso: 0104201601176815256000121378880012431620124316215

c) Datasheet de Cargador Samlex

samlexamerica 50A

Cargador de Batería - Automático

Modelo
SEC-1250UL
50 Amps
12 VCD



Características del Diseño

- Tecnología de conmutación (switcheo) para alta eficiencia, ligero y de silenciosa operación
- Operación automática para TODAS las baterías de Plomo, AGM o baterías Gel Cell
- Puede cargar dos bancos de baterías simultáneamente, no requiere aislador
- Puede ser utilizado como fuente de poder o como UPS de corriente directa (CD) cuando se usa junto con una batería
- El usuario puede configurar el voltaje de entrada de corriente alterna (CA) a 120 o 230 VCA, 50 / 60 Hz
- DIP Switch que permite al usuario la selección de fases 2 o 3, para una carga rápida y segura de baterías autónomas y baterías de plomo
- Modo "Half Power" reduce la corriente de carga máxima a la mitad de la capacidad nominal, permitiendo una carga segura de las baterías de menor capacidad
- Voltímetro y Amperímetro para monitoreo
- Abanico de enfriamiento basado en la corriente de salida
- Protecciones: Corto circuito, sobrecarga, polaridad de la batería y alta temperatura
- Panel de luces indicadoras LED con cable de 33' de largo (modelo: 900-RC) para control remoto de ENCENDIDO/APAGADO y mostrar el estatus de carga.
- Incluye un sensor de temperatura para prevenir carga baja o sobrecarga de la batería cuando la temperatura varía considerablemente
- Certificado de seguridad con los estándares UL-1564
- En conformidad con estándares EMI y con la Parte 15 Clase B del estándar FCC

Intertek 4004711

MODELO NO.	SEC-1250UL
VOLTAJE DE ENTRADA NOMINAL	
Preconfigurado de fábrica	120 VCA, 50 / 60 Hz (108 a 132 VCA)
Por medio del cambio de switches internos.	230 VCA, 50 / 60 Hz (207 a 253 VCA)
CORRIENTE DE ENTRADA	
En 120 VCA entrada / En 230 VCA entrada	10.4A / 5.6A
VOLTAJE SALIDA (NOTA: voltajes basados en una temperatura de la batería de 77°F / 25°C)	
A granel "Fase I"	13.5V ± 0.05V
Absorción "Fase Uo"	14V / 14.4V ± 0.05V
Flotación "Fase U"	13.5V ± 0.05V
MAXIMA CARGA DE CORRIENTE A GRANEL, I	
Operación normal	50A
Modo "Half power"	25A ± 1A
UMBRAL DE CAMBIO DE CORRIENTE	
De fase de Flotación "U" a Absorción "U_o"	10A ± 1A
De fase de Absorción "U_o" a Flotación "U"	5A ± 0.5A
DURACION DE LA FASE DE ABSORCION "U_o"	4 u 8 horas (seleccionable por medio de un switch)
CAPACIDAD MAXIMA DE LA BATERIA	500 Ah
COMPENSACIÓN DE TEMPERATURA	Si, con sensor de temperatura para TF-500
PANEL REMOTO ALAMBRICO (OPCIONAL)	Si, (modelo 900-RC)
ENFRIAMIENTO	Ventilador controlado por carga: Encendido en 10A ± 1A; APAGADO en 5A ± 0.5A[a]
PROTECCIONES	Sobrecarga, Corto Circuito, Reverso de Polaridad, Sobre Temperatura
BANCOS DE SALIDA	2
CONNEXIONES SALIDA	Terminales con hoyos tubulares (8 mm/0.315" de diámetro) y tornillo de ajuste (M8)
RANGO DE TEMPERATURA DE OPERACION	0° - 40°C / 32°F - 104°F
FUSIBLES – DEL LADO DE LA ENTRADA DE CA (Corriente alterna) (6.3 mm x 32 mm / .25" x 1.26")	Acción lenta / Tiempo de retardo - 12A / 250V
FUSIBLES – DEL LADO DE SALIDA DE CD (Corriente directa) Tipo automotriz de hoja, por ejemplo, Littelfuse series "ATO"	32V, 60A (dos piezas de 30A en paralelo)
DIMENSIONES (L x Anch x Alt)	331 x 244 x 97 mm / 13.03 x 9.60 x 3.82 pulgadas
PESO	4.1 kg / 9.0 lb
CUMPLIMIENTO DE SEGURIDAD	Intertek - ETL Listed. Conforms to ANSI / UL STD 1564 Certified to CAN / CSA STD C22.2 No. 107.2
CUMPLIMIENTO INTERFERENCIA ELECTROMAGNETICA (EMI)	FCC Part 15(B), Class B

NOTA: Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso.

12001-SEC-1250UL-0714 ES

Para ver una selección completa de los Productos Samlex, visite nuestra página de internet: www.samlexamerica.com
ó envíenos su correo electrónico a: sales@samlexamerica.com

d) Datasheet Duplexor Sinclair Q2220E

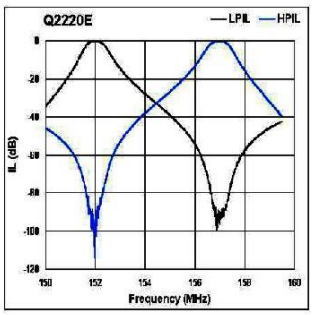
SINCLAIR
Superior then, Superior now.
A Norsat Company | Norsat International Inc.

Duplexers
Low Band, Aviation, and VHF Duplexers
Q2220 Series

Electrical Specifications		
Frequency Range	MHz	138 to 174
Number of Cavities - Tx Side		2
Number of Cavities - Rx Side		2
Input VSWR (max)		1.5:1
Impedance	Ω	50
Average Power Input (max)	W	350
Input Connectors		N-Female
Output Connectors		N-Female
Frequency separation (min)	MHz	0.5
Insertion Loss (max) Tx to Ant	dB	1.5
Isolation (min)	dB	70

Mechanical Specifications		
Width	in (mm)	19 (483)
Depth	in (mm)	30.3 (770)
Length/ Height	in (mm)	4.17 (106)
Finish		chromate conversion
Weight	lbs (kg)	28 (12.71)
Actual shipping weight	lbs (kg)	33 (14.98)
Shipping dimensions	in (mm)	19.25x7x30.5 (489x178x775)
Mounting configurations		19 inch rack

Environmental Specifications		
Temperature range	°F (°C)	-40 to +140 (-40 to +60)



www.sinctech.com

Region	United States	Europe, Middle East and Africa	Caribbean and Latin America	Canada and rest of the world
Telephone	USA: 1 800 263 3275	International: +44 (0) 1487 84 28 19	International: +1 905 726 7676	Canada: 1 800 263 3275 International: +1 905 727 0165
E-mail	salesusa@sinctech.com	salesuk@sinctech.com	salesla@sinctech.com	salescan@sinctech.com

Sinclair's commitment to product leadership may result in improvement or change to this product
Copyright © Sinclair Technologies

e) Datasheet de batería de ciclo profundo UB121000-45978

UPG
Let us power you.
1720 Hayden Drive
Carrollton, TX 75006
P: 469.892.1122
F: 469.892.1123
www.upgi.com

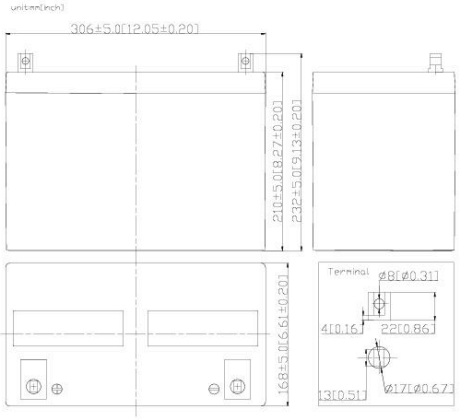
Sealed-Lead Acid Battery

model #UB121000 upg #45978

I. Structure

The battery consists mainly of positive plates, negative plates, separators, electrolyte, valves, a container and a cover.

The electrolyte is absorbed in both positive/negative plate and separators.



II. Performance Specifications

Nominal Voltage (V).....12 volts (6 cells in series)

Nominal Capacity (AH)

20 Hour rate F.V.(1.75V/cell) (4.75A to 10.5volts) .....95A.H.

Approximate Weight 27.1Kg

Terminal

Z Post.....Φ8.0 hole

Maximum Discharge Current For 5 sec. (A).....950A

Maximum Charge Current (A).....28.5A

Ambient Temperature

Charge .....0℃ (32℉)~40℃ (104℉)

Discharge ..... -20℃ (-4℉)~50℃ (122℉)

Storage ..... -20℃ (-4℉)~40℃ (104℉)

Expected Life for Standby Use at 20 .....6 years

Case .....ABS

Dimension (mm/inch)

Length (±5.0mm) 306/12.05

Width (±5.0mm) 168/6.61

Container Height (±5.0mm) 210/8.27

Total Height (±5.0mm)..... 232/9.13

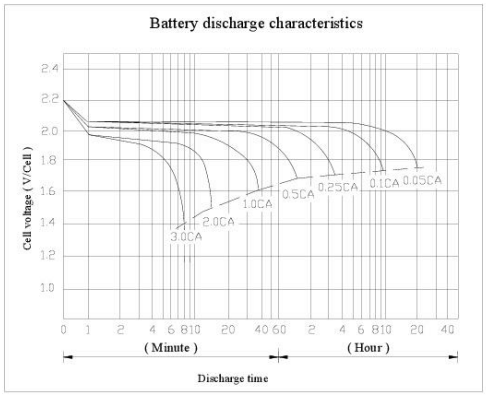
Application.....UPS, Laboratory Equipment, Toy-Cars, Power Packs, Fishing Lights.

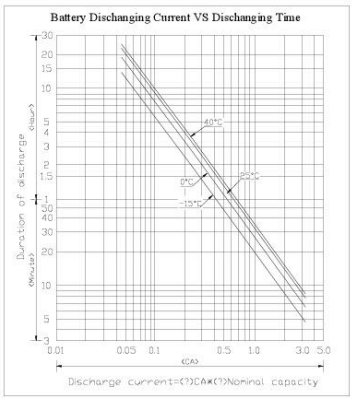
UPG
Let us power you.
1720 Hayden Drive
Carrollton, TX 75006
P: 469.892.1122
F: 469.892.1123
www.upgi.com

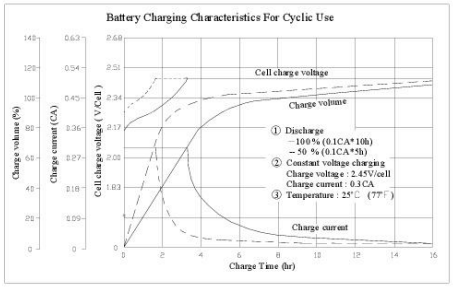
sealed lead-acid battery

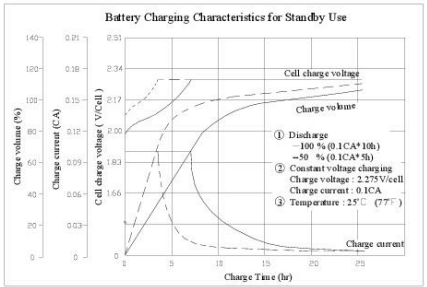
model #UB121000 upg #45978

Battery Characteristics Graph









Effect of temperature on capacity (20HR)

Temperature	Dependency of Capacity (20HR)
40℃	102%
25℃	100%
0℃	85%
-15℃	65%

Self-discharge Characteristics

Aging Time	Residual Capacity
3 Months	91%
6 Months	82%
12 Months	64%

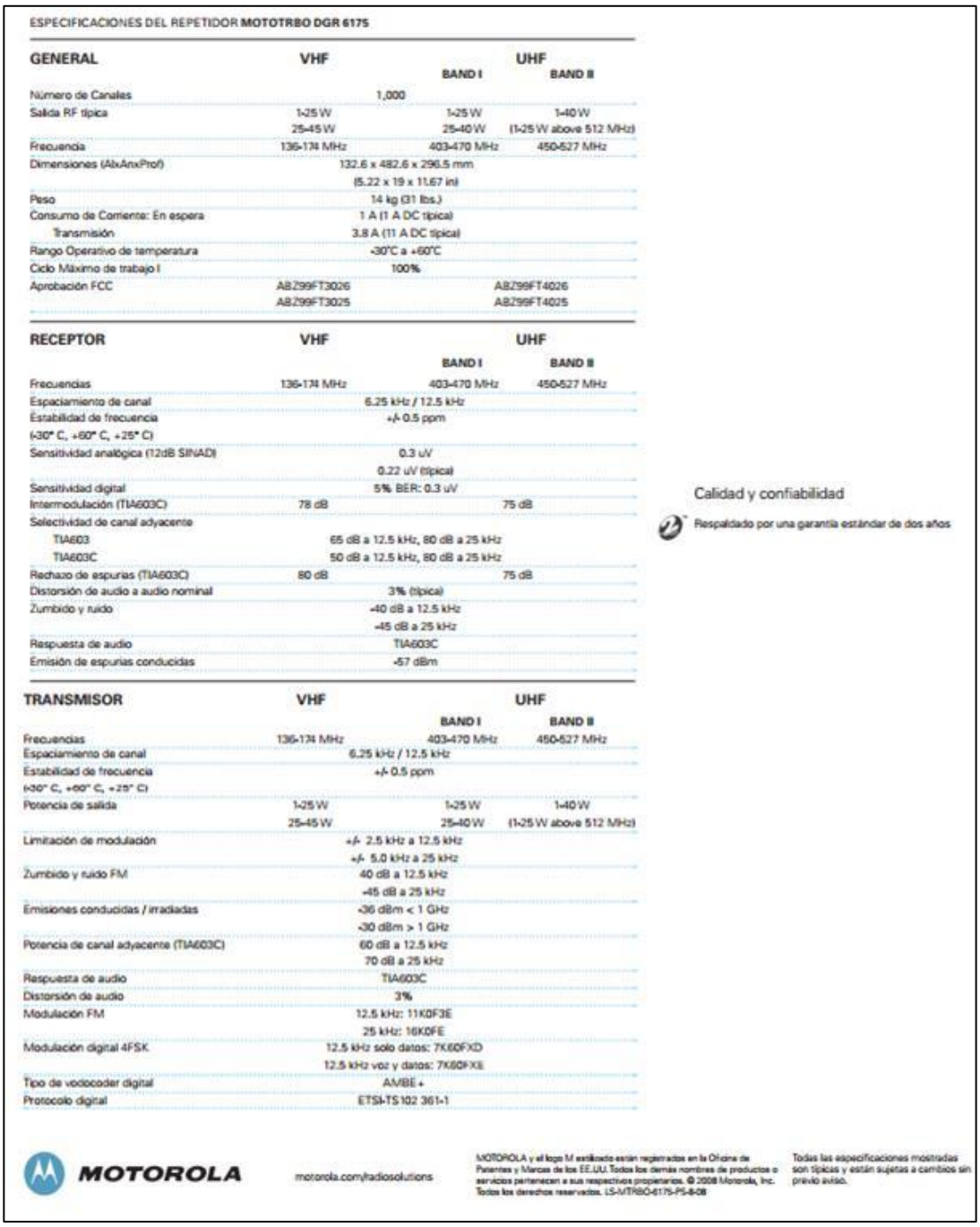
Note: The data mentioned above just for full charged battery.

III. Charging Procedure

Application	Charging method	Charge voltage at 25℃ (V/cell)	Temperature compensation coefficient of charging voltage (mV/℃·cell)	Max. charging current (CA)	Charging time 0.1CA, 25℃(h)		Temp (℃)
					100% DOD	50% DOD	
For standby power source	Constant voltage charging (with current restriction)	2.25~2.30	-3	0.30	24	20	0~40℃ (32~104℉)
For cycle service		2.40~2.50	-4	0.30	16	10	

Note:
Temperature compensation of charging voltage is not needed, when using the batteries within 15℃ to 35℃ range.

f) Datasheet de repetidora Motorola DGR 6175



ESPECIFICACIONES DEL REPETIDOR **MOTOTRBO DGR 6175**

GENERAL	VHF	UHF BAND I	UHF BAND II
Número de Canales	1,000		
Salida RF típica	1-25 W 25-45 W	1-25 W 25-40 W	1-40 W (1-25 W above 512 MHz)
Frecuencia	136-174 MHz	403-470 MHz	450-527 MHz
Dimensiones (AlxAnxProf)	132.6 x 482.6 x 296.5 mm (5.22 x 19 x 11.67 in)		
Peso	14 kg (31 lbs.)		
Consumo de Corriente: En espera	1 A (1 A DC típica)		
Transmisión	3.8 A (11 A DC típica)		
Rango Operativo de temperatura	-30°C a +60°C		
Ciclo Máximo de trabajo	100%		
Aprobación FCC	AZ99FT3026 AZ99FT3025		AZ99FT4026 AZ99FT4025

RECEPTOR	VHF	UHF BAND I	UHF BAND II
Frecuencias	136-174 MHz	403-470 MHz	450-527 MHz
Espaciamiento de canal	6.25 kHz / 12.5 kHz		
Estabilidad de frecuencia (-30° C, +60° C, +25° C)	+/- 0.5 ppm		
Sensitividad analógica (12dB SINAD)	0.3 uV 0.22 uV (típica)		
Sensitividad digital	5% BER: 0.3 uV		
Intermodulación (TIA603C)	78 dB		75 dB
Selectividad de canal adyacente			
TIA603	65 dB a 12.5 kHz, 80 dB a 25 kHz		
TIA603C	50 dB a 12.5 kHz, 80 dB a 25 kHz		
Rechazo de espurias (TIA603C)	80 dB		75 dB
Distorsión de audio a audio nominal	3% (típica)		
Zumbido y ruido	-40 dB a 12.5 kHz -45 dB a 25 kHz		
Respuesta de audio	TIA603C		
Emisión de espurias conducidas	-57 dBm		

TRANSMISOR	VHF	UHF BAND I	UHF BAND II
Frecuencias	136-174 MHz	403-470 MHz	450-527 MHz
Espaciamiento de canal	6.25 kHz / 12.5 kHz		
Estabilidad de frecuencia (-30° C, +60° C, +25° C)	+/- 0.5 ppm		
Potencia de salida	1-25 W 25-45 W	1-25 W 25-40 W	1-40 W (1-25 W above 512 MHz)
Limitación de modulación	+/- 2.5 kHz a 12.5 kHz +/- 5.0 kHz a 25 kHz		
Zumbido y ruido FM	40 dB a 12.5 kHz -45 dB a 25 kHz		
Emisiones conducidas / irradiadas	-36 dBm < 1 GHz -30 dBm > 1 GHz		
Potencia de canal adyacente (TIA603C)	60 dB a 12.5 kHz 70 dB a 25 kHz		
Respuesta de audio	TIA603C		
Distorsión de audio	3%		
Modulación FM	12.5 kHz: 11K0F3E 25 kHz: 16K0FE		
Modulación digital 4FSK	12.5 kHz solo datos: 7K60FXD 12.5 kHz voz y datos: 7K60FXE		
Tipo de vocododer digital	AMBE+		
Protocolo digital	ETSI-TS 102 361-1		

Calidad y confiabilidad

Respaldado por una garantía estándar de dos años

MOTOROLA

motorola.com/radiosolutions

MOTOROLA y el logo M estilizado están registrados en la Oficina de Patentes y Marcas de los EE.UU. Todos los demás nombres de productos o servicios pertenecen a sus respectivos propietarios. © 2008 Motorola, Inc. Todos los derechos reservados. LS-MTRBO-6175-PS-8-08

Todas las especificaciones mostradas son típicas y están sujetas a cambios sin previo aviso.

g) Datasheet Radio Movil DGM 8500

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO
RADIOS MÓVILES SERIE DGM™8000 / DGM™5000 MOTOTRBO

ESPECIFICACIONES DE LAS SERIES DGM™8000 Y DGM™5000

TOTALMENTE COMPATIBLES CON LOS RADIOS LEGADOS MOTOTRBO.

ESPECIFICACIONES GENERALES

		DGM™8500/DGM™5500			DGM™8500	DGM™8000/DGM™5000			DGM™8000
		VHF	UHF Banda 1	UHF Banda 2	800/900	VHF	UHF Banda 1	UHF Banda 2	800/900
Capacidad de canal		Hasta 1.000			Hasta 1.000		99		99
Salida RF típica	Baja potencia	1-25 W	1-25 W			1-25 W	1-25 W		
	Alta potencia	25-45 W	25-40 W	1-40 W	806-870 MHz: 10-35 W 896-941 MHz: 10-30 W	25-45 W	25-40 W	1-40 W	806-870 MHz: 10-35 W 896-941 MHz: 10-30 W
Dimensiones (A X A X L)		2,1 x 6,9 x 8,1 in (53,3 x 175,9 x 205,7 mm)							
Peso		3,9 lbs (1,8 kg)							
Consumo de energía	Standby	0,81 A							
	Rx en audio nominal	2 A							
	Transmisión	1-25 W: 11,0 A 25-45 W: 14,5 A	1-25 W: 11,0 A 25-40 W: 14,5 A	1-25 W: 11,0 A 25-40 W: 14,5 A	12 A	1-25 W: 11,0 A 25-45 W: 14,5 A	1-25 W: 11,0 A 25-40 W: 14,5 A	1-25 W: 11,0 A 25-40 W: 14,5 A	12 A
Descripción de la FCC		1-25 W: AB299FT3086	1-25 W: AB299FT4087	1-40 W: AB299FT4085	AZ492FT5862	1-25 W: AB299FT3086	1-25 W: AB299FT4087	1-40 W: AB299FT4085	AZ492FT5862
		25-45 W: AB299FT3087	25-40 W: AB299FT4088			25-45 W: AB299FT3087	25-40 W: AB299FT4088		
Descripción del IC		1-25 W: 109AB-99FT3086	1-25 W: 109AB-99FT4087	1-40 W: 109AB-99FT4085	109U-92FT5862	1-25 W: 109AB-99FT3086	1-25 W: 109AB-99FT4087	1-40 W: 109AB-99FT4085	109U-92FT5862
		00 25-45 W: 109AB-99FT3087 0	25-40 W: 109AB-99FT4088			25-45 W: 109AB-99FT3087	25-40 W: 109AB-99FT4088		

RECEPTOR

	VHF	UHF Banda 1	UHF Banda 2	800/900
Frecuencias	136-174 MHz	403-470 MHz	450-512 MHz	806-870 MHz 896-941 MHz
Espaciamiento de canal	12,5 kHz / 25 kHz*			806-870 MHz 12,5/25 kHz* 896-941 MHz: 12,5 kHz
Estabilidad de frecuencia (-30°C, +60°C, +25°C Ref)	± 0,5 ppm			
Sensibilidad analógica (12dB SINAD)	0,3uV, 0,22uV (typical)			
Sensibilidad digital	5% BER @ 0,25uV (0,19uV typical)			5% BER @ 0,3uV
Intermodulación (TIA603D)	78 dB			75 dB
Selectividad de canal adyacente (TIA603D)	50 dB @ 12,5 kHz 80 dB @ 25 kHz*	50 dB @ 12,5 kHz 75 dB @ 25 kHz*		
Rechazo espúreo (TIA603D)	80 dB	75 dB		
Audio nominal	3 W (Interno) 7,5 W (Externo - 8 ohms) 13 W (Externo - 4 ohms)			
Distorsión de audio en audio nominal	3% (typical)			
Interferencia y ruido	-40 dB @ 12,5 kHz/-45 dB @ 25 kHz*			
Respuesta acústica	TIA603D			
Emisión espúrea conducida (TIA603D)	-57dBm			

TRANSMISOR

	VHF	UHF Banda 1	UHF Banda 2	800/900
Frecuencias	136-174 MHz	403-470 MHz	450-512 MHz	806-870 MHz 896-941 MHz
Espaciamiento de canal	12,5 kHz / 25 kHz*			806-870 MHz: 12,5/25 kHz* 896-941 MHz: 12,5 kHz
Estabilidad de frecuencia (Ref. -30°C, +60°C, +25°C)	± 0,5 ppm			
Baja potencia de salida	1-25 W			
Alta potencia de salida	25-45 W		1-40 W	806-870MHz 10-35W 896-941MHz 10-30W
Restricción de modulación	± 2,5 kHz @ 12,5 kHz/± 5,0 kHz @ 25 kHz*			
Interferencia y ruido en FM	-40 dB @ 12,5 kHz/-45 dB @ 25 kHz*			
Emisión conducida/radiada	-36 dBm < 1 GHz/-30 dBm > 1 GHz			
Potencia de canal adyacente	60 dB @ 12,5 kHz/70 dB @ 25 kHz*			50 dB @ 12,5 kHz/ 60 dB @ 25 kHz*
Respuesta acústica	TIA603D			
Distorsión de audio	3%			
Modulación FM	12,5 kHz: 11K0F3E / 25 kHz*: 16K0F3E			
Modulación digital 4FSK	12,5 kHz Data Only: 7K60F1D & 7K60FXD			
	12,5 kHz Voice: 7K60F1E & 7K60FXE			
	Combinación de voz y datos (12,5 kHz): 7K60F1W			
Tipo de vocodificador digital	AMBE+2™			
Protocolo digital	ETSI TS 102 361-1, -2, -3			

*25 kHz NO está disponible en las EE.UU.. Reglas de la FCC sobre narrowbanding no permiten el funcionamiento de este modelo, en configuración de 25kHz en la Parte 90 de frecuencias VHF / UHF

ESTÁNDARES MILITARES

	810C		810D		810E		810F		810G	
MIL-STD APLICABLE	MÉTODO	PROCEDIMIENTOS	MÉTODO	PROCEDIMIENTOS	MÉTODO	PROCEDIMIENTOS	MÉTODO	PROCEDIMIENTOS	MÉTODO	PROCEDIMIENTOS
Baja presión	500.1	I	500.2	II	500.3	II	500.4	II	500.5	II
Alta temperatura	501.1	I, II	501.2	I/A1,J/A1	501.3	I/A1,J/A1	501.4	I/Caliente, II/Caliente	501.5	I/A1, II
Baja temperatura	502.1	I	502.2	I/C3, II/C1	502.3	I/C3, II/C1	502.4	I/C3, II/C1	502.5	I/C3, II
Choque térmico	503.1	-	503.2	I/A1/C3	503.3	I/A1/C3	503.4	I	503.5	I/C
Radiación solar	505.1	II	505.2	I	505.3	I	505.4	I	505.5	I/A1
Lluvia	506.1	I, II	506.2	I, II	506.3	I, II	506.4	I, III	506.5	I, III
Humedad	507.1	II	507.2	II	507.3	II	507.4	-	507.5	II - Agravado
Niebla salina	509.1	-	509.2	-	509.3	-	509.4	-	509.5	-
Polvo	510.1	I	510.2	I	510.3	I	510.4	I	510.5	I
Vibración	514.2	VIII/F, Curva-W	514.3	I/10, II/3	514.4	I/10, II/3	514.5	I/24	514.6	I/24
Golpes	516.2	I, II	516.3	I, IV	516.4	I, IV	516.5	I, IV	516.6	I, IV, V, VI

GPS

Especificaciones sobre precisión para seguimiento a largo plazo (95° valor percentil >5 satélites visibles con una intensidad de señal nominal de -130 dBm).

TTFF (Tiempo para el primer punto fijo) - Arranque en frío	< 1 minuto
TTFF (Tiempo para el primer punto fijo) - Arranque en caliente	< 10 segundos
Precisión horizontal	< 5 metros

BLUETOOTH

Versión	Admite Bluetooth® 2.1 + Especificación EDR
Perfiles admitidos	Perfil de Auriculares Bluetooth (HSP), Perfil de Puerto Serie (SPP), PTT rápido Motorola.
Dispositivos admitidos	El radio admite 1 accesorio de audio Bluetooth y 1 dispositivo de datos Bluetooth simultáneamente
Alcance	Clase 2; 10 metros

ESPECIFICACIONES AMBIENTALES

Temperatura de funcionamiento	-30°C - +60°C
Temperatura de almacenamiento	-40°C - +85°C
Choque térmico	Según MIL-STD
Humedad	Según MIL-STD
ESD	IEC 61000-4-2 Nivel 3
Ingreso de agua y polvo	IP54, MIL-STD
Prueba de embalaje	MIL-STD 810C, D, E, F y G

Especificaciones sujetas a cambios sin notificación previa. Todas las especificaciones incluidas en este documento son especificaciones típicas. El radio cumple con todos los requisitos reglamentarios vigentes.
Versión 1.07/11

Para más información acerca de cómo fortalecer sus operaciones de voz móvil, visite www.motorolasolutions.com/mototrbo

MOTOROLA, MOTO, MOTOROLA SOLUTIONS y el logotipo de la M estilizada son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de Motorola Trademark Holdings, LLC y son utilizadas bajo licencia. Todas las demás marcas comerciales pertenecen a sus respectivos propietarios.
© 2014 Motorola Solutions, Inc. Todos los derechos reservados.
2014-06

MOTOTRBO
REINVENTANDO DIGITAL

h) Datasheet Radio Portátil DGP 8550

DGP™ 8000 / DGP™ 5000 SERIES SPECIFICATIONS

GENERAL SPECIFICATIONS

		FULL DISPLAY AND KEYPAD - DGP 8550 & DGP 5550			NO DISPLAY OR KEYPAD - DGP 8050 & DGP 5050		
		VHF	UHF	800/900	VHF	UHF	800/900
Channel Capacity		1000			32		
Frequency		136-174 MHz	403-527 MHz	806-825 MHz 851-870 MHz 896-902 MHz 935-941 MHz	136-174 MHz	403-527 MHz	806-825 MHz 851-870 MHz 896-902 MHz 935-941 MHz
IMPRES Hi-Cap Li-ion 2150 mAH Battery (PMNN4409)	(HxWxL)	5.13 inch / 2.17 inch / 1.62 inch (130.3 mm / 55.2 mm / 41.1 mm)			5.13 inch / 2.17 inch / 1.56 inch (130.3 mm / 55.2 mm / 39.6 mm)		
	Weight	12.54 oz (355.5 g)		12.35 oz (350.0 g)	11.39 oz (323 g)		11.20 oz (318 g)
Slim IMPRES Li-ion 1500 mAH Battery (PMNN4407)	(HxWxL)	5.13 inch / 2.17 inch / 1.41 inch (130.3 mm / 55.2 mm / 35.8 mm)			5.13 inch / 2.17 inch / 1.35 inch (130.3 mm / 55.2 mm / 34.3 mm)		
	Weight	11.83 oz (335.5 g)		11.64 oz (330.0 g)	10.69 oz (303 g)		10.49 oz (298 g)
IMPRES Hi-Cap Li-ion FM 2300 mAH Battery (NNTN8129)	(HxWxL)	5.13 inch / 2.17 inch / 1.62 inch (130.3 mm / 55.2 mm / 41.1 mm)			5.13 inch / 2.17 inch / 1.56 inch (130.3 mm / 55.2 mm / 39.6 mm)		
	Weight	12.89 oz (365.5 g)		12.70 oz (360.0 g)	11.75 oz (333 g)		11.55 oz (328 g)
Power Supply		7.5 V (Nominal)					
Operating Temperature		-30 ~ +60 °C[1]					
FCC Description		AB299FT3085	AB299FT4086	AB299FT5014	AB299FT3085	AB299FT4086	AB299FT5014
IC Description		109AB-99FT3085	109AB-99FT4086	109AB-99FT5014	109AB-99FT3085	109AB-99FT4086	109AB-99FT5014

BATTERY

Average Battery Life	5/5/90 duty cycle with carrier squelch and transmitter in high power[2]			
Core Li-ion thin battery 1500 mAh	Analog: 7,7 hs/ Digital: 11,3 hs.	9.5 hrs / 12.0 hrs	Analog: 8 hrs/ Digital: 11.8 hrs	9.7 hrs / 12.5 hrs
Slim IMPRES Li-ion 1500 mAh Battery	Analog: 7.7 hrs/ Digital: 11.3 hrs	9.5 hrs / 12.0 hrs	Analog: 8 hrs/ Digital: 11.8 hrs	9.7 hrs / 12.5 hrs
IMPRES Hi-Cap Li-ion 2150 mAH Battery	Analog: 11.1 hrs/Digital: 16.2 hrs	13.5 hrs / 17.0 hrs	Analog: 11.5 hrs/Digital: 17 hrs	14.0 hrs / 17.8 hrs
IMPRES Hi-Cap Li-ion FM 2300 mAH Battery	Analog: 11.9 hrs/Digital: 17.3 hrs	14.5 hrs / 18.2 hrs	Analog: 12.3 hrs/Digital: 18.1 hrs	15.0 hrs / 19.0 hrs

RECEIVER

	VHF	UHF	800/900
Frequencies	136-174 MHz	403-527 MHz	806-941 MHz
Channel Spacing	12.5/25kHz		
Frequency Stability (-30°C, +60°C, +25°C Ref)	± 0.5 ppm		
Analog Sensitivity (12dB SINAD)	0.3uV (0.22uV typical)		
Digital Sensitivity	0.25 uV (0.19 uV typical)		
Intermodulation (TIA603D)	70 dB		
Adjacent Channel Selectivity (TIA603A)-1T	60dB @ 12.5 kHz / 70dB @ 25 kHz		
Adjacent Channel Selectivity (TIA603D)-2T	45dB @ 12.5 kHz / 70dB @ 25 kHz		
Spurious Rejection (TIA603D)	70 dB		
Rated Audio	0.5W		
Audio Distortion @ Rated Audio	5% (3% typical)		
Hum and Noise	-40dB @ 12.5 kHz / -45dB @ 25 kHz		
Audio Response	TIA603D		
Conducted Spurious Emission (TIA603D)	-57dBm		

TRANSMITTER

	VHF	UHF	800/900
Frequencies	136-174 MHz	403-527 MHz	806-941 MHz
Channel Spacing	12.5/25 kHz		
Frequency Stability	± 0.5 ppm		
Low Power Output	1W	1W	1W
High Power Output	5W	4W	2.5W
Modulation Limiting	± 2.5kHz @ 12.5 kHz / ± 5.0kHz @ 25 kHz		
FM Hum and Noise	-40dB@ 12.5 kHz / -45dB@ 25 kHz		
Conducted/Radiated Emission	-36 dBm < 1GHz / -30 dBm > 1GHz		
Adjacent Channel Power	60dB @ 12.5 kHz / 70dB @ 25 kHz		
Audio Response	TIA603D		
Audio Distortion	3%		
FM Modulation	12.5 kHz: 11K0F3E 25 kHz: 16K0F3E		
4FSK Digital Modulation	12.5 kHz Data: 7K60F1D & 7K60FXD		
	12.5 kHz Voice: 7K60F1E & 7K60FXE		
	Combination of 12.5 kHz Voice & Data: 7K60F1W		
Digital Vocoder Type	AMBE+2™		
Digital Protocol	ETSI TS 102 361-1, -2, -3		

GPS

Accuracy specs are for long-term tracking (95th percentile values>5 satellites visible at nominal -130 dBm signal strength)

TTFF (Time To First Fix) - Cold Start	< 60 seconds
TTFF (Time To First Fix) - Hot Start	< 10 seconds
Horizontal Accuracy	< 5 meters

BLUETOOTH

Version	Supports Bluetooth® 2.1 + EDR Specification
Range	Class 2, 10 meters

FACTORY MUTUAL APPROVALS

MOTOTRBO DGP™ 8000 / DGP™ 5000 Series portable radios can be ordered with certification by FM in accordance with U.S. Codes as intrinsically safe for use in Class I, II, III, Division 1, Groups C, D, E, F, G. In order to receive this certification, a new radio must be ordered with a Motorola FM approved battery option. They are also approved for use in Class I, Division 2, Groups A, B, C, D.

ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS: DISPLAY DGP™ 8550 & NON-DISPLAY DGP™ 8050

Operating Temperature	-30° C / +60° C
Storage Temperature	-40° C / +85° C
Thermal Shock	Per MIL-STD
Humidity	Per MIL-STD
ESD	IEC 61000-4-2 Level 3
Dust and Water Intrusion	IEC 60529 - IP57
Packaging test	MIL-STD 810D and E

Testing completed using portable radio with attached battery and antenna.

[1] Radio only - Li-Ion battery -10C

[2] Actual battery runtime observed may vary based on the use of certain features such as GPS, Bluetooth, and Expansion Card based applications.

Please contact your Motorola sales representative for battery runtime expectations based on your specific radio configuration.

MILITARY STANDARDS

	810C		810D		810E		810F		810G	
APPLICABLE MIL-STD	METHOD	PROCEDURES	METHOD	PROCEDURES	METHOD	PROCEDURES	METHOD	PROCEDURES	METHOD	PROCEDURES
Low Pressure	500.1	I	500.2	II	500.3	II	500.4	II	500.5	II
High Temperature	501.1	I, II	501.2	I/A1,II/A1	501.3	I/A1,II/A1	501.4	I/Hot, II/Hot	501.5	I-A1, II
Low Temperature	502.1	I	502.2	I/C3, II/C1	502.3	I/C3, II/C1	502.4	I-C3, II/C1	502.5	I, II
Temperature Shock	503.1	-	503.2	I/A1/C3	503.3	I/A1/C3	503.4	I	503.5	I-C
Solar Radiation	505.1	II	505.2	I	505.3	I	505.4	I	505.5	I-A1
Rain	506.1	I, II	506.2	I, II	506.3	I, II	506.4	I, III	506.5	I, III
Humidity	507.1	II	507.2	II	507.3	II	507.4	-	507.5	II
Salt fog	509.1	-	509.2	-	509.3	-	509.4	-	509.5	-
Dust	510.1	I	510.2	I	510.3	I	510.4	I	510.5	I
Vibration	514.2	VIII/F, Curve-W	514.3	I/10, II/3	514.4	I/10, II/3	514.5	I/24	514.6	II/5
Shock	516.2	I, II	516.3	I, IV	516.4	I, IV	516.5	I, IV	516.6	I, IV, VI

For more information on how to strengthen your portable voice, visit www.motorolasolutions.com/caribbean/mototrbo

Specifications subject to change without notice. All specifications shown are typical.

Radio meets applicable regulatory requirements.

MOTOROLA, MOTO, MOTOROLA SOLUTIONS and the Stylized M Logo are trademarks or registered trademarks of Motorola Trademark Holdings, LLC and are used under license. All other trademarks are the property of their respective owners. © 2014 Motorola Solutions, Inc. All rights reserved.

MOTOTRBO
REINVENTING DIGITAL

i) Datasheet Antena Andrew DB224

Exposed Dipole Quasi-Omni Antenna

127 - 174 MHz & 220 - 285 MHz / 6 or 9 dBd Gain

DB224

ANDREW

30-512 MHz

This popular lightweight, durable antenna is available with four folded dipoles for high-gain and broad bandwidth applications. It is factory adjusted and checked for minimum VSWR over a wide band of frequencies. Clamps for top mounting are supplied with the antenna but an additional side mount kit (Model DB5001) must be ordered when side mounting the antenna.

- **Broad Response —** 10 MHz bandwidth provides optimum performance in single or multi-frequency systems, on both transmit and receive. Unique model, DB224-FAA, available for most VHF air control systems.
- **Optional Radiation Pattern —** The radiation pattern of the DB224 can be easily changed from a 6 dBd gain omni-directional pattern, to a 9 dBd maximum gain offset pattern, or from an offset to an omni-directional pattern. When the four-dipole elements are positioned evenly, every 90 degrees around the mast, a circular radiation pattern results. When all four dipoles are in line (collinear) along one side of the mast, the antenna has a directional characteristic.
- **Bandwidth —** Through the use of folded dipole elements and binary cable harness, the DB224 has an exceptionally broad bandwidth. Performance characteristics (gain, VSWR) are essentially constant over a frequency range of 10 MHz or more. This permits the DB224 to provide optimum performance when used in either single or multi-frequency systems.
- **Two-Piece Mast —** For ease of handling and to facilitate shipment, the mast is made in two sections. Assembly of the sections is quite simple and requires only the use of ordinary hand tools. The unique center splice assures proper alignment.
- **Split Version —** The DB224S is a split version of the DB224. It consists of two independent antennas on the same mast; each with a separate feedline terminated at the bottom of the mast. Essentially, it amounts to two 3 dBd gain in an omni-directional pattern (DB224S) or two 6 dBd gain in an offset pattern (DB224ES). Each antenna may be used omni-directionally or directionally without regard to the other. Isolation between the two antennas is 35 dB or more.
- **Lightning Resistant —** The radiators operate at DC ground, and the aluminum mast, with its pointed cap, provides a low resistant discharge path to the tower or ground system.
- **For Air Shipment —** Model DB224X, refer to table.



DB224E (Offset Pattern)

DB224 (Omni Pattern)



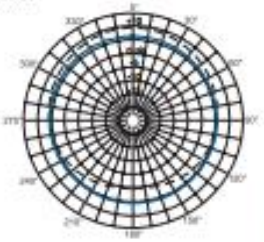
Single but secure stainless steel banding clamp allows an easy change from circular to offset radiation pattern.



Molded connections for weatherproof operation.



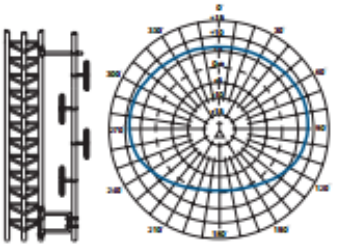
Unique center splice prevents misalignment; two piece construction for easier handling before installation.



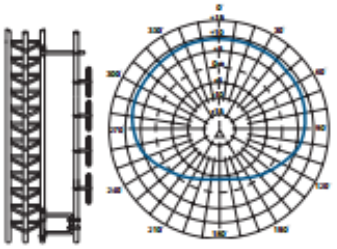
Horizontal patterns illustrate the maximum gain of the DB224 (6 dBd) and DB224E (9 dBd) with respect to a half-wave dipole (0 dBd level).

ORDERING INFORMATION

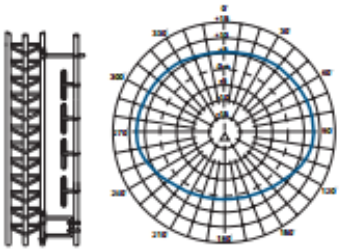
See model number table for correct frequency and type. DB365-DB Mounting Clamps are included. For side mounting, order DB5001 Side Mount Kit. For Stabilizer Kit, order 12088 (four required). For shortened mast, order DB224X. Order jumper cable separately.



DB224 (omni) mounted on side of tower.



DB224E, elements pointed away from the tower.



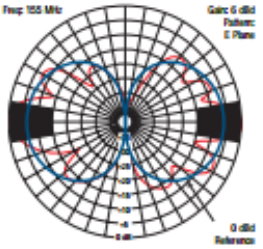
DB224E, elements pointed toward the tower.

SIDE MOUNTING

The patterns indicate the typical pattern shape of the antenna side mounted on a tower with an 18" to 24" (457.2 to 609.6 mm) face, using the DB5001 Side Mount Kit.

The DB5001 Side Mount Kit positions the antenna approximately 18" from the tower and consists of an upper sway brace, lower bracket (both galvanized) and the necessary hardware for attaching the bracket to round tower members up to 3" OD, or angular members up to 2" on a side. Other size clamps can be supplied on special order.

DB224 Vertical Pattern



ELECTRICAL DATA

Frequency Ranges* – MHz	See Model Table	
Bandwidth (150-174 MHz) – MHz	10	
VSWR	1.5 to 1 or less	
Nominal Impedance – Ohms	50	
Gain (over half-wave dipole) – dBd	**Omni Pattern** 6.0	**Offset Pattern** 9.0
Maximum Power Input – Watts	500	
Vertical Beamwidth (half-power points)	16°	
Decoupling Between Antennas (split models) – dB	35 minimum	
Lightning Protection	Direct ground	
Standard Termination	Captive Type N-Male attached to end of flexible lead.	

* Special frequencies are available; contact factory for details.

MECHANICAL DATA

Mast – Upper (aluminum) – in. (mm)	1.75 (44.45) OD with 0.062 to 0.125 (1.57 to 3.18) wall	
Mast – Lower (aluminum) – in. (mm)	2 (50.8) OD with 0.125 to 0.187 (3.18 to 4.75) wall	
Radiating Elements (aluminum) – in. (mm)	0.5 (12.7) OD with 0.058 (1.47) wall	
Maximum Exposed Area (flat plate equivalent) – ft² (m^2)	3.15 (0.292)	
Lateral Thrust at 100 mph (161 km/hr) – lbf (N)	126 (560.5)	
Wind Rating:*	**Top Mounted**	**Side Mounted**
Survival w/o Ice – mph (km/hr)	80 (129)	100 (161)
Survival with 0.5" (12.7 mm) Radial Ice – mph (km/hr)	55 (89)	70 (113)
Mounting Clamps (Galv. steel)	DB365-OS	

* Calculation of wind survivability does not include damage due to flying debris.

Circular	Offset	Dual	Dual Offset	Frequency	Overall Length - in. (mm)	Net Weight (w/clamps) - lbs. (kg)	Shipping Length - in. (mm)	Shipping Width - in. (mm)	Shipping Height - in. (mm)	Shipping Weight (w/clamps) - lbs. (kg)
DB224-FAA	DB224E-FAA			127-141	279 (7087)	38 (17.25)	149 (3784.6)	17 (431.8)	8 (203.2)	48 (21.8)
DB224-A	DB224E-A			150-160	255 (6477)	35 (15.89)	149 (3784.6)	17 (431.8)	8 (203.2)	45 (20.43)
DB224-B	DB224E-B			155-165	255 (6477)	35 (15.89)	149 (3784.6)	17 (431.8)	8 (203.2)	45 (20.43)
DB224-C	DB224E-C			164-174	255 (6477)	35 (15.89)	149 (3784.6)	17 (431.8)	8 (203.2)	45 (20.43)
DB224-E	DB224E-E			138-150	279 (7087)	38 (17.25)	149 (3784.6)	17 (431.8)	8 (203.2)	48 (21.8)
DB224-F				160-170	255 (6477)	35 (15.89)	149 (3784.6)	17 (431.8)	8 (203.2)	45 (20.43)
DB224-J				276-285	165 (4191)	27 (12.26)	100 (2540)	17 (431.8)	8 (203.2)	37 (16.8)
DB224-JJ	DB224E-JJ	DB224S-JJ	DB224ES-JJ	220-225	209.75 (5328)	35 (15.89)	121 (3073.4)	17 (431.8)	8 (203.2)	42 (19.07)
		DB224S-A	DB224ES-A	150-158	255 (6477)	36 (16.34)	149 (3784.6)	17 (431.8)	8 (203.2)	46 (20.89)
Antennas with Shortened Mast for Air Shipment										
DB224X-A				150-160	191.25 (4858)	38 (17.25)	124 (3150)	21 (533.4)	12 (304.8)	48 (21.8)
DB224X-B				155-165	191.25 (4858)	44 (19.98)	125 (3175)	21 (533.4)	12 (304.8)	54 (24.52)
DB224X-C				164-174	191.25 (4858)	38 (17.25)	124 (3150)	21 (533.4)	12 (304.8)	48 (21.8)
DB224X-E				138-150	191.25 (4858)	44 (19.98)	96 (2438)	17 (431.8)	17 (431.8)	54 (24.52)

j) Datasheet Equipo Ubiquiti LBE-5AC-23

LBE-5AC-23 Specifications

Physical / Electrical / Environmental	
Dimensions (No Mount)	362 x 273 x 203 mm (14.25 x 10.75 x 7.99")
Weight (No Mount)	907 g (2.00 lbs)
Mounting Kit	Pole Mounting Kit (Included)
Max. Power Consumption	7W
Power Supply	24V, 0.3A Gigabit PoE Adapter (Included)
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)
Operating Temperature	-40 to 70° C (-40 to 158° F)
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4
ETSI Specification	EN 302 326 DN2
ESD/EMP Protection	± 24 KV Contact / Air

System Information	
Processor Specs	Atheros MIPS 74Kc, 533 MHz
Memory	64 MB
Networking Interface	(1) 10/100/1000 Ethernet Port

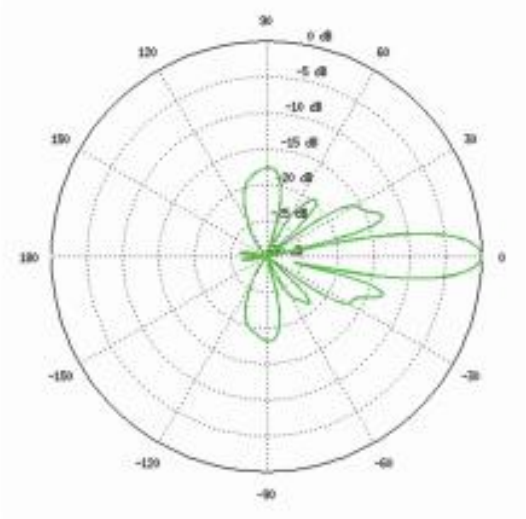
Regulatory / Compliance Information	
Wireless Approvals	FCC, IC, CE
RoHS Compliance	Yes

Output Power: 24 dBm

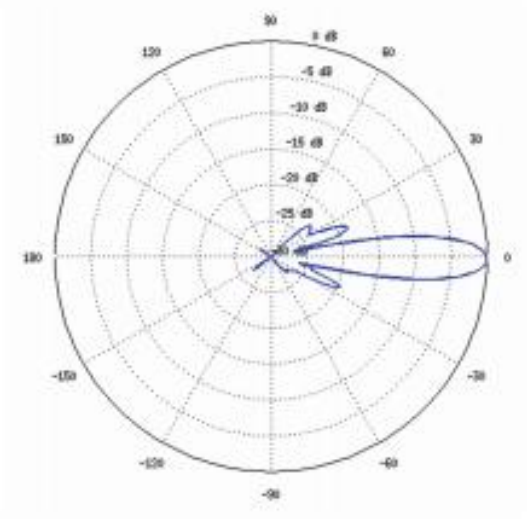
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
airMAX ac	1x BPSK (½)	24 dBm	± 2 dB	airMAX ac	1x BPSK (½)	-96 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (½)	24 dBm	± 2 dB		2x QPSK (½)	-95 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (¾)	24 dBm	± 2 dB		2x QPSK (¾)	-92 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (½)	24 dBm	± 2 dB		4x 16QAM (½)	-90 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (¾)	24 dBm	± 2 dB		4x 16QAM (¾)	-86 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (⅔)	23 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (⅔)	-83 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (¾)	22 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (¾)	-77 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (¾)	21 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (¾)	-74 dBm	± 2 dB
	8x 256QAM (¾)	20 dBm	± 2 dB		8x 256QAM (¾)	-69 dBm	± 2 dB
	8x 256QAM (¾)	19 dBm	± 2 dB		8x 256QAM (¾)	-65 dBm	± 2 dB

Antenna Information	
Operating Frequency	Worldwide: 5150 - 5875 MHz USA: 5725 - 5850 MHz
Output Power	25 dBm
Gain	23 dBi
Max. VSWR	1.5:1

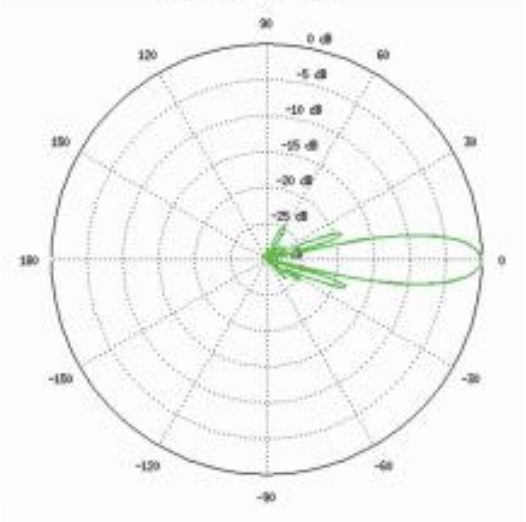
Vertical Azimuth



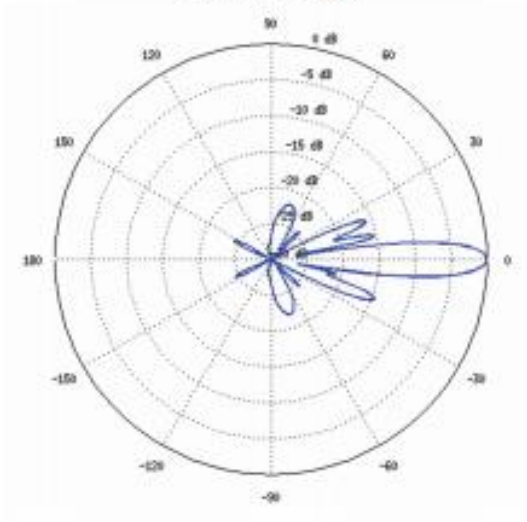
Vertical Elevation



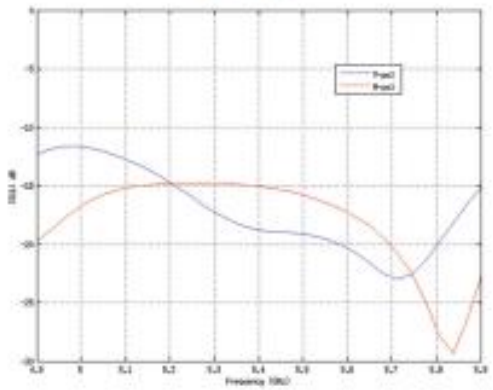
Horizontal Azimuth



Horizontal Elevation

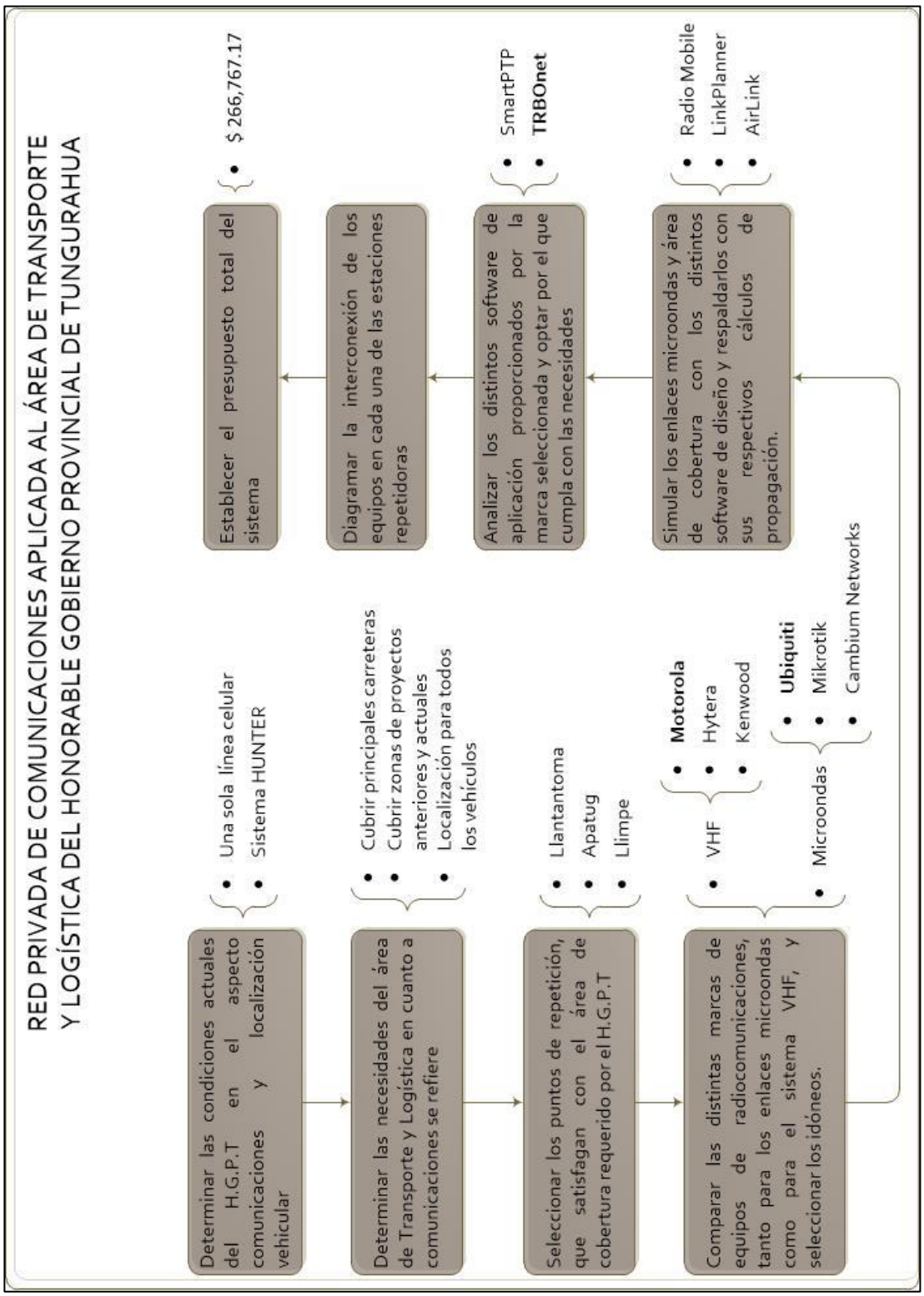


Return Loss



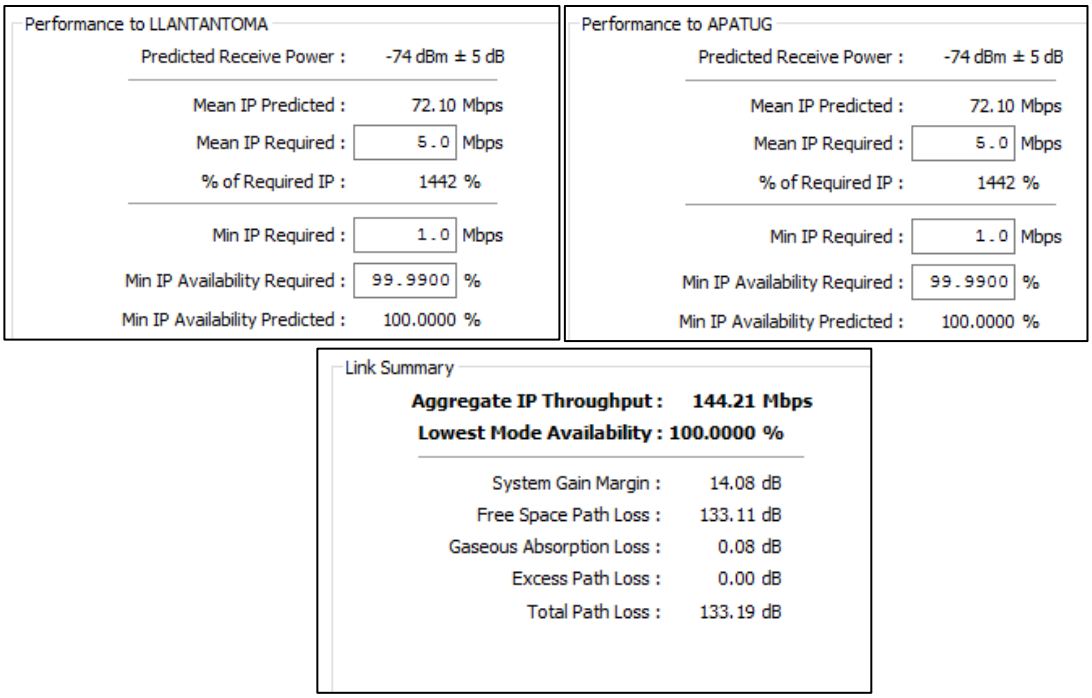


k) Diagrama de bloques del desarrollo del proyecto

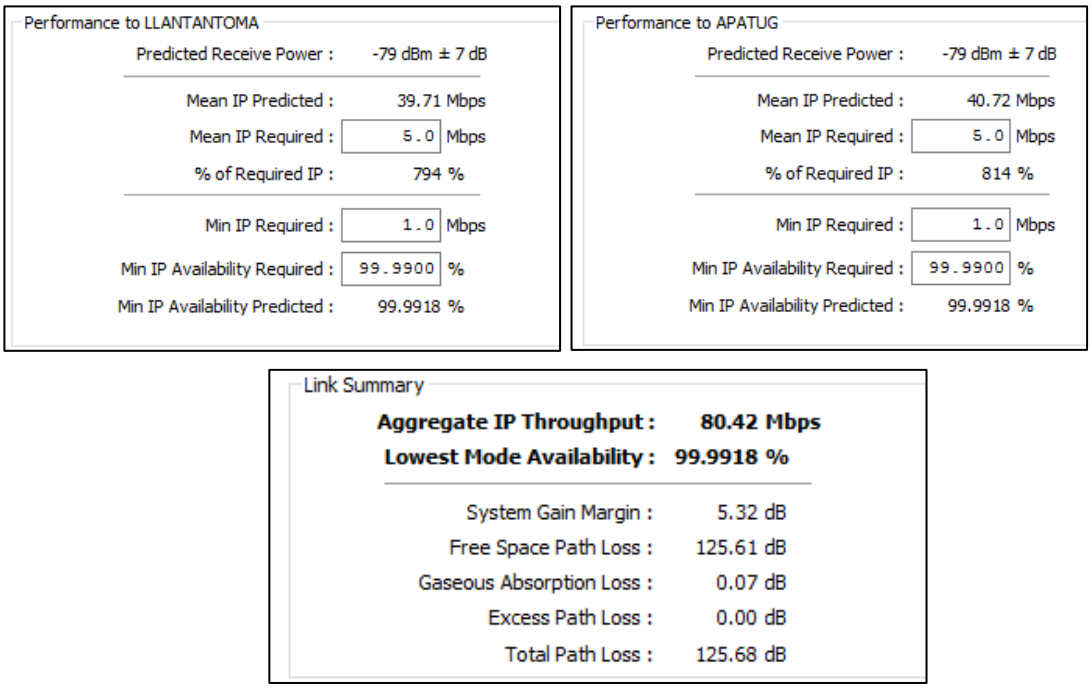


L) Resumen de enlaces LLantantoma – Apatug a 2.4 GHz y 5.8 GHz

5.8 GHz.



2.4 GHz.



Project Tesis_1

LINKPlanner PTP Installation Report

26 March 2017

	Christian Silva
Organization:	Christian Silva
Phone:	593 983062038
Email:	chris.silva93@gmail.com

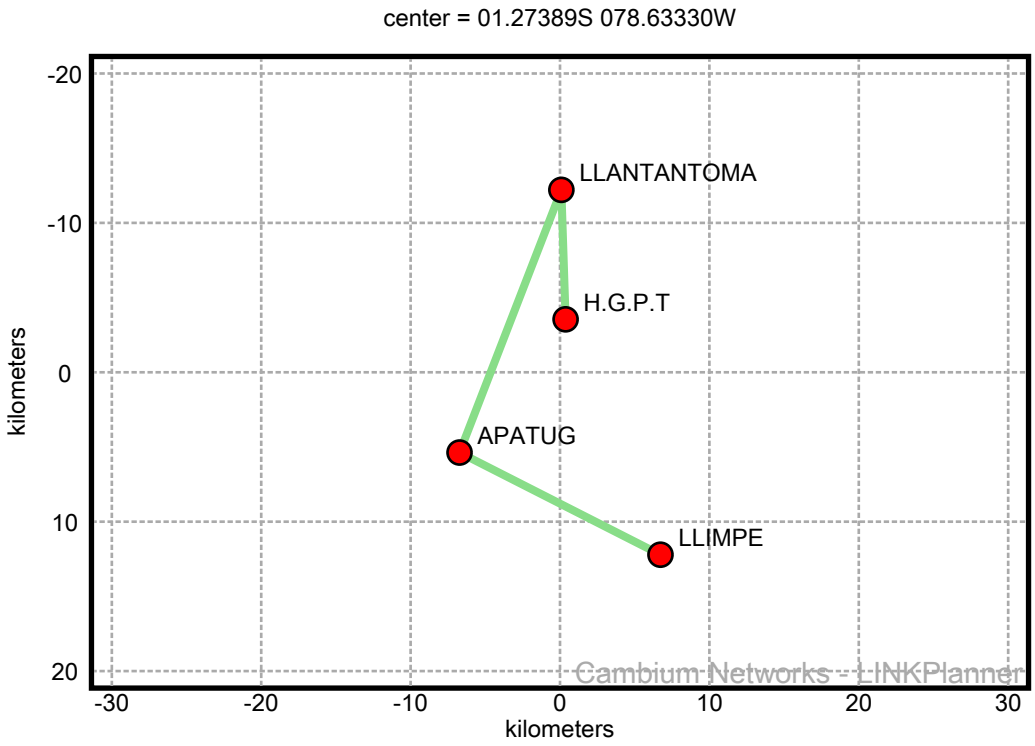


Table of Contents

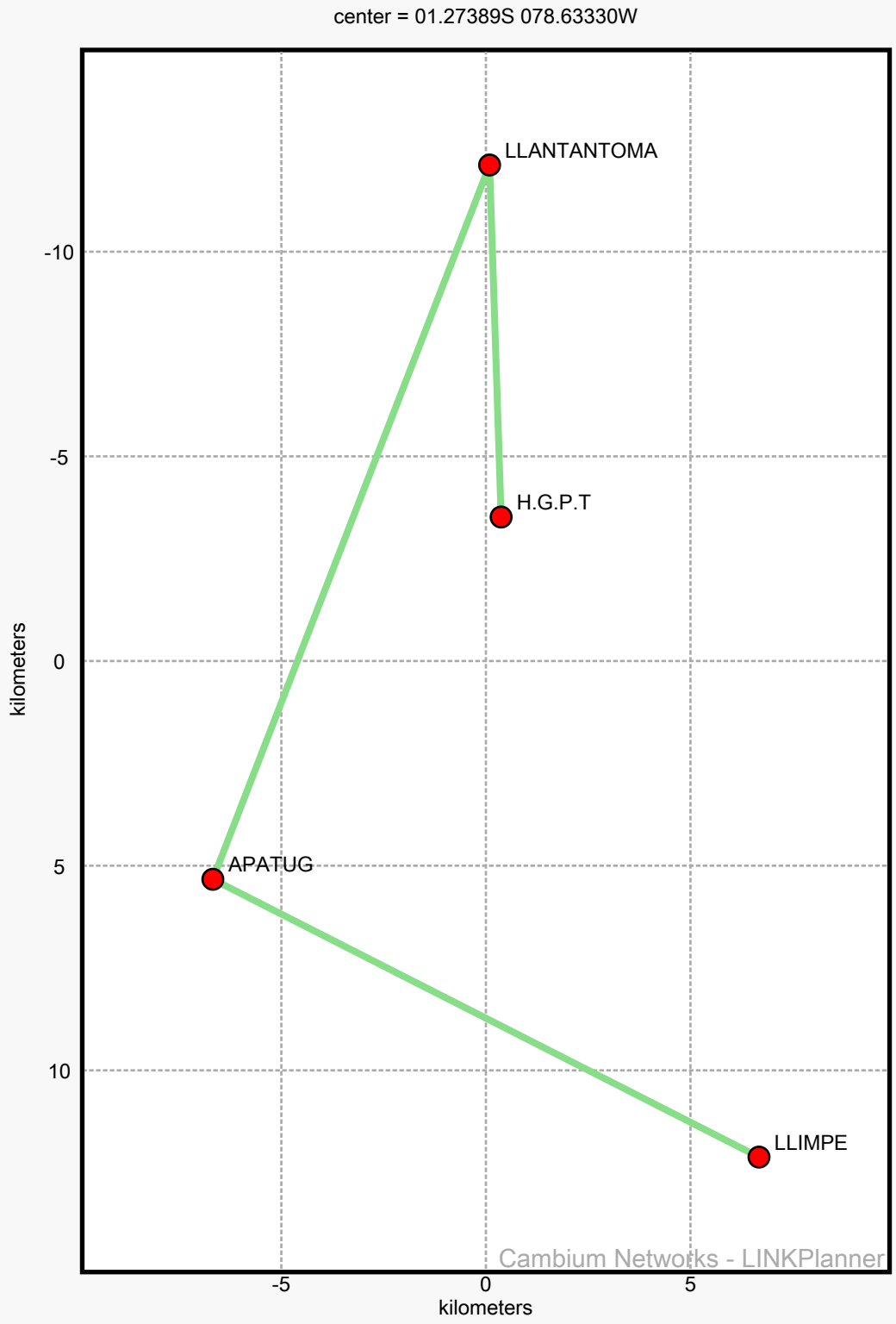
1. Project Summary 3
2. APATUG to LLIMPE 6
3. H.G.P.T to LLANTANTOMA 11
4. LLANTANTOMA to APATUG 16
Disclaimer 21

1. Project Summary

Project: Tesis_1

General Information
Customer Name
Company Name
Address
Phone
Cell Phone
Email

Network Map


center = 01.27389S 078.63330W
LLANTANTOMA
H.G.P.T
APATUG
LLIMPE
-10
-5
0
5
10
kilometers
-5
0
5
kilometers
Cambium Networks - LINKPlanner

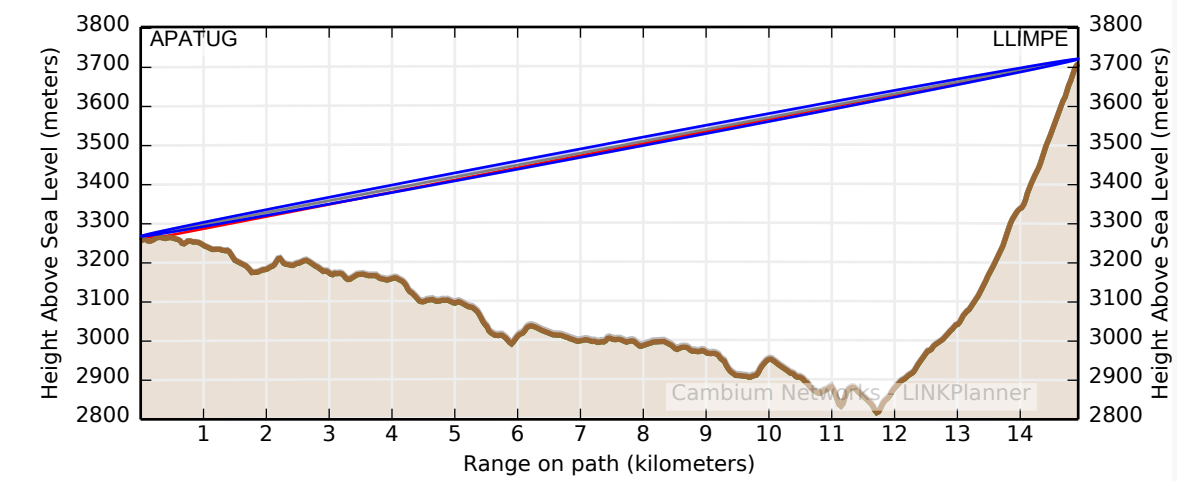
Link name	Product	Local antenna	Remote antenna	Max aggregate IP throughput
H.G.P.T to LLANTANTOMA	PTP650	Cambium Networks Integrated Dual Polar Antenna	Cambium Networks Integrated Dual Polar Antenna	288.43 Mbps
LLANTANTOMA to APATUG	PTP650	Cambium Networks Integrated Dual Polar Antenna	Cambium Networks Integrated Dual Polar Antenna	144.21 Mbps
APATUG to LLIMPE	PTP650	Cambium Networks Integrated Dual Polar Antenna	Cambium Networks Integrated Dual Polar Antenna	179.16 Mbps

Bill of Materials : PTP Network		
Part Number	Qty	Description
01010419001	12	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable
C000065K022	6	PTP 650 Lite (Up to 125Mbps) to Full (Up to 450Mbps) Link Capacity upgrade license per ODU
C000065L007	6	LPU and Grounding Kit (1 kit per END)
C050065H014	6	PTP 650 Integrated END with AC+DC Enhanced Supply (RoW - EU Line Cord). Kit includes ODU, power supply, mounting bracket and EU line cord
WB3176	2	328 ft (100 m) Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP)

2. APATUG to LLIMPE

Summary	
Link Name	APATUG to LLIMPE
Profile Type	Line-of-Sight
Equipment Type	PTP650
Maximum Obstruction	0 meters
Link Distance	14.923 kilometers
Free Space Path Loss	131.17 dB
Excess Path Loss	0.00 dB
User IP Throughput Expectation Aggregate	Aggregate 179.16 Mbps assuming PTP-650 Series running the 650-01-42 software
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5850 MHz)
RF Channel Bandwidth	45 MHz

Path Profile



Link Configuration	
Capacity	Full (Up to 450 Mbps)
Precise Network Timing	Disabled
Bandwidth	45 MHz
E1/T1	None
Optimization	IP
Sync	Disabled
Symmetry	Adaptive
Dual Payload	Enabled
Highest Mod Mode	256QAM 0.81
Lowest Ethernet Mode	BPSK 0.63 Sngl
Master	APATUG

Link Configuration (continued)	
Slave	LLIMPE

Bill of Materials		
Part Number	Qty	Description
01010419001	4	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable
C000065K022	2	PTP 650 Lite (Up to 125Mbps) to Full (Up to 450Mbps) Link Capacity upgrade license per ODU
C000065L007	2	LPU and Grounding Kit (1 kit per END)
C050065H014	2	PTP 650 Integrated END with AC+DC Enhanced Supply (RoW - EU Line Cord). Kit includes ODU, power supply, mounting bracket and EU line cord
WB3176	1	328 ft (100 m) Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP)

Physical Installation Notes for APATUG	
Link Name	APATUG to LLIMPE
Latitude	01.32194S
Longitude	078.69306W
Site Elevation	3268 meters AMSL
Platform Variant	Integrated Antenna
Antenna Type	Cambium Networks Integrated Dual Polar Antenna
Antenna Gain	23.0 dBi
Antenna Height	12.0 meters AGL
Antenna Tilt angle	1.7° (uptilt)
Bearing to LLIMPE	116.95° from True North 119.97° from Magnetic North
Magnetic Declination	3.02° W ±0.31° changing by 0.16° W per year

Physical Installation Notes for LLIMPE	
Link Name	APATUG to LLIMPE
Latitude	01.38310S
Longitude	078.57353W
Site Elevation	3721 meters AMSL
Platform Variant	Integrated Antenna
Antenna Type	Cambium Networks Integrated Dual Polar Antenna
Antenna Gain	23.0 dBi
Antenna Height	12.0 meters AGL
Antenna Tilt angle	-1.8° (downtilt)
Bearing to APATUG	296.95° from True North 300.04° from Magnetic North
Magnetic Declination	3.09° W ±0.31° changing by 0.16° W per year

Radio Commissioning Notes for APATUG	
Link Name	APATUG to LLIMPE
Site Name	APATUG
Latitude	01.32194S
Longitude	078.69306W
Altitude	3268 meters
TDM Interface	None
Master Slave Mode	Master
Dual Payload	Enabled
Max Receive Modulation Mode	256QAM 0.81 Dual
Lowest Data Modulation Mode	BPSK 0.63 Sngl
Link Mode Optimization	IP Traffic
TDD Synchronization Mode	Disabled
Antenna Selection	Integrated
Regulatory Band	3 - 5.8 GHz
Channel Bandwidth	45 MHz
Link Symmetry	Adaptive
Maximum Transmit Power	13 dBm
Ranging Mode	Auto 0 to 40 kilometers
Predicted Receive Power	-72 dBm ± 5 dB
Predicted Link Loss	131.24 dB ± 5.00 dB

Radio Commissioning Notes for LLIMPE	
Link Name	APATUG to LLIMPE
Site Name	LLIMPE
Latitude	01.38310S
Longitude	078.57353W
Altitude	3721 meters
TDM Interface	None
Master Slave Mode	Slave
Dual Payload	Enabled
Max Receive Modulation Mode	256QAM 0.81 Dual
Lowest Data Modulation Mode	BPSK 0.63 Sngl
Link Mode Optimization	IP Traffic
TDD Synchronization Mode	Disabled
Antenna Selection	Integrated
Regulatory Band	3 - 5.8 GHz
Channel Bandwidth	45 MHz
Link Symmetry	Adaptive
Maximum Transmit Power	13 dBm
Ranging Mode	Auto 0 to 40 kilometers
Predicted Receive Power	-72 dBm ± 5 dB
Predicted Link Loss	131.24 dB ± 5.00 dB

Regulatory Conditions	
Country	Australia
Band	5.8 GHz
Region Code	3
Max EIRP	36.00 dBm
Output Power	13.00 dBm

Installation Instruction

Perform the following checks during the installation (Check the deployment guide and the User Guide.)

1. Check with a GPS that you are installing at the correct location.

2. Check carefully the direction to the other end of the link. Either use a corrected compass or use the GPS waypoint feature about 300 meters from the installation location.

3. When aligning antennas, it is important to find the centre of the main beam. This is done by adjusting the antenna at each end of the link in turn and monitoring the receive level until the peak is found. Once the peak level is found, it should be checked against the prediced receive power to ensure that the antennas have not been aligned on a side lobe.

4. An hour after disarm check that the mean value for the link loss is as predicted (131.24 dB ± 5.00 dB). Also check that the received power is not greater than -35dBm.

APATUG Performance *	
Mean IP Throughput Predicted	89.58 Mbps
Mean IP Throughput Required	5.00 Mbps
Minimum IP Throughput Required	1.00 Mbps
Minimum IP Throughput Availability Predicted	100.0000% (unavailable for 1 secs/year)

LLIMPE Performance *	
Mean IP Throughput Predicted	89.58 Mbps
Mean IP Throughput Required	5.00 Mbps
Minimum IP Throughput Required	1.00 Mbps
Minimum IP Throughput Availability Predicted	100.0000% (unavailable for 1 secs/year)

* Multipath availability calculated using ITU-R

Mode	Max Aggregate User IP Throughput (Mbps)	APATUG				LLIMPE			
		Max User IP Throughput (Mbps)	Fade Margin (dB)	IP Throughput Availability (%) *	Receive time in Mode (%)	Max User IP Throughput (Mbps)	Fade Margin (dB)	IP Throughput Availability (%) *	Receive time in Mode (%)
256QAM 0.81 Dual	445.06	222.53	-11.97	0.0000	0.0000	222.53	-11.97	0.0000	0.0000
64QAM 0.92 Dual	374.98	187.49	-8.24	0.0001	0.0001	187.49	-8.24	0.0001	0.0001

(continued)

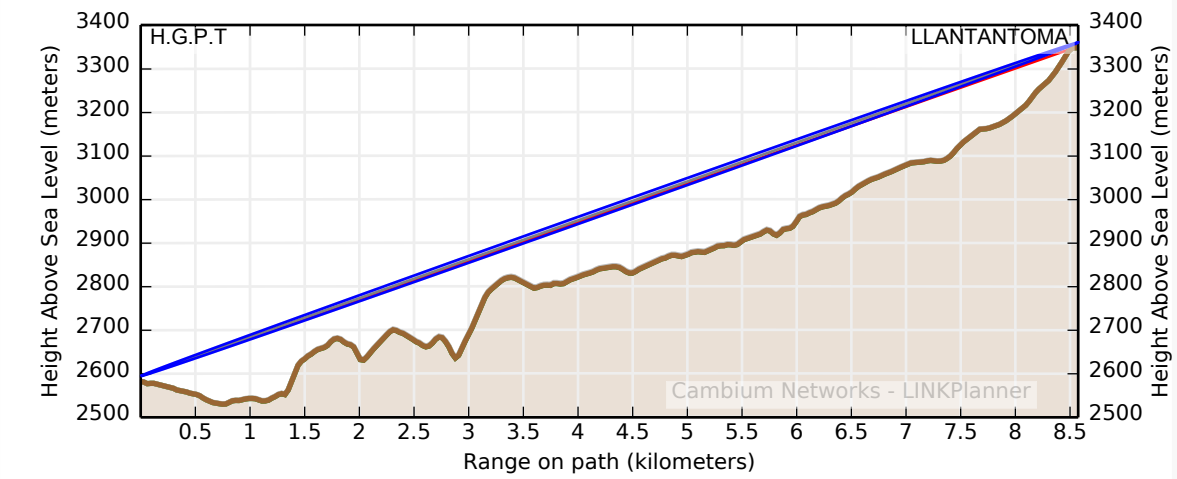
Mode	Max Aggregate User IP Throughput (Mbps)	APATUG				LLIMPE			
		Max User IP Throughput (Mbps)	Fade Margin (dB)	IP Throughput Availability (%) *	Receive time in Mode (%)	Max User IP Throughput (Mbps)	Fade Margin (dB)	IP Throughput Availability (%) *	Receive time in Mode (%)
64QAM 0.75 Dual	306.43	153.21	-4.11	0.0060	0.0059	153.21	-4.11	0.0060	0.0059
16QAM 0.87 Dual	238.39	119.19	-0.99	14.9865	14.9805	119.19	-0.99	14.9865	14.9805
16QAM 0.63 Dual	171.37	85.69	2.64	97.3610	82.3745	85.69	2.64	97.3610	82.3745
256QAM 0.81 Sngl	222.53	111.26	-8.32	0.0000	0.0000	111.26	-8.32	0.0000	0.0000
64QAM 0.92 Sngl	187.49	93.74	-4.94	0.0000	0.0000	93.74	-4.94	0.0000	0.0000
64QAM 0.75 Sngl	153.21	76.60	-0.99	0.0000	0.0000	76.60	-0.99	0.0000	0.0000
16QAM 0.87 Sngl	119.19	59.59	2.08	0.0005	0.0004	59.59	2.08	0.0005	0.0004
16QAM 0.63 Sngl	85.68	42.84	6.58	99.9979	2.6365	42.84	6.58	99.9979	2.6365
QPSK 0.87 Sngl	59.59	29.80	8.91	99.9997	0.0018	29.80	8.91	99.9997	0.0018
QPSK 0.63 Sngl	42.84	21.42	12.93	100.0000	0.0002	21.42	12.93	100.0000	0.0002
BPSK 0.63 Sngl	21.41	10.71	16.04	100.0000	0.0000	10.71	16.04	100.0000	0.0000

* Multipath availability calculated using ITU-R

3. H.G.P.T to LLANTANTOMA

Summary	
Link Name	H.G.P.T to LLANTANTOMA
Profile Type	Line-of-Sight
Equipment Type	PTP650
Maximum Obstruction	0 meters
Link Distance	8.574 kilometers
Free Space Path Loss	126.36 dB
Excess Path Loss	0.00 dB
User IP Throughput Expectation Aggregate	Aggregate 288.43 Mbps assuming PTP-650 Series running the 650-01-42 software
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5850 MHz)
RF Channel Bandwidth	45 MHz

Path Profile



Link Configuration	
Capacity	Full (Up to 450 Mbps)
Precise Network Timing	Disabled
Bandwidth	45 MHz
E1/T1	None
Optimization	IP
Sync	Disabled
Symmetry	Adaptive
Dual Payload	Enabled
Highest Mod Mode	256QAM 0.81
Lowest Ethernet Mode	BPSK 0.63 Sngl
Master	H.G.P.T

Link Configuration (continued)	
Slave	LLANTANTOMA

Bill of Materials		
Part Number	Qty	Description
01010419001	4	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable
C000065K022	2	PTP 650 Lite (Up to 125Mbps) to Full (Up to 450Mbps) Link Capacity upgrade license per ODU
C000065L007	2	LPU and Grounding Kit (1 kit per END)
C050065H014	2	PTP 650 Integrated END with AC+DC Enhanced Supply (RoW - EU Line Cord). Kit includes ODU, power supply, mounting bracket and EU line cord
WB3176	1	328 ft (100 m) Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP)

Physical Installation Notes for H.G.P.T	
Link Name	H.G.P.T to LLANTANTOMA
Latitude	01.24219S
Longitude	078.62997W
Site Elevation	2595 meters AMSL
Platform Variant	Integrated Antenna
Antenna Type	Cambium Networks Integrated Dual Polar Antenna
Antenna Gain	23.0 dBi
Antenna Height	12.0 meters AGL
Antenna Tilt angle	5.1° (uptilt)
Bearing to LLANTANTOMA	358.13° from True North 1.20° from Magnetic North
Magnetic Declination	3.08° W ±0.31° changing by 0.16° W per year

Physical Installation Notes for LLANTANTOMA	
Link Name	H.G.P.T to LLANTANTOMA
Latitude	01.16469S
Longitude	078.63249W
Site Elevation	3361 meters AMSL
Platform Variant	Integrated Antenna
Antenna Type	Cambium Networks Integrated Dual Polar Antenna
Antenna Gain	23.0 dBi
Antenna Height	12.0 meters AGL
Antenna Tilt angle	-5.1° (downtilt)
Bearing to H.G.P.T	178.13° from True North 181.22° from Magnetic North
Magnetic Declination	3.09° W ±0.31° changing by 0.16° W per year

Radio Commissioning Notes for H.G.P.T	
Link Name	H.G.P.T to LLANTANTOMA
Site Name	H.G.P.T
Latitude	01.24219S
Longitude	078.62997W
Altitude	2595 meters
TDM Interface	None
Master Slave Mode	Master
Dual Payload	Enabled
Max Receive Modulation Mode	256QAM 0.81 Dual
Lowest Data Modulation Mode	BPSK 0.63 Sngl
Link Mode Optimization	IP Traffic
TDD Synchronization Mode	Disabled
Antenna Selection	Integrated
Regulatory Band	3 - 5.8 GHz
Channel Bandwidth	45 MHz
Link Symmetry	Adaptive
Maximum Transmit Power	13 dBm
Ranging Mode	Auto 0 to 40 kilometers
Predicted Receive Power	-67 dBm ± 5 dB
Predicted Link Loss	126.40 dB ± 5.00 dB

Radio Commissioning Notes for LLANTANTOMA	
Link Name	H.G.P.T to LLANTANTOMA
Site Name	LLANTANTOMA
Latitude	01.16469S
Longitude	078.63249W
Altitude	3361 meters
TDM Interface	None
Master Slave Mode	Slave
Dual Payload	Enabled
Max Receive Modulation Mode	256QAM 0.81 Dual
Lowest Data Modulation Mode	BPSK 0.63 Sngl
Link Mode Optimization	IP Traffic
TDD Synchronization Mode	Disabled
Antenna Selection	Integrated
Regulatory Band	3 - 5.8 GHz
Channel Bandwidth	45 MHz
Link Symmetry	Adaptive
Maximum Transmit Power	13 dBm
Ranging Mode	Auto 0 to 40 kilometers
Predicted Receive Power	-67 dBm ± 5 dB
Predicted Link Loss	126.40 dB ± 5.00 dB

Regulatory Conditions	
Country	Australia
Band	5.8 GHz
Region Code	3
Max EIRP	36.00 dBm
Output Power	13.00 dBm

Installation Instruction

Perform the following checks during the installation (Check the deployment guide and the User Guide.)

1. Check with a GPS that you are installing at the correct location.

2. Check carefully the direction to the other end of the link. Either use a corrected compass or use the GPS waypoint feature about 300 meters from the installation location.

3. When aligning antennas, it is important to find the centre of the main beam. This is done by adjusting the antenna at each end of the link in turn and monitoring the receive level until the peak is found. Once the peak level is found, it should be checked against the prediced receive power to ensure that the antennas have not been aligned on a side lobe.

4. An hour after disarm check that the mean value for the link loss is as predicted (126.40 dB ± 5.00 dB). Also check that the received power is not greater than -35dBm.

H.G.P.T Performance *	
Mean IP Throughput Predicted	144.21 Mbps
Mean IP Throughput Required	5.00 Mbps
Minimum IP Throughput Required	1.00 Mbps
Minimum IP Throughput Availability Predicted	100.0000% (unavailable for 0 secs/year)

LLANTANTOMA Performance *	
Mean IP Throughput Predicted	144.21 Mbps
Mean IP Throughput Required	5.00 Mbps
Minimum IP Throughput Required	1.00 Mbps
Minimum IP Throughput Availability Predicted	100.0000% (unavailable for 0 secs/year)

* Multipath availability calculated using ITU-R

Mode	Max Aggregate User IP Throughput (Mbps)	H.G.P.T				LLANTANTOMA			
		Max User IP Throughput (Mbps)	Fade Margin (dB)	IP Throughput Availability (%) *	Receive time in Mode (%)	Max User IP Throughput (Mbps)	Fade Margin (dB)	IP Throughput Availability (%) *	Receive time in Mode (%)
256QAM 0.81 Dual	448.58	224.29	-7.14	0.0002	0.0002	224.29	-7.14	0.0002	0.0002
64QAM 0.92 Dual	377.94	188.97	-3.41	0.0197	0.0195	188.97	-3.41	0.0197	0.0195

(continued)

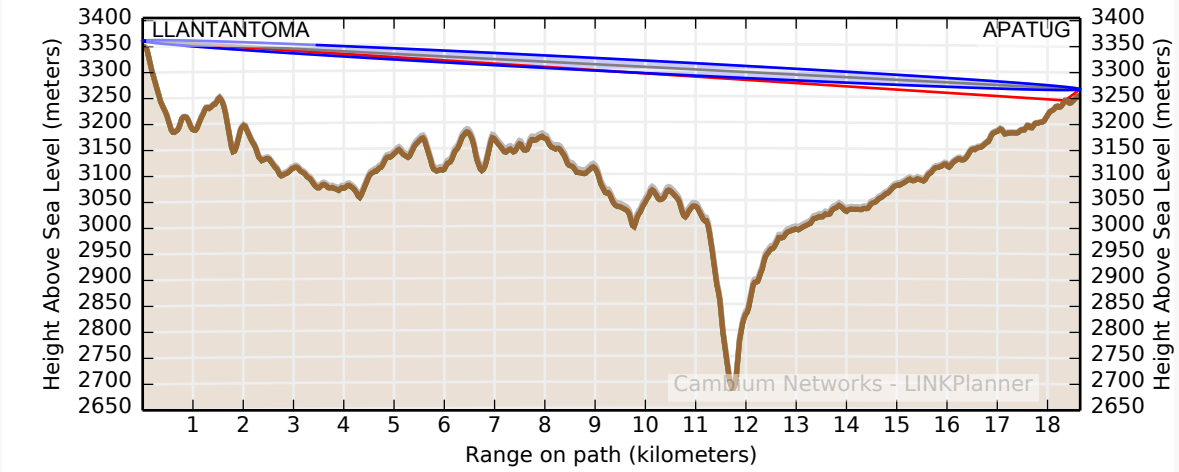
Mode	Max Aggregate User IP Throughput (Mbps)	H.G.P.T				LLANTANTOMA			
		Max User IP Throughput (Mbps)	Fade Margin (dB)	IP Throughput Availability (%) *	Receive time in Mode (%)	Max User IP Throughput (Mbps)	Fade Margin (dB)	IP Throughput Availability (%) *	Receive time in Mode (%)
64QAM 0.75 Dual	308.85	154.42	0.72	70.5037	70.4840	154.42	0.72	70.5037	70.4840
16QAM 0.87 Dual	240.27	120.14	3.84	99.6956	29.1919	120.14	3.84	99.6956	29.1919
16QAM 0.63 Dual	172.72	86.36	7.47	99.9987	0.3031	86.36	7.47	99.9987	0.3031
256QAM 0.81 Sngl	224.29	112.14	-3.48	0.0000	0.0000	112.14	-3.48	0.0000	0.0000
64QAM 0.92 Sngl	188.97	94.48	-0.11	0.0002	0.0002	94.48	-0.11	0.0002	0.0002
64QAM 0.75 Sngl	154.42	77.21	3.84	0.0005	0.0003	77.21	3.84	0.0005	0.0003
16QAM 0.87 Sngl	120.13	60.07	6.91	0.0005	0.0000	60.07	6.91	0.0005	0.0000
16QAM 0.63 Sngl	86.36	43.18	11.42	100.0000	0.0008	43.18	11.42	100.0000	0.0008
QPSK 0.87 Sngl	60.06	30.03	13.74	100.0000	0.0000	30.03	13.74	100.0000	0.0000
QPSK 0.63 Sngl	43.18	21.59	17.76	100.0000	0.0000	21.59	17.76	100.0000	0.0000
BPSK 0.63 Sngl	21.58	10.79	20.87	100.0000	0.0000	10.79	20.87	100.0000	0.0000

* Multipath availability calculated using ITU-R

4. LLANTANTOMA to APATUG

Summary	
Link Name	LLANTANTOMA to APATUG
Profile Type	Line-of-Sight
Equipment Type	PTP650
Maximum Obstruction	0 meters
Link Distance	18.649 kilometers
Free Space Path Loss	133.11 dB
Excess Path Loss	0.00 dB
User IP Throughput Expectation Aggregate	Aggregate 144.21 Mbps assuming PTP-650 Series running the 650-01-42 software
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5850 MHz)
RF Channel Bandwidth	45 MHz

Path Profile



Link Configuration	
Capacity	Full (Up to 450 Mbps)
Precise Network Timing	Disabled
Bandwidth	45 MHz
E1/T1	None
Optimization	IP
Sync	Disabled
Symmetry	Adaptive
Dual Payload	Enabled
Highest Mod Mode	256QAM 0.81
Lowest Ethernet Mode	BPSK 0.63 Sngl
Master	LLANTANTOMA

Link Configuration (continued)	
Slave	APATUG

Bill of Materials		
Part Number	Qty	Description
01010419001	4	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable
C000065K022	2	PTP 650 Lite (Up to 125Mbps) to Full (Up to 450Mbps) Link Capacity upgrade license per ODU
C000065L007	2	LPU and Grounding Kit (1 kit per END)
C050065H014	2	PTP 650 Integrated END with AC+DC Enhanced Supply (RoW - EU Line Cord). Kit includes ODU, power supply, mounting bracket and EU line cord
WB3176	1	328 ft (100 m) Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP)

Physical Installation Notes for LLANTANTOMA	
Link Name	LLANTANTOMA to APATUG
Latitude	01.16469S
Longitude	078.63249W
Site Elevation	3361 meters AMSL
Platform Variant	Integrated Antenna
Antenna Type	Cambium Networks Integrated Dual Polar Antenna
Antenna Gain	23.0 dBi
Antenna Height	12.0 meters AGL
Antenna Tilt angle	-0.3° (downtilt)
Bearing to APATUG	201.19° from True North 204.28° from Magnetic North
Magnetic Declination	3.09° W ±0.31° changing by 0.16° W per year

Physical Installation Notes for APATUG	
Link Name	LLANTANTOMA to APATUG
Latitude	01.32194S
Longitude	078.69306W
Site Elevation	3268 meters AMSL
Platform Variant	Integrated Antenna
Antenna Type	Cambium Networks Integrated Dual Polar Antenna
Antenna Gain	23.0 dBi
Antenna Height	12.0 meters AGL
Antenna Tilt angle	0.2° (uptilt)
Bearing to LLANTANTOMA	21.19° from True North 24.21° from Magnetic North
Magnetic Declination	3.02° W ±0.31° changing by 0.16° W per year

Radio Commissioning Notes for LLANTANTOMA	
Link Name	LLANTANTOMA to APATUG
Site Name	LLANTANTOMA
Latitude	01.16469S
Longitude	078.63249W
Altitude	3361 meters
TDM Interface	None
Master Slave Mode	Master
Dual Payload	Enabled
Max Receive Modulation Mode	256QAM 0.81 Dual
Lowest Data Modulation Mode	BPSK 0.63 Sngl
Link Mode Optimization	IP Traffic
TDD Synchronization Mode	Disabled
Antenna Selection	Integrated
Regulatory Band	3 - 5.8 GHz
Channel Bandwidth	45 MHz
Link Symmetry	Adaptive
Maximum Transmit Power	13 dBm
Ranging Mode	Auto 0 to 40 kilometers
Predicted Receive Power	-74 dBm ± 5 dB
Predicted Link Loss	133.19 dB ± 5.00 dB

Radio Commissioning Notes for APATUG	
Link Name	LLANTANTOMA to APATUG
Site Name	APATUG
Latitude	01.32194S
Longitude	078.69306W
Altitude	3268 meters
TDM Interface	None
Master Slave Mode	Slave
Dual Payload	Enabled
Max Receive Modulation Mode	256QAM 0.81 Dual
Lowest Data Modulation Mode	BPSK 0.63 Sngl
Link Mode Optimization	IP Traffic
TDD Synchronization Mode	Disabled
Antenna Selection	Integrated
Regulatory Band	3 - 5.8 GHz
Channel Bandwidth	45 MHz
Link Symmetry	Adaptive
Maximum Transmit Power	13 dBm
Ranging Mode	Auto 0 to 40 kilometers
Predicted Receive Power	-74 dBm ± 5 dB
Predicted Link Loss	133.19 dB ± 5.00 dB

Regulatory Conditions	
Country	Australia
Band	5.8 GHz
Region Code	3
Max EIRP	36.00 dBm
Output Power	13.00 dBm

Installation Instruction

Perform the following checks during the installation (Check the deployment guide and the User Guide.)

1. Check with a GPS that you are installing at the correct location.

2. Check carefully the direction to the other end of the link. Either use a corrected compass or use the GPS waypoint feature about 300 meters from the installation location.

3. When aligning antennas, it is important to find the centre of the main beam. This is done by adjusting the antenna at each end of the link in turn and monitoring the receive level until the peak is found. Once the peak level is found, it should be checked against the prediced receive power to ensure that the antennas have not been aligned on a side lobe.

4. An hour after disarm check that the mean value for the link loss is as predicted (133.19 dB ± 5.00 dB). Also check that the received power is not greater than -35dBm.

LLANTANTOMA Performance *	
Mean IP Throughput Predicted	72.10 Mbps
Mean IP Throughput Required	5.00 Mbps
Minimum IP Throughput Required	1.00 Mbps
Minimum IP Throughput Availability Predicted	100.0000% (unavailable for 3 secs/year)

APATUG Performance *	
Mean IP Throughput Predicted	72.10 Mbps
Mean IP Throughput Required	5.00 Mbps
Minimum IP Throughput Required	1.00 Mbps
Minimum IP Throughput Availability Predicted	100.0000% (unavailable for 3 secs/year)

* Multipath availability calculated using ITU-R

Mode	Max Aggregate User IP Throughput (Mbps)	LLANTANTOMA				APATUG			
		Max User IP Throughput (Mbps)	Fade Margin (dB)	IP Throughput Availability (%) *	Receive time in Mode (%)	Max User IP Throughput (Mbps)	Fade Margin (dB)	IP Throughput Availability (%) *	Receive time in Mode (%)
256QAM 0.81 Dual	442.58	221.29	-13.93	0.0000	0.0000	221.29	-13.93	0.0000	0.0000
64QAM 0.92 Dual	372.89	186.44	-10.20	0.0000	0.0000	186.44	-10.20	0.0000	0.0000

(continued)

Mode	Max Aggregate User IP Throughput (Mbps)	LLANTANTOMA				APATUG			
		Max User IP Throughput (Mbps)	Fade Margin (dB)	IP Throughput Availability (%) *	Receive time in Mode (%)	Max User IP Throughput (Mbps)	Fade Margin (dB)	IP Throughput Availability (%) *	Receive time in Mode (%)
64QAM 0.75 Dual	304.72	152.36	-6.07	0.0007	0.0007	152.36	-6.07	0.0007	0.0007
16QAM 0.87 Dual	237.06	118.53	-2.95	0.1143	0.1136	118.53	-2.95	0.1143	0.1136
16QAM 0.63 Dual	170.42	85.21	0.68	69.1614	69.0471	85.21	0.68	69.1614	69.0471
256QAM 0.81 Sngl	221.29	110.64	-10.27	0.0000	0.0000	110.64	-10.27	0.0000	0.0000
64QAM 0.92 Sngl	186.44	93.22	-6.90	0.0000	0.0000	93.22	-6.90	0.0000	0.0000
64QAM 0.75 Sngl	152.36	76.18	-2.95	0.0000	0.0000	76.18	-2.95	0.0000	0.0000
16QAM 0.87 Sngl	118.53	59.26	0.12	0.0002	0.0002	59.26	0.12	0.0002	0.0002
16QAM 0.63 Sngl	85.20	42.60	4.63	99.9807	30.8190	42.60	4.63	99.9807	30.8190
QPSK 0.87 Sngl	59.26	29.63	6.95	99.9986	0.0179	29.63	6.95	99.9986	0.0179
QPSK 0.63 Sngl	42.60	21.30	10.97	99.9999	0.0014	21.30	10.97	99.9999	0.0014
BPSK 0.63 Sngl	21.29	10.65	14.08	100.0000	0.0000	10.65	14.08	100.0000	0.0000

* Multipath availability calculated using ITU-R

Disclaimer

Cambium Networks assumes no responsibility for the accuracy of the information produced by the Cambium LINKPlanner. Reference to products or services which are not provided by Cambium Networks is for information purposes only and constitutes neither an endorsement nor a recommendation. All information provided by the Cambium LINKPlanner is provided without warranty of any kind, either expressed or implied.

All product or service names are the property of their respective owners. © Cambium Networks. 2017