

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA



FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA

PROGRAMA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES

DISEÑO DE RADIOENLACES PARA PROPORCIONAR INTERNET BANDA ANCHA A LA SEDE PRINCIPAL DEL COLEGIO MUNICIPAL LUZ DE LA ESPERANZA Y A LA ESCUELA RURAL BERLÍN DEL CORREGIMIENTO DE BERLÍN.

Holmes Hernán Guerrero Rojas

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

Director: Ing. Edwin Mauricio Sequeda Arenas

Director del programa: M. Sc. William Villamizar Rozo

Pamplona, Colombia

Julio 2016

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA



FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA

PROGRAMA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES

DISEÑO DE RADIOENLACES PARA PROPORCIONAR INTERNET BANDA ANCHA A LA SEDE PRINCIPAL DEL COLEGIO MUNICIPAL LUZ DE LA ESPERANZA Y A LA ESCUELA RURAL BERLÍN DEL CORREGIMIENTO DE BERLÍN.

Trabajo de Grado para Optar por el Título de Ingeniero en Telecomunicaciones.

FECHA DE INICIO DEL TRABAJO: Septiembre de 2013

FECHA DE TERMINACIÓN DEL TRABAJO: Julio de 2016

NOMBRES Y FIRMAS DE AUTORIZACIÓN PARA LA SUSTENTACIÓN:

HOLMES HERNÁN GUERRERO ROJAS
AUTOR

ING. EDWIN MAURICIO SEQUEDA ARENAS
DIRECTOR

M.Sc. WILLIAM VILLAMIZAR ROZO
DIRECTOR DE PROGRAMA

JURADO CALIFICADOR:

M.Sc. WILLIAM VILLAMIZAR ROZO
JURADO 1

M.Sc. JORGE HERRERA RUBIO
JURADO 2

M.Sc. LUIS ENRIQUE MENDOZA
JURADO 3

Pamplona, Colombia
Julio 2016

DEDICATORIA

A Dios y a mis padres por su apoyo incondicional.

Enseñar no es transferir conocimiento, sino crear las posibilidades para su
producción o su construcción. Quien enseña aprende al enseñar y quien
enseña aprende a aprender.

Paulo Freire

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su apoyo y colaboración.

A cada uno de los compañeros que compartió conmigo en los salones de clase durante este largo tiempo por este objetivo.

A los profesores de la universidad de Pamplona por su enseñanza y en especial a los de ingeniería en telecomunicaciones.

A la empresa InsiteL S.A. y sus excelentes trabajadores por su enseñanza y por permitirme iniciar mi vida laboral en la rama de las telecomunicaciones.

CONTENIDO

CONTENIDO	6
LISTA DE TABLAS	9
LISTA DE GRÁFICAS.....	11
INDICE DE FIGURAS.....	12
INDICE DE ANEXOS.....	14
GLOSARIO	15
RESUMEN.....	17
ABSTRACT.....	18
INTRODUCCIÓN.....	19
JUSTIFICACIÓN.....	20
OBJETIVOS.....	21
OBJETIVO GENERAL	21
OBJETIVOS ESPECIFICOS	21
1. MARCO TEORICO.....	22
1.1 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS	22
1.2 PROPIEDADES ÓPTICAS DE LAS ONDAS DE RADIO.....	23
1.2.1 REFRACCIÓN	23
1.2.2 REFRACCION ATMOSFERICA.....	23
1.2.3 REFLEXIÓN	24
1.2.4 DIFRACCIÓN	24
1.2.5 INTERFERENCIA.....	24
1.3 PROPAGACIÓN TERRESTRE DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS	25
1.4 ZONA FRESNEL.....	25
1.5 ANTENAS	26
1.6 MODELO DE TIERRA PLANA	26
1.7 ALGORITMO DE LONGLEY-RICE	27
1.8 MODELO LOS (LINE OF SIGHT).....	30
1.8.1 ENLACES PUNTO A ÁREA.....	30
1.8.2 ENLACES PUNTO A PUNTO.....	31
1.9 PÉRDIDAS EN TRAYECTORIA POR EL ESPACIO LIBRE	31
1.10 MARGEN DE DESVANECIMIENTO	33
1.11 ENLACE INALÁMBRICO	34
2. MARCO LEGAL	36
RESOLUCIÓN 002544 DEL 14 OCTUBRE DE 2009.....	36
3. ESTUDIO DE SITIO.....	37
3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	37

3.1.1	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA REGIÓN	37
3.1.2	CARACTERÍSTICAS DE VEGETACIÓN DE LA REGIÓN	38
3.2	CARACTERÍSTICAS NODO CERRO EL PICACHO	38
3.3	CARACTERÍSTICAS CERRO VENTANAS	40
3.4	CARACTERÍSTICAS SITIO ESCUELA RURAL BERLÍN (COLEGIO SEDE B) .	42
3.5	CARACTERÍSTICAS COLEGIO MUNICIPAL LUZ DE LA ESPERANZA	44
3.6	ANCHO DE BANDA	47
3.7	CALCULO DEL ANCHO DE BANDA NECESARIO	47
4.	DISEÑO DEL RADIOENLACE.....	50
4.1	CÁLCULO DE LA DISTANCIA DEL ENLACE	50
4.2	LÍNEA DE VISTA Y ZONA DE FRESNEL	51
4.3	MARGEN DE DESPEJE	52
4.4	ZONA DE FRESNEL LIBERADA	54
4.6	PÉRDIDAS POR OBSTRUCCIÓN	56
4.7	ATENUACIÓN POR DIFRACCIÓN	57
4.8	PÉRDIDAS EN TRAYECTORIA POR EL ESPACIO LIBRE	58
4.9	POTENCIA DE RECEPCIÓN (PRX)	58
4.12	MARGEN DE DESVANECIMIENTO	60
5.	SELECCIÓN DE EQUIPOS DE RED	65
5.1	CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS FABRICANTE RADWIN	65
5.2	CARACTERÍSTICAS RADIOELÉCTRICAS	65
5.3	CRITERIOS DE SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA EL ENLACE PUNTO A PUNTO:	66
5.4	CRITERIOS DE SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA EL ENLACE PUNTO MULTIPUNTO:.....	66
5.5	DISPOSITIVOS DE RED SELECCIONADOS	67
5.5.1	RADWIN 2000 A RW – 2050- A225.....	67
5.5.2	RADWIN 5000 HBS RW – 5025 –OB50	68
5.5.3	RADWIN 5000 HSU RW – 5510 –OA50	69
5.5.4	ANTENA.....	70
5.5.5	POE.....	71
5.5.6	SUPRESOR DE PICO	71
5.7.7	PIG TAIL.....	72
6.	PRESUPUESTO ECONÓMICO	73
6.1	GASTOS DE INVERSIÓN.....	73
6.2	GASTOS DE FUNCIONAMIENTO	78
6.3	GASTO TOTAL.....	79
7.	SOFTWARE DE SIMULACIÓN RADIO MOBILE.....	80

7.1 RADIO MOBILE	80
7.2 PARAMETROS SIMULADOR DE RADIO MOBILE	80
7.3 SIMULACIÓN SOFTWARE RADIO MOBILE	83
7.3.1 ENLACE PUNTO - PUNTO ENTRE P1-P2 (CERRO PICACHO - CERRO VENTANAS)	83
7.3.2 ENLACE PUNTO - MULTIPUNTO ENTRE P2-P3 (CERRO VENTANAS- ESCUELA)	84
7.3.3 ENLACE PUNTO - MULTIPUNTO ENTRE P2-P4 (CERRO VENTANAS - COLEGIO)	85
8. SOFTWARE DE SIMULACION R-PLANNER.....	88
8.1 R-Planner.....	88
8.2 CÁLCULOS DE SOFTWARE DE SIMULACION R-PLANNER.....	88
8.2.1 POTENCIA ISÓTROPA RADIADA EQUIVALENTE, PIRE:.....	88
8.2.2 RSS ESPERADA.....	89
8.2.3 F_m ESPERADO.....	89
8.2.4 ALCANCE (DISTANCIA DE ALCANCE) MÍNIMO Y MÁXIMO	90
8.2.5 SERVICIO	90
8.2.6 DISPONIBILIDAD	90
8.2.7 EL RADIO DE LA ZONA DE FRESNEL.....	91
8.3 SIMULACION R PLANNER RADWIN	92
8.3.1 ENLACE PUNTO A PUNTO P1-P2: CERRO PICACHO - CERRO VENTANAS	92
8.3.2 ENLACE PUNTO MULTIPUNTO P2 - P3: CERRO VENTANAS - ESCUELA	93
8.3.3 ENLACE PUNTO MULTIPUNTO P2-P4: CERRO VENTANAS - COLEGIO	95
9. INFRAESTRUCTURA.....	98
9.1 TORRES PARA TELECOMUNICACIONES	98
9.2 TORRES AUTOSOPORTADAS.....	98
9.3 TORRES ARRIOSTRADAS	99
9.4 TORRE TIPO MONOPOLO	99
9.5 CONEXIÓN A TIERRA.....	100
9.6 INFRAESTRUCTURA NECESARIA EN P2: CERRO VENTANAS.....	102
9.7 DETALLES DE ADMINISTRACION DE LA RED.....	102
9.8 ESCALABILIDAD	103
10. CONCLUSIONES	104
11. RECOMENDACIONES.....	106
12. BIBLIOGRAFÍA	107

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Constantes eléctricas del terreno.....	29
Tabla 2. Modelo de climas caracterizados.....	29
Tabla 3. Anchos de banda requeridos.....	48
Tabla 4. Ubicación de los sitios.....	49
Tabla 5. Cálculo de las distancias.....	51
Tabla 6. Cálculo de la primera zona de Fresnel.....	51
Tabla 7. Despeje sobre obstáculo Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho – Cerro Ventanas.....	53
Tabla 8. Despeje sobre obstáculo Enlace Punto Multipunto P2 - P3 Cerro Ventanas - Escuela.....	53
Tabla 9. Despeje sobre obstáculo Enlace Punto Multipunto P2-P4 Cerro Ventanas - Colegio.....	54
Tabla 10. Zona de Fresnel liberada Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas.....	54
Tabla 11. Zona de Fresnel liberada Enlace Punto Multipunto P2 - P3 Cerro Ventanas - Escuela.....	54
Tabla 12. Zona de Fresnel liberada Enlace Punto Multipunto P2-P4 Cerro Ventanas - Colegio.....	55
Tabla 13. Margen de despeje.....	55
Tabla 14. Perdidas por obstrucción en la zona de Fresnel Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas.....	56
Tabla 15. Perdidas por obstrucción en la zona de Fresnel Enlace Punto Multipunto P2-P3 Cerro Ventanas - Escuela.....	56
Tabla 16. Perdidas por obstrucción en la zona de Fresnel Enlace Punto Multipunto P2-P4 Cerro Ventanas - Colegio.....	57
Tabla 17. Atenuación por difracción Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas.....	57
Tabla 18. Pérdida en espacio libre.....	58
Tabla 19. Potencia de recepción.....	59
Tabla 20. Margen Respecto al Umbral.....	60
Tabla 21. Margen de desvanecimiento.....	60
Tabla 22. Confiabilidad estimada.....	61
Tabla 23. Indisponibilidad.....	61
Tabla 24. Confiabilidad verdadera.....	62
Tabla 25. Especificaciones Eficiencia espectral fabricante Radwin.....	66
Tabla 26. Características principales Radwin 2000 a RW – 2050- a225.....	67
Tabla 27. Características principales RADWIN 5000 HBS RW.....	68
Tabla 28. Características principales RADWIN 5000 HSU.....	69
Tabla 29. Características principales HG5158DP-32D.....	70
Tabla 30. Características principales PHIHONG-POE 61U-560DG.....	71
Tabla 31. Características principales pig tail.....	72
Tabla 32. Presupuesto económico enlace punto a punto sitio P1: Cerro Picacho.....	73
Tabla 33. Presupuesto económico enlace punto a punto sitio P2: Cerro Ventanas.....	74

Tabla 34. Presupuesto económico enlace punto multipunto sitio P2: Cerro Ventanas.....	74
Tabla 35. Presupuesto económico sitio P3: Escuela	75
Tabla 36. Presupuesto económico sitio P4: Colegio.....	75
Tabla 37. Presupuesto económico de materiales	76
Tabla 38. Presupuesto de infraestructura necesaria en sitio P2: Cerro ventanas	77
Tabla 39. Presupuesto de instalaciones	78
Tabla 40. Costos de funcionamiento.....	78
Tabla 41. Presupuesto económico total.....	79
Tabla 42. Correspondencia entre los niveles de señal según S y el margen de umbral (Mu).....	81
Tabla 43. Parámetros definidos enlace punto - punto entre p1-p2 (cerro picacho - cerro ventanas).....	83
Tabla 44. Resultados calculados enlace punto - punto entre P1-P2 (Cerro Picacho - Cerro Ventanas).....	83
Tabla 45. Parámetros definidos enlace punto - multipunto entre P2-P3 (Cerro ventanas - Escuela).	84
Tabla 46. Resultados calculados enlace punto - multipunto entre P2-P3 (Cerro Ventanas - Escuela).....	85
Tabla 47. Parámetros definidos enlace punto - multipunto entre P2-P4 (Cerro ventanas - Colegio).	86
Tabla 48. Resultados calculados enlace punto - multipunto entre P2-P4 (Cerro Ventanas - Colegio).	86
Tabla 49. Cálculos Pérdida del trayecto	89
Tabla 50. Cálculos RSS esperada	89
Tabla 51. Cálculos Fm esperado	90
Tabla 52. Disponibilidad.....	91
Tabla 53. Radio de la zona de Fresnel	91
Tabla 54. Enlace a 5 MHz de ancho de banda del canal	92
Tabla 55. Enlace a 10 MHz de ancho de banda del canal	92
Tabla 56. Enlace a 20 MHz de ancho de banda del canal	93
Tabla 57. Enlace a 5 MHz de ancho de banda del canal	93
Tabla 58. Enlace a 10 MHz de ancho de banda del canal	94
Tabla 59. Enlace a 20 MHz de ancho de banda del canal	94
Tabla 60. Enlace a 40 MHz de ancho de banda del canal	94
Tabla 61. Enlace a 5 MHz de ancho de banda del canal	95
Tabla 62. Enlace a 10 MHz de ancho de banda del canal	95
Tabla 63. Enlace a 20 MHz de ancho de banda del canal	95
Tabla 64. Enlace a 40 MHz de ancho de banda del canal	96
Tabla 65. Comparación de RSS obtenida matemáticamente y obtenida mediante software R-Planner.....	97
Tabla 66. Comparación de disponibilidad obtenida matemáticamente y obtenida mediante software R-Planner.....	97
Tabla 67. Infraestructura necesaria en P2: Cerro Ventanas	102

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Encuesta pregunta 1	111
Gráfica 2. Encuesta pregunta 2	111
Gráfica 3. Encuesta pregunta 3	112
Gráfica 4. Encuesta pregunta 4	112
Gráfica 5. Encuesta pregunta 5	113
Gráfica 6. Encuesta pregunta 6	113
Gráfica 7. Encuesta pregunta 7	114
Gráfica 8. Encuesta pregunta 8	114

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ondas electromagnéticas	22
Figura 2. Esquema para el modelo de tierra plana.	27
Figura 3. Perfil de elevación entre P1: Cerro Picacho y P3: Escuela.....	40
Figura 4. Perfil de elevación entre P1: Cerro Picacho y P4: Colegio	40
Figura 5. Línea de vista desde cerro ventanas a cerro “El Picacho”	41
Figura 6. Línea de vista a escuela y colegio desde cerro ventanas y punto de instalación.....	42
Figura 7. Línea de vista con cerro ventanas y parte externa de la Escuela Rural Berlín (Colegio sede B).....	43
Figura 8. Punto de instalación de ODU Escuela Rural Berlín	43
Figura 9. Sala de informática desde la parte interior de la escuela rural Berlín	44
Figura 10. Línea de vista desde el colegio a cerro ventanas	45
Figura 11. Punto de instalación de odu para colegio municipal luz de la esperanza	46
Figura 12. Sala de informática colegio municipal luz de la esperanza.....	46
Figura 13. Etapas del diseño del radioenlace	50
Figura 14. Despeje sobre un obstáculo	52
Figura 15. RADWIN 2000 A.....	67
Figura 16. RADWIN 5000 HBS	68
Figura 17. RADWIN 5000 HSU	69
Figura 18. Feeder- antena	70
Figura 19. POE	71
Figura 20. Supresor de picos	72
Figura 21. Pig Tail.....	72
Figura 22. Torre auto soportada	98
Figura 23. Torre arriostrada	99
Figura 24. Torre monopolo	100
Figura 25. Topología de red.....	131
Figura 26. Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas.....	131
Figura 27. Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas- Perfil	132
Figura 28. Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas - Detalles.....	132
Figura 29. Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas - Rango	133
Figura 30. Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas - distribución.....	133
Figura 31. Topología de red - Enlace punto multipunto P2 - P3: Cerro Ventanas – Escuela	134
Figura 32. Enlace punto multipunto P2 - P3: Cerro Ventanas – Escuela – Propiedades de las redes parámetros - detalles.....	134
Figura 33. Enlace punto multipunto P2 - P3: Cerro Ventanas – Escuela - Perfil	135
Figura 34. Enlace punto multipunto P2-P3: Cerro ventanas – Escuela -Rango	135

Figura 35. Enlace punto multipunto P2 - P3: Cerro Ventanas – Escuela - Distribución	136
Figura 36. Enlace punto multipunto P2 – P4: Cerro Ventanas – Colegio –Perfil	136
Figura 37. Enlace punto multipunto P2 – P4: Cerro Ventanas – Colegio – Detalles.....	137
Figura 38. Enlace punto multipunto P2 – P4: Cerro Ventanas – Colegio – Propiedades de las redes rango	137
Figura 39. Enlace punto multipunto P2 – P4: Cerro Ventanas – Colegio – Propiedades de las redes distribución	138

INDICE DE ANEXOS

ANEXOS ANEXO I	109
ENCUESTA Y TABULACION DE DATOS.....	109
TABULACION DE DATOS.....	111
ANEXO II ANEXO III DISPOSITIVOS DE RED RADWIN 2000 RW-2050-A225	
ODU.....	116
RADWIN 5000 HPMP RW-5510-0A50 Subscriber Unit	118
RADWIN 5000 RW-5025-0B50	121
SUPRESOR DE PICOS	124
POE – AC-DC	125
ANTENA DE 32 dBi	127
Cable Pig Tail – ESPECIFICACIONES TECNICAS	130
ANEXO III SIMULACIONES SOFTWARE RADIO MOBILE	131
ENLACE PUNTO A PUNTO P1-P2:CERRO PICACHO - CERRO VENTANAS ...	131
ENLACE PUNTO MULTIPUNTO ENLACE P2-P3: CERRO VENTANAS – ESCUELA	
.....	134
ENLACE PUNTO MULTIPUNTO ENLACE CERRO VENTANAS – COLEGIO.....	136
ANEXO IV COTIZACIONES	139
COTIZACION DISPOSITIVOS DE RED.....	139
COTIZACION INFRAESTRUCTURA	141
COTIZACION TARIFAS CANAL INTERNET DEDICADO	142

GLOSARIO

dB: decibel, una medida utilizada para expresar la proporción que relacionan dos valores, usualmente la potencia de señales eléctricas, ópticas o acústicas, igual a 10 veces el logaritmo del cociente de las dos niveles de potencia expresados en vatios (W).

DESVANECIMIENTO: término usado en la propagación de señales de radiofrecuencia que describe la pérdida temporal de una señal debido a cambios en las condiciones atmosféricas.

EIRP: potencia isotrópica efectiva radiada, se define como la potencia equivalente de transmisión.

ETHERNET: protocolo por el cual se comunican las computadoras en un entorno local de red.

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers. Instituto de Ingenieros Electrónicos y Electricistas. Organización internacional dedicada al mejoramiento profesional de la especialidad. Entre otras publicaciones, también emite estándares.

IMPEDANCIA: es una magnitud que establece la relación entre la tensión y la intensidad de corriente. Tiene especial importancia si la corriente varía en el tiempo, en cuyo caso, esta, la tensión y la propia impedancia se notan con números complejos o funciones del análisis armónico.

ISP (Internet Service Provider) Proveedor de servicios de internet

ITU: unión internacional de Telecomunicaciones, es el organismo especializado de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones, a nivel internacional, entre las distintas Administraciones y Empresas Operadoras.

MICROONDAS: parte del espectro electromagnético entre el infrarrojo y las ondas de radio.

MIMO (Multiple Input Multiple Output, 'Múltiple entrada múltiple salida') Es una tecnología que usa múltiples antenas transmisoras y receptoras para mejorar el desempeño del sistema, permitiendo manejar más información que al utilizar una sola antena.

OMNIDIRECCIONAL: dicese de la antena que transmite en todas direcciones del plano horizontal con la misma ganancia.

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) modulación multiportadora, donde múltiples datos se envían paralelamente utilizando diferentes subportadoras con banda de frecuencias solapadas ortogonalmente.

PATRÓN DE RADIACIÓN: representación gráfica de la energía radiada por una antena.

PERMITIVIDAD: es una constante física que describe como un campo eléctrico afecta y es afectado por un medio. La permitividad del vacío ($\epsilon=8,8541878176 \times 10^{-12} F/m$).

POLARIZACIÓN: característica que poseen las ondas transversales y los rayos luminosos. Consiste en que todas las vibraciones de la onda se producen sobre direcciones perpendiculares a la de propagación, realizándose preferiblemente sobre un solo plano determinado.

RADIO PROPAGACIÓN: Conjunto de fenómenos físicos que permiten intercambiar información entre el transmisor y el receptor a nivel de ondas electromagnéticas de radio.

SOFTWARE: conjunto de programas, instrucciones y procedimientos necesarios que forman parte de un sistema de cómputo, permitiendo aprovechar todos los recursos que el computador u ordenador tiene, de manera que pueda resolver gran cantidad de problemas y tareas específicas.

SRTM: misión topográfica radar shuttle, es una misión para obtener un modelo digital de elevación de la zona del globo terráqueo entre 56 °S a 60 °N, de modo de generar una completa base de cartas topográficas digitales de alta resolución de la tierra.

RESUMEN

El propósito de este proyecto fue el diseño de tres radioenlaces, para brindar conectividad de Internet banda ancha a la sede principal del Colegio Municipal Luz de la Esperanza y a la Escuela Rural Berlín del corregimiento de Berlín en el municipio de Tona (Santander).

Para realizar este diseño inicialmente fueron necesarios una serie de datos característicos como lo son la población a beneficiar, su ubicación geográfica, la topología del terreno, el entorno social del corregimiento y de las dos instituciones encargadas de la formación en básica primaria y bachillerato del corregimiento.

En el diseño se definieron los lugares con las mejores condiciones, para la ubicación de los dispositivos de red que se seleccionaron para realizar los radioenlaces, se realizaron los cálculos necesarios y la posterior comparación de los resultados obtenidos en las simulaciones con los software de simulación R-Planner y Radio Mobile. También se calcularon los costos de implementación y funcionamiento de los tres radioenlaces.

ABSTRACT

The purpose of this project is the design of three radio links to provide broadband Internet to the headquarters of the Municipal Light of Hope College and the School of Rural Berlin district of Berlin in the town of Tona (Santander).

To make this design were initially required a series of characteristic data such as the population benefit, its geographical location, the topology of the terrain, the social environment of the township and the two institutions responsible for training elementary school and high school students from the district .

In designing the places with the best conditions for the location of network devices that were selected to perform radio links defined, the necessary calculations and subsequent comparison of the results obtained in the simulations with the software simulation performed R- Planner and Radio Mobile. Implementation costs of the three radio links were also calculated.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto de diseño de red muestra los lineamientos a seguir para la posterior implementación de una red de conectividad mediante radioenlaces, para llevar Internet banda ancha a las instituciones educativas del corregimiento de Berlín en el municipio de Tona Santander.

En este diseño se detallaron las características que tiene cada institución y la necesidad para acceder a la conectividad por medio de internet banda ancha, se ubica el nodo con más posibilidades para interconectar las instituciones y se realiza el estudio para la ubicación de los dispositivos que pueden realizar este diseño de la red de radioenlaces.

Se seleccionaron los dispositivos de red del fabricante Radwin para posibilitar el diseño lo más adaptado a la realidad posible, se realizaron simulaciones con los software de simulación radio mobile y con el software R-Planner para encontrar los posibles inconvenientes que se pueden dar por las condiciones topográficas y atmosféricas de la región.

Se realizaron cálculos matemáticos para de esta forma comprobar y tener nociones básicas de los resultados obtenidos en los dos software de simulación.

También se realizó un estudio económico para detallar los costos que implicaría la implementación del diseño de los tres radioenlaces propuestos.

JUSTIFICACIÓN

El municipio de Tona cuenta con cerca de 7000 habitantes según datos del DANE de los cuales cerca de 5000 están asentados en el corregimiento de Berlín y según las cifras del Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC) del primer trimestre de 2013, el índice de penetración de Internet fue de solo 0.07 %, siendo de los más bajos del departamento.(MINTIC,2013)

Además, por no ser cabecera municipal, este corregimiento no fue incluido en el proyecto de conectividad con fibra óptica.

Mediante la realización de este proyecto se quiere dar una alternativa para proporcionar Internet banda ancha, por medio del uso de radioenlaces, a las principales instituciones educativas de primaria y secundaria del corregimiento de Berlín y por ende a la comunidad de la región.

Para la sede principal del Colegio Municipal Luz de la Esperanza y la Escuela Rural Berlín, es de gran prioridad tener conectividad a Internet banda ancha, para agilizar los procesos educativos y administrativos, y proporcionar una nueva fuente de información tanto a las asignaturas que están enfocadas al uso de medios tecnológicos, como a las que no tienen este enfoque pero en las que continuamente se logran avances.

En estas instituciones se adelantan procesos formativos y educativos enfocados a la comunidad en general como son: el bachillerato en jornada nocturna y cursos con apoyo del Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA- por lo que estos también se verán beneficiados, contribuyendo a la disminución de la brecha digital de esta región.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar tres enlaces digitales de microondas, para proporcionar Internet banda ancha a las instituciones educativas sede principal del Colegio Municipal Luz de la Esperanza y Escuela Rural Berlín.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Realizar un estudio de campo para identificar los puntos de suministro de Internet que están ubicados en la región y determinar los requerimientos en cuanto a ancho de banda y volumen de transferencia de las instituciones educativas.

Calcular los parámetros necesarios para diseñar los tres enlaces microondas, eligiendo el modelo de propagación que se adapte más a las características de cada uno de ellos y teniendo en cuenta los factores que pueden dificultar la conexión entre los diferentes sitios.

Seleccionar los equipos de red necesarios para la implementación de los tres radioenlaces, basados en sus características y precios.

Determinar los gastos de inversión y funcionamiento que se requieren para implementar los tres radioenlaces.

Simular los tres radioenlaces con el software R-Planner y Radio Mobile, utilizando los datos característicos de los dispositivos de red seleccionados, para comparar los resultados obtenidos con los datos calculados.

ACOTACIONES

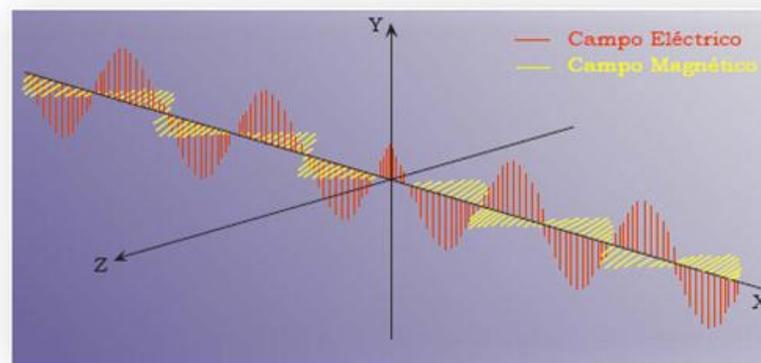
El diseño será elaborado para la empresa Insitel S.A. y estará limitado solo a las instituciones educativas sede principal del Colegio Municipal Luz de la Esperanza y a la Escuela Rural Berlín ya que son las que tienen la mayor cantidad de estudiantes y en ellas se enfoca el desarrollo educativo y social del corregimiento, siendo estas las más allegadas a la comunidad, sin desconocer que otras instituciones presentes en el corregimiento necesitan de conectividad a Internet banda ancha.

1. MARCO TEORICO

1.1 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Una onda electromagnética es la interacción de un campo eléctrico y un campo magnético que se propaga en el espacio. El campo eléctrico y el campo magnético son independientes entre si cuando viajan. Pero para ser creados uno depende del otro, es decir, un campo eléctrico variable en el tiempo implica necesariamente un campo magnético correspondiente en el tiempo.

Figura 1. Ondas electromagnéticas



Fuente: Diseño De Un Enlace De Microondas Dedicado Entre La Msc De Pachuca Hidalgo Y Las Bts's De Ixmiquilpan Y Alfajayucan, ESPINOSA VILLALOBOS, Massiel,2008

La denominación electromagnética se debe a que esta clase de ondas está formada por un campo eléctrico y un campo magnético asociado, y la propagación se hace a frecuencias mucho más elevadas que las del sonido sin que sea necesario un soporte material para las mismas. (LEÓN,2010)

Las ondas electromagnéticas se clasifican según su frecuencia de oscilación. En orden creciente de frecuencia se dividen en: ondas de radio, rayos infrarrojos, luz visible, rayos ultravioleta y rayos x. Al aumentar la frecuencia disminuye la longitud de onda, que se obtiene como la velocidad de propagación en el medio y la frecuencia. La velocidad de propagación es una constante para todas las frecuencias y en el espacio su valor es de $c = 300.000.000$ m/s, es decir, la velocidad de la luz. (TOMASI, 2003)

La relación entre longitud de onda y frecuencia queda expresada por:

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad \text{ec. (1.1)}$$

Donde:

λ = Longitud de onda (m).

f = Frecuencia (MHz).

v = Velocidad de propagación en el vacío, 300.000.000 m/seg.

1.2 PROPIEDADES ÓPTICAS DE LAS ONDAS DE RADIO

En la atmósfera terrestre, la propagación de frentes de ondas y rayos puede diferir del comportamiento en el espacio libre, debido a efectos ópticos, como refracción, reflexión, difracción e interferencia. Se dice que la refracción, la reflexión, la difracción y la interferencia son propiedades ópticas porque se observaron primero en la ciencia de la óptica, que estudia el comportamiento de las ondas luminosas. Como las ondas luminosas son ondas electromagnéticas de alta frecuencia, parece razonable que las propiedades ópticas también se apliquen a la propagación de las ondas de radio. (TOMASI, 2003)

1.2.1 REFRACCIÓN

La refracción electromagnética es el cambio de dirección de un rayo al pasar en dirección oblicua de un medio a otro con distinta velocidad de propagación. La velocidad a la que se propaga una onda electromagnética es inversamente proporcional a la densidad del medio en el que lo hace. Por consiguiente, hay refracción siempre que una onda de radio pasa de un medio a otro de distinta densidad

También se presenta la refracción cuando un frente de onda se propaga en un medio que tiene un gradiente de densidad, perpendicular a la dirección de propagación, es decir, paralelo al frente de onda.

1.2.2 REFRACCION ATMOSFÉRICA

Bajo condiciones atmosféricas normales las ondas de radio no se propagan en una línea recta, en realidad se curvan ligeramente. Esto se debe a la refracción en la atmosfera la cual afecta la propagación horizontal de las ondas de radio. Para tomar esta curvatura en cuenta, se desarrollan todos los cálculos de los enlaces usando el valor más grande del radio de la tierra, tal cual se pueda considerar la propagación de las ondas de radio como si fuera línea recta.

1.2.3 REFLEXIÓN

La reflexión electromagnética ocurre cuando una onda incidente choca con una barrera existente entre dos medios y parte de la potencia incidente no penetra el segundo material. Las ondas que no penetran al segundo material se reflejan. Debido a que todas las ondas reflejadas permanecen en el mismo medio que las ondas incidentes, sus velocidades son iguales, y por lo tanto el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia sin embargo, la intensidad del campo de voltaje es menor que la del campo incidente.

La reflexión también ocurre cuando la superficie reflejante es irregular o áspera. Sin embargo, una superficie así puede destruir la forma del frente de onda. Cuando el frente de onda incidente golpea una superficie irregular, se dispersa aleatoriamente en muchas direcciones. Este tipo de condición se llama reflexión difusa, mientras que la reflexión de una superficie perfectamente lisa se llama reflexión especular. Las superficies que están entre lisas e irregulares se llaman superficies semiasperas, las cuales causan una combinación de reflexión difusa y especular. Una superficie semiaspera no destruirá por completo la forma del frente de onda, pero reduce la potencia transmitida.

1.2.4 DIFRACCIÓN

Se define a la difracción como la modulación o redistribución de la energía dentro de un frente de onda, al pasar cerca de la orilla de un objeto opaco. La difracción es el fenómeno que permite que las ondas luminosas o de radio se propaguen en torno a esquinas.

1.2.5 INTERFERENCIA

La interferencia de ondas de radio se produce siempre que se combinan dos o más ondas electromagnéticas de tal manera que se degrada el funcionamiento del sistema.

La interferencia está sujeta al principio de la superposición lineal de las ondas electromagnéticas, y se presenta siempre que dos o más ondas ocupan el mismo punto del espacio en forma simultánea. El principio de la superposición lineal establece que la intensidad total de voltaje en un punto dado en el espacio es la suma de los vectores de onda individuales. Ciertos tipos de

medios de propagación tienen propiedades no lineales; sin embargo, en un medio ordinario, como la atmósfera terrestre, es válida la superposición lineal.

En la propagación por el espacio libre, puede existir una diferencia de fases sólo porque difieran las polarizaciones electromagnéticas de las dos ondas. Según los ángulos de fase de los dos vectores, puede suceder una suma o una resta. Esto implica simplemente que el resultado puede ser mayor o menor que cualquiera de los vectores, porque las dos ondas electromagnéticas se pueden reforzar o se pueden anular. (TOMASI, 2003)

1.3 PROPAGACIÓN TERRESTRE DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Las ondas electromagnéticas de radio que viajan dentro de la atmósfera terrestre se llaman ondas terrestres, y las comunicaciones entre dos o más puntos de la Tierra se llaman radiocomunicaciones terrestres. Las ondas terrestres se ven influidas por la atmósfera y por la Tierra misma. En las radiocomunicaciones terrestres, las ondas se pueden propagar de varias formas, que dependen de la clase del sistema y del ambiente.

Las ondas electromagnéticas también viajan en línea recta, excepto cuando la Tierra y su atmósfera alteran sus trayectorias. En esencia, hay tres formas de propagación de ondas electromagnéticas dentro de la atmósfera terrestre: onda terrestre, onda espacial (que comprende ondas directas y reflejadas en el suelo) y ondas celestes o ionosféricas. (TOMASI, 2003)

1.4 ZONA FRESNEL

Las zonas de Fresnel forman una serie de círculos concéntricos imaginarios entre el transmisor y receptor, debido a que las ondas electromagnéticas se expanden al viajar en el espacio libre. Dicha expansión puede provocar reflexiones y cambios de fase al pasar sobre un obstáculo produciendo un aumento o disminución en el nivel de intensidad de la señal.

Para lograr realizar un enlace de forma efectiva, sin que se vea afectada la recepción de señal, se requiere que la primera Zona de Fresnel debe de tener un 60 % libre de obstáculos , es decir que el obstáculo no debe ser mayor al 40% de dicha zona.

Si existen obstáculos dentro de la primera zona de Fresnel el radioenlace presentará pérdidas por obstrucción. De tal manera que es fundamental liberar la primera zona de Fresnel para tener el mejor rendimiento del enlace.

1.5 ANTENAS

Una antena es un sistema conductor metálico capaz de radiar y capturar ondas electromagnéticas.

Las antenas de transmisión deben poder manejar potencias grandes y, en consecuencia, deben ser de materiales que soporten altos voltajes y grandes potencias. Una antena es un dispositivo recíproco porque las características y el desempeño de transmisión y de recepción son idénticas, como la ganancia, directividad, frecuencia de operación, ancho de banda, resistencia de radiación, eficiencia.

Un diagrama de radiación es un diagrama o gráfica polar que representa intensidades de campo o densidades de potencia en diversas posiciones angulares en relación con una antena. (TOMASI, 2003)

1.6 MODELO DE TIERRA PLANA

Este modelo es absolutamente teórico y uno de los que justifican las primeras aproximaciones utilizadas en la propagación de señales electromagnéticas. Este modelo es aplicable para distancias inferiores a 20 km donde se pueden despreciar la curvatura terrestre.

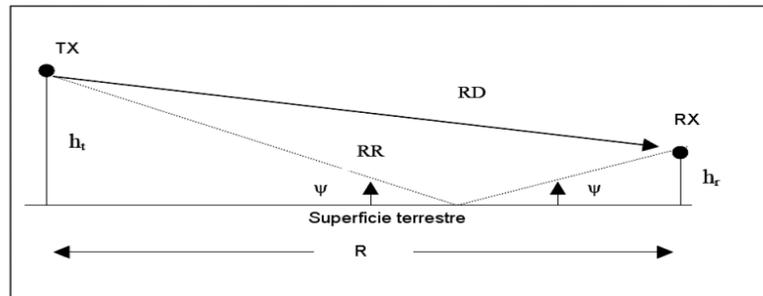
En el desarrollo del modelo se considera en el camino entre el transmisor y el receptor un rayo incidente directo (RD) y uno reflejado (RR), de acuerdo con la teoría óptica intuitiva más básica.

$$\text{Ángulo de incidencia} = \Psi = \tan^{-1} \left(\frac{h_t + h_r}{R} \right) \quad \text{ec. (1.2)}$$

Al receptor llega el rayo directo, cuya intensidad de campo eléctrico en unidades naturales será e_0 . El valor del coeficiente de reflexión R será diferente si se trata de una señal polarizada de una manera o de otra.

El modelo de tierra plana se diferencia del de espacio libre por tener en cuenta las reflexiones con la tierra. También hay que tener en cuenta que este modelo únicamente tiene validez si las alturas de las antenas transmisoras (h_t) y receptora (h_r) son más pequeñas que la distancia entre antenas; $h_t, h_r < R$, que el ángulo (Ψ) de la onda reflejada es próximo a cero y si la distancia entre antenas (R) es lo suficientemente pequeña como para despreciarse la curvatura terrestre. (SENDÍN ESCALONA, 2004)

Figura 2. Esquema para el modelo de tierra plana.



Fuente. Fundamentos de los sistemas de comunicaciones móviles pág. 64

$$\text{Ángulo de incidencia} = \Psi = \tan^{-1} \left(\frac{h_t + h_r}{R} \right) \quad \text{ec. (1.3)}$$

$$RD = \sqrt{(h_t - h_r)^2 + d^2} \quad \text{ec. (1.4)}$$

$$RR = \sqrt{(h_t + h_r)^2 + d^2} \quad ; d \gg h_t \text{ o } h_r \quad \text{ec. (1.5)}$$

La pérdida básica de propagación

$$lb = \frac{\frac{4\pi d}{\lambda}}{1 + |R|^2 + 2|R| \cos(B + \Delta)} \quad \text{ec. (1.6)}$$

1.7 ALGORITMO DE LONGLEY-RICE

Este modelo de propagación también es conocido como Modelo de Terreno Irregular (ITM, Irregular Terrain Model), el cual se basa en principios

electromagnéticos y análisis estadísticos de las características de terreno y de los parámetros del radio enlace, adaptándose a diferentes ambientes: Rural, suburbano y Urbano.

El modelo original fue desarrollado a finales de los años 60 como resultado de la necesidad de mejorar los sistemas móviles de radio y transmisión de televisión. Fue escrito en forma de algoritmo de tal manera de facilitar la programación de software de procesamiento de datos.

Entrega como resultado el valor medio de la atenuación de la señal de radio como una función de la distancia y la variabilidad de la señal en el tiempo y espacio, permitiendo estimar las características de recepción de la señal necesarias en un radio enlace determinado sobre terreno irregular.

Permite operar en dos modalidades:

- Modo de predicción de área que sirve para generar una proyección del área de cobertura de un terminal, sin embargo, no trabaja sobre un trayecto de propagación determinista, si no que genera una proyección del área de cobertura de un terminal dado en función de las características de cada terminal y las irregularidades del terreno.
- Modo punto a punto es capaz de predecir estadísticamente las pérdidas de propagación sobre un trayecto de propagación determinista a partir de los datos característicos de radio y del entorno.

Este modelo funciona en un amplio rango de frecuencia de 20 MHz a 20 GHz, la distancia entre el transmisor y el receptor puede estar entre 1 Km y 2000 Km, tiene en cuenta la polarización horizontal o vertical y utiliza parámetros del entorno como: variable de terreno irregular Δh (rugosidad promedio) dependiente de la forma del terreno, características eléctricas del terreno (permitividad y conductividad) según el tipo de suelo y finalmente refractividad de la superficie (N_s) en función del clima. (PIJO PÉREZ, 2013)

En otros modelos el parámetro de refractividad atmosférica, puede introducirse como la curvatura efectiva de la tierra, típicamente $4/3$.

En el modelo de Longley-Rice, se puede introducir el valor de refractividad de superficie directamente, así:

- Una curvatura efectiva de la tierra de 4/3 (=1.333), corresponde a una refractividad de superficie de valor aproximadamente 301 (N-units). Valor recomendado para condiciones atmosféricas promedio.
- La relación entre los parámetros “k” y “N”, se define como:

$$N = 179.3 * \ln \left[\frac{1}{0.046665} \left(1 - \frac{1}{k} \right) \right] \quad \text{ec. (1.7)}$$

Dónde: N= refractividad (N-units)

$$K= 4/3$$

Los parámetros de entorno del modelo de Longley-Rice, se resume a continuación.

Tabla 1. Constantes eléctricas del terreno.

Tipo de suelo	Permitividad relativa ϵ_r	Conductividad (S/m)
Tierra promedio	15	0.005
Tierra pobre	4	0.001
Tierra buena	25	0.020
Agua dulce	81	0.010
Agua salada	81	5.000

Tabla 2. Modelo de climas caracterizados

CLIMA	N (n- units)
Ecuatorial	360
Continental subtropical	320
Marítimo subtropical	370
Desierto	280
Continental templado	3011
Marítimo temperado, sobre la tierra	320
Marítimo temperado, sobre el mar	350

1.8 MODELO LOS (LINE OF SIGHT)

El modelo LOS (modelo line-of-sight) describe el canal de propagación como aquél en el cuál, dado un transmisor y un receptor situado a una distancia dada, se transmite una señal radioeléctrica a través de espacio libre. El modelo asume un escenario sin obstrucciones físicas entre el transmisor y el receptor, además de considerar que la señal se propaga a lo largo de una línea recta entre ambos extremos. Si existen obstáculos en el trayecto de propagación, la señal recibida es cero. En otras palabras, el modelo no tiene en cuenta efectos de difracción.

En realidad el trayecto seguido por el rayo es curvo, debido a las variaciones en el índice de refracción de la troposfera. Para lograr una representación del trayecto en términos de una propagación rectilínea, se emplea el concepto de radio efectivo de la Tierra, empleando el factor k con un valor típico de $4/3$, aunque puede también utilizarse cualquier otro valor especificado por el diseñador del radioenlace. El factor k es un valor constante para cada trayecto en particular, que permite modificar el radio de la Tierra y modelar así la curvatura en la trayectoria de la señal radioeléctrica.

El modelo LOS requiere que la visibilidad entre transmisor y receptor sea completa y libre de obstáculos. Este análisis puede llevarse a cabo analizando el perfil del terreno a lo largo del cual se extiende el trayecto de propagación, en el cual debe verificarse que existe línea de vista directa entre ambos extremos del enlace.

Si el trayecto entre transmisor y receptor está bloqueado, se asume que el nivel de señal recibida es nulo. En caso contrario, la propagación en condiciones de espacio libre se calcula, de acuerdo con alguna de las expresiones recomendadas por el UIT-R en su Rec. P. 525-2. (XIRIO).

1.8.1 Enlaces punto a área

La intensidad de campo, e , en un punto situado a una cierta distancia del transmisor, se calcula mediante la expresión:

$$e = \sqrt{30} \frac{\sqrt{p}}{d} \quad \text{ec. (1.8)}$$

e = intensidad de campo eficaz [V/m]

p = potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) del transmisor en la dirección del punto considerado [W]

d = distancia del transmisor al punto considerado [m]

La ecuación (1.8) se puede expresar en unidades logarítmicas dBu (dB μ V/m) de la siguiente manera:

$$E(\text{dBu}) = 74,8 + P(\text{dBW}) - 20 \log d (\text{km}) \quad \text{ec. (1.9)}$$

1.8.2 Enlaces punto a punto

La pérdida de espacio libre, l_{bf} , es función de la frecuencia y la distancia del transmisor al punto de referencia (receptor), y viene dada por:

$$l_{bf} = \left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2 \quad \text{ec. (1.10)}$$

Esta ecuación puede expresarse en unidades logarítmicas de la siguiente manera:

$$L_{bf}(\text{dB}) = 32,45 + 20 \log f(\text{MHz}) + 20 \log d (\text{km}) \quad \text{ec. (1.11)}$$

1.9 PÉRDIDAS EN TRAYECTORIA POR EL ESPACIO LIBRE

La pérdida en trayectoria por el espacio libre se suele definir como la pérdida sufrida por una onda electromagnética al propagarse en línea recta por un vacío, sin absorción ni reflexión de energía en objetos cercanos. En realidad no se pierde energía alguna; tan sólo se reparte al propagarse alejándose de la fuente, y se produce una menor densidad de potencia en determinado punto a determinada distancia de la fuente. En consecuencia, un término más adecuado para definir el fenómeno es pérdida por dispersión. La pérdida por dispersión se debe simplemente a la ley del cuadrado inverso. (TOMASI, 2003)

Estas pérdidas están relacionadas directamente con la distancia del radioenlace y la frecuencia de funcionamiento.

La ecuación que define a la pérdida en trayectoria por el espacio libre es

$$L_P = \left(\frac{4\pi D}{\lambda}\right)^2 = \left(\frac{4\pi Df}{c}\right)^2 \quad \text{ec. (1.12)}$$

Siendo

L_P = Pérdida en trayectoria por el espacio libre (adimensional)

D = Distancia (kilómetros)

f = Frecuencia (hertz)

λ = Longitud de onda (metros)

c = Velocidad de la luz en el espacio libre (3×10^8 metros por segundo)

Expresada en decibeles, esta ecuación es

$$L_{P(dB)} = 20 \log \left(\frac{4\pi f D}{c}\right) = 20 \log \frac{4\pi}{c} + 20 \log f + 20 \log D \quad \text{ec. (1.13)}$$

Cuando la frecuencia se expresa en MHz y la distancia en km

$$L_{P(dB)} = 20 \log \left(\frac{4\pi(10)^6(10)^3}{3 \times 10^8}\right) + 20 \log f (MHz) + 20 \log D (km) \quad \text{ec. (1.14)}$$

$$L_P = 32.44 + 20 \log f (MHz) + 20 \log D (km) \quad \text{ec. (1.15)}$$

Cuando la frecuencia se expresa en GHz y la distancia en km

$$L_P = 92.4 + 20 \log f (GHz) + 20 \log D (km) \quad \text{ec. (1.16)}$$

1.10 MARGEN DE DESVANECIMIENTO

Las radiocomunicaciones entre lugares remotos, sean de tierra a tierra o de tierra a satélite, requieren la propagación de señales electromagnéticas por el espacio libre. Al propagarse una onda electromagnética por la atmósfera terrestre, la señal puede tener pérdidas intermitentes de intensidad, además de la pérdida normal en la trayectoria. Esas pérdidas de pueden atribuir a diversos fenómenos, que incluyen efectos de corto y de largo plazo. Esta variación en la pérdida de la señal se llama desvanecimiento y se puede atribuir a perturbaciones meteorológicas como lluvia, nieve, granizo, etc.; a trayectorias múltiples de transmisión y a una superficie terrestre irregular. Para tener en cuenta el desvanecimiento temporal, se agrega una pérdida adicional de transmisión a la pérdida en trayectoria normal. A esta pérdida se le llama margen de desvanecimiento. En esencia, el margen de desvanecimiento es un “factor espurio” que se incluye en la ecuación de ganancia del sistema para considerar las características no ideales y menos predecibles de la propagación de las ondas de radio, como por ejemplo la propagación por trayectorias múltiples (pérdida por trayectorias múltiples) y la sensibilidad del terreno. Estas características causan condiciones atmosféricas temporales y anormales que alteran la pérdida por trayectoria en el espacio libre, y suelen ser perjudiciales para la eficiencia general del sistema. El margen de desvanecimiento también tiene en cuenta los objetivos de confiabilidad del sistema. Así, el margen de desvanecimiento se incluye en la ecuación de ganancia de un sistema como una pérdida.

Al resolver las ecuaciones de confiabilidad de Barnett-Vignant para una disponibilidad anual especificada en un sistema no protegido sin diversidad se obtiene la siguiente ecuación. (TOMASI, 2003)

$$F_m = 30 \log D + 10 \log (6ABf) - 10 \log(1 - R) - 70 \quad \text{ec (1.17)}$$

Efecto de trayectoria simple = $30 \log D$

Sensibilidad del terreno = $10 \log (6ABf)$

Objetivos de confiabilidad = $10 \log (1 - R)$

Constante = **70**

Objetivos de constante trayectoria múltiple del terreno confiabilidad

Siendo

F_m = margen de desvanecimiento (decibeles)

D = distancia (kilómetros)

f = frecuencia (gigahertz)

R = confiabilidad en tanto por uno (es decir, 99.99% 0.9999 de confiabilidad)

$1 - R$ = objetivo de confiabilidad para una ruta de 400 km en un sentido

A = factor de rugosidad

4 = sobre agua o sobre un terreno muy liso

1 = sobre un terreno promedio

0.25 = sobre un terreno muy áspero y montañoso

B = factor para convertir la peor probabilidad mensual en una probabilidad anual

= 1 para pasar una disponibilidad anual a la peor base mensual

= 0.5 para áreas calientes y húmedas

= 0.25 para áreas continentales promedio

= 0.125 para áreas muy secas o montañosas

Para que un radioenlace cumpla con el objetivo de calidad que recomienda la UIT se debe cumplir con la siguiente condición:

$$M_u \geq F_m \quad \text{ec (1.18)}$$

1.11 ENLACE INALÁMBRICO

Un enlace inalámbrico se construye de acuerdo con un método muy simple, cada nodo está equipado con una antena, la cual funciona simultáneamente como transmisor y receptor de ondas electromagnéticas. Dichas ondas se propagan a través de la atmósfera o en el vacío a una velocidad de 3×10^8 m/seg.

Las ondas electromagnéticas pueden propagarse en todas direcciones (omnidireccionales) o dentro de un sector específico (direccional). El tipo de propagación depende de la clase de antena.

Un medio de transmisión inalámbrico a menudo recibe el nombre de no guiado, en contraste con el medio guiado, donde el conductor (alambre de cobre o fibra óptica) define estrictamente la dirección de propagación de la señal.

Para transmitir información discreta utilizando un canal inalámbrico, es necesario modular oscilaciones electromagnéticas del transmisor empleando el flujo de bits que se transmiten. (OLIFER, 2009)

2. MARCO LEGAL

RESOLUCIÓN 002544 DEL 14 OCTUBRE DE 2009

MINISTERIO DE LAS TECNOLOGIAS Y LA INFORMACION REPUBLICA DE COLOMBIA

Por la cual se atribuyen unas bandas de frecuencias para su libre utilización dentro del territorio nacional, mediante sistemas de acceso inalámbrico y redes inalámbricas de área local, que utilicen tecnologías de espectro ensanchado y modulación digital, de banda ancha y baja potencia, y se dictan otras disposiciones.

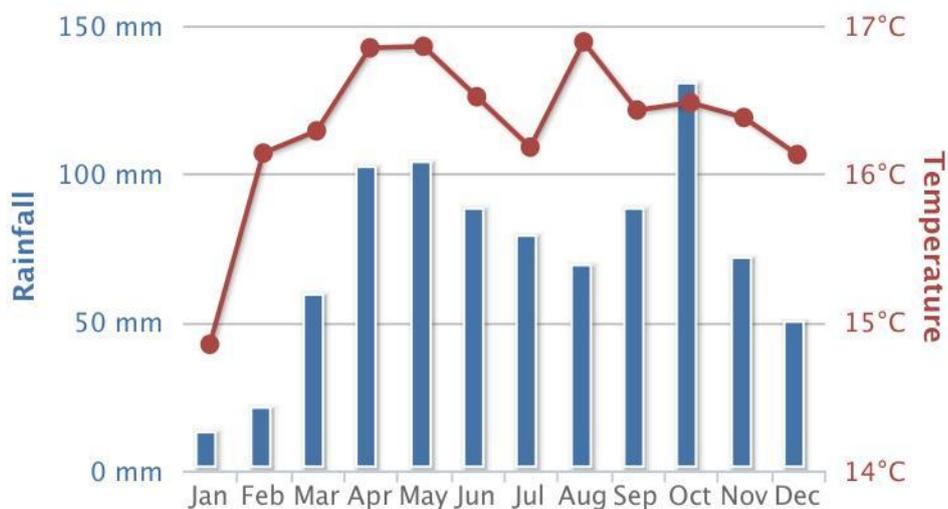
3. ESTUDIO DE SITIO

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

En la zona a desarrollar este diseño está ubicado en el corregimiento de Berlín municipio de Tona, a 3200 y 3500 m. sobre el nivel del mar aproximadamente y a 63 km de la ciudad capital del departamento (Bucaramanga) sobre la vía que de Bucaramanga conduce a Cúcuta, con una población de 5.000 habitantes y una tendencia de crecimiento demográfico del 6% anual, teniendo en cuenta su situación económica y ubicación geográfica en que se encuentra. Sus límites a nivel de corregimiento son: por el norte con el municipio de Vetas, el oriente con el Municipio de Silos (Norte de Santander), por el occidente con la vereda Tembladal y por el sur con el municipio de Santa Bárbara.

3.1.1 Características climáticas de la región

Grafica 1. Promedio mensual temperatura y precipitaciones (1990-2012)



Fuente: http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/index.cfm?page=country_historical_climate&ThisRegion=Latin%20America&ThisCCCode=COL#

3.1.2 Características de vegetación de la región

En la zona de páramo dominan las praderas medias y bajas asociadas con elementos arborescentes de carácter subarborescente (Espeletias) y con arbustos enanos de tipo leñoso. En algunos sectores se presenta un matorral bajo con vegetación herbácea de porte bajo y en las zonas protegidas por los vientos aparece la formación vegetal del bosque alto andino con elementos arborescentes achaparrados que alcanzan entre 0,40 y 1,50 metros de altura; las familias dominantes en este estrato son Melastomataceae, Hypericaceae y Ericaceae. Como formación aislada existe la pradera de gramíneas bajas en los sectores de los pequeños valles húmedos de las cuencas hidrográficas. La alteración del microclima permite la agricultura o la colonización descendente de especies típicas del páramo hasta 3.000 m y en la cual la incidencia de la radiación solar limita el crecimiento de especies arbustivas. Su extensión va desde 3.200 hasta 3.800 m, caracterizándose por una temperatura media inferior a 10°C, siendo comunes las heladas. La precipitación media anual es escasa y se sitúa alrededor de 1.000 mm anuales. (CDMB,2004)

En el corregimiento de Berlín predominan suelos en relieve ondulado, profundos y con buen contenido de materia orgánica.

3.2 CARACTERÍSTICAS NODO CERRO EL PICACHO

Es el nodo más cercano al corregimiento de Berlín en el cual se tiene información.

Cerro picacho está ubicado a 50 km de Bucaramanga por la vía que conduce a Pamplona y desvía 1 km para llegar, en este cerro de comunicaciones se encuentran instalados un gran número de servicios de telecomunicaciones que dan conectividad a la capital santandereana y a otros municipios del departamento.

Para obtener información más detallada sobre los proveedores de servicios de Internet ISP en el nodo se realiza comunicación con la empresa American Tower Colombia (ATC), que es la propietaria de infraestructura de torres para telecomunicaciones a nivel nacional y se obtienen detalles necesarios de ubicación y de disponibilidad de infraestructura para arrendamiento. En la infraestructura que posee esta empresa en el nodo, está el proveedor de servicios de internet Telefónica Colombia que es con quien se solicita portafolio de servicios y se realiza la cotización de las tarifas de internet dedicado.

Torre de telecomunicaciones 1:

ID: 161198 – Cerropicacho-[161198]

LAT: 7° 6'42.98"N

LON: 72°58'31.01"O

Msnm: 3487

Altura de torre: 30 m

Torre Autosoportada

Torre de telecomunicaciones 2:

ID: 158390 - E/R Picacho 1(04-68820000003)-[158390]

LAT: 7.111940°N

LON: -72.975280° O

Msnm: 3452

Altura de torre: 30 m

Torre Autosoportada

Desde este cerro de comunicaciones El Picacho no hay línea de vista con las instituciones educativas colegio municipal luz de la esperanza y tampoco con escuela rural Berlín, tal como se muestran en los perfiles de elevación de la figura 3 y la figura 4, por tal motivo se realiza la búsqueda de otro lugar con condiciones de altitud para que puede servir de repetidor y así llegar a los puntos que se requieren por brindar conexión.

Figura 3. Perfil de elevación entre P1: Cerro Picacho y P3: Escuela

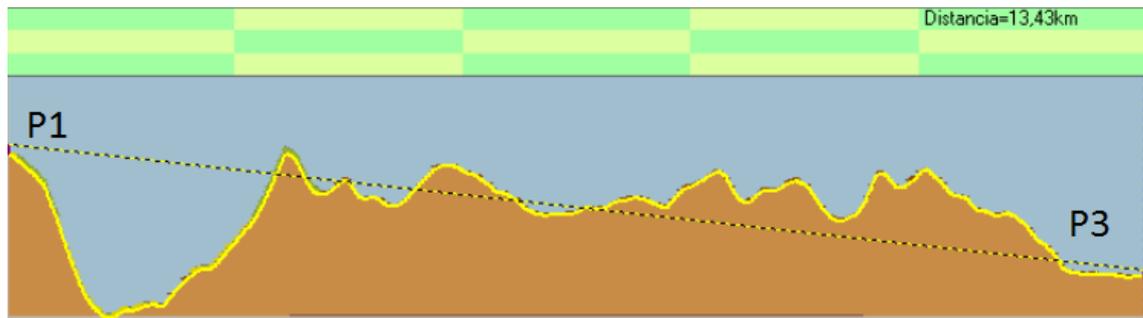
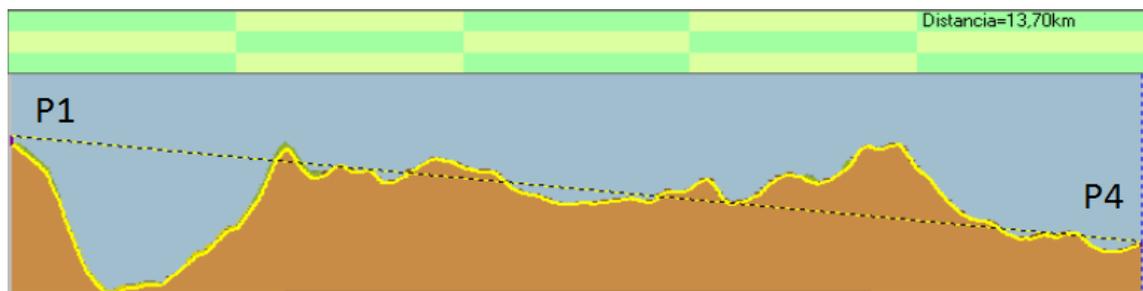


Figura 4. Perfil de elevación entre P1: Cerro Picacho y P4: Colegio



3.3 CARACTERÍSTICAS CERRO VENTANAS

Este cerro está ubicado en la trayectoria el nodo principal cerro el picacho y las instituciones a las cuales se le requiere brindar conectividad además este permite gran visibilidad con la mayor parte de la región ya que posee gran altitud entre los demás cerros de la región, este brinda un tiempo razonable para su acceso, el terreno permite el espacio suficiente para la instalación y futuras ampliaciones y cercanía para el acceso a fluido eléctrico, a continuación se enmarcan las siguientes características:

Nombre: Cerro ventanas

Latitud 7°10'22.68"N

Longitud 72°53'50.70"O

Altitud 3484 msnm

Este sitio cuenta con las siguientes características:

- Línea de vista con cerro el picacho.
- Línea de vista con la institución educativa escuela rural Berlín.

- Línea de vista con la institución educativa colegio municipal luz de la esperanza.
- Condiciones de acceso relativamente favorable, está ubicado dentro de los predios de una finca y a 300 metros de una vía que conduce a una la finca.
- La red eléctrica se encuentra a unos 170 metros por lo que hace viable llegar con fluido eléctrico hasta ese sitio.

En la figura 5 se muestra la línea de vista existente entre el Cerro Picacho y el cerro ventanas obsevado desde este último.

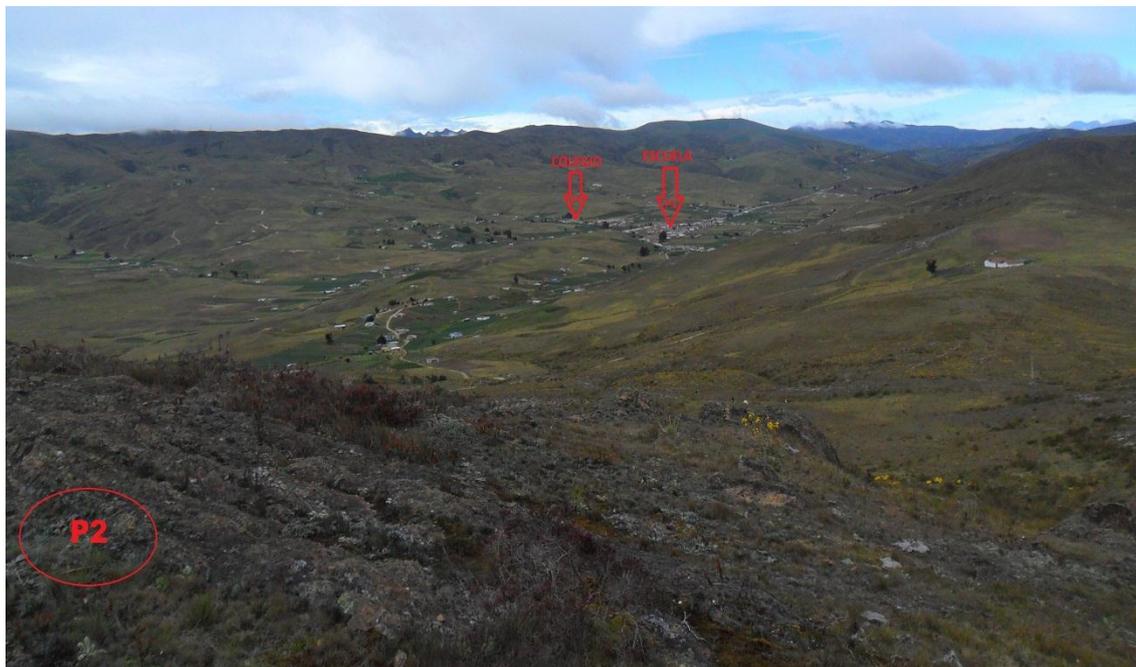
Figura 5. Línea de vista desde cerro ventanas a cerro “El Picacho”



Fuente: Autor

En la figura 6 se muestra la línea de vista existente entre el Cerro Ventanas y el colegio municipal luz de la esperanza y la escuela rural Berlín, observado desde cerro ventanas.

Figura 6. Línea de vista a escuela y colegio desde cerro ventanas y punto de instalación



Fuente: Autor

3.4 CARACTERÍSTICAS SITIO ESCUELA RURAL BERLÍN (COLEGIO SEDE B)

Está ubicada en el corregimiento de Berlín del municipio de Tona .
Ubicación geográfica

Latitud: 7°11'13.68"N

Longitud: 72°52'42.90"O

Altitud: 3310 msnm

Este sitio cuenta con las siguientes características:

- Línea de vista con cerro Ventanas.
- Sala de informática con 10 equipos de cómputo todos con software de sistema operativo Windows 7 home y la capacidad de RAM de 1 GB.

- La sede anteriormente había instalado un sistema de internet satelital y tiene su cableado de red y switch.
- Cableado eléctrico.
- Sistemas de puesta a tierra y protección ante caídas de voltajes.
- Distancia desde punto de instalación de odu a gabinete de equipos de red 15 metros.

En la figura 7 se muestra la línea de vista existente entre el Cerro Ventanas y la escuela rural Berlín, observada desde esta última.

Figura 7. Línea de vista con cerro ventanas y parte externa de la Escuela Rural Berlín (Colegio sede B)



Fuente: Autor

Figura 8. Punto de instalación de ODU Escuela Rural Berlín



Fuente: Autor

Figura 9. Sala de informática desde la parte interior de la escuela rural Berlín



Fuente: Autor

3.5 CARACTERÍSTICAS COLEGIO MUNICIPAL LUZ DE LA ESPERANZA

El Colegio Luz de La esperanza, aprobado como colegio mediante el acuerdo 010 de agosto 28 de 1994; y según resolución 405 del 30 de septiembre de 1996 se autoriza al Colegio Luz de la Esperanza para certificar a los estudiantes que han cumplido con los logros del ciclo de educación básica secundaria.

Está ubicada en el corregimiento de Berlín sobre la vía que conduce al municipio de Vetás.

Ubicación geográfica

Latitud: 7°11'25.74"N

Longitud: 72°52'41.64"O

Altitud: 3321 msnm

Este sitio cuenta con las siguientes características:

- Línea de vista con cerro Ventanas
- Sala de informática con 15 equipos de cómputo, 9 cuentan con sistema operativo de Windows xp y memoria ram de 256MB y 6 cuentan

software de sistema operativo Windows 7 home y la capacidad de RAM de 1 GB

- Oficinas administrativas 3 equipos de cómputo todos con software de sistema operativo Windows 7 home y la capacidad de RAM de 1 GB
- La sede anteriormente se contaba con un sistema de internet satelital pero por condiciones de contratos con el proveedor ya no se presta ese servicio.
- cableado de datos para el funcionamiento de los 15 computadores router y swith, pacth panel
- Tiene cableado eléctrico de sus respectivos equipos y su sistema de protección de caídas de voltaje y UPS.
- Distancia desde punto de instalación de odu a gabinete de equipos de red 40 metros

Figura 10. Línea de vista desde el colegio a cerro ventanas



Fuente: Autor

Figura 11. Punto de instalación de odu para colegio municipal luz de la esperanza



Fuente: Autor

Figura 12. Sala de informática colegio municipal luz de la esperanza



Fuente: Autor

3.6 ANCHO DE BANDA

El ancho de banda representa la velocidad de un canal de transmisión. Sin embargo, en realidad es la cantidad de información que puede transmitirse en un segundo por ese medio de comunicación. Esto depende de la capacidad de manejar los bits (unos y ceros) de manera eficiente y de la velocidad de los circuitos electrónicos para administrar esta información de una manera organizada y segura pueden definirse dos tipos de velocidades de los canales de transmisión de datos: la nominal y la efectiva.

La velocidad efectiva determina la cantidad real de datos que el canal está transmitiendo.

La velocidad nominal determina la máxima velocidad pero mantiene asociados caracteres de control que no aportan nada real para el mensaje, aunque son necesarios para dar seguridad y confiabilidad al canal. Adicionalmente, puede manejar colisiones, fallas, errores y pérdidas que a la postre reducen sustancialmente la velocidad efectiva del canal de comunicación. La velocidad nominal es la que se encuentra mencionada en el contrato que se hace con el ISP. Sin embargo esta velocidad no es, es decir, no podemos usar

Reuso. Este término se refiere a la capacidad de compartir el canal contratado con otros usuarios.

Sincronismo. Se refiere a si la velocidad de bajada (es decir, recibir datos de internet ó DownLoad) es igual a la velocidad de subida (enviar datos a internet ó UpLoad). Cuando la velocidad de subida es igual a la de bajada, se dice que el canal es simétrico y casi siempre se presenta cuando el canal es dedicado.

3.7 CALCULO DEL ANCHO DE BANDA NECESARIO

Para realizar los cálculos de ancho de banda necesario se tienen los datos del número de equipos que hay en las sedes de la escuela rural Berlín y en el colegio municipal luz de la esperanza y se utiliza el valor de reuso en el que se va a segmentar el canal de Internet dedicado.

Mientras que el volumen de transferencia es un dato difícil de obtener de forma previa debido a que no se tiene la cifra exacta de las páginas visitadas y el número de visitas, a determinadas paginas por lo que pueden variar si se

visitan paginas dependiendo de su contenido y su utilización, por este motivo se realizan configuraciones de almacenamiento de páginas en memoria cache.

Número de usuarios iniciales

Número de usuarios (totales)	Velocidad (kbps)	Reuso	Ancho de banda necesario por contratar con el ISP
28	1000	1:12	2.333 (Mbps)

Proyección a crecimiento futuro de usuarios

Número de usuarios (totales)	Velocidad (kbs)	Reuso	Ancho de banda necesario por contratar con el ISP
60	1000	1:12	5.000 (Mbps)

Para asegurar que el diseño sirva con proyección a futuro se toma como referencia el valor de 5 Mbps para diseñar y obtener la capacidad en el enlace punto a punto y tener así el valor mínimo de ancho de banda en nuestro enlace punto a punto principal.

Mientras que en el enlace punto multipunto se va a distribuir con el 35% para la escuela y el otro 65 % para el colegio de la capacidad de tráfico que suministra el enlace punto a punto.

Los enlaces tendrán como mínimo los siguientes requerimientos en cuanto a Troughput:

Tabla 3. Anchos de banda requeridos

Enlace	Troughput mínimo requerido
Enlace punto a punto Cerro Picacho – Cerro ventanas	5 (Mbps)
Enlace punto multipunto Cerro Ventanas – Escuela	1.75 (Mbps)
Enlace punto multipunto Cerro Ventanas – Colegio	3.250 (Mbps)

Tabla 4. Ubicación de los sitios

	Nombre de sitio	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
P1	Cerro picacho (nodo)	7° 6'42.98"N	72°58'31.01"O	3487
P2	Cerro ventanas	7°10'22.68"N	72°53'50.70"O	3484
P3	Escuela rural Berlín	7°11'13.68"N	72°52'42.90"O	3310
P4	Colegio luz de la esperanza	7°11'25.74"N	72°52'41.64"O	3321

4. DISEÑO DEL RADIOENLACE

Figura 13. Etapas del diseño del radioenlace



Fuente: Autor

4.1 CÁLCULO DE LA DISTANCIA DEL ENLACE

La distancia que existe entre los puntos geográficos donde van a estar ubicados el transmisor y receptor que componen el enlace es de importancia ya que dependiendo de esta variable se elegirán los equipos de radio que aseguran la fiabilidad del radioenlace.

Por este motivo a mayor distancia se necesitara mayor potencia para la transmisión y viceversa.

Para el cálculo de la distancia en forma manual es necesario conocer dichas coordenadas geográficas y usar la siguiente ecuación:

$$D = \sqrt{(\Delta longitud * 111.18)^2 + (\Delta latitud * 111.18)^2 + (\Delta h)^2} \quad \text{ec (4.1)}$$

Dónde:

D = Distancia Total del enlace (Km)

$\Delta longitud$ = Es la diferencia entre la Longitud de los dos sitios en grados.

$\Delta latitud$ = Es la diferencia entre la Latitud de los dos sitios en grados.

Δh = Es la diferencia entre las alturas sobre nivel mar de los dos sitios.

111.18 representa la relación entre el meridiano de la tierra de 40000 Km y el meridiano terrestre de 360°, el cual se usa para obtener la distancia en kilómetros.

Tabla 5. Cálculo de las distancias

Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas	10.9 km
Enlace Punto a Punto P2-P3 Cerro Ventanas - Escuela	2.8 km
Enlace Punto a Punto P2-P4 Cerro Ventanas – Colegio	2.92 km

4.2 LÍNEA DE VISTA Y ZONA DE FRESNEL

Para el cálculo de la primera zona de Fresnel sobre un obstáculo se usa la siguiente formula:

$$r_1 = 17.3 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{fD}} \quad \text{ec (4.2)}$$

Dónde:

r_1 = Radio de la primera zona de Fresnel en metros

d_1 = Distancia en Km desde el transmisor al obstáculo

d_2 = Distancia en Km desde el receptor al obstáculo

f = Frecuencia en GHz

D = Distancia total del enlace en Km

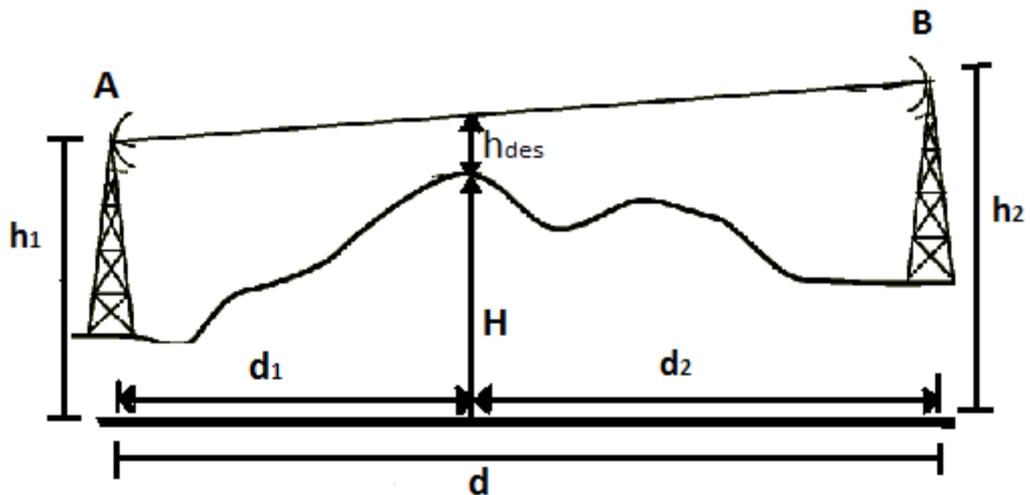
Tabla 6. Cálculo de la primera zona de Fresnel

Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas	10.87 m
Enlace Punto a Punto P2-P3 Cerro Ventanas - Escuela	5.61 m
Enlace Punto a Punto P2-P4 Cerro Ventanas – Colegio	5.99 m

4.3 MARGEN DE DESPEJE

En caso que el enlace se vea afectado por algún obstáculo, ya sea porque está cercano a la trayectoria de la onda electromagnética que se propaga o simplemente porque la obstruye directamente, entonces se produce una atenuación llamada pérdida por obstrucción.

Figura 14. Despeje sobre un obstáculo



En el perfil del trayecto de propagación del radioenlace, el margen de despeje exacto sobre el obstáculo entre la línea central del trayecto de propagación y la arista del obstáculo se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$h_{des(m)} = h_1 + \frac{d_1}{d_1+d_2} (h_2 - h_1) - \left(H + \frac{d_1 d_2}{2ka} \times 10^3 \right) \quad \text{ec (4.3)}$$

Dónde:

h_{des} = Despeje sobre un obstáculo (m).

H = Altura sobre el obstáculo (m).

h_1 = Altura del punto de transmisión (m).

h_2 = Altura del punto de recepción (m).

d_1 = Distancia desde el punto de transmisión a punto de cálculo (Km).

d_2 = Distancia desde el punto de cálculo al punto de recepción (Km).

d = Distancia total del trayecto (Km).

k = Coeficiente del radio efectivo de la tierra, este valor es igual a 4/3.

a = Radio de la tierra igual a 6.37 Km

Para poder calcular el margen de despeje hay que tomar en cuenta el punto más crítico en el trayecto del radio enlace; es decir donde pueda existir obstrucción (punto de mayor altitud a lo largo de todo el trayecto).

En la práctica, basta con que el despeje sobre el obstáculo (h_{des}) sea mayor al radio de la primera zona de Fresnel (r_1) en el mismo punto, con lo cual se asegura que no exista obstrucción. De tal forma que:

Si $h_{des} > r_1$ no existe obstrucción.

Tabla 7. Despeje sobre obstáculo Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas

Alturas de las antenas (m)	Despeje sobre obstáculo h_{des}
$h'_1 = 0$ y $h'_2 = 0$	-11.75 m
$h'_1 = 20$ y $h'_2 = 14.5$	6.59 m
$h'_1 = 25$ y $h'_2 = 14.5$	10.08 m

Tabla 8. Despeje sobre obstáculo Enlace Punto Multipunto P2 - P3 Cerro Ventanas - Escuela

Alturas de las antenas (m)	Despeje sobre obstáculo h_{des}
$h'_1 = 0$ y $h'_2 = 0$	22.42 m
$h'_1 = 12$ y $h'_2 = 4$	29.82 m

Tabla 9. Despeje sobre obstáculo Enlace Punto Multipunto P2-P4 Cerro Ventanas - Colegio

Alturas de las antenas (m)	Despeje sobre obstáculo h_{des}
$h'_1 = 0$ y $h'_2 = 0$	56.7273 m
$h'_1 = 12$ y $h'_2 = 4$	66.1913 m

4.4 ZONA DE FRESNEL LIBERADA

$$\frac{h_{des}}{r_1} = \text{Zona de Fresnel liberada}$$

En la tabla 10 se muestran los valores de las alturas con las que se hacen inicialmente cálculos para identificar la zona de Fresnel liberada y el porcentaje de la zona de Fresnel liberada en el enlace punto a punto entre P1: Cerro Picacho – P2: Cerro Ventanas.

Tabla 10. Zona de Fresnel liberada Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas

Alturas de las antenas (m)	Zona de Fresnel liberada	%
$h'_1 = 0$ y $h'_2 = 0$	-1.08	
$h'_1 = 20$ y $h'_2 = 14.5$	0.60	60
$h'_1 = 25$ y $h'_2 = 14.5$	0.93	93

En la tabla 11 se muestran los valores de las alturas con las que se hacen inicialmente cálculos para identificar la zona de Fresnel liberada y el porcentaje de la zona de Fresnel liberada en el enlace punto multipunto entre P2: Cerro Ventanas – P3: Escuela.

Tabla 11. Zona de Fresnel liberada Enlace Punto Multipunto P2 - P3 Cerro Ventanas - Escuela

Alturas de las antenas (m)	Zona de Fresnel liberada	%
$h'_1 = 0$ y $h'_2 = 0$	3.99	399
$h'_1 = 12$ y $h'_2 = 4$	5.31	531

En la tabla 12 se muestran los valores de las alturas con las que se hacen inicialmente cálculos para identificar la zona de Fresnel liberada y el porcentaje de la zona de Fresnel liberada en el enlace punto multipunto entre P2: Cerro Ventanas – P4: Colegio.

Tabla 12. Zona de Fresnel liberada Enlace Punto Multipunto P2-P4 Cerro Ventanas - Colegio

Alturas de las antenas (m)	Zona de Fresnel liberada	%
$h'_1 = 0$ y $h'_2 = 0$	9.46	946
$h'_1 = 12$ y $h'_2 = 4$	11.05	1110

4.5 Margen de despeje (M)

$$M = h_{des} - r_1 \quad \text{ec (4.4)}$$

En la tabla 13 se muestran los valores de margen de despeje de los enlaces y si estos tienen algún tipo de obstrucción basados en los resultados obtenidos con la zona liberada de fresnel.

Tabla 13. Margen de despeje

Enlace	Margen de despeje (M)	
Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas	-0.7	Existe mínima obstrucción
Enlace Punto multipunto P2-P3 Cerro Ventanas - Escuela	24.21	No existe obstrucción
Enlace Punto multipunto P2-P4 Cerro Ventanas – Colegio	50.73	No existe obstrucción

Si $M < 0$, existe obstrucción y $0 < h_{des} < r_1$, Cuando se pierde condición de visión directa es necesario tener en cuenta la pérdida o ganancia adicional sobre propagación en espacio libre que se produce por difracción en obstáculos que interfieren en la zona de fresnel.

Este factor depende del despejamiento del rayo. La Difracción es la responsable de la atenuación por obstáculos y depende de la forma, el tamaño y de las propiedades eléctricas del obstáculo.

4.6 PÉRDIDAS POR OBSTRUCCIÓN

$$v = \sqrt{2} \frac{(-h_{des})}{r_1} \quad \text{ec. (4.5)}$$

Si $V > -1$ hay pérdida por obstrucción

En la tabla 14 se muestra las pérdidas por obstrucción en la zona de fresnel, del enlace Punto a Punto P1: Cerro Picacho – P2: Cerro Ventanas, calculadas a tres diferentes alturas.

Tabla 14. Perdidas por obstrucción en la zona de Fresnel Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas

Alturas de las antenas (m)	Perdidas por obstrucción en la zona de Fresnel
$h'_1 = 0$ y $h'_2 = 0$	1.528
$h'_1 = 20$ y $h'_2 = 14.5$	-0.857
$h'_1 = 25$ y $h'_2 = 14.5$	-1.311

En la tabla 15 se muestra las pérdidas por obstrucción en la zona de fresnel, del enlace Punto multipunto P2: Cerro Ventanas - P3: Escuela, calculada a alturas definidas.

Tabla 15. Perdidas por obstrucción en la zona de Fresnel Enlace Punto Multipunto P2-P3 Cerro Ventanas - Escuela

Alturas de las antenas (m)	Perdidas por obstrucción en la zona de Fresnel
$h'_1 = 12$ y $h'_2 = 4$	-7.51

En la tabla 16 se muestra las pérdidas por obstrucción en la zona de fresnel, del enlace Punto multipunto P2: Cerro Ventanas – P4: Colegio, calculada a alturas definidas.

Tabla 16. Perdidas por obstrucción en la zona de Fresnel Enlace Punto Multipunto P2-P4 Cerro Ventanas - Colegio

Alturas de las antenas (m)	Perdidas por obstrucción en la zona de Fresnel
$h'_1 = 12$ y $h'_2 = 4$	-15.62

4.7 ATENUACIÓN POR DIFRACCIÓN

$$L_D(v)_{(dB)} = 6.9 + 20 \log(\sqrt{(v - 0.1)^2 + 1} + v - 0.1) \quad \text{ec. (4.6)}$$

En la tabla 17 muestra la atenuación por difracción sufrida por el enlace Punto a Punto P1: Cerro Picacho – P2: Cerro Ventanas, calculadas a tres diferentes alturas.

Tabla 17. Atenuación por difracción Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas

Alturas de las antenas (m)	Atenuación por difracción
$h'_1 = 0$ y $h'_2 = 0$	16.92
$h'_1 = 20$ y $h'_2 = 14.5$	-0.48
$h'_1 = 25$ y $h'_2 = 14.5$	-3.03

4.8 PÉRDIDAS EN TRAYECTORIA POR EL ESPACIO LIBRE

En la tabla 18 muestra las pérdidas sufridas por los tres enlaces, calculadas en sus diferentes trayectorias.

Tabla 18. Pérdida en espacio libre

Enlace	Perdida en espacio libre (dB)
Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho – Cerro Ventanas	128.33
Enlace Punto multipunto P2-P3 Cerro Ventanas - Escuela	116.046
Enlace Punto multipunto P2-P4 Cerro Ventanas – Colegio	116.87

4.9 POTENCIA DE RECEPCIÓN (P_{RX})

La potencia de recepción es un valor en dBm que representa el nivel de señal de la onda electromagnética que es recibida por el receptor en un enlace de radio y para su determinación se toma en cuenta el balance de las ganancias y pérdidas producidas por los equipos y medios de propagación y se expresa con la siguiente ecuación:

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - LCC_{TX} - L_P - LCC_{RX} \quad \text{ec. (4.7)}$$

Dónde:

P_{RX} = Potencia de Recepción en dBm

P_{TX} = Potencia de Transmisión en dBm

G_{TX} = Ganancia de la antena de Transmisión en dBi

G_{RX} = Ganancia de la antena de Recepción en dBi

LCC_{TX} = Pérdidas en los cables y conectores de la antena Transmisión en dB

L_P = Pérdidas en el Espacio Libre en dB

LCC_{RX} = Pérdidas en los cables y conectores de la antena Recepción en dB

En la tabla 19 muestra la potencia de recepción en cada uno de los tres enlaces.

Tabla 19. Potencia de recepción

Enlace	Potencia de recepción (dBm)
Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho – Cerro Ventanas	-40.84
Enlace Punto multipunto P2-P3 Cerro Ventanas - Escuela	-38.04
Enlace Punto multipunto P2-P4 Cerro Ventanas – Colegio	-38.87

4. 10 Potencia de Umbral (P_u)

Se conoce también como la sensibilidad del receptor y representa la potencia mínima requerida que debe recibir el receptor para asegurar que el enlace se pueda establecer. Generalmente los fabricantes de las antenas y radios especifican este valor el cual suele ubicarse entre los -65 dBm y -95 dBm.

4. 11 Margen Respecto al Umbral (MU)

Es el valor obtenido de la diferencia entre la potencia de recepción y la potencia de umbral y se calcula de la siguiente manera:

$$Mu = P_{RX} - Pu \quad \text{ec.(4.8)}$$

Dónde:

Mu = Margen de Umbral en dB

P_{RX} = Potencia de Recepción en dBm

Pu = Potencia de Umbral en dBm

Para P_u se toma como referencia el mínimo valor de sensibilidad ya que este es diferente según el modo de modulación que se tengan configurados los equipos transmisor y receptor.

En la tabla 20 muestra el margen respecto al umbral en cada uno de los tres enlaces.

Tabla 20. Margen Respecto al Umbral

Enlace	Margen Respecto al Umbral
Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho – Cerro Ventanas	47.16
Enlace Punto multipunto P2-P3 Cerro Ventanas - Escuela	49.96
Enlace Punto multipunto P2-P4 Cerro Ventanas – Colegio	49.13

4.12 MARGEN DE DESVANECIMIENTO

Tabla 21. Margen de desvanecimiento

Enlace	Margen de desvanecimiento
Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho – Cerro Ventanas	17.06
Enlace Punto multipunto P2-P3 Cerro Ventanas - Escuela	4.74
Enlace Punto multipunto P2-P4 Cerro Ventanas – Colegio	5.56

4.13 CONFIABILIDAD ESTIMADA

$$(1 - R) = \frac{0.0001 * D}{400} \quad \text{ec. (4.9)}$$

Tabla 22. Confiabilidad estimada

Enlace	Confiabilidad
Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho – Cerro Ventanas	99.9997 %
Enlace Punto multipunto P2-P3 Cerro Ventanas - Escuela	99.9999 %
Enlace Punto multipunto P2-P4 Cerro Ventanas – Colegio	99.9999 %

4.14 Confiabilidad de un enlace (Rv)

La Confiabilidad o Disponibilidad verdadera, puede definirse como la capacidad de un componente, equipo o sistema de no fallar durante un determinado período de tiempo; es decir permite determinar el porcentaje de tiempo que el radioenlace estará disponible.

La ecuación de Barnett & Vigants expresa la indisponibilidad de un enlace y se muestra en la tabla 23 muestra la indisponibilidad en cada uno de los tres enlaces.

$$Undp = 10.4 AB x 10^{-6} fD x 10^{-Mu/10} \quad \text{ec. (4.10)}$$

Tabla 23. Indisponibilidad

Enlace	Indisponibilidad
Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho – Cerro Ventanas	4.58877×10^{-8}
Enlace Punto multipunto P2-P3 Cerro Ventanas - Escuela	3.399×10^{-10}
Enlace Punto multipunto P2-P4 Cerro Ventanas – Colegio	5.4726×10^{-10}

Para el cálculo de la disponibilidad se utiliza los parámetros de la ecuación Barnett & Vigants y se determina con la siguiente ecuación:

$$Rv = (1 - Undp) * 100\% \quad \text{ec. (4.11)}$$

Dónde:

Undp = Tiempo de Indisponibilidad en un año

Rv = Confiabilidad de un enlace

D = Distancia entre las antenas en Km

f = Frecuencia en GHz

Mu = Margen de Umbral en dB

A = Factor topográfico

4 sobre agua o terreno muy liso

1.0 sobre un terreno promedio con alguna rugosidad

0.5 sobre un terreno promedio

0.25 sobre un terreno montañoso

B = Factor climático

0.5 para áreas calientes y húmedas

0.25 para áreas continentales promedio

0.125 para áreas muy secas y montañosas

Tabla 24. Confiabilidad verdadera

Enlace	confiabilidad o disponibilidad
Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho – Cerro Ventanas	99.999995 %
Enlace Punto multipunto P2-P3 Cerro Ventanas - Escuela	99.999999 %
Enlace Punto multipunto P2-P4 Cerro Ventanas – Colegio	99.999999 %

Pérdidas de propagación, tomando en cuenta, pérdidas en espacio libre, en líneas de transmisión y conectores.

Pérdidas en líneas de transmisión.

Son las pérdidas de los cables que conectan el radio con la antena

$$L_{tx} = \textit{longitud} \times \textit{perdidas} \textit{ tipicas}_{dBm} \quad \text{ec. (4.12)}$$

4.13 Pérdidas por conectores

Se asume los datos proporcionados por los fabricantes.

Se asume en por conectores 0,2 dBm por conector.

4.14 Nivel de voltaje recibido por el receptor. Aplicando la ley de OHM, se tiene:

$$P_R = \frac{V_r^2}{R} \quad \text{ec. (4.13)}$$

Donde:

P_R = Potencia de recepción [W]

V_r = Nivel de voltaje [V]

R = Impedancia nominal de la antena [Ω]

$$V_r = \sqrt{P_{R(W)} \times R_{\Omega}} \quad \text{ec. (4.14)}$$

$$P_{R(W)} = 0.001 \times \textit{anti} \log \frac{P_{R(dBm)}}{10} \quad \text{ec. (4.15)}$$

Intensidad de campo eléctrico:

$$E_{dB(uV/m)} = PIRE_{dBW} - 20 \log d_{km} + 74.8 \quad \text{ec (4.16)}$$

Ángulo de Apuntamiento. Se determina relacionando la variación de latitud con la variación de longitud.

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta \textit{latitud}}{\Delta \textit{longitud}} \right)$$

ec. (4.17)

Azimut. Es el ángulo horizontal que se forma entre la dirección de movimiento de una onda electromagnética irradiada por una antena y el plano vertical. El ángulo de azimut se suele medir en grados a partir del norte verdadero, en el sentido de las manecillas del reloj, así:

$$A_{tx} = 90^\circ + |\theta| \quad \text{ec. (4.18)}$$

$$A_{rx} = 270^\circ + |\theta| \quad \text{ec (4.19)}$$

5. SELECCIÓN DE EQUIPOS DE RED

De acuerdo con los cálculos realizados se procede a seleccionar los equipos de red que se utilizarán en el diseño para que permitan la conectividad de banda ancha a las instituciones educativas colegio municipal luz de la esperanza y escuela rural Berlín.

5.1 CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS FABRICANTE RADWIN

- Gestión de equipo vía Ethernet y SNMP
- Enlaces de alta capacidad hasta 200 Mbps de tasa de servicio agregada neta por enlace para PtP y por sector para PtMP.
- Se dispone de anchos de banda de canal configurables 5/10/20/40 MHz dependiendo de las restricciones regulatorias vigentes en cada país o región.
- Posibilidad de balanceo de tasa Ethernet simétrica por defecto, 50% bajada- 50% subida, reconfigurable de modo asimétrico
- Técnica de seguridad como clave de enlace, distintos niveles de acceso y técnica de cifrado de bloque AES con claves de 128 bits

5.2 CARACTERÍSTICAS RADIOELÉCTRICAS

- Selección dinámica de frecuencia (DFS)
- Selección Automática de frecuencia (ACS) que permite definir los canales de frecuencia disponibles para que un equipo transmita en ellos.
- Vista de espectro la cual permite realizar una evaluación de las interferencias en los canales de frecuencia
- Control de potencia de transmisión (TPC) limitando automáticamente la potencia de transmisión de los equipos de radiofrecuencia
- Esquemas de modulación BPSK/QPSK/16QAM/64QAM con mecanismos de corrección de errores:
 - Corrección de errores hacia adelante (FEC) para corregir errores en el receptor sin necesidad de retransmisión.
 - Implementación propietaria de solicitud automática de repetición (ARQ)
- Modulación y codificación adaptativas

Tabla 25. Especificaciones Eficiencia espectral fabricante Radwin

Modulación	BSK	QPSK		16QAM		64QAM		
FEC (K=)	1/2	1/2	3/4	1/2	3/4	2/3	3/4	5/6
Sensibilidad (dBm) para ancho de banda de canal de 20 MHz	-88	-86	-83	-81	-77	-72	-70	-67

- Técnicas de transmisión radioeléctricas avanzadas entre las cuales está OFDM, así como la posibilidad de elegir entre un funcionamiento MIMO o con diversidad espacial usando antenas directivas ya sean parabólicas o de panel.
- Múltiple Entrada Múltiple Salida- MIMO el sistema duplica la capacidad disponible por enlace usando dos polaridades, horizontal y vertical.
- Diversidad espacial: El modo de funcionamiento con diversidad espacial, usa dos antenas para mejorar la calidad y la fiabilidad del enlace.

5.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA EL ENLACE PUNTO A PUNTO:

- Rango de distancia requerido
- Tipo de servicio
- Ancho de banda necesario
- Sistema punto a punto

5.4 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA EL ENLACE PUNTO MULTIPUNTO:

- Ancho de banda necesario
- Rango de distancia requerido
- Angulo máximo de cobertura en que están distribuido los sitios a conectar
- Sistema punto a multipunto

5.5 DISPOSITIVOS DE RED SELECCIONADOS

5.5.1 RADWIN 2000 A RW – 2050- A225

Figura 15. RADWIN 2000 A



Fuente: Autor

Tabla 26. Características principales Radwin 2000 a RW – 2050- a225

ESPECIFICACIONES TECNICAS	RADWIN 2000 A RW – 2050- A225
ARQUITECTURA	Outdoor conectorizado para antena externa
Capacidad	25 Mbps
Rango de distancia	Hasta 120 km
Ancho de banda de canal	5,10,20 MHz
Modulación	2x2 MIMO – OFDM (BPSK/QPSK/16QAM/64QAM)
Max. Potencia de trasmisión	25 dBm

Tecnología de duplexacion	TDD
Corrección de errores	FEC K=1/2, 2/3, 3/4, 5/6

5.5.2 RADWIN 5000 HBS RW – 5025 –OB50

Figura 16. RADWIN 5000 HBS



Fuente <http://es.radwin.com/contentManagment/uploadedFiles/folletos>

Tabla 27. Características principales RADWIN 5000 HBS RW

ESPECIFICACIONES TECNICAS	RADWIN 5000 HBS RW – 5025 –OB50
ARQUITECTURA	Unidad Outdoor con antena integrada
Capacidad	25 Mbps
Rango de distancia	Hasta 20 km
Unidades Suscriptoras soportadas	16 HSU
Ancho de banda de canal	5,10,20 y 40 MHz
Modulación	2x2 MIMO – OFDM (BPSK/QPSK/16QAM/64QAM)
Max. Potencia de transmisión	25 dBm

Tecnología de duplexacion	TDD
Corrección de errores	FEC K=1/2, 2/3, 3/4, 5/6
Ganancia antena	11 dBi
Angulo de cobertura de la antena	90°

5.5.3 RADWIN 5000 HSU RW – 5510 –OA50

Figura 17. RADWIN 5000 HSU



Fuente <http://es.radwin.com/contentManagement/uploadedFiles/folletos>

Tabla 28. Características principales RADWIN 5000 HSU

ESPECIFICACIONES TECNICAS	RADWIN 5000 HSU RW – 5510 –OA50
Arquitectura	Unidad Outdoor con antena integrada
Capacidad	25 Mbps
Rango de distancia	Hasta 40 km
Ancho de banda de canal	5,10,20 y 40 MHz
Modulación	2x2 MIMO – OFDM (BPSK/QPSK/16QAM/64QAM)
Max. Potencia de transmisión	25 dBm
Tecnología de duplexación	TDD
Corrección de errores	FEC K=1/2, 2/3, 3/4, 5/6

5.5.4 ANTENA

Figura 18. Feeder- antena



Fuente: Autor

Tabla 29. Características principales HG5158DP-32D

ESPECIFICACIONES TECNICAS	HG5158DP-32D
Frecuencia	5150- 5850 MHz
Polarización	Vertical y horizontal
Conectores	2 dual Tipo (N) hembra
Ganancia	32 dBi
Impedancia	50 Ohm
Peso	10.5 kg
Diámetro	35.4 in.

5.5.5 POE

PoE (Power over Ethernet).

PoE le permite suministrar energía a un dispositivo de red utilizando el mismo cable utilizado para la transmisión de datos, en la figura 19, se muestra el tipo de PoE seleccionado en el diseño.

Figura 19. POE



Tabla 30. Características principales PHIHONG-POE 61U-560DG

ESPECIFICACIONES TECNICAS	PHIHONG-POE 61U-560DG
Modelo	61U-560DG
Input	100-240V \approx 2A 50-60 Hz
Output	56 V DC 1.1 A
Pin 4,5	++ 56V
Pin 7,8	-GND

5.5.6 SUPRESOR DE PICO

Realiza la función de protección ante caídas de voltajes o sobrecargas que pueden afectar a los equipos de red a través de sus puertos de conexión.

Figura 20. Supresor de picos



Fuente autor

5.7.7 PIG TAIL

Permite realizar la conexión entre la antena y el dispositivo ODU

Figura 21. Pig Tail



Tabla 31. Características principales pig tail

Características	Pig Tail
Longitud	1 m
conectores	N macho
perdida por conectores	4dB:
perdida por cable	0.355 dB

6. PRESUPUESTO ECONÓMICO

El presupuesto está compuesto por los gastos de inversión y está relacionado a la lista de precios de los dispositivos del fabricante Radwin y los demás precios a diferentes empresas distribuidoras y fabricantes de materiales necesarios para la implementación del diseño planteado. Los gastos de funcionamiento se hacen en términos de meses. Algunos dispositivos se adquieren directamente con distribuidores a nivel latinoamericana por lo que sus cotizaciones vienen dadas en dólares americanos (USD) el valor referencia que se toma es de 3017.71 Pesos colombianos por dólar.

6.1 GASTOS DE INVERSIÓN

Tabla 32. Presupuesto económico enlace punto a punto sitio P1: Cerro Picacho

PRESUPUESTO ECONOMICO - ENLACE PUNTO A PUNTO - SITIO P1: CERRO PICACHO								
Item	Detalle	Marca - Modelo	Cantidad	Valor unitario	IVA	Valor unitario mas IVA	Valor total incluido IVA	
1	ODU	Radwin 2000 RW 2050 - A225	1	1.374.053,89	219.848,62	1.593.902,51	1.593.902,51	
2	Pig tail	Pigtail Lmr400 1m N-Nmacho	2	80.000,00	12.800,00	92.800,00	185.600,00	
3	Protector de picos	Motorola 600ss ethernet surge suppressor	1	171.764,71	27.482,35	199.247,06	199.247,06	
4	PoE AC-DC	Phihong – POE 61U-56UDG	1	143.825,00	23.012,00	166.837,00	166.837,00	
5	Antena diámetro 60 cm 30 dBi	Aimet-W5G-30D-DP	1	360.000,00	57.600,00	417.600,00	417.600,00	
6	Mástil para anclaje a torre		1	150.000,00	24.000,00	174.000,00	174.000,00	
7	Conectores RJ 45	CAT 5E Blindado	4	1.200,00	192,00	1.392,00	5.568,00	
8	Conectores de ojo	Para cable 12 a 10 AWG	4	700,00	112,00	812,00	3.248,00	
9	Patch cord 60 cm	CAT 5E 3BUMEN	1	4.800,00	768,00	5.568,00	5.568,00	
						-	TOTAL	2.751.570,58

Tabla 33. Presupuesto económico enlace punto a punto sitio P2: Cerro Ventanas

PRESUPUESTO ECONOMICO - ENLACE PUNTO A PUNTO - SITIO P2: CERRO VENTANAS							
Item	Detalle	Marca - Modelo	Cantidad	Valor unitario	IVA	Valor unitario mas IVA	Valor total incluido
1	ODU	Radwin 2000 RW 2050 - A225	1	1.374.053,89	219.848,62	1.593.902,51	1.593.902,51
2	Pig tail	Pigtail Lmr400 1m N-Nmacho	2	80.000,00	12.800,00	92.800,00	185.600,00
3	Protector de picos	Motorola 600ss ethernet surge suppressor	1	171.764,71	27.482,35	199.247,06	199.247,06
4	PoE AC-DC	Phihong – POE 61U-56UDG	1	143.825,00	23.012,00	166.837,00	166.837,00
5	Antena diámetro 60 cm 30 dBi	Aimet-W5G-30D-DP	1	360.000,00	57.600,00	417.600,00	417.600,00
6	Mástil para anclaje a torre		1	150.000,00	24.000,00	174.000,00	174.000,00
7	Conectores RJ 45	CAT 5E Blindado	4	1.200,00	192,00	1.392,00	5.568,00
8	Conectores de ojo	Para cable 12 a 10 AWG	4	700,00	112,00	812,00	3.248,00
9	Patch cord 60 cm	CAT 5E 3BUMEN	1	4.800,00	768,00	5.568,00	5.568,00
10	UPS On Line	TITAN1KVA RACK	1	1.452.500,00	232.400,00	1.684.900,00	1.684.900,00
						TOTAL	4.436.470,58

Tabla 34. Presupuesto económico enlace punto multipunto sitio P2: Cerro Ventanas

PRESUPUESTO ECONOMICO - ENLACE PUNTO MULTIPUNTO - SITIO P2: CERRO VENTANAS							
Item	Detalle	Marca - Modelo	Cantidad	Valor unitario	IVA	Valor unitario mas IVA	Valor total incluido
1	ODU	RADWIN 5000 HPMP RW-5025-0B50 HBS	1	1.796.533,22	287.445,32	2.083.978,54	2.083.978,54
2	Protector de picos	Motorola 600ss ethernet surge suppressor	1	171.764,71	27.482,35	199.247,06	199.247,06
3	PoE AC-DC	Phihong – POE 61U-56UDG	1	143.825,00	23.012,00	166.837,00	166.837,00
4	Mástil para anclaje a torre		1	150.000,00	24.000,00	174.000,00	174.000,00
5	Conectores RJ 45	CAT 5E Blindado	4	1.200,00	192,00	1.392,00	5.568,00
6	Conectores de ojo	Para cable 12 a 10 AWG	4	700,00	112,00	812,00	3.248,00
7	Patch cord	CAT 5E 3BUMEN	1	4.800,00	768,00	5.568,00	5.568,00
						TOTAL	2.638.446,60

Tabla 35. Presupuesto económico sitio P3: Escuela

PRESUPUESTO ECONOMICO - ENLACE PUNTO MULTIPUNTO - SITIO P3: ESCUELA RURAL BERLIN							
Item	Detalle	Marca - Modelo	Cantidad	Valor unitario	IVA	Valor unitario mas IVA	Valor total incluido
1	ODU	RADWIN 5000 HPMP RW 5510-0A50 HSU	1	740.334,79	118.453,57	858.788,36	858.788,36
2	Protector de picos	Motorola 600ss ethernet surge suppressor	1	171.764,71	27.482,35	199.247,06	199.247,06
3	PoE AC-DC	Phihong – POE 61U-56UDG	1	143.825,00	23.012,00	166.837,00	166.837,00
4	Mástil para anclaje a pared		1	123.000,00	19.680,00	142.680,00	142.680,00
5	Conectores RJ 45	CAT 5E Blindado	4	1.200,00	192,00	1.392,00	5.568,00
6	Conectores de ojo	Para cable 12 a 10 AWG	4	700,00	112,00	812,00	3.248,00
7	Pach cord	CAT 5E 3BUMEN	1	4.800,00	768,00	5.568,00	5.568,00
						TOTAL	1.381.936,42

Tabla 36. Presupuesto económico sitio P4: Colegio

PRESUPUESTO ECONOMICO - ENLACE PUNTO MULTIPUNTO - SITIO P4: COLEGIO MUNICIPAL LUZ DE LA ESPERANZA							
Item	Detalle	Marca - Modelo	Cantidad	Valor unitario	IVA	Valor unitario mas IVA	Valor total incluido
1	ODU	RADWIN 5000 HPMP RW 5510-0A50 HSU	1	740.334,79	118.453,57	858.788,36	858.788,36
2	Protector de picos	Motorola 600ss ethernet surge suppressor	1	171.764,71	27.482,35	199.247,06	199.247,06
3	PoE AC-DC	Phihong – POE 61U-56UDG	1	143.825,00	23.012,00	166.837,00	166.837,00
4	Mástil para anclaje a pared		1	123.000,00	19.680,00	142.680,00	142.680,00
5	Conectores RJ 45	CAT 5E Blindado	4	1.200,00	192,00	1.392,00	5.568,00
6	Conectores de ojo	Para cable 12 a 10 AWG	4	700,00	112,00	812,00	3.248,00
7	Pach cord 60 cm	CAT 5E 3BUMEN	1	4.800,00	768,00	5.568,00	5.568,00
						TOTAL	1.381.936,42

Tabla 37. Presupuesto económico de materiales

PRESUPUESTO ECONOMICO DE MATERIALES							
Item	Detalle	Marca - Modelo	cantidad	Valor unitario	IVA	Valor unitario mas IVA	Valor total incluido
1	Cable UTP	Cat 5E ext. 305 m -Calibre 24awg - QPCOM	1	681.000,00	108.960,00	789.960,00	789.960,00
2	Cable para sistema puesta a tierra	12 AWG THHN/THWN-2 600 V 90°C 30 A 3,3 mm	2	130.000,00	20.800,00	150.800,00	301.600,00
3	Cintas de amarres plásticas negras	dexson - 35 cm	6	10.990,00	1.758,40	12.748,40	76.490,40
4	Cinta aislante o de vinyl	3/4 x 66 pies (19mm x 201mm)	3	8.400,00	1.344,00	9.744,00	29.232,00
5	Cinta de hule autofundible	3/4" x 30 pies (19mm x 910mm)	2	31.000,00	4.960,00	35.960,00	71.920,00
6	Tubería galvanizada EMT	1/2" X 3 m	10	7.050,00	1.128,00	8.178,00	81.780,00
7	Angulos galvanizados EMT	1/2" x 90º	8	1.200,00	192,00	1.392,00	11.136,00
8	Terminales galvanizados EMT	1/2"	6	450,00	72,00	522,00	3.132,00
9	Uniones EMT	1/2"	20	650,00	104,00	754,00	15.080,00
10	Abrazadera de fijacion tubería EMT	1/2"	38	1.200,00	192,00	1.392,00	52.896,00
11	Chazos metalicos Expansivo	5/8"	20	2.500,00	400,00	2.900,00	58.000,00
12	Chazos plasticos	1/4 "	100	75,00	12,00	87,00	8.700,00
13	Tomillos para chazos de 1/4"		100	150,00	24,00	174,00	17.400,00
14	Conduletas	Crouse Hinds s3 C 1/2 " - Aluminio - Gris	3	3.750,00	600,00	4.350,00	13.050,00
15	Canaletas	20 x 20 con adhesivo 2 M	5	7.080,00	1.132,80	8.212,80	41.064,00
16	Angulo plano canaleta	20x20	7	950,00	152,00	1.102,00	7.714,00
17	Accesorio tapa final canaleta	20x20	6	680,00	108,80	788,80	4.732,80
18	Accesorio union canaleta	20x20	10	680,00	108,80	788,80	7.888,00
19	Coraza		10	2.945,00	471,20	3.416,20	34.162,00
20	Terminales coraza	1/2"	4	1.330,00	212,80	1.542,80	6.171,20
21	Brocas	1/4 para muro	2	3.000,00	480,00	3.480,00	6.960,00
22	Brocas	5/8"	2	3.500,00	560,00	4.060,00	8.120,00
23	Breaker	Monopolar de 1 x 15A	1	8.500,00	1.360,00	9.860,00	9.860,00
24	Toma doble		1	5.250,00	840,00	6.090,00	6.090,00
25	caja de sobreponer		1	10.900,00	1.744,00	12.644,00	12.644,00
26	multitoma	powest - 6 salidas	1	151.900,00	24.304,00	176.204,00	176.204,00
27	caja monofasica de 3 circuitos		1	17.000,00	2.720,00	19.720,00	19.720,00
28	Cable encauchetado	3x12	20	4.300,00	688,00	4.988,00	99.760,00
						TOTAL	1.971.466,40

Tabla 38. Presupuesto de infraestructura necesaria en sitio P2: Cerro ventanas

PRESUPUESTO ECONOMICO DE INFRAESTRUCTURA NECESARIA EN SITIO P2:CERRO VENTANAS							
Item	Detalle	Caracteristicas	Cantidad	Valor unitario	IVA	Valor unitario mas IVA	Valor total incluido
1	Fabricacion de torre riendada de 15 Mts X 0,30 Cm.	Caracteristica galvanizada en caliente	1	2.400.000,00	384.000,00	2.784.000,00	2.784.000,00
2	Obra civil (Cimentaciones).		1	1.100.000,00	176.000,00	1.276.000,00	1.276.000,00
3	Accesorios	Guaya super GX de 1/4", tensores de 3/4" y prensacables de 3/8"	1	550.000,00	88.000,00	638.000,00	638.000,00
4	Instalacion de la estructura		1	1.000.000,00	160.000,00	1.160.000,00	1.160.000,00
5	Sistema de pararrayos	Electrodos en varilla de 5/8" x 2.40 m, 30 kg de hidrogel , línea de aterrizaje en cable de 2/0 y pararrayos de 4 puntas tipo Franklyn de bronce	1	900.000,00	144.000,00	1.044.000,00	1.044.000,00
6	Sistema de tierra	Bajo Norma. Cable cobre 1/0 , varillas 2,40 mts , hidrogel, soldadura exotermica .	1	1.400.000,00	224.000,00	1.624.000,00	1.624.000,00
7	Pintura general	Colores regulares blanco y naranja según normatividad de la aeronautica civil.	1	550.000,00	88.000,00	638.000,00	638.000,00
8	Luces de obstruccion	Faro sencillo tipo LED 200W , Bombillo duracion 40.000 H - con cable	1	1.100.000,00	176.000,00	1.276.000,00	1.276.000,00
9	Encerramiento	Malla eslabonada ,concertina ,tuberua de 2" , anguleria de 1 1/2 3/6 , puerta , vigas de amarre y obra civil.	1	3.300.000,00	528.000,00	3.828.000,00	3.828.000,00
10	Gabinete Outdoor	outdoor de 1.20 x 0.50 x 1 m	1	1.150.000,00	184.000,00	1.334.000,00	1.334.000,00
11	Trasporte de la estructura, material y personal		1	1.600.000,00	256.000,00	1.856.000,00	1.856.000,00
						TOTAL	17.458.000,00

Tabla 39. Presupuesto de instalaciones

PRESUPUESTO ECONOMICO DE INSTALACIONES							
Item	Detalle	Características	Cantidad	Valor unitario	IVA	Valor unitario mas IVA	Valor total incluido
1	Infraestructura electrica hasta cerro ventanas	Instalacion de cableado, postes medidor electrico y acometida.		3.000.000,00	480.000,00	3.480.000,00	3.480.000,00
2	Cargo de conexión canal internet dedicado	2 Mbps		1.500.000,00	240.000,00	1.740.000,00	1.740.000,00
3	Instalacion de enlace punto a punto	Instalacion y trasorte de personal de instalacio		1.900.000,00	304.000,00	2.204.000,00	2.204.000,00
4	Instalacion de enlaces punto a multipunto	Instalacion y trasorte de personal de instalacion		2.600.000,00	416.000,00	3.016.000,00	3.016.000,00
						TOTAL	10.440.000,00

6.2 GASTOS DE FUNCIONAMIENTO

Tabla 40. Costos de funcionamiento

COSTOS DE FUNCIONAMIENTO							
Item	Detalle	Características	Cantidad	Valor unitario	IVA	Valor unitario mas IVA	Valor total incluido
1	Arrendamiento de terreno en el sitio P2: Cerro Ventanas	3m x3 m		180.000,00	28.800,00	208.800,00	208.800,00
2	Energia electrica equio en nodo	1 Kva que vale 0.95 smmlv		654.982,00	104.797,12	759.779,12	759779,12
3	Arrendamiento de espacio en torre en sitio P1:Cerro Picacho			210.000,00	33.600,00	243.600,00	243.600,00
4	Arrendamiento de espacioen piso en sitio P1: Cerro Picacho	1 mx 1m		260.000,00	41.600,00	301.600,00	301.600,00
5	Canal Internet dedicado	2 Mbps - Ciudad tipo 3		2.081.730,00	333.076,80	2.414.806,80	2.414.806,80
6	Costo energía eléctrica mensual cerro ventanas	210.25 Kw/h		66.607,00	10.657,12	77.264,12	77.264,12
7	Costo energía eléctrica mensual cerro ventanas	210.25 Kw/h		33.303,00	5.328,48	38.631,48	38.631,48
8	Costo energía eléctrica mensual cerro ventanas	210.25 Kw/h		33.303,00	5.328,48	38.631,48	38.631,48
9	Mantenimiento preventivo mensual			150.000,00	24.000,00	174.000,00	174.000,00
						TOTAL	4.257.113,00

6.3 GASTO TOTAL

Tabla 41. Presupuesto económico total

PRESUPUESTO ECONOMICO TOTAL		
Item	Detalle	Valor
1	PRESUPUESTO ECONOMICO - ENLACE PUNTO A PUNTO - SITIO P1: CERRO PICACHO	2.751.570,58
2	PRESUPUESTO ECONOMICO - ENLACE PUNTO PUNTO - SITIO P2: CERRO VENTANAS	4.436.470,58
3	PRESUPUESTO ECONOMICO - ENLACE PUNTO MULTIPUNTO - SITIO P2: CERRO VENTANAS	2.638.446,60
4	PRESUPUESTO ECONOMICO DE INFRAESTRUCTURA NECESARIA EN SITIO P2: CERRO VENTANAS	17.458.000,00
5	PRESUPUESTO ECONOMICO - ENLACE PUNTO MULTIPUNTO - SITIO P3: ESCUELA RURAL BERLIN	1.381.936,42
6	PRESUPUESTO ECONOMICO - ENLACE PUNTO MULTIPUNTO - SITIO P4: COLEGIO MUNICIPAL LUZ DE LA ESPERANZA	1.381.936,42
7	PRESUPUESTO ECONOMICO DE MATERIALES	1.971.466,40
8	PRESUPUESTO ECONOMICO DE INSTALACIONES	10.440.000,00
9	COSTOS DE FUNCIONAMIENTO	4.257.113,00
10	IMPREVISTOS	4.671.694,00
TOTAL		51.388.633,99

7. SOFTWARE DE SIMULACIÓN RADIO MOBILE

7.1 RADIO MOBILE

Es un programa de simulación de radiopropagación desarrollado por Roger Coudé para predecir el comportamiento de sistemas de radio, simular radioenlaces y representar el área de cobertura de una red de radiocomunicaciones, entre otras funciones.

El software trabaja en el rango de frecuencias entre 20 MHz y 20 GHz y está basado en el modelo de propagación ITM (Irregular Terrain Model) o modelo Longley-Rice.

Radio Mobile utiliza datos de elevación del terreno para crear mapas virtuales del área de interés, vistas estereoscópicas, vistas en 3-D y animaciones de vuelo.

Los datos de elevación se pueden obtener de diversas fuentes, entre ellas del proyecto de la NASA Shuttle Terrain Radar Mapping Misión (SRTM) que provee datos de altitud con una precisión de 3 segundos de arco (100 m).

7.2 PARAMETROS SIMULADOR DE RADIO MOBILE

Parámetros definidos: potencia de transmisión, frecuencia de operación, altura y configuración de la antena, se procede a realizar una serie de cálculos, utilizando la herramienta computacional Radio Mobile.

- Altura, polarización, ganancia y azimut de las antenas
- Frecuencia de trabajo mínima y máxima.
- Pérdidas en el espacio libre.
- Campo eléctrico presente en la antena receptora.
- PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente).
- Despeje de la Zona de Fresnel
- Sensibilidad del equipo receptor.
- Pérdidas en las líneas de transmisión.
- Clima de la zona en donde se diseña el radioenlace.

Azimut: Angulo Azimut entre los puntos del enlace

Pérdidas: Es la suma de las pérdidas en el espacio libre y las ocasionadas por obstrucción

Campo E: Es la intensidad de campo eléctrico generado por la antena transmisora.

Obstrucción: Distancia del peor punto con obstrucción a partir del trasmisor

Fresnel: Despeje de la zona de fresnel del peor punto con obstrucción

Nivel RX (dBm) :Potencia de recepción

Nivel RX (uV): Nivel del voltaje recibido en el receptor

Distancia: Distancia entre los dos puntos del radioenlace

Rx relativo: Margen de umbral μ

Frecuencia: Mínima y máxima el rango de frecuencia donde funcionara el radioenlace

Unidades S

Cada una de las luces verdes corresponde a una unidad S, las luces rojas, a un adicional de 10 dB sobre S9. El S-Meter de la derecha corresponde a la señal recibida para una transmisión de izquierda a derecha. El S-Meter de la izquierda al contrario.

Los valores pueden diferir si la ganancia de los sistemas son diferentes en cada caso, en la tabla 42 se observan los niveles de señal y el margen umbral.

Tabla 42 .Correspondencia entre los niveles de señal según S y el margen de umbral (μ)

Referencia (unidades S)	Margen de umbral (μ)
S0	(49dB \leq -1.5dB)
S1	($\mu \geq$ -1.5dB y $\mu < 1.5$ dB)
S2	(1.5dB $\leq \mu \leq$ 4.5dB)
S3	(4.5dB $< \mu < 7.5$ dB)
S4	(7.5dB $\leq \mu < 10.5$ dB)

S5	(10.5dB<Mu<13.5dB)
S6	(13.5dB<=Mu<16.5dB)
S7	(16.5dB<Mu<19.5dB)
S8	(19.5dB<=Mu<22.5dB)
S9	(22.5dB<Mu<27dB)
S9 + 10	(27dB<=Mu<39dB)
S9 + 20	(39dB<=Mu<49dB)
S9 + 30	(49dB<=Mu<59dB)

Potencia Tx: Potencia de transmisión del radio, expresada en [W] y [dBm]

Pérdida de línea: Corresponden las pérdidas en conectores [dB] y pérdidas del cable coaxial que conecta la antena con el radio [dB].

Potencia radiada: Potencia isotrópica efectiva irradiada de la antena transmisora

Ganancia de la antena: Ganancia de la antena referida

7.3 SIMULACIÓN SOFTWARE RADIO MOBILE

7.3.1 ENLACE PUNTO - PUNTO ENTRE P1-P2 (CERRO PICACHO - CERRO VENTANAS)

En la tabla 43 se muestran los parámetros definidos para enlace punto - punto entre P1-P2 (Cerro Picacho - Cerro Ventanas) estos valores necesariamente se introducen al software de simulación para realizar la simulación del enlace.

Tabla 43. Parámetros definidos enlace punto - punto entre p1-p2 (cerro picacho - cerro ventanas).

PARÁMETROS DEFINIDOS	
Frecuencia (MHz)	5780
Potencia Tx (dBm)	25
Perdida de línea (dB)	0.755
Ganancia de la antena Tx (dBi)	32
Altura de la antena Tx (m)	25
Sensibilidad Rx (dBm)	-88
Ganancia de la antena Rx (dBi)	32
Altura de la antena Rx(m)	14.5
Campo E Requerido (dB μ V/m)	33.21

En la tabla 44 se muestran los resultados tanto obtenidos mediante el software de simulación Radio Mobile como los obtenidos matemáticamente allí descritos como teóricos del enlace punto a punto entre P1-P2 (Cerro Picacho - Cerro Ventanas).

Tabla 44. Resultados calculados enlace punto - punto entre P1-P2 (Cerro Picacho - Cerro Ventanas).

RESULTADOS CALCULADOS		
	SOFTWARE RADIO MOBILE	TEÓRICO
Azimut (°)	50.30	51.92

Espacio libre (dB)	128.3	128.33
Pérdidas(dB)	134.9	138.53
Angulo de elevación(º)	-0.183	0.071
Campo E (dBµV/m)	73.8	78.3523
Nivel de Rx (dBm)	-47.4	-47.84
Nivel de Rx (µV)	958.06	905.86
Distancia (Km)	10.83	10.9
RX relativo (dB)	40.6	47.16
PIRE (W)	421.21	265.76
PRE (W)	256.84	161.99

7.3.2 ENLACE PUNTO - MULTIPUNTO ENTRE P2-P3 (CERRO VENTANAS- ESCUELA)

En la tabla 45 se muestran los parámetros definidos para enlace punto - multipunto entre P2-P3 (Cerro Ventanas - Escuela) estos valores necesariamente se introducen al software de simulación para realizar la simulación del enlace.

Tabla 45. Parámetros definidos enlace punto - multipunto entre P2-P3 (Cerro ventanas - Escuela).

PARÁMETROS DEFINIDOS	
Frecuencia (MHz)	5830
Potencia Tx (dBm)	25
Perdida de línea (dB)	0
Ganancia de la antena Tx (dBi)	11
Altura de la antena Tx (m)	12
Sensibilidad Rx (dBm)	-88
Ganancia de la antena Rx (dBi)	17

Altura de la antena Rx(m)	4
Campo E Requerido (dBμV/m)	47.46

En la tabla 46 se muestran los resultados tanto obtenidos mediante el software de simulación Radio Mobile como los obtenidos matemáticamente allí descritos como teóricos del enlace punto a multipunto entre P1-P2 (Cerro Ventanas - Escuela).

Tabla 46. Resultados calculados enlace punto - multipunto entre P2-P3 (Cerro Ventanas - Escuela).

RESULTADOS CALCULADOS		
	RADIO MOBILE	TEÓRICO
Azimut (°)	52.82	53.05
Espacio libre (dB)	116.0	116.046
Pérdidas(dB)	122.0	132.9
Angulo de elevación(°)	-4.303	-4.01
Campo E (dBμV/m)	66.4	72.46
Nivel de Rx (dBm)	-69.1	-70.046
Nivel de Rx (μV)	78.93	70.33
Distancia (Km)	2.61	2.8
RX relativo (dB)	18.9	49.96
PIRE (W)	3.97	3.98
PRE (W)	2.42	2.4266

7.3.3 ENLACE PUNTO - MULTIPUNTO ENTRE P2-P4 (CERRO VENTANAS - COLEGIO)

En la tabla 47 se muestran los parámetros definidos para enlace punto - multipunto entre P2-P4 (Cerro Ventanas - Colegio) estos valores necesariamente se introducen al software de simulación para realizar la simulación del enlace.

Tabla 47. Parámetros definidos enlace punto - multipunto entre P2-P4 (Cerro ventanas - Colegio).

PARAMETROS DEFINIDOS	
Frecuencia (MHz)	5830
Potencia Tx (dBm)	25
Perdida de línea (dB)	0
Ganancia de la antena Tx (dBi)	11
Altura de la antena Tx (m)	12
Sensibilidad Rx (dBm)	-88
Ganancia de la antena Rx (dBi)	17
Altura de la antena Rx(m)	4
Campo E Requerido (dBμV/m)	47.46

En la tabla 48 se muestran los resultados tanto obtenidos mediante el software de simulación Radio Mobile como los obtenidos matemáticamente allí descritos como teóricos del enlace punto a multipunto entre P2-P4 (Cerro Ventanas - Colegio).

Tabla 48. Resultados calculados enlace punto - multipunto entre P2-P4 (Cerro Ventanas - Colegio).

RESULTADOS CALCULADOS		
	RADIO MOBILE	TEÓRICO
Azimut (°)	47.37	47.61
Espacio libre (dB)	116.8	116.87
Pérdidas(dB)	123.5	131.9
Angulo de elevación(°)	-3.652	-3.41
Campo E (dBμV/m)	64.9	71.64

Nivel de Rx (dBm)	-70.5	-70.87
Nivel de Rx (μV)	66.70	63.97
Distancia (Km)	2.87	2.92
RX relativo (dB)	17.5	49.13
PIRE (W)	3.98	3.98
PRE (W)	2.43	2.4266

8. SOFTWARE DE SIMULACION R-PLANNER

8.1 R-Planner

Es una herramienta para la planificación de varios radioenlaces de forma simultánea. Puede ser considerada como una herramienta de cálculo de balance de radioenlace en dos dimensiones y más aún: dispone de utilidades para ayudar a mitigar interferencias, evaluación de servicio y más.

La herramienta R-Planner usa el pulg-in Web de Google Earth para habilitar la creación visual de planos o diseños. También es posible importar coordenadas de emplazamientos desde un fichero de texto con formato CSV o archivos de Google Earth, una ayuda considerable en el caso de planes de cierta envergadura.

Al ser R-Planner una herramienta en entorno Web se pueden exportar los planos, bajo forma de ficheros con extensión .prj, pudiendo así disponer de una plataforma virtual de trabajo en el servidor del área del usuario de la herramienta, lo que permite trabajar “en la nube”.

8.2 CÁLCULOS DE SOFTWARE DE SIMULACION R-PLANNER

8.2.1 POTENCIA ISÓTROPA RADIADA EQUIVALENTE, PIRE:

$$PIRE = P_{TX} + G_{Antena\ lado\ A} - Perdidas\ cable\ lado\ A \quad ec. (5.1)$$

Señal recibida, RSS, y margen de desvanecimiento, FM :

Dónde:

Lado A es el lado transmisor

Lado B es el lado receptor

La pérdida en trayecto se calcula acorde al modelo de espacio libre:

$$Perdida\ del\ trayecto = 32.45 \times \log_{10}f(MHz) + 20 \log_{10}D(km) \quad ec. (5.2)$$

Tabla 49. Cálculos Pérdida del trayecto

Enlace	Perdida del trayecto (dB)
Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas	128.38
Enlace Punto multipunto P2-P3 Cerro Ventanas - Escuela	116.0961
Enlace Punto multipunto P2-P4 Cerro Ventanas – Colegio	116.92

8.2.2 RSS ESPERADA

$$RSS \text{ esperado} = PIRE - \text{Perdida del trayecto} + G_{LADO B} - \text{Perdida cable}$$

Tabla 50. Cálculos RSS esperada

Enlace	RSS esperada dBm
Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas	-48
Enlace Punto multipunto P2-P3 Cerro Ventanas - Escuela	-63.096
Enlace Punto multipunto P2-P4 Cerro Ventanas – Colegio	-63.92

8.2.3 F_m ESPERADO

$$F_m \text{ esperado} = RSS \text{ esperado} - \text{sensibilidad} \quad \text{ec. (5.3)}$$

Donde la sensibilidad depende de la tasa de aire o modulación para cálculos se toma valor de sensibilidad = -88 dB

Tabla 51. Cálculos Fm esperado

Enlace	Fm esperado
Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho – Cerro Ventanas	47.11
Enlace Punto multipunto P2-P3 Cerro Ventanas - Escuela	24.904
Enlace Punto multipunto P2-P4 Cerro Ventanas – Colegio	24.04

8.2.4 ALCANCE (DISTANCIA DE ALCANCE) MÍNIMO Y MÁXIMO

Alcance mínimo es el rango más corto para el

$$RSS \text{ esperado} \leq Pot_{max} \quad \text{ec. (5.4)}$$

Alcance Máximo, para una determinada tasa en el aire, es el rango más largo para el cual se cumple:

$$RSS \text{ esperado} \geq Sensibilidad + F_m \text{ requerido} \quad \text{ec. (5.5)}$$

8.2.5 SERVICIO

El throughput Ethernet y de los primarios TDM se calcula según algoritmos internos del producto

8.2.6 DISPONIBILIDAD

El cálculo de la disponibilidad de servicio se basa en el método Vigants Barnett el cual predice la probabilidad de tiempo de falta de servicio basándose en el factor climático C

$$= 6 \times 10^{-7} \times \text{factor } C \times \text{frecuencia (GHz)} \times (\text{Distancia})^3 \times 10^{\frac{-Fm \text{ esperado}}{10}}$$

Tabla 52. Disponibilidad

Enlace	Disponibilidad
Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho – Cerro Ventanas	99.99999983
Enlace Punto multipunto P2-P3 Cerro Ventanas - Escuela	99.99999996
Enlace Punto multipunto P2-P4 Cerro Ventanas – Colegio	99.99999935

8.2.7 EL RADIO DE LA ZONA DE FRESNEL

$$0.6 \times \sqrt{\frac{\frac{300}{f \text{ ghz}} \times d_1 \times d_2}{d_1 + d_2}} \quad \text{ec (5.7)}$$

Tabla 53. Radio de la zona de Fresnel

Enlace	Radio de la zona de Fresnel
Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho – Cerro Ventanas	7.11 m
Enlace Punto multipunto P2-P3 Cerro Ventanas - Escuela	3.47 m
Enlace Punto multipunto P2-P4 Cerro Ventanas – Colegio	3.82 m

8.3 SIMULACION R PLANNER RADWIN

8.3.1 ENLACE PUNTO A PUNTO P1-P2: CERRO PICACHO - CERRO VENTANAS

Tabla 54. Enlace a 5 MHz de ancho de banda del canal

RATE (Mbps)	MODULACION	POTENCIA (dBm)	TROUGHPUT (Mbps)	EIRP	DISPONIBILIDAD %	EXPECTED RSS (dBm)
3.25	2 X BPSK X 0.75	25	1.1	43.5 dBm/22.4 W	100	-41
6.5	2 X QPSK X 0.5	25	2.4	43.5 dBm/22.4 W	100	-41
9.75	2 X QPSK X 0.75	25	3.8	43.5 dBm/22.4 W	100	-41
13	2X 16 QAM X 0.5	24	5.2	42.5 dBm/17.8W	100	-42
19.5	2X 16 QAM X 0.75	21	7.9	39.5 dBm/8.9 W	99,9999	-45
26	2X 64 QAM X 0.66	19	10.6	37.6 dBm/5.6 W	99,9995	-47
29.25	2X 64 QAM X 0.75	18	12	36.5 dBm/4.5 W	99,999	-48
32.5	2X 64 QAM X 0.83	18	13.4	36.5 dBm/4.5 W	99,9981	-48

Tabla 55. Enlace a 10 MHz de ancho de banda del canal

RATE (Mbps)	MODULACION	POTENCIA (dBm)	TROUGHPUT (Mbps)	EIRP	DISPONIBILIDAD %	EXPECTED RSS (dBm)
6.5	2 X BPSK X 0.75	25	3.3	59 dBm/794.3 W	100	-41
13	2 X QPSK X 0.5	25	7	59 dBm/794.3 W	100	-41
19.5	2 X QPSK X 0.75	25	10.7	59 dBm/794.5 W	100	-41
26	2X 16 QAM X 0.5	24	14.4	58 dBm/631 W	100	-42
39	2X 16 QAM X 0.75	21	21.7	55 dBm/316.2 W	99,9998	-45
52	2X 64 QAM X 0.66	19	25	53 dBm/199.5 W	99,999	-47
58.5	2X 64 QAM X 0.75	18	25	52 dBm/158.5 W	99,9981	-48
65	2X 64 QAM X 0.83	18	25	52 dBm/158.5 W	99,9962	-48

Tabla 56. Enlace a 20 MHz de ancho de banda del canal

RATE (Mbps)	MODULACION	POTENCIA (dBm)	TROUGHPUT (Mbps)	EIRP	DISPONIBILIDAD %	EXPECTED RSS (dBm)
13	2 X BPSK X 0.75	25	8.7	59 dBm/794.3 W	100	-41
26	2 X QPSK X 0.5	25	17.7	59 dBm/794.3 W	100	-41
39	2 X QPSK X 0.75	25	25	59 dBm/794.3 W	100	-41
52	2X 16 QAM X 0.5	24	25	58 dBm/631 W	99,9999	-42
78	2X 16 QAM X 0.75	21	25	55 dBm/316.2 W	99,9996	-45
104	2X 64 QAM X 0.66	19	25	53 dBm/199.5 W	99,9981	-47
117	2X 64 QAM X 0.75	18	25	52 dBm/158.5 W	99,9962	-48
130	2X 64 QAM X 0.83	18	25	52 dBm/158.5 W	99,9924	-48

8.3.2 ENLACE PUNTO MULTIPUNTO P2 - P3: CERRO VENTANAS - ESCUELA

Tabla 57. Enlace a 5 MHz de ancho de banda del canal

RATE (Mbps)	MODULACION	POTENCIA (dBm)	TROUGHPUT (Mbps)	EIRP	DISPONIBILIDAD %	EXPECTED RSS (dBm)
3.25	2 X BPSK X 0.75	25	1.2	45 dBm/31.6 W	100	-51
6.5	2 X QPSK X 0.5	25	3	45 dBm/31.6 W	100	-51
9.75	2 X QPSK X 0.75	25	5	45 dBm/31.6 W	100	-51
13	2X 16 QAM X 0.5	24	6.8	44 dBm/25.1 W	100	-52
19.5	2X 16 QAM X 0.75	21	10.6	41 dBm/12,6 W	100	-55
26	2X 64 QAM X 0.66	19	14.4	39 dBm/7.9 W	99,9999	-57
29.25	2X 64 QAM X 0.75	18	16.2	38 dBm/6.3 W	99,9999	-58
32.5	2X 64 QAM X 0.83	18	18.2	38 dBm/6.3 W	99,9998	-58

Tabla 58. Enlace a 10 MHz de ancho de banda del canal

RATE (Mbps)	MODULACION	POTENCIA (dBm)	TROUGHPUT (Mbps)	EIRP	DISPONIBILIDAD %	EXPECTED RSS (dBm)
6.5	2 X BPSK X 0.75	25	4.2	45 dBm/31.1 W	100	-51
13	2 X QPSK X 0.5	25	9.2	45 dBm/31.6 W	100	-51
19.5	2 X QPSK X 0.75	25	14	45 dBm/31.6 W	100	-51
26	2X 16 QAM X 0.5	24	19	44 dBm/25.1 W	100	-52
39	2X 16 QAM X 0.75	21	25	41 dBm/24 W	100	-55
52	2X 64 QAM X 0.66	19	25	39 dBm/7.9 W	99,9999	-57
58.5	2X 64 QAM X 0.75	18	25	38 dBm/6.3 W	99,9998	-58
65	2X 64 QAM X 0.83	18	25	38 dBm/6.3 W	99,9995	-58

Tabla 59. Enlace a 20 MHz de ancho de banda del canal

RATE (Mbps)	MODULACION	POTENCIA (dBm)	TROUGHPUT (Mbps)	EIRP	DISPONIBILIDAD %	EXPECTED RSS (dBm)
13	2 X BPSK X 0.75	25	10.6	45 dBm/31.6 W	100	-51
26	2 X QPSK X 0.5	25	21.8	45 dBm/31.6 W	100	-51
39	2 X QPSK X 0.75	25	25	45 dBm/31.6 W	100	-51
52	2X 16 QAM X 0.5	24	25	44 dBm/25.1 W	100	-52
78	2X 16 QAM X 0.75	21	25	41 dBm/12.6 W	100	-55
104	2X 64 QAM X 0.66	19	25	39 dBm/7.9 W	99,9998	-57
117	2X 64 QAM X 0.75	18	25	38 dBm/6.3 W	99,9995	-58
130	2X 64 QAM X 0.83	18	25	38 dBm/6.3 W	99,9999	-58

Tabla 60. Enlace a 40 MHz de ancho de banda del canal

RATE (Mbps)	MODULACION	POTENCIA (dBm)	TROUGHPUT (Mbps)	EIRP	DISPONIBILIDAD %	EXPECTED RSS (dBm)
30	2 X BPSK X 0.75	25	25	45 dBm/31.6 W	100	-51
60	2 X QPSK X 0.5	25	25	45 dBm/31.26 W	100	-51
90	2 X QPSK X 0.75	25	25	45 dBm/31.6 W	100	-51
120	2X 16 QAM X 0.5	24	25	44 dBm/25.1 W	100	-52
180	2X 16 QAM X 0.75	21	25	41 dBm/12.6 W	99,9999	-55
240	2X 64 QAM X 0.66	19	25	39 dBm/7.9 W	99,9995	-57
270	2X 64 QAM X 0.75	18	25	38 dBm/6.3 W	99,9999	-58
300	2X 64 QAM X 0.83	18	25	38 dBm/6.3 W	99,9981	-58

8.3.3 ENLACE PUNTO MULTIPUNTO P2-P4: CERRO VENTANAS - COLEGIO

Tabla 61. Enlace a 5 MHz de ancho de banda del canal

RATE (Mbps)	MODULACION	POTENCIA (dBm)	TROUGHPUT (Mbps)	EIRP	DISPONIBILIDAD %	EXPECTED RSS (dBm)
3.25	2 X BPSK X 0.75	25	1.2	45 dBm/31.6 W	100	-52
6.5	2 X QPSK X 0.5	25	3	45 dBm/31.6 W	100	-52
9.75	2 X QPSK X 0.75	25	5	45 dBm/31.6 W	100	-52
13	2X 16 QAM X 0.5	24	6.8	44 dBm/25.1 W	100	-53
19.5	2X 16 QAM X 0.75	21	10.6	41 dBm/12,6 W	100	-56
26	2X 64 QAM X 0.66	19	14.4	39 dBm/7.9 W	99,9999	-58
29.25	2X 64 QAM X 0.75	18	16.2	38 dBm/6.3 W	99,9998	-59
32.5	2X 64 QAM X 0.83	18	18.2	38 dBm/6.3 W	99,9996	-59

Tabla 62. Enlace a 10 MHz de ancho de banda del canal

RATE (Mbps)	MODULACION	POTENCIA (dBm)	TROUGHPUT (Mbps)	EIRP	DISPONIBILIDAD %	EXPECTED RSS (dBm)
6.5	2 X BPSK X 0.75	25	4.2	45 dBm/31.1 W	100	-52
13	2 X QPSK X 0.5	25	9.2	45 dBm/31.6 W	100	-52
19.5	2 X QPSK X 0.75	25	14	45 dBm/31.6 W	100	-52
26	2X 16 QAM X 0.5	24	19	44 dBm/25.1 W	100	-53
39	2X 16 QAM X 0.75	21	25	41 dBm/24 W	100	-56
52	2X 64 QAM X 0.66	19	25	39 dBm/7.9 W	99,9998	-58
58.5	2X 64 QAM X 0.75	18	25	38 dBm/6.3 W	99,9996	-59
65	2X 64 QAM X 0.83	18	25	38 dBm/6.3 W	99,9992	-59

Tabla 63. Enlace a 20 MHz de ancho de banda del canal

RATE (Mbps)	MODULACION	POTENCIA (dBm)	TROUGHPUT (Mbps)	EIRP	DISPONIBILIDAD %	EXPECTED RSS (dBm)
13	2 X BPSK X 0.75	25	10.6	45 dBm/31.6 W	100	-52
26	2 X QPSK X 0.5	25	21.8	45 dBm/31.6 W	100	-52
39	2 X QPSK X 0.75	25	25	45 dBm/31.6 W	100	-52
52	2X 16 QAM X 0.5	24	25	44 dBm/25.1 W	100	-53
78	2X 16 QAM X 0.75	21	25	41 dBm/12.6 W	99,9999	-56
104	2X 64 QAM X 0.66	19	25	39 dBm/7.9 W	99,9996	-58
117	2X 64 QAM X 0.75	18	25	38 dBm/6.3 W	99,9992	-59
130	2X 64 QAM X 0.83	18	25	38 dBm/6.3 W	99,9983	-59

Tabla 64. Enlace a 40 MHz de ancho de banda del canal

RATE (Mbps)	MODULACION	POTENCIA (dBm)	TROUGHPUT (Mbps)	EIRP	DISPONIBILIDAD %	EXPECTED RSS (dBm)
30	2 X BPSK X 0.75	25	25	45 dBm/31.6 W	100	-52
60	2 X QPSK X 0.5	25	25	45 dBm/31.26 W	100	-52
90	2 X QPSK X 0.75	25	25	45 dBm/31.6 W	100	-52
120	2X 16 QAM X 0.5	24	25	44 dBm/25.1 W	100	-53
180	2X 16 QAM X 0.75	21	25	41 dBm/12.6 W	99,9998	-56
240	2X 64 QAM X 0.66	19	25	39 dBm/7.9 W	99,9992	-58
270	2X 64 QAM X 0.75	18	25	38 dBm/6.3 W	99,9983	-59
300	2X 64 QAM X 0.83	18	25	38 dBm/6.3 W	99,9966	-59

La tabla 65 muestra la comparación de RSS obtenida matemáticamente y obtenida mediante software R-Planner en los datos obtenidos en el software se tienen en cuenta los valores obtenidos en los 8 tipos de modulaciones de los equipos.

Tabla 65. Comparación de RSS obtenida matemáticamente y obtenida mediante software R-Planner.

Enlace	RSS esperada dBm	R- PLANNER dBm
Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho – Cerro Ventanas	-48	-41 / -48
Enlace Punto multipunto P2-P3 Cerro Ventanas - Escuela	-63.096	-51 / -58
Enlace Punto multipunto P2-P4 Cerro Ventanas – Colegio	-63.92	-52 / - 59

La tabla 66 muestra la comparación de disponibilidad obtenida matemáticamente y mediante software R-Planner en los datos obtenidos en el software se tienen en cuenta los valores obtenidos en los 8 tipos de modulaciones de los equipos.

Tabla 66. Comparación de disponibilidad obtenida matemáticamente y obtenida mediante software R-Planner.

Enlace	Disponibilidad %	R- PLANNER
Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas	99.99999983	100 – 99.9924
Enlace Punto multipunto P2-P3 Cerro Ventanas - Escuela	99.99999996	100 – 99.81
Enlace Punto multipunto P2-P4 Cerro Ventanas – Colegio	99.99999935	100 – 99.66

9. INFRAESTRUCTURA

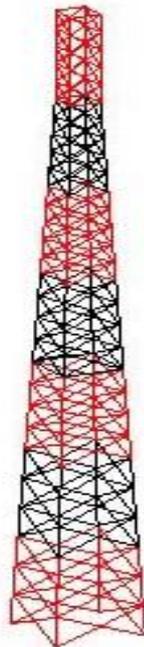
9.1 TORRES PARA TELECOMUNICACIONES

Las torres deben estar en la capacidad de soportar las antenas de transmisión y demás instrumentos para llevar a cabo las telecomunicaciones. La gran mayoría de estas estructuras son de poco peso; gracias a su diseño resisten la fuerza del viento y su oscilación es relativamente mínima.

9.2 TORRES AUTOSOPORTADAS

Las torres autosoportadas se instalan fundamentalmente cuando las limitaciones de terreno son importantes y/o cuando la cantidad y dimensiones de las antenas así lo requieran. La geometría de la torre depende de la altura y la ubicación, porque se cuenta con torres de base triangular o base cuadrada. Este tipo de torre usualmente tiene una capacidad de carga entre unos 600 a 1600kg. (GARCÍA, 2005)

Figura 22. Torre autosoportada

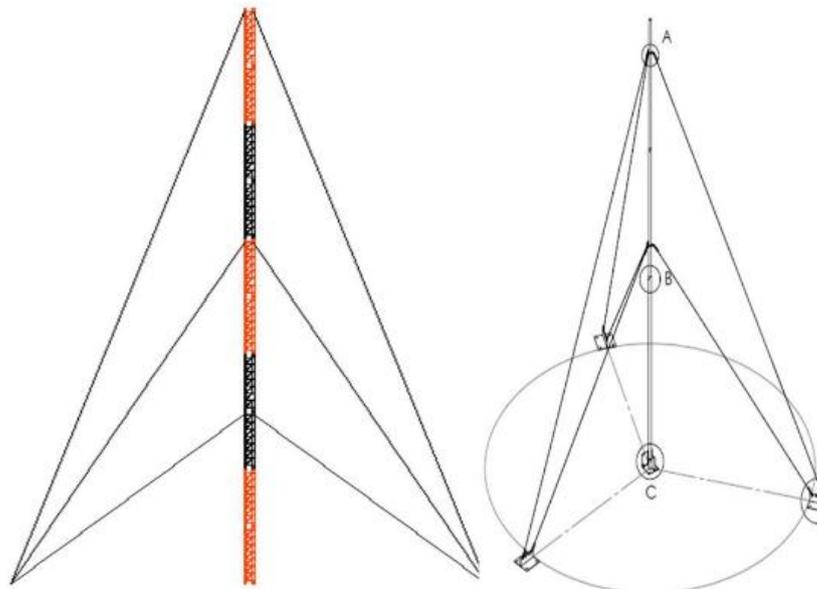


Fuente: http://www.bibliocad.com/biblioteca/torre-autosoportada-de-4-lados_49533

9.3 TORRES ARRIOSTRADAS

Estas torres cuentan con tirantes o arriostres a diferentes distancias que se tensan hacia el suelo para sostener y darle equilibrio a la estructura. El peso que genera la torre no es muy grande, pero si es necesario la instalación del apoyo de la torre y sus arriostres. Los cables o arriostres generalmente se tensan al 10% de su resistencia, la cual es proporcionada por el fabricante. Este tipo de torres usualmente se colocan sobre los edificios para poder aprovechar la altura de estos. La capacidad de carga dependerá si la instalación se realiza en terreno o sobre un edificio, así como las dimensiones de la torre. (GARCÍA, 2005)

Figura 23. Torre arriostrada



Fuente: <http://www.redytec.com.co/images/torre-mastil.jpg>

9.4 TORRE TIPO MONOPOLO

Estas estructuras son instaladas en lugares en donde se requiere conservar la estética, pues son las que ocupan menos espacio, y se pintan de algún color o se adornan para que se permita que la estructura se camufleje y se simule la vegetación. Son de forma cilíndrica. Como estas estructuras están sobre terrenos, se deberá construir una cimentación adecuada para resistir los efectos de la misma. La capacidad de carga depende de la altura y las dimensiones de la torre, aunque puede rondar entre unos 800kg. (GARCÍA, 2005)

Figura 24. Torre monopolo



Fuente http://gmealliance.com/wp-content/uploads/2015/12/5_4.jpg

9.5 CONEXIÓN A TIERRA

Un punto de conexión a tierra representa un punto de referencia común para uno o múltiples dispositivos, que opera de manera que garantice la seguridad de los equipos o de quienes los operan. Su efecto provee cierta inmunidad al ruido y a la interferencia. Algunos equipos electrónicos y de transmisión, requieren adecuada conexión a tierra para asegurar la operación correcta. El conductor utilizado para aterrizar el equipo deberá ser el de menor longitud necesaria para evitar una condición de bucle de tierra, ya que esto podría resultar en una transferencia de energía a través de la conducción de los equipos conectados.

El bucle de tierra es una condición donde una conexión no deseada a tierra es hecha a través de un conductor eléctrico que interfiere. Generalmente una conexión de bucle de tierra existe cuando un sistema eléctrico está conectado a través de más de una forma a la tierra eléctrica.

Cuando uno o más dispositivos están conectados a una base común a través de caminos diferentes, entonces se produce un bucle de tierra.

Corrientes fluyen a través de estos caminos diferentes y desarrollan tensiones que pueden causar daños, ruido o zumbidos en equipos de audio o video.

Para prevenir los bucles de tierra, todas las señales necesitan estar conectadas a un punto común, y cuando dos puntos de tierra no pueden ser evitados, un lado debe aislar la señal y tierra del otro.

La conexión a tierra es uno de los temas menos comprendidos de la compatibilidad electromagnética, a pesar de que parece sencillo. Conexiones a tierra incorrectas, son la fuente de muchos problemas de interferencia electromagnética, y ésta es necesaria para prevenir peligros de choque eléctrico, los cuales ocurren cuando un cable o componente de aislamiento se rompe. De igual manera la conexión a tierra protege contra el daño de relámpagos y es necesaria para reducir los efectos de interferencia electromagnética debido a acoples de flujo de campo eléctrico o magnético, así como acoples de flujos de impedancia común.

Hay dos razones por las que la conexión a tierra no es bien comprendida, una es que los requerimientos de control de seguridad y riesgo de choque eléctrico existían antes de la electrónica y áreas de alta frecuencia, de manera que las técnicas tradicionales de conexión a tierra fueron desarrolladas para satisfacer esos requerimientos. La segunda razón es que a veces ocurre un conflicto entre requerimientos de conexiones a tierra seguras y el control de interferencia electromagnética.

El propósito de la conexión a tierra, además de proteger a la gente, plantas y equipos, es de proveer un camino seguro para la disipación de corrientes de fallas, rayos, descargas estáticas, interferencia electromagnética y señales de radiofrecuencia.

Siempre que se opere con problemas de conexión a tierra, hay que recordar que no existe la tierra absoluta, ya que hay una cierta cantidad de resistencia a corriente eléctrica entre todos los puntos de la conexión a tierra.

Esta resistencia puede cambiar con la humedad, temperatura, cantidad de equipos conectados y muchas otras variables. No importa cuan pequeña sea, la resistencia siempre puede permitir que exista un voltaje eléctrico cuando haya cualquier corriente fluyendo entre los puntos de conexión a tierra (y hay una cierta corriente que fluye casi siempre).

La razón por la cual una conexión a tierra no es y nunca será perfectamente libre de ruido, es que el electrodo conductor de puesta a tierra no es más que un cable largo de un punto A, a un punto B, y mientras más largo sea el cable, mayor ruido va a recoger. (HERRARTE, 2013)

9.6 INFRAESTRUCTURA NECESARIA EN P2: CERRO VENTANAS

Tabla 67. Infraestructura necesaria en P2: Cerro Ventanas

Torre riendada de 15 Mts X 0,30 Cm.	Galvanizada en caliente
Accesorios	Guaya super GX de 1/4", tensores de 3/4" y prensacables de 3/8"
Sistema de pararrayos	Electrodos en varilla de 5/8" x 2.40 m, 30 kg de hidrogel , línea de aterrizaje en cable de 2/0 y pararrayos de 4 puntas tipo Franklyn de bronce
Sistema de tierra	Bajo Norma. Cable cobre 1/0 , varillas 2,40 mts , hidrogel, soldadura exotérmica .
Pintura general	Colores regulares blanco y naranja según normatividad de la aeronáutica civil.
Luces de obstrucción	Faro sencillo tipo LED 200W , Bombillo duración 40.000 H - con cable
Encerramiento	Malla eslabonada, concertina, tubería de 2" , anguleria de 1 1/2 3/6 , puerta , vigas de amarre y obra civil.
Gabinete Outdoor	Outdoor de 1.20 x 0.50 x 1 m

9.7 DETALLES DE ADMINISTRACION DE LA RED

Se fijan direccionamiento IP en un mismo segmento de red para tener gestión de la red desde cualquiera de los 5 dispositivos de red inicialmente propuestos,

mediante el software de gestión propio de la marca Radwin se puede lograr gestión remoto de los equipos y desde cualquiera de sus tres tipos de usuario que permiten tener diferentes mecanismos de gestión y de administración como lo son cambio de banda de frecuencia, cambio de ancho de banda de canal y el monitoreo ante cualquier tipo de fallos.

9.8 ESCALABILIDAD

El sistema permite un crecimiento hasta de 16 unidades en el sector del enlace punto multipunto y mientras que su infraestructura puede servir para mayor crecimiento de la red en cuanto a clientes de entidades públicas como clientes particulares.

10. CONCLUSIONES

Con la realización de la encuesta se evidencia la necesidad que tiene la comunidad educativa de este corregimiento por falta de utilización de tecnologías de la información en sus procesos de formación educativa, igualmente se denota la limitante en cuanto a contenidos por la falta velocidad de conexión en el acceso a internet para las personas que requieren obtener información mediante sus dispositivos móviles.

En el estudio de sitio de las instituciones educativas se determinan las características de los equipos de cómputo, cableado eléctrico, cableado de red de datos, que poco son utilizados debido a la falta de conectividad a Internet, y las consecuencias de afectación al funcionamiento administrativo, que es el área donde más necesarias son las tecnologías de la información para los procesos de formación y de evaluación educativa.

En la elaboración del estudio de sitio se logró verificar que por la topología del terreno en su mayoría montañosa es una variable que ha dificultado el diseño e implementación de este tipo soluciones de conectividad, por lo que se han implementado otro tipo de enlaces como lo es el satelital, pero que en cuestión de costos y de eficiencia no han logrado permanecer, ni demostrar ser la solución más efectiva a la necesidad de conexión a Internet de los integrantes de la comunidad educativa.

La elección del nodo se realiza por que es el más cercano y es donde fácilmente se encuentran varias empresas ISP que ofrecen el servicio a un gran número de sitios del departamento de Santander, mientras que el sitio de cerro ventanas se elige por sus condiciones topográficas de accesibilidad y de posterior crecimiento de la red tanto para el sector público como para clientes particulares.

Con la simulación en el software radio mobile se obtuvo el comportamiento de los enlaces en condiciones de radio propagación muy cercana a los cálculos matemáticos, pero algunas variables como lo son el diagrama de radiación de las antenas no se pueden simular con las que exactamente se plantean en el diseño. Por tal razón indica que este software a manera general puede establecer condiciones comunes, más no unas características específicas de los desempeños de los enlaces en cuanto a condiciones más definidas por que no tiene la posibilidad de definir parámetros iniciales con algunos tipos de modulación.

En el enlace punto a punto entre los sitios P1: Cerro picacho y P2: Cerro ventanas, demuestran en los resultados que se realizaron por los dos software de simulación que sería el que más inconvenientes por las condiciones topográficas, ya que es donde se tienen que tener en cuenta para la instalación a una altura determinada para no ser afectado su normal operación y niveles

de recepción, mientras que los enlaces del sistema punto multipunto tienen mejores condiciones de operación en cuanto a su zona de despeje de fresnel.

Mientras que con el software R-planner propiedad del fabricante de dispositivos de radiocomunicaciones radwin se logran simular todas las variables posibles con las características como lo son la potencia, la modulación, el ancho de canal, que pueden influir notablemente en el desempeño real del enlace y obtener valores más reales a los que se pueden obtener en la implementación.

Algunas condiciones de trabajo de los dispositivos de red y características de operación como lo son establecer estos en MIMO o en diversidad espacial, pueden influir ya que estos se adaptan a condiciones e influyen en los valores de recepción en condiciones reales.

El presupuesto de inversión y de gastos de funcionamiento demuestra una guía en términos económicos de lo que significaría la implementación y la adquisición de los dispositivos en el mercado nacional y a nivel latinoamericano, ya que los distribuidores de algunos equipos están ubicados en latinoamérica y puede significar cambios en cuanto a precios y a disponibilidad de productos.

Los gastos de funcionamiento están ligados al incremento que se realice por parte del ISP, número de fallos que pueden solicitar soporte en el mes, otros gastos como el consumo de fluido eléctrico.

En la actualidad se pueden encontrar soluciones mucho más económicas pero conllevan sacrificios en disponibilidad y estabilidad del enlace por lo que esto puede implicar muchas situaciones de fallas y de soporte que a largo tiempo pueden aumentar los gastos de funcionamiento.

También se realiza la propuesta de la infraestructura necesaria para cumplir con los requisitos de instalación, que se pueden presentar en la implementación y que cumplen tanto las normas de seguridad y las condiciones de las alturas de las antenas.

11. RECOMENDACIONES

Al momento de realizar la implementación y puesta en marcha del enlace punto a punto, donde físicamente se observa que en el sitio donde está ubicado el nodo existen grandes cantidades de enlaces lo que se puede preveer, que se encuentra el espectro de frecuencias con saturación, por lo que es necesario realizar un análisis de espectro con la herramienta que proporciona los dispositivos descritos en el diseño y con ello encontrar un rango de frecuencia menos saturada.

En la implementación es necesario realizar una correcta instalación y sobre todo el aislamiento de la parte entre conectores y pig tail puede significar un buen rendimiento y evitar pérdidas innecesarias que no han sido tenidas en cuenta en los cálculos.

Para realizar la simulación con el software R-Planner es necesario tener una velocidad necesaria de conexión a Internet ya que este realiza una verificación al inicializar.

El apuntamiento fino también puede significar aumento de pérdidas al momento de la implementación del enlace.

Para una posterior actualización y escalabilidad es necesario para los dispositivos comprar licenciamiento de los equipos por medio de software que permite ampliar su capacidad.

El personal que realice la implementación es necesario que cuente con todos los requisitos de seguridad social, tener actualizado cursos de formación para trabajo en alturas y demás disposiciones legales para trabajar en alturas.

También se debe definir el rango de frecuencias en las que la herramienta de selección automática que poseen estos dispositivos, no sea muy grande sobre todo en el equipo que será instalado en el nodo ya que esta puede ocasionar intermitencias en su funcionamiento mientras realiza la selección automática.

12. BIBLIOGRAFÍA

ESPINOSA VILLALOBOS, Massiel, Diseño De Un Enlace De Microondas Dedicado Entre La Msc De Pachuca Hidalgo y Las Bts's De Ixmiquilpan Y Alfajayucan, Tesis pregrado de Ingeniero en comunicaciones y electrónica, México,D.F. , 2008

TOMASI, WAYNE, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, cuarta edición, Pearson Educación, México, 2003

QUIROGA RIVIÉRE, Germán, Redes De Telecomunicaciones: Retos De La Planificación, (1999).

MÉNDEZ RANGEL, Jennifer Alexandra y PALMA ROMERO, Sandra Milena. Diseño de un sistema de interconexión inalámbrica para proveer servicios de telemedicina en centros y puestos de salud en una zona rural de Cundinamarca. Trabajo de Grado Ingeniería de telecomunicaciones. Universidad de san Buenaventura. Facultad de ingeniería. Bogotá D.C. Colombia, 2009.

SENDÍN ESCALONA, Alberto, Fundamentos De Los Sistemas De Comunicaciones Móviles Evolución Y Tecnologías, McGraw-Hill Interamericana, España ,2004

LEÓN CHAABAN, Neyfi Isabet, Propuesta Técnica Para La Habilitación De Una Emisora F.M Cumpliendo Los Requerimientos De CONATEL, Para CVG BAUXILUM Los Pijiguaos Estado Bolívar, Tesis para optar al título de Ingeniero electricista, Barcelona, 2010

MINTIC, “Boletín Trimestral de las TIC Primer Trimestre de 2013”. <http://www.mintic.gov.co/index.php/prensa/noticias/2305-ministerio-tic-publica-el-boletin-trimestral-de-las-tic-primer-trimestre-de-2013>. [Fecha de Acceso: 8 septiembre 2013]

DE JUANA, Jose Maria, Fisica General, Vol II, 2007

PIJO PÉREZ, Luis Alberto ,Diseño De Una Red Wimax Para El Valle De Churín – Lima, Tesis para optar el título de Ingeniero de Telecomunicaciones, Pontificia Universidad Católica Del Perú, Lima, 2013 [En línea] [citado:17 – 04-2016] Disponible en:http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4893/PIJO_LUIS_DISE%C3%91O_RED_WIMAX_VALLE_CHURIN_LIMA_ANEXOS.pdf?squence=2.

OLIFER Natlia y OLIFER Victor, Redes de computadoras, principios tecnología y protocolos para el diseño de redes, McGRAW-HILL, Mexico, 2009

XIRIO, MODELO LOS (LINE OF SIGHT) [En línea] [citado:29-05-2016]
Disponibile: <https://www.xirio-online.com/help/es/los.html>

Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Cálculo de la atenuación en el espacio libre”, Recomendación UIT-R P.525-2, 1994.

MORENO MARTÍN, Marta, Análisis, diseño y despliegue de una red WiFi en Santillana del Mar, Proyecto fin de carrera Ingeniería de Telecomunicación Departamento de Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones, Escuela Politécnica Superior, Universidad Autónoma de Madrid, 2015

GARCÍA GARCÍA Miguel Ángel y GARZÓN CAICEDO Deivy John, Enlace Microondas Comcel Por Gsp Ingeniería, Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Electrónico. Universidad de san buenaventura, facultad de ingeniería, Programa de ingeniería electrónica, Bogotá ,2005

CDMB, Plan De Gestión Ambiental Regional 2004- 013, Bucaramanga, 2004[En línea] [citado:12-11-2014]Disponibile:<http://santandercompetitivo.org/media/46529c756da0c6562898fe84516990c4.pdf>

HERRARTE ROMERO, Marco Tulio, Interferencia electromagnética en las antenas de telecomunicaciones, trabajo de graduación Facultad de ingeniería ingeniero electrónico universidad de san Carlos, Guatemala, 2013

13 ANEXOS ANEXO I

ENCUESTA Y TABULACION DE DATOS

La siguiente encuesta tiene como propósito fundamental recoger información sobre el uso de Internet en las instituciones educativas del corregimiento de Berlín.

1. ¿Con qué frecuencia a la semana utiliza Internet?
 - a) Nunca
 - b) 1 a 3 días a la semana
 - c) 4 a 6 días a la semana
 - d) Todos los días

2. ¿En qué sitio te conectas a Internet?
 - a) En mi casa
 - b) En casa de un familiar o amigo
 - c) En algún lugar público (café internet)
 - d) En el colegio

3. ¿Qué tipo de páginas ingresas con mayor frecuencia?
 - a) Noticias, deportes
 - b) Redes sociales (Facebook, twiter,...)
 - c) Entretenimiento (Juegos, YouTube,...)
 - d) Descarga de archivos
 - e) Recursos educativos: Wikipedia, blogs

4. ¿Usas Internet para ayudarte en tus tareas escolares?
 - a) Nunca
 - b) A veces
 - c) Con frecuencia
 - d) Siempre

5. ¿Para qué usas Internet en tus actividades académicas?
 - a) Buscar información para trabajos
 - b) Buscar ejercicios de refuerzo y ampliación
 - c) Aclarar dudas (en foros, blogs)
 - d) Diccionarios, traductor

6. ¿Considera que el uso de Internet mejora los procesos de aprendizaje?
 - a) Mucho
 - b) Algo
 - c) Casi nada
 - d) Nada

7. ¿qué dificultades encuentras en el uso de Internet en su proceso de aprendizaje?

- a) Falta disponibilidad de tiempo
- b) Falta de formación en el uso de las TICS
- c) Lentitud de conexión
- d) Poca disponibilidad de sitios de acceso a internet
- e) Otras
- f) No encuentra dificultad

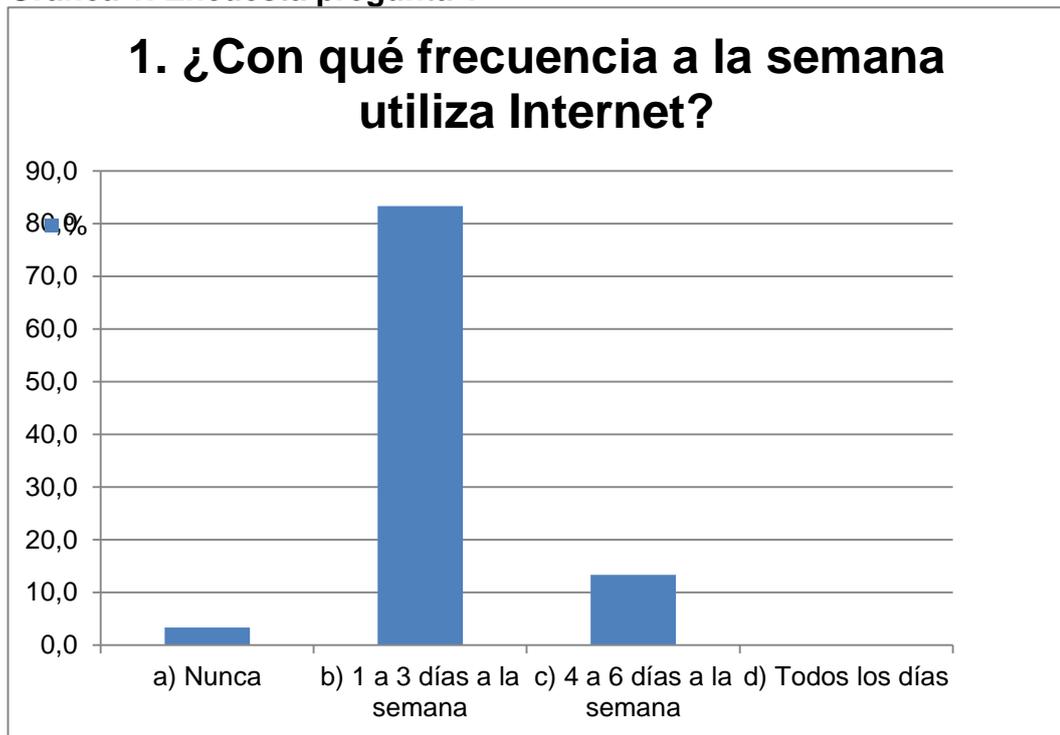
8. ¿Considera a Internet una herramienta útil para el desarrollo y actualización de procesos educativos?

- a. Mucho
- b. Algo
- c. Casi nada
- d. Nada

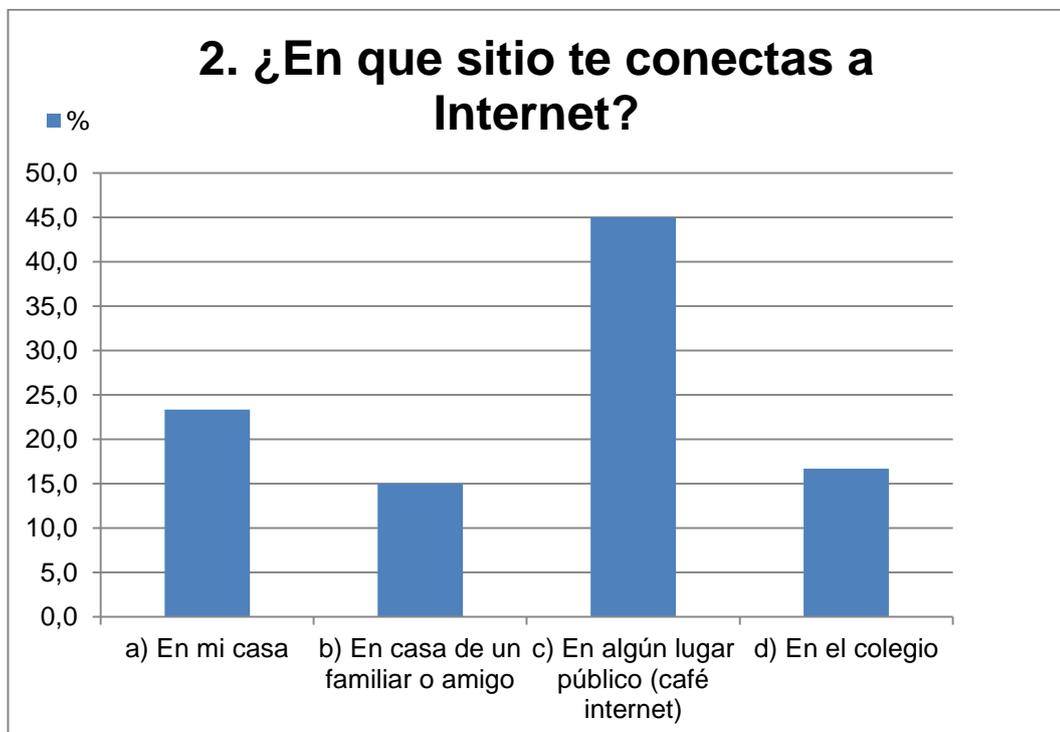
Se agradece su colaboración

TABULACION DE DATOS

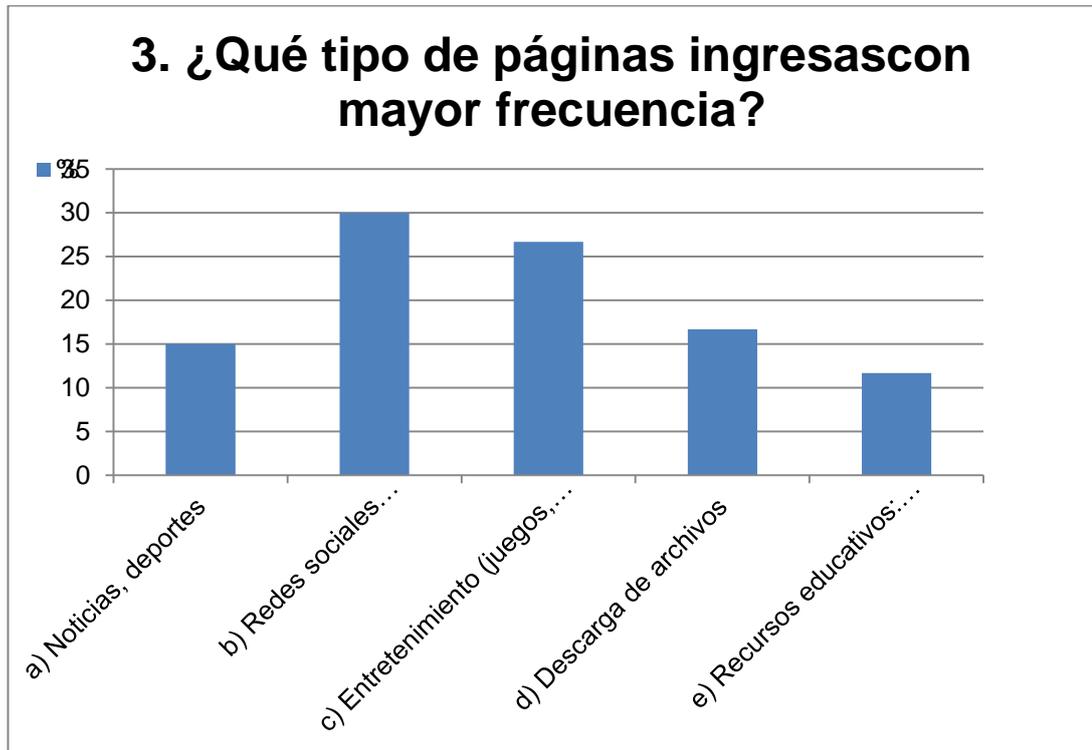
Gráfica 1. Encuesta pregunta 1



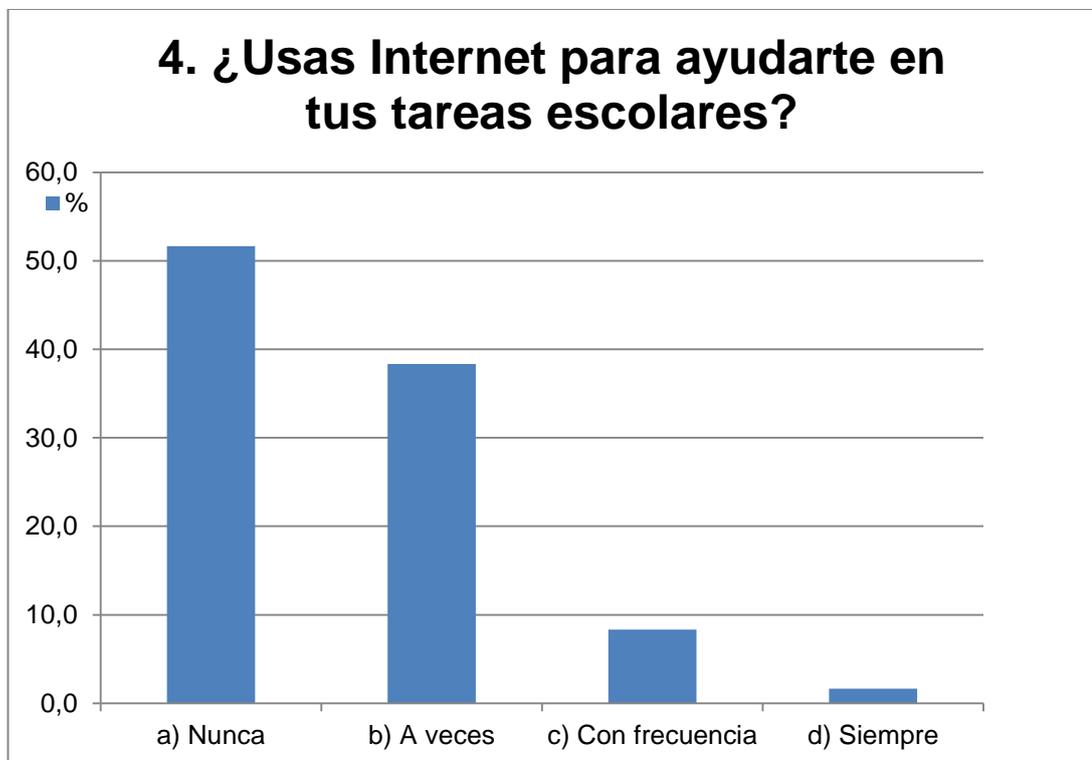
Gráfica 2. Encuesta pregunta 2



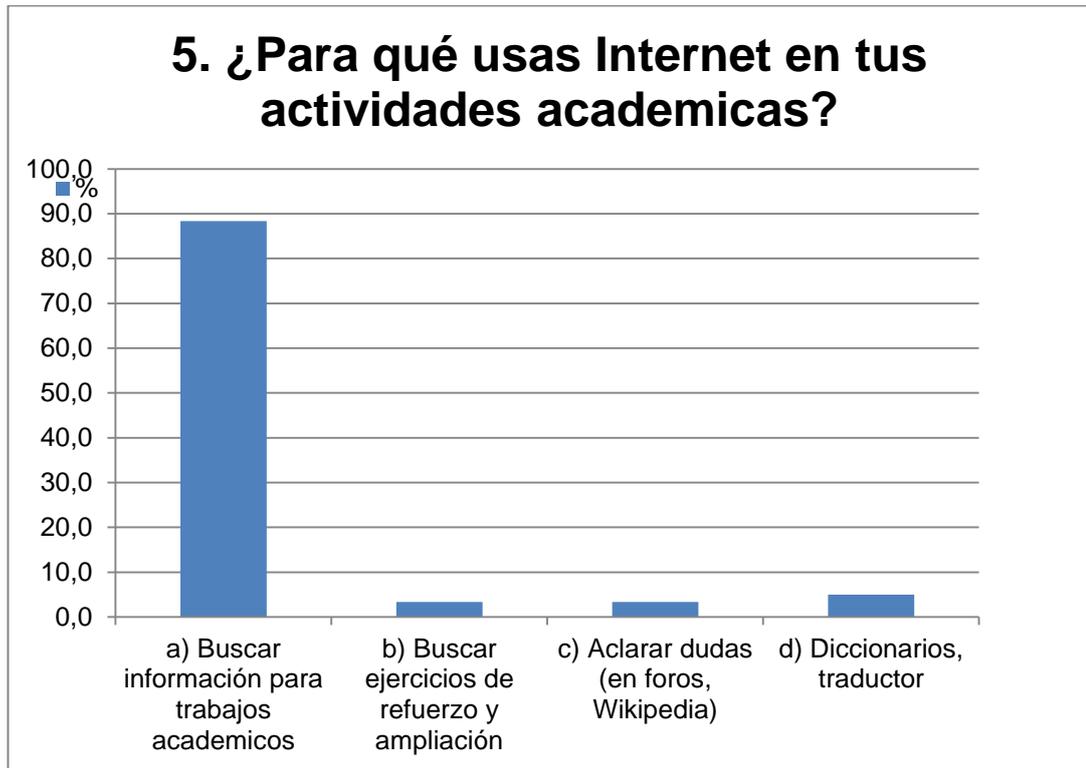
Grafica 3. Encuesta pregunta 2



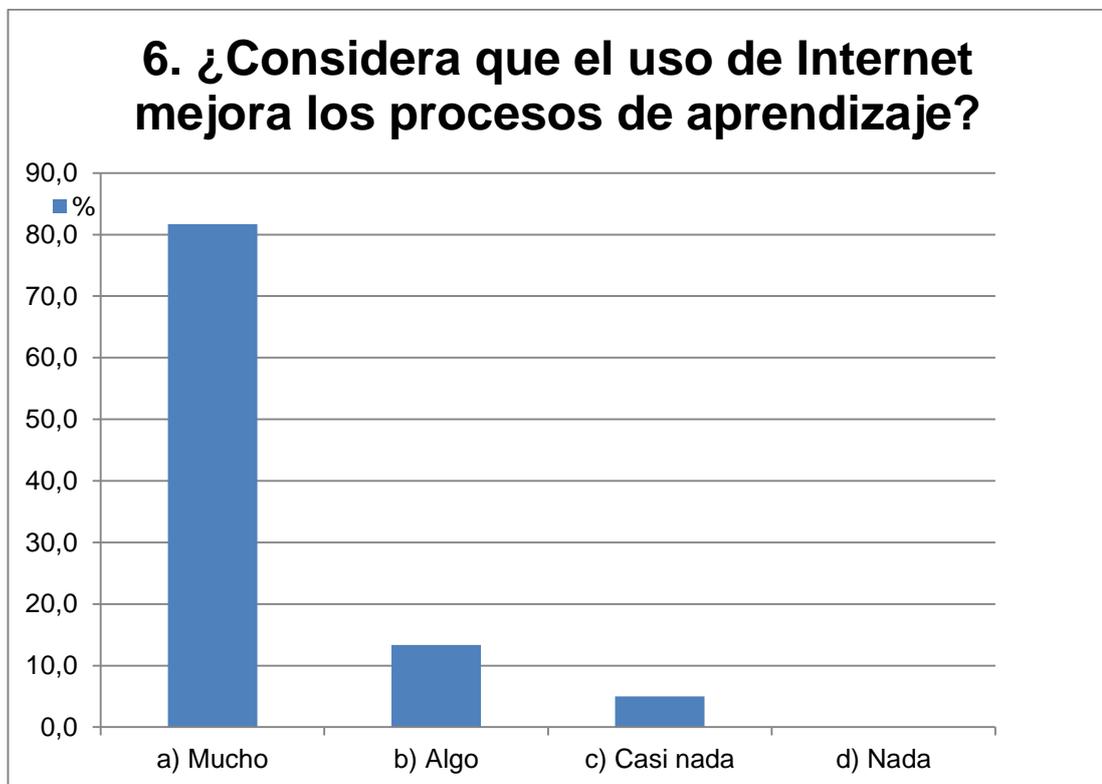
Grafica 4. Encuesta pregunta 4



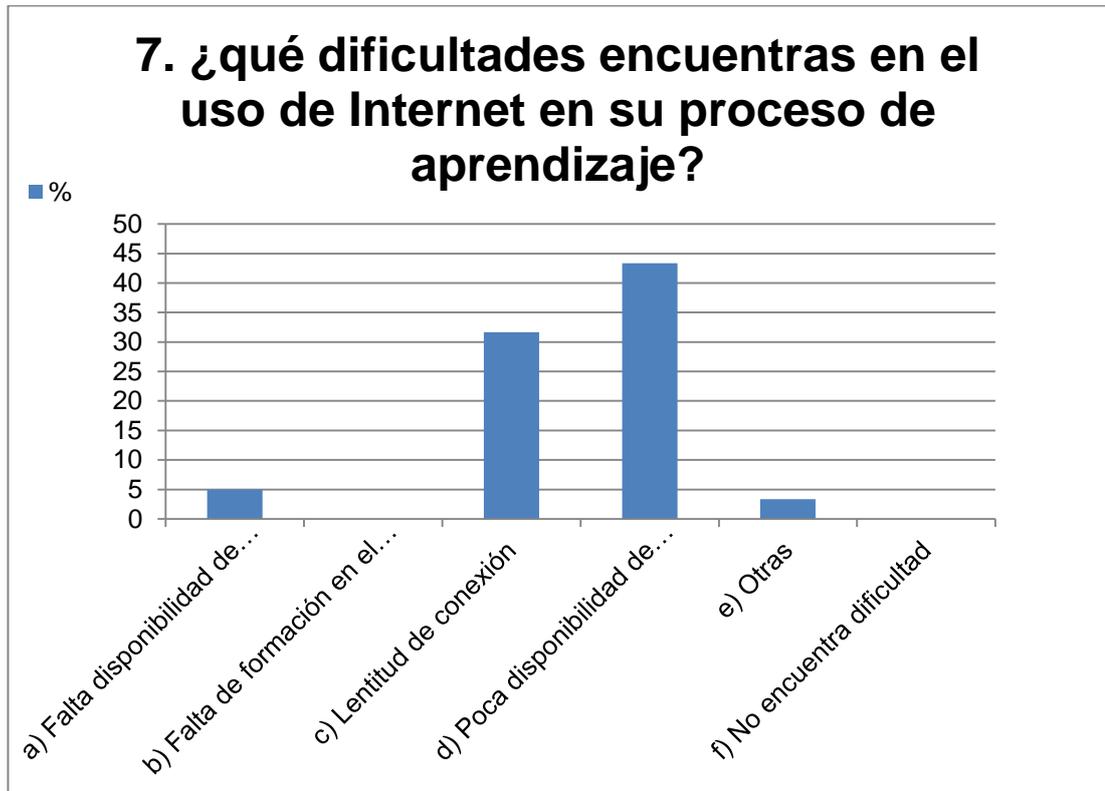
Grafica 5. Encuesta pregunta 5



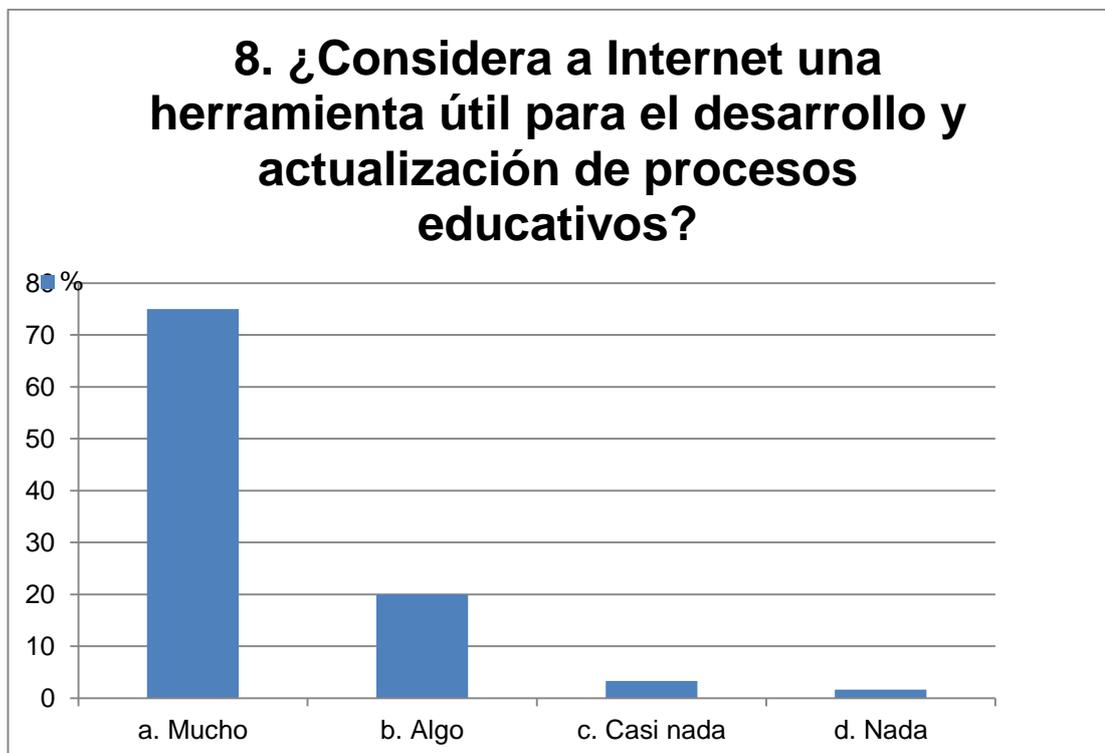
Grafica 6. Encuesta pregunta 6



Grafica 7. Encuesta pregunta 7



Grafica 8. Encuesta pregunta 8



1. Datos técnicos encuesta

Encuesta dirigida a comunidad educativa (Profesores, alumnos, administrativos) de las sedes educativas colegio municipal luz de la esperanza y escuela rural Berlín

Número de encuestas realizadas: 60

Fecha de realización de encuesta: febrero de 2014

ANEXO II ANEXO III DISPOSITIVOS DE RED RADWIN 2000 RW-2050-A225 ODU

RADWIN 2000

RW-2050-A225 ODU Unit - Data Sheet



A-series

RW-2050-A225

RW-2050-A225 is a carrier-class radio supports the 5.x GHz bands FCC, IC (Canada), MII (China), WPC (India) and Universal regulations (factory default: 5.8 GHz FCC/IC).

RW-2050-A225 packing native TDM and Ethernet services over a single wireless link and provides 25 Mbps net aggregate throughput (up to 4XE1/T1 plus Ethernet).

RADWIN RW-2050-A225 is connectorized for use with external antennas.

Product Highlights

- 25 Mbps Ethernet net throughput and up to 4E1s/T1s
- Adaptive asymmetric throughput – dynamic allocation between uplink and downlink
- Single radio supporting multiple bands (5.x GHz)
- Advanced MIMO, OFDM and Diversity technologies
- Robust and reliable to operate in tough conditions, extreme temperatures and non line-of-sight scenarios

RADWIN

Product Specifications

Configuration	
Architecture	Outdoor Unit Connectorized for External Antenna
IDU to ODU Interface	Outdoor CAT-5e; Maximum cable length: 100m for 10/100BaseT and 75m for 1000BaseT
Radio	
Capacity	25 Mbps net aggregate throughput and up to 4 E1s/T1s
Range	Up to 120 km / 75 miles
Channel Bandwidth	Configurable: 5, 10 and 20 MHz
Modulation	2x2 MIMO-OFDM (BPSK/QPSK/16QAM/64QAM)
Adaptive Modulation & Coding	Supported
Automatic Channel Selection	Supported
Diversity	Supported
Spectrum View	Supported
Max Tx Power	25 dBm
Duplex Technology	TDD
Error Correction	FECk = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6
Encryption	AES 128
Ethernet Interface	10/100/1000BaseT
Supported Indoor Units	IDU-C Series (RW-720X-2000), IDU-E Series (RW-710X-1000) RADWIN PoE devices (RW-9921-101X)
QoS	Packet classification to 4 queues according to 802.1p and DiffServ, Dynamic scheduling according to air interface changes
VLAN	Supported
Ethernet Ring Protection	Supported, including Ethernet 1+1

Supported Bands				
Band	Occupied Frequency Range			Radio Compliance
	Channel BW 5MHz	Channel BW 10MHz	Channel BW 20MHz	
5.8 GHz FCC/IC*	5.7275-5.8475 GHz	5.725-5.850 GHz	5.725-5.850 GHz	FCC 47CFR, Part 90, Subpart C and IC RSS-210
5.4 GHz FCC/IC	5.4775-5.7175 GHz	5.480-5.715 GHz	5.480-5.715 GHz	FCC 47CFR, Part 15, Subpart E
5.2 GHz FCC/IC	5.2525-5.3475 GHz	5.25-5.345 GHz	5.255-5.345 GHz	FCC 47CFR, Part 15, Subpart E and IC RSS-210
4.9 GHz FCC/IC	4.9425-4.9875 GHz	4.940-4.990 GHz	4.940-4.990 GHz	FCC 47CFR, Part 90, Subpart Y and IC RSS-111
5.8 GHz MII China	5.7375-5.8375 GHz	5.735-5.840 GHz	5.730-5.845 GHz	MIIT for 5.8 GHz
5.8 GHz WPC India	5.8325-5.8675 GHz	5.830-5.870 GHz	5.825-5.875 GHz	WPC GS-R-38
5.4 GHz Universal	5.4725-5.7225 GHz	5.470-5.725 GHz	5.465-5.730 GHz	
5.1 GHz Universal	5.1475-5.3375 GHz	5.145-5.340 GHz	5.140-5.345 GHz	
5.0 GHz Universal	4.9975-5.525 GHz	4.995-5.155 GHz	4.990-5.160 GHz	
5.9 GHz Universal	5.7275-5.9525 GHz	5.725-5.955 GHz	5.720-5.960 GHz	

* Factory Default

Mechanical	
Dimensions	17.3(w) x 19.6(h) x 7.3(d) cm
Weight	1.1 kg / 2.4 lbs
Power	
Power Feeding	Power provided over ODU-IDU cable
Power Consumption	<12W
Environmental	
Operating Temperatures	-35°C to 60°C / -31°F to 140°F
Humidity	100% condensing, IP67 (totally protected against dust and against immersion up to 3m)
Safety	
FCC/IC (eTU/Vus)	UL 60950-1, UL 60950-22, CAN/CSA C22.2 60950-1, CAN/CSA C22.2 60950-22
ETSI	EN/IEC 60950-1, EN/IEC 60950-22
EMC	
FCC	CFR47 Class B, Part 15, Subpart B
ETSI	EN 300 386, EN 301 489-1, EN 301 489-4
CAN/CSA-CEI/IEC	CISPR 22-04 Class B
AS/NZS	CISPR 22-2004 Class B

Ordering Information

Part Number: RW-2050-A225

Description: RADWIN 2000 A-Series ODU Connectorized for external antenna (2xN-type), supporting multi frequency bands at 5.x GHz, factory default 5.8 GHz FCC/IC

Corporate Headquarters, T. +972.3.766.2900, E. sales@radwin.com, www.radwin.com
 The RADWIN name is a registered trademark of RADWIN Ltd.
 © All rights reserved, February 2013
 DS-RW2050-A225/02.13

RADWIN

RADWIN 5000 HPMP RW-5510-0A50 Subscriber Unit

RADWIN 5000 HPMP

RW-5510-0A50 Subscriber Unit - Data Sheet



HSU 510 SERIES

RW-5510-0A50

RADWIN RW-5510-0A50 Subscriber Unit (HSU), provides high capacity access connectivity of up to 10 Mbps net aggregate throughput. RW-5510-0A50 works with RADWIN 5000 HPMP base stations.

RW-5510-0A50 supports 4.9 to 5.9 GHz and complies with FCC, IC (Canada), WPC (India), MII (China) and universal regulations (factory default: 5.8 GHz FCC/IC).

RADWIN RW-5510-0A50 comes with an integrated antenna.

Product Highlights

- Up to 10 Mbps net aggregate throughput
- Guaranteed Service level Agreement (SLA) per HSU
- Exceptional short and constant latency
- Long range – up to 40 km/25 miles
- Advanced MIMO, OFDM and Diversity technologies
- Single radio supporting multiple bands (5.x GHz)
- Robust and reliable operation in tough conditions, extreme temperatures and non line-of-sight scenarios
- Ease of operation and maintenance

RADWIN

Product Specifications

Configuration	
Architecture	Outdoor Unit with Integrated Antenna
IDU to ODU Interface	Outdoor CAT-5e cable; Maximum cable length: 100m
Radio	
Capacity	10 Mbps net aggregate throughput
Range	Up to 40 km / 25 miles
Channel Bandwidth	Configurable: 5, 10, 20 and 40 MHz
Modulation	2x2 MIMO-OFDM (BPSK/QPSK/16QAM/64QAM)
Bandwidth allocation	Symmetric and Asymmetric
DFS	Supported
Adaptive Modulation & Coding	Supported
Automatic Channel Selection	Supported
Diversity	Supported
Spectrum Viewer	Supported
Max Tx Power	25 dBm
Duplex Technology	TDD
Error Correction	FEC k = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6
Encryption	AES 128
Ethernet Interface	10/100BaseT
Layer 2	Hub Mode
QoS	Packet classification to 4 queues according to 802.1p and Diffserv, Dynamic scheduling according to air interface changes
VLAN	Supported 802.1Q, 802.1P, QinQ

Supported Bands					
Band	Occupied Frequency Range				Radio Compliance
	Channel BW 5MHz	Channel BW 10MHz	Channel BW 20MHz	Channel BW 40MHz	
5.8 GHz FCC/IC*	5.7275-5.8475 GHz	5.725-5.850 GHz	5.725-5.850 GHz	5.725-5.850 GHz	FCC 47CFR, Part 15, Subpart C and IC RSS-210
5.9 GHz Universal	5.7275-5.9525 GHz	5.725-5.955 GHz	5.720-5.960 GHz	5.710-5.970 GHz	Universal
5.8 GHz MII China	5.7375-5.8375 GHz	5.735-5.840 GHz	5.730-5.845 GHz	5.720-5.855 GHz	MI for 5.8 GHz
5.8 GHz WPC India	5.8275-5.8725 GHz	5.825-5.875 GHz	5.825-5.875 GHz	5.825-5.875 GHz	WPC GSR-38
5.4 GHz FCC/IC	5.4775-5.7175 GHz	5.480-5.715 GHz	5.480-5.715 GHz	5.480-5.715 GHz	FCC 47CFR, Part 15, Subpart E and IC RSS-210
5.4 GHz Universal	5.4725-5.7225 GHz	5.470-5.725 GHz	5.465-5.730 GHz	5.455-5.740 GHz	Universal
5.3 GHz FCC/IC	5.2525-5.3475 GHz	5.255-5.345 GHz	5.255-5.345 GHz	5.255-5.345 GHz	FCC 47CFR, Part 15, Subpart E and IC RSS-210
5.3 GHz Universal	5.1475-5.3375 GHz	5.145-5.340 GHz	5.140-5.345 GHz	5.130-5.355 GHz	Universal
4.9 GHz FCC/IC	4.9425-4.9875 GHz	4.940-4.990 GHz	4.940-4.990 GHz	—	FCC 47CFR, Part 90, Subpart Y and IC RSS-111
4.9 GHz Universal	4.8975-4.9925 GHz	4.895-4.995 GHz	4.890-5.000 GHz	4.880-5.000 GHz	Universal

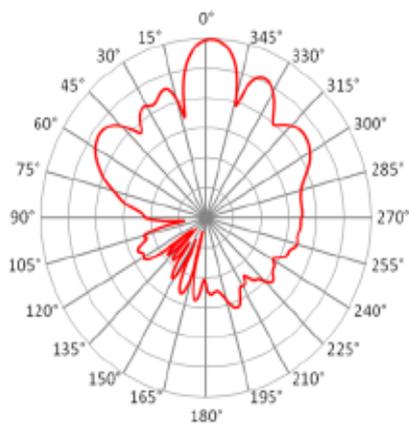
* Factory Default

Mechanical	
Dimensions	24.3(w) x 19.7(h) x 7.7(d) cm
Weight	1.3 kg / 2.8 lbs
Power	
Power feeding	Power provided over ODU-IDU cable using PoE device
Power Consumption	<1.2W
Environmental	
Operating Temperatures	-35°C to 80°C / -31°F to 140°F
Humidity	100% condensing, IP67 (totally protected against dust and against immersion up to 3m)
Safety	
FCC/IC (cTUVus)	UL 60950-1, UL 60950-22, CAN/CSA C22.2 60950-1, CAN/CSA C22.2 60950-22
ETSI	EN/IEC 60950-1, EN/IEC 60950-22
EMC	
FCC	CFR47 Class B, Part15, Subpart B
ETSI	EN 300 385, EN 301 489-1, EN 301 489-4
CAN/CSA-CE/IEC	CISPR 22-04 Class B
AS/NZS	CISPR 22-2004 Class B

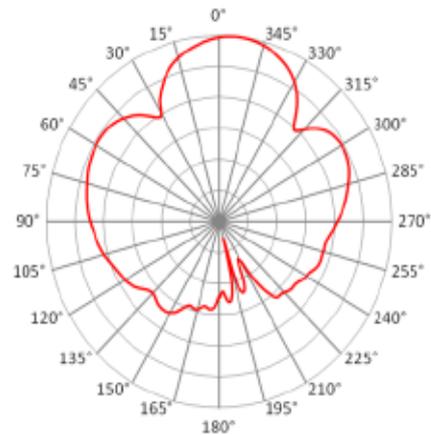
RADWIN

Integrated Antenna	
Peak Gain	15.5 ± 1.0 dBi
VSWR	1.5 : 1 (typ) 1.7 : 1 (max)
3 dB Az. Beamwidth	15° (typ)
3 dB El. Beamwidth	30° (typ)
Polarization	Dual Linear (Vertical and Horizontal)
Sidelobe Level	ETSI EN 302 085 V1.1.2, TS1-TS3
Cross Polarization	ETSI EN 302 085 V1.1.2, TS1-TS3
F/B Ratio	20 dB (max)
Port To Port Isolation	40 dB (min)
Lightning Protection	DC grounded
Antenna Pattern	

Azimuth @ 5.8GHz



Elevation @ 5.8GHz



Ordering Information

Part Number: RW-5510-0A50

Description: RADWIN HSU 510 Series Subscriber Unit Radio with integrated antenna, supporting multi frequency bands at 5.x GHz, factory default 5.8 GHz FCC/IC

Corporate Headquarters, T. +972.3.766.2900, E. sales@radwin.com, www.radwin.com

The RADWIN name is a registered trademark of RADWIN Ltd.
 © All rights reserved, February 2013
 DS RW5510-0A50/02.13, Software Release 3.4

RADWIN

RADWIN 5000 RW-5025-0B50

RADWIN 5000 HPMP

RW-5025-0B50 Base Station Unit



HBS 5025 SERIES

RW-5025-0B50

RADWIN RW-5025-0B50 is a Sector Base Station Radio unit, providing up to 25Mbps net aggregate throughput and delivering access connectivity for up to 16 Subscriber Units (HSUs).

RW-5025-0B50 supports 5.x GHz and complies with FCC, IC (Canada), WPC (India), MII (China) and universal regulations (factory default: 5.8 GHz FCC/IC).

RW-5025-0B50 includes an integrated 90 degree antenna and 11dBi gain.

Product Highlights

- Up to 25 Mbps net aggregate throughput
- Guaranteed Service level Agreement (SLA) per Subscriber Unit (HSU)
- Support up to 16 Subscriber Units (HSUs)
- Exceptional short and constant latency
- Advanced MIMO, OFDM and Diversity technologies
- Supports Fixed and Nomadic applications
- Robust and reliable operation in tough conditions, extreme temperatures and non line-of-sight scenarios
- Ease of operation and maintenance

RADWIN

Product Specifications

Configuration	
Architecture	Outdoor Unit with Integrated Antenna
IDU to ODU interface	Outdoor CAT-5e cable; Maximum cable length: 100m
Radio	
Capacity	25 Mbps net aggregate throughput
Subscriber Units (HSUs) support	Up to 16 HSUs
Range	Up to 20 km / 12.5 miles
Channel Bandwidth	Configurable: 5, 10, 20 and 40 MHz
Modulation	2x2 MIMO-OFDM (BPSK/QPSK/16QAM/64QAM)
Bandwidth allocation	Symmetric and Asymmetric
End to End Latency	Typical: 3.5msec @ 2 HSUs; 20msec @ 16 HSUs
Adaptive Modulation & Coding	Supported
Automatic Channel Selection	Supported
Diversity	Supported
Spectrum Viewer	Supported
Max Tx Power	25 dBm
Duplex Technology	TDD
Error Correction	FEC k = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6
Encryption	AES 128
Ethernet interface	10/100/1000BaseT
Layer 2	Bridging, learning of 5K MAC addresses
QoS	Packet classification to 4 queues according to 802.1p and DiffServ, Dynamic scheduling according to air interface changes
VLAN	Supported 802.1Q, 8021P, QinQ
TDD Intra Site Synchronization*	Supported; Sync protocol over Ethernet
TDD Inter Site Synchronization*	Supported through common GPS receiver per site; Sync protocol over Ethernet

* Available by end of Q2/13

Supported Bands					
Band	Occupied Frequency Range				Radio Compliance
	Channel BW 5MHz	Channel BW 10MHz	Channel BW 20MHz	Channel BW 40MHz	
5.8 GHz FCC/IC*	5.7275-5.8475 GHz	5.725-5.850 GHz	5.725-5.850 GHz	5.725-5.850 GHz	FCC 47CFR, Part 15, Subpart C and IC RSS-210
5.9 GHz Universal	5.7275-5.9525 GHz	5.725-5.955 GHz	5.720-5.960 GHz	5.710-5.970 GHz	Universal
5.8 GHz Mill China	5.7375-5.8375 GHz	5.735-5.840 GHz	5.730-5.845 GHz	5.720-5.855 GHz	Mill for 5.8 GHz
5.8 GHz WPC India	5.8275-5.8725 GHz	5.825-5.875 GHz	5.825-5.875 GHz	5.825-5.875 GHz	WPC GS-R-38
5.4 GHz FCC/IC	5.4775-5.7175 GHz	5.480-5.715 GHz	5.480-5.715 GHz	5.480-5.715 GHz	FCC 47CFR, Part 15, Subpart E and IC RSS-210
5.4 GHz Universal	5.4725-5.7225 GHz	5.470-5.725 GHz	5.465-5.730 GHz	5.455-5.740 GHz	Universal
5.3 GHz FCC/IC	5.2525-5.3475 GHz	5.255-5.345 GHz	5.255-5.345 GHz	5.255-5.345 GHz	FCC 47CFR, Part 15, Subpart E and IC RSS-210
5.3 GHz Universal	5.3475-5.3375 GHz	5.145-5.340 GHz	5.140-5.345 GHz	5.130-5.355 GHz	Universal
4.9 GHz FCC/IC	4.9425-4.9875 GHz	4.940-4.990 GHz	4.940-4.990 GHz	—	FCC 47CFR, Part 90, Subpart Y and IC RSS-111
4.9 GHz Universal	4.8875-4.9925 GHz	4.895-4.995 GHz	4.890-5.000 GHz	4.880-5.000 GHz	Universal

* Default Band

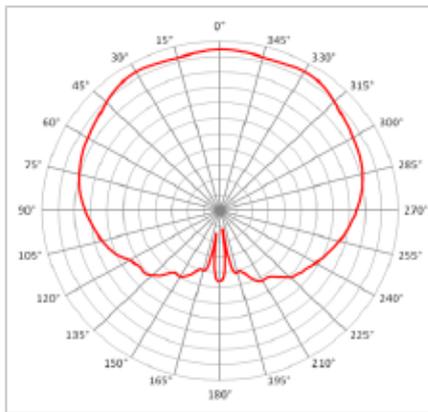
Mechanical	
Dimensions	28.1(w) x 19.7(h) x 8.3(d) cm
Weight	2.2 kg / 4.8 lbs
Power	
Power Feeding	Power provided over ODU-IDU cable using PoE device (RW-9921 Series)
Power Consumption	<12W
Environmental	
Operating Temperatures	-35°C to 60°C / -31°F to 140°F
Humidity	100% condensing, IP67 (totally protected against dust and against immersion up to 1m)
Safety	
FCC/IC (e-TU Vus)	UL60950-1, UL 60950-22, CAN/CSA C22.2 60950-1, CAN/CSA C22.2 60950-22
ETSI	EN/IEC 60950-1, EN/IEC 60950-22
EMC	
FCC	CFR47 Class B, Part15, Subpart B
ETSI	EN 300 386, EN 301 488-1, EN 301 489-4
CAN/CSA/CEI/IEC	CISPR 22-04 Class B
AS/NZS	CISPR 22-2004 Class B

RADWIN

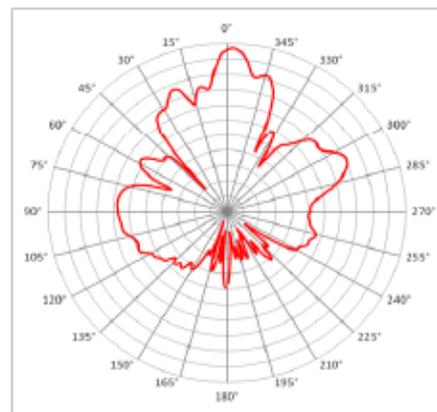
Product Specifications

Integrated Antenna	
Gain	11 dBi
VSWR	1.7 : 1 (typ)
3 dB Az. Beam-width	90° (typ)
3 dB El. Beam-width	8° (typ)
Polarization	Dual Linear (Vertical and Horizontal)
Side-lobes Level	-10 dB (typ)
Cross Polarization	-25 dB (typ)
F/B Ratio	-25 dB (typ)
Port To Port Isolation	30 dB (min)
Lightning Protection	DC grounded
Antenna Pattern	

Azimuth @ 5.8GHz



Elevation @ 5.8GHz



Ordering Information

Part Number: RW-5025-0B50

Description: RADWIN HBS 5025 Series, Base Station Radio with a 90 degree integrated antenna, supporting multi frequency bands at 5.x GHz, factory default 5.8 GHz FCC/IC

Corporate Headquarters, T. +972.3.766.2900, E. sales@radwin.com, www.radwin.com

The RADWIN name is a registered trademark of RADWIN Ltd.

© All rights reserved, February 2013

DS RW5025-0B50/0213, Software Release 3.4

RADWIN

SUPRESOR DE PICOS

SPEC SHEET



Surge Suppressor

The 600SS Surge Suppressor provides a path to ground (Protective Earth) that protects connected radio equipment from near-miss lightning strikes. The 600SS is compatible with all Cambium PMP models.

The 600SS is composed of two separate protection circuits. The Ethernet suppressor circuit consists of a common mode and differential protection scheme across both pairs of data lines (pins 1 and 2, and 3 and 6). The power lines are also protected against surges in common mode and differentially. Because it must protect all varieties of power configurations, the 600SS offers full isolation between the four power lines (pins 4, 5, 7 and 8).

Cambium Networks provides exceptional wireless broadband connectivity solutions. With more than 3 million modules deployed in thousands of networks around the world, Cambium solutions are proven to provide cost effective, reliable data, voice and video connectivity.

SPECIFICATIONS	
PHYSICAL	
SURGE SUPPRESSION	Energy Dissipation (Data and Power lines): 2.1 Joules Ethernet Maximum Common Mode Voltage: 75 V Ethernet Maximum Common Mode Current: 200 A DC Power Line Maximum Common Mode Voltage: 93 V DC Power Line Maximum Common Mode Current: 16 A
ENVIRONMENTAL	IP54
TEMPERATURE	Operating Temperature: -40°C to +60°C (-40°F to +140°F) Storage Temperature: -40°C to +95°C (-40°F to +185°F)
WEIGHT	0.25 kg (0.5 lb.)
DIMENSIONS (HxWxD)	13 x 9 x 4 cm (5.1" x 3.5" x 1.6")
PHYSICAL CONNECTIONS	2 x RJ-45

POE – AC-DC

WWW.PHIHONG.COM



60W Passive Power over Ethernet Adapter Lowest Cost Ultra PoE Power Injector



Features

- Continuous flow of power with no detection
- Very Low leakage
- Non-Vented Case
- 2 or 3 Wire Options
- 1 Year Warranty
- Lowest Cost Ultra PoE
- Full Protection OCP, OVP
- Level V Efficiency
- Optional Gigabit Base-T Data Rate

Applications

- Satellite Receivers
- Wireless Network Access Points
- Kiosks
- Security Camera
- LCD Displays
- WiMax Access Points

Safety Approvals

- cUL/UL
- CE

Mechanical Characteristics

- Length: 163mm (6.4in)
- Width: 65mm (2.56in)
- Height: 36mm (1.42in)
- Weight: 0.4Kg

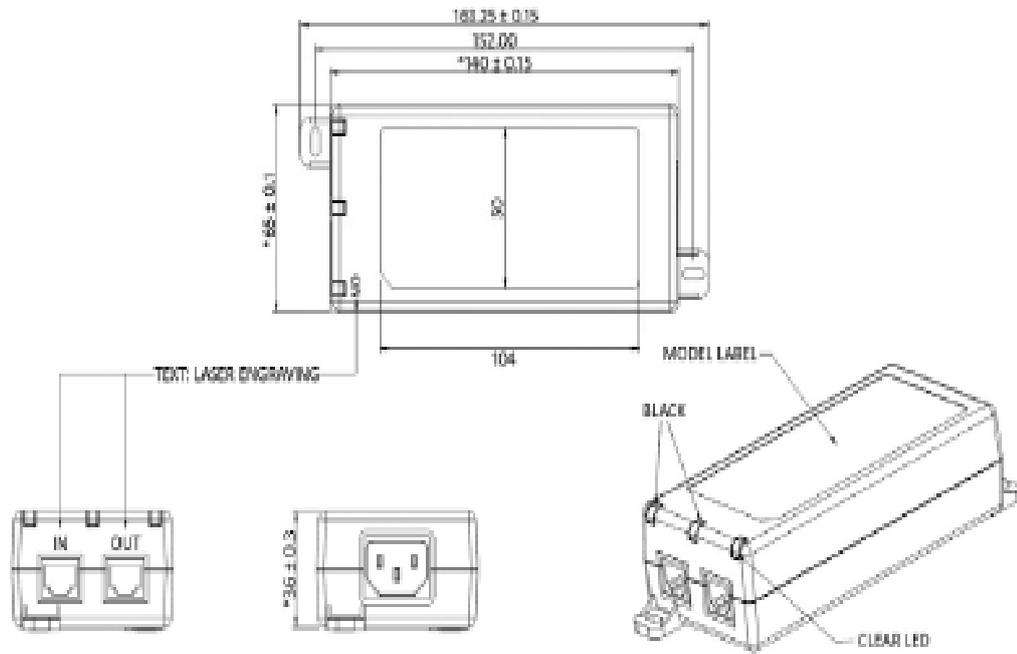
Output Specifications

Model Number	Output Voltage	Output Current	Input Connector	Gigabit
POE61U - 560D	56V	1.1 A	3 Wire C14	No
POE61U - 560DG	56V	1.1A	3 Wire C14	Yes
POE61W -560D	56V	1.1A	2 Wire C8	No
POE61W- 560DG	56V	1.1A	2 Wire C8	Yes

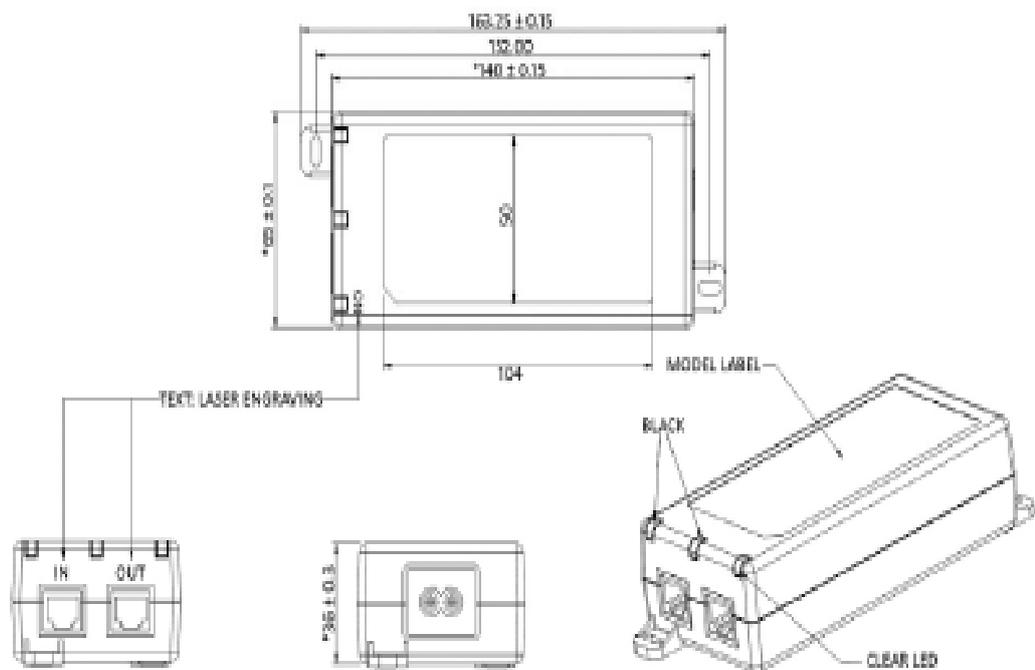
Phihong is not responsible for any error, and reserves the right to make changes without notice. Please visit our website at www.phihong.com for the most up-to-date specifications and contact information.

Revision 11/17/2011

POE61U Series with 3 Wire Input



POE61W Series with 2 Wire Input



ANTENA DE 32 dBi

HyperLink Wireless 5.1 GHz to 5.8 GHz 32 dBi Broadband Dual Polarized Solid Parabolic Dish Antenna Model: HG5158DP-32D

Applications and Features

- Applications:**
- 5.3 GHz Band Applications
 - 5.4 GHz Band Applications
 - 5.8GHz UNII applications
 - 5.8GHz ISM applications
 - IEEE 802.11a Wireless LAN
 - Unlicensed European 5.4 GHz Band Applications
 - WIMAX Technology
 - Long-range Directional Applications
 - Point to Point, Point to Multi-point Systems
 - Wireless Bridges
 - Backhaul Applications
 - 5.8 GHz Wireless Video Systems

- Features:**
- Vertical and Horizontal polarization
 - Dual polarity feed system - (2) N-Female connectors
 - Aluminum reflector dish
 - UV Stable light gray polymer finish
 - All weather operation
 - Includes tilt and swivel mast mount kit
 - Optional radome cover kits available
 - RoHS Compliant



Description

Superior Performance

The HyperGain® model HG5158DP-32D is a high performance broadband dual polarized solid dish antenna designed to operate from 5.1 GHz to 5.8 GHz (5150-5850 MHz). The wide band design of this antenna eliminates the need to purchase different antennas for each frequency. This simplified installations since the same antenna can be used for a wide array of wireless applications. This antenna features 32 dBi of gain with a 3.5° beam-width.

Dual Polarization

These antennas feature a dual polarity feed system. The antenna is feed via two N-Female ports, one for vertically polarized and one for horizontally polarized signals. This feature makes these antennas ideal for polarization diversity systems. Since these antennas can transmit and receive on both vertical and horizontal polarities, they can be used with increased bandwidth systems.



Rugged and Weatherproof

The reflector dish of these antennas are constructed from high quality aluminum, which gives them superior strength. The dish is coated in a light gray UV-inhibited polymer for durability and aesthetics. Perforated holes in the dish helps minimize wind loading.

These antennas are supplied with a tilt and swivel mast mount kit. This allows installation at various degrees of incline for easy alignment. It can be adjusted up or down from 0° to 30°.

Optional Radome Cover Kits

HyperGain® Radome Covers are an ideal way to provide additional protection to our parabolic dish antennas. These light weight radome kits feature fiberglass construction and UV stable gray finish. Drain holes are provided on the radome cover to help prevent moisture build-up inside the dish antenna.



These radome kits bolt directly to the dish antennas with the provided stainless steel hardware. Drilling mounting holes in the antenna is not required. The radome cover can be attached to existing antennas already mounted in the field or pre-assemble to the antenna before mounting.

Specifications

Electrical Specifications

Frequency	5150-5850 MHz
Band Width	700 MHz
Gain	32 dBi
Polarization	Horizontal and Vertical
Horizontal Beam Width	3.5°
Vertical Beam Width	3.5°
Front to Back Ratio	≥ 40 dB
Isolation	≥ 28 dB
Impedance	50 Ohm
Max. Input Power	100 Watts
VSWR	< 1.5:1 avg.

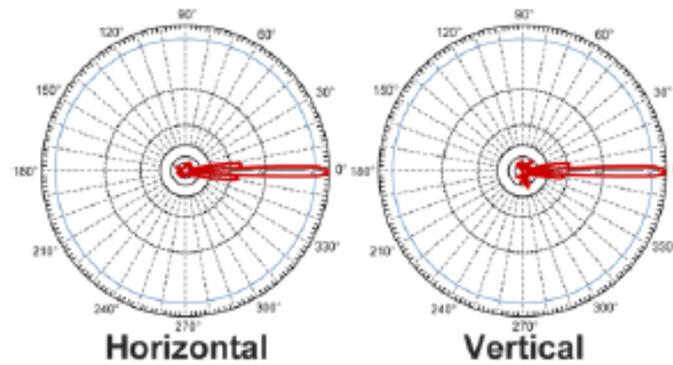
Mechanical Specifications

Weight	23.1 lbs. (10.5 kg)
Diameter	35.4 in. (900 mm)
Mounting	1.5" (38mm) to 3" (76mm) dia. masts
Operating Temperature	-40° C to 85° C (-40° F to 185° F)
Connectors	(2) N-Female
RoHS Compliant	Yes
Radome Cover Part Number	HGR-09

Wind Loading Data

Wind Speed (MPH)	Loading	With Radome
100	266 lb.	111 lb.
125	400 lb.	173 lb.

RF Antenna Patterns



Guaranteed Quality

This product is backed by L-com's Limited Warranty

L-com, Inc. 50 High St., West Mill, 3rd Floor, Suite #30 North Andover, MA 01845
 www.L-com.com E-mail: sales@L-com.com Phone: 1-800-343-1455 Fax: 1-978-689-9484
 © L-com, Inc. All Rights Reserved. L-com Global Connectivity and the L-com logo are registered marks.

Cable Pig Tail – ESPECIFICACIONES TECNICAS

LMR-400 Flexible Communications Cable

Ideal for...

- Drop-in replacement for RG-8/9913 Air-Dielectric type Cable
- Jumper Assemblies in Wireless Communications Systems
- Short Antenna Feeder runs
- Any application (e.g. WLL, GPS, LMR, Mobile Antennas, 802.11, WLAN) requiring an easily routed, low loss RF cable



- **Flexible:** With a 1-inch minimum bend radius, LMR-400 cable can be easily routed into and through tight spaces without kinking. The LMR bonded-tape outer conductor provides superior flexibility and ease of bending compared to corrugated copper or smooth wall copper hard-line cables.
- **Low Loss:** LMR-400 has the lowest loss of any RG8/RG213 'type' cable. This is achieved through the use of a high velocity gas-injected closed cell foam dielectric and bonded aluminum tape outer conductor.
- **Weatherproof:** The UV protected black polyethylene jacket makes the cable rugged and resistant to the full range of outdoor environments. The DB version of the cable includes a water blocking material within the braid to protect the cable from moisture ingress and eliminate any potential for corrosion in harsh environments or should the jacket become damaged. Various jacket materials are available to address other indoor and outdoor requirements.
- **RF Shielding:** The bonded aluminum tape outer conductor is overlapped to provide 100% coverage, resulting in >90 dB RF shielding (>180 dB crosstalk) and excellent interference immunity (ingress and egress).
- **Phase Stability:** The intimately bonded structure and foam dielectric of LMR cables provide excellent phase stability over temperature and with bending. The high velocity dielectric results in superior phase stability as compared with solid and air-spaced dielectric cables.
- **Connectors and Assemblies:** Times Microwave provides **FlexTech™** jumper cable assemblies fabricated with LMR-400-DB watertight cable and a variety of connector interface combinations (ref. FlexTech pages). Custom assemblies with phase matching, insertion loss matching, and other special electrical marking requirements can also be provided. A full range of connectors, including 'EZ' install (non-solder) types, is available for

Part Number	Part Description	Jacket	Stock Code
LMR-400	Standard outdoor cable	Polyethylene	54001
LMR-400-DB	Watertight cable	Polyethylene	54091
LMR-400-FR	CMR/MPP (PCC-FT4)	Non-Halogen	54030
* LMR-400-LLPL	CMP/MPP (PCC-FT6)	Plenum	54070
LMR-400-PVC	Indoor cable (CATVR)	PVC	54073
LMR-400-UltraFlex	UltraFlex cable	TPE	54040
LMR-400-FR-W	CMR/MPP (PCC FT4)	White Non-Halogen	54188
LMR-400-75	75 Ohm outdoor cable	Polyethylene	54147

* See LMR in-building communications catalog on web site for Plenum connectors.



A Smiths Group plc company

358 Hall Ave., Wallingford, CT, 06492-5039 U.S.A.
Phone: 203-949-8400 Fax: 203-949-8423

LMR-400 cable as shown on the next page.

- **LMR-LLPL Low Loss Plenum:** Refer to LMR In-Building Communications catalog on web site for details.

Mechanical Specifications

Minimum bend radius	1.0 in	25.4 mm
Bending moment	0.5 ft lb	0.68 N-m
Weight	0.068 lb/ft	0.10 kg/m
Tensile strength	160 lb	72.6 kG
Flat plate crush	40 lb/in	0.71 g/mm

Construction Specifications

Part Designation	Material	Inches	mm
Inner conductor	Solid BCCAI	0.108	2.74
Dielectric	Foam polyethylene	0.285	7.24
Outer conductor	Aluminum tape	0.291	7.39
Overall braid	Tinned copper	0.320	8.13
Standard jacket	Black polyethylene	0.405	10.29

Environmental Specifications

	°F	°C
Installation temperature range	-40/+185	-40/+85
Storage temperature range	-94/+185	-70/+85
Operating temperature range	-40/+185	-40/+85

Electrical Specifications

Cutoff frequency	16.2 GHz*	
Velocity of propagation	85%	
Voltage withstand	2,500 VDC	
Peak power	16 kW	
DC resistance		
Inner conductor, ohms	1.39/1,000'	4.56/km
Outer conductor, ohms	1.65/1,000'	5.41/km
Jacket spark	8,000 VRMS	
Impedance	50 ohms	
Capacitance	23.9 pF/ft	78.40 pF/m
Inductance	0.060 uH/ft	0.20 uH/m
Shielding effectiveness	>90 dB	
Phase stability	<10 ppm/°C	

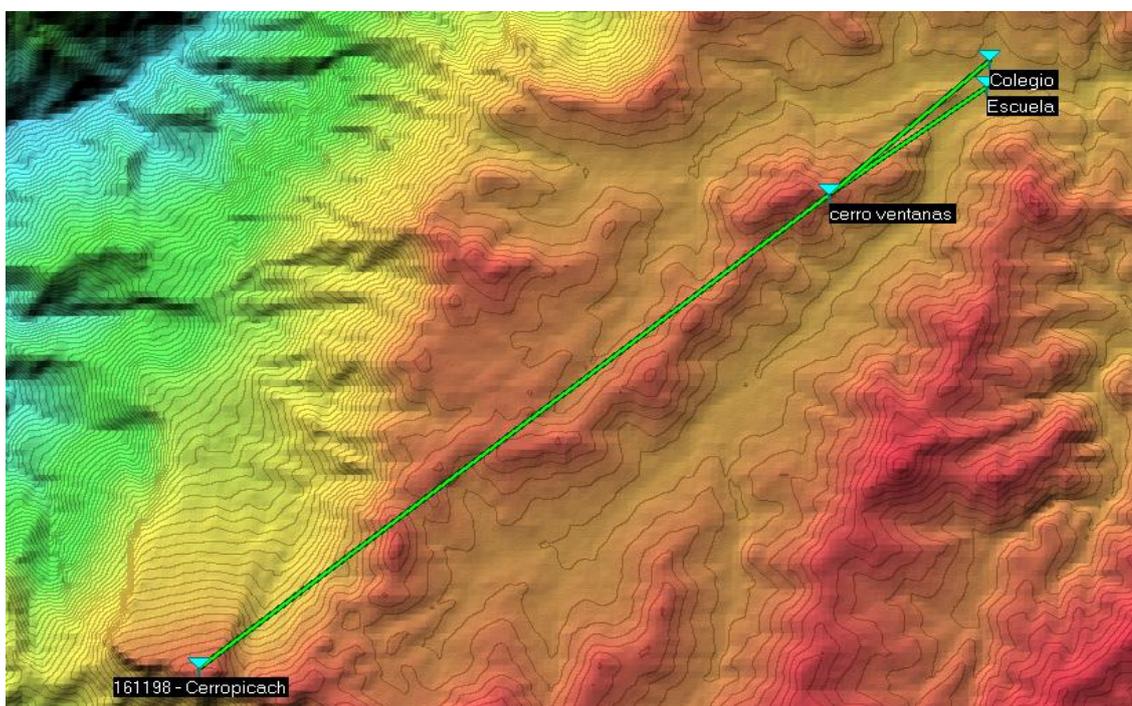
*Consult factory for applications over 6 GHz.

Frequency MHz	Attenuation		Avg. Power kW
	dB/100 ft	dB/100 m	
30 MHz	0.7	2.2	3.3
50 MHz	0.9	2.9	2.6
150 MHz	1.5	5.0	1.5
220 MHz	1.9	6.1	1.2
450 MHz	2.7	8.9	0.83
900 MHz	3.9	12.8	0.58
1500 MHz	5.1	16.8	0.44
1800 MHz	5.7	18.6	0.40
2000 MHz	6.0	19.6	0.37
2500 MHz	6.8	22.2	0.33
5800 MHz	10.8	35.5	0.21

Add 15% to tabulated attenuation for LMR-UltraFlex
Attenuation (db/100 ft) = (0.12229) * √(F MHz + (0.00026) * F MHz)
(db/100 m) = (0.40123) * √(F MHz + (0.00085) * F MHz)
 (interactive calculator available at <http://www.timesmicrowave.com>)
Attenuation: VSWR=1.0; Ambient = +25°C (77°F)
Power: VSWR=1.0; Ambient = +40°C; Inner Conductor = 100°C (212°F);
 Sea Level; dry air; atmospheric pressure; no solar loading

ANEXO III SIMULACIONES SOFTWARE RADIO MOBILE

Figura 25. Topología de red



ENLACE PUNTO A PUNTO P1-P2: CERRO PICACHO - CERRO VENTANAS

Figura 26. Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas

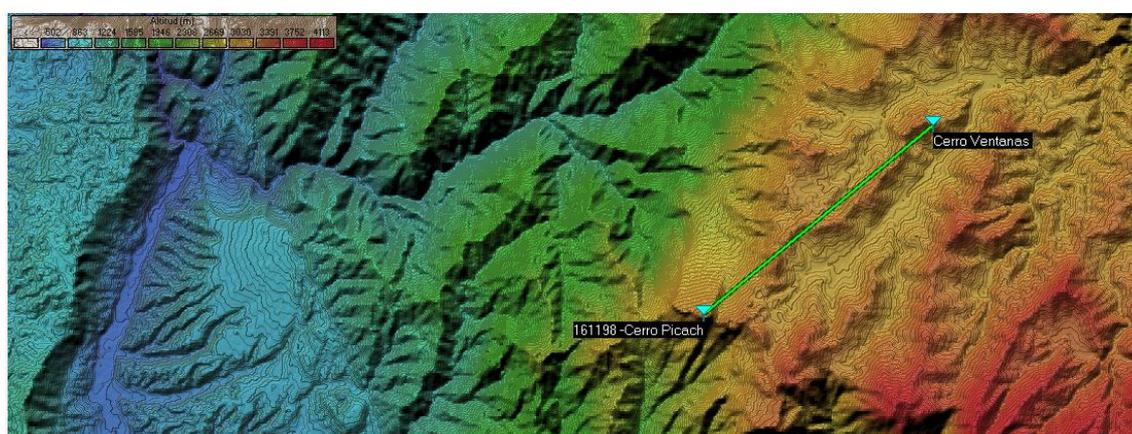


Figura 27. Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas- Perfil

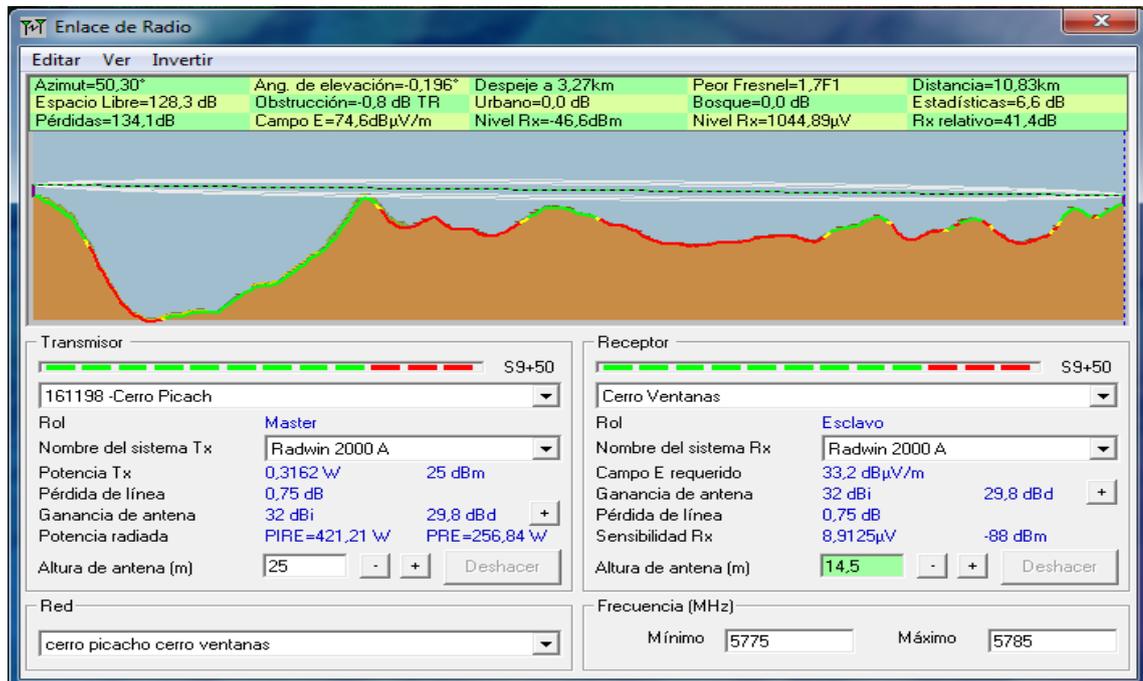


Figura 28. Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas - Detalles

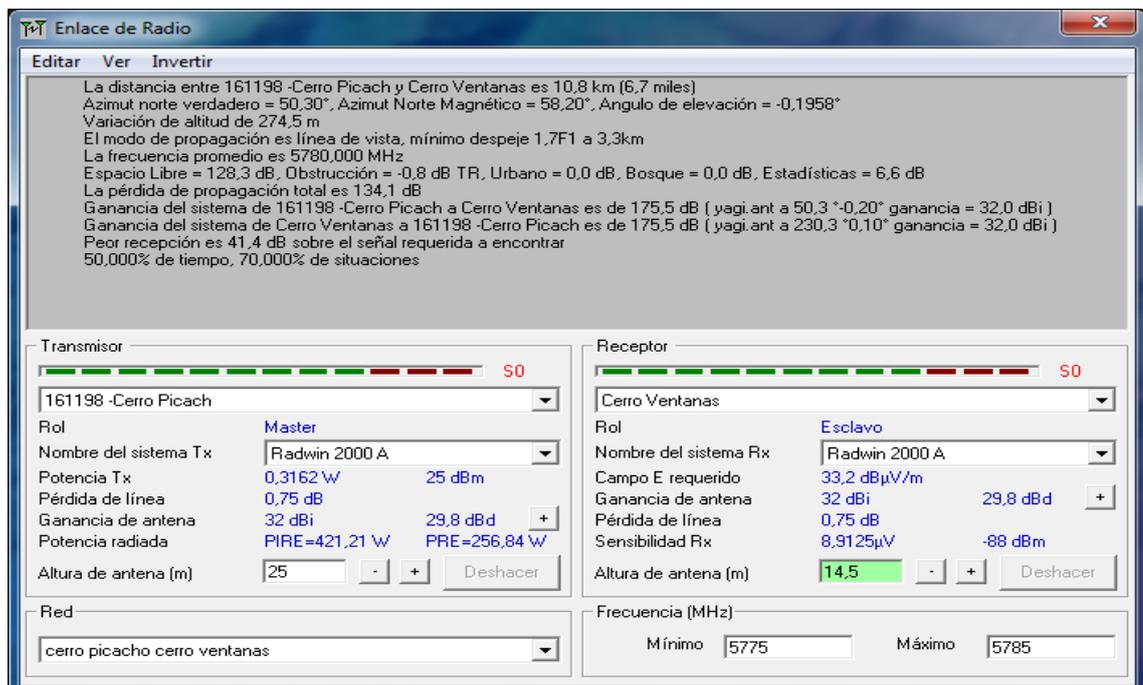


Figura 29. Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas - Rango

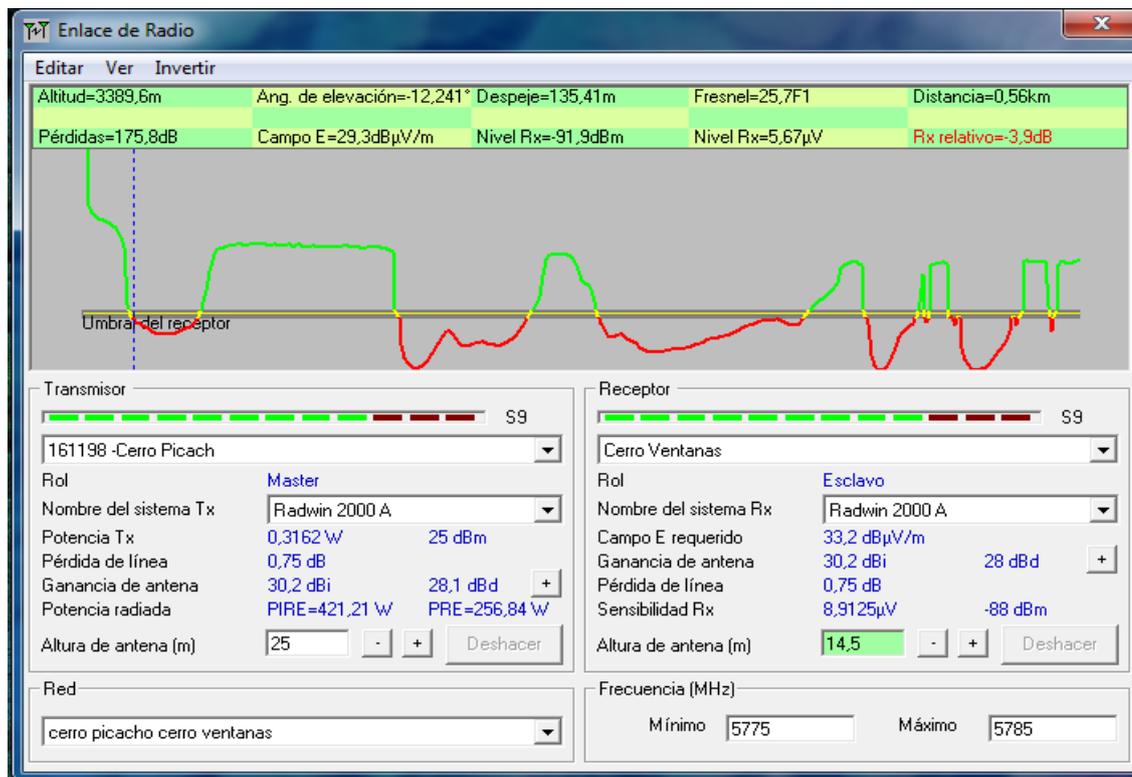
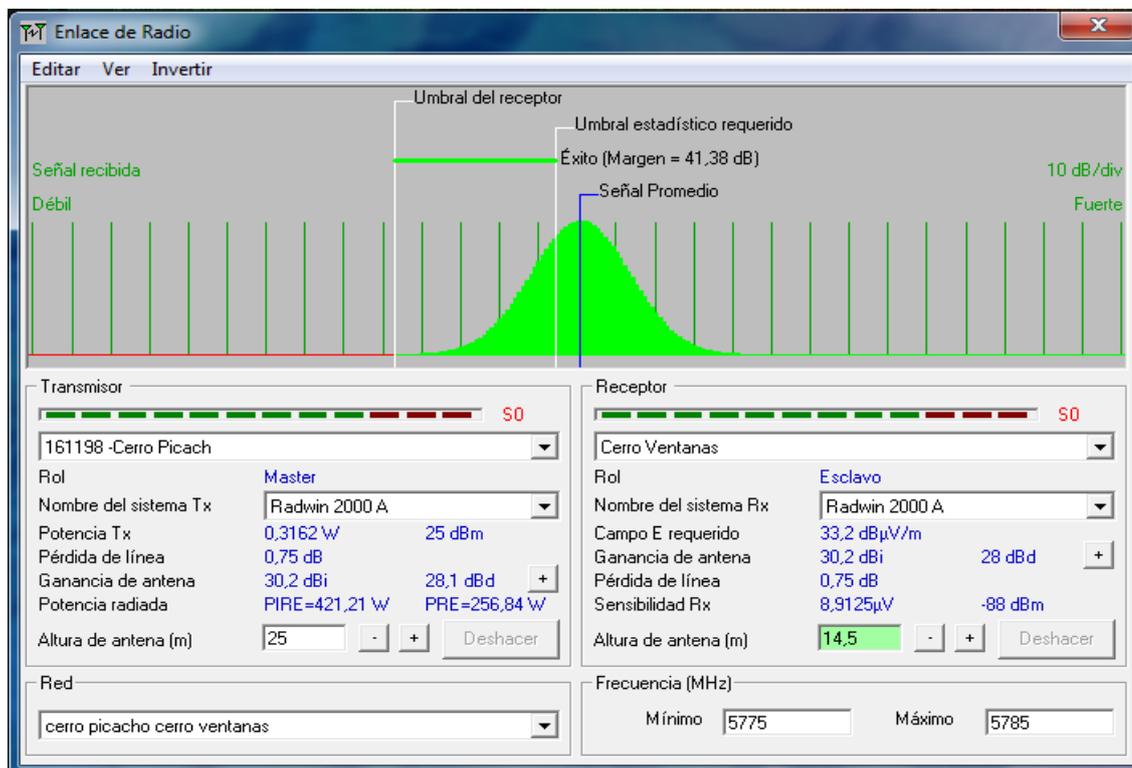


Figura 30. Enlace Punto a Punto P1-P2 Cerro Picacho –Cerro Ventanas - distribución



ENLACE PUNTO MULTIPUNTO ENLACE P2-P3: CERRO VENTANAS – ESCUELA

Figura 31. Topología de red - Enlace punto multipunto P2 - P3: Cerro Ventanas – Escuela

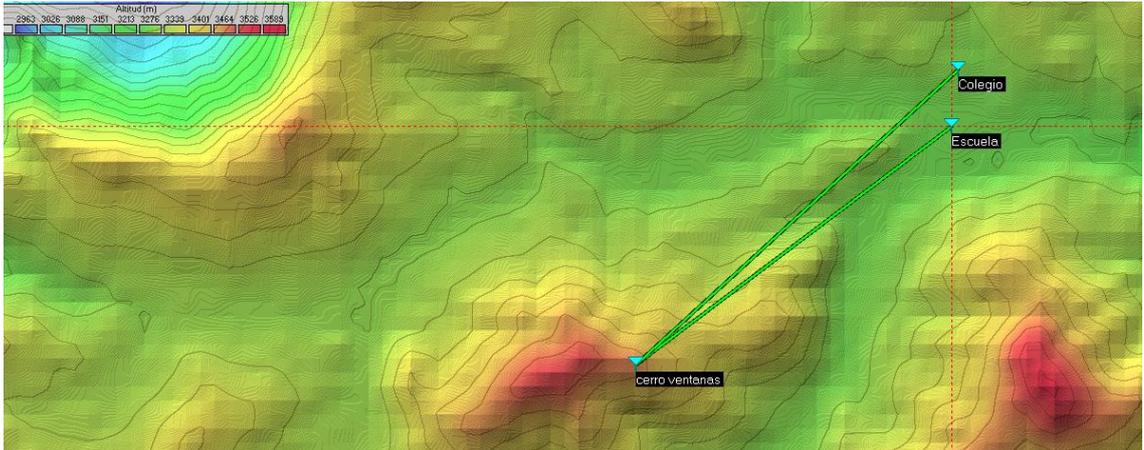


Figura 32. Enlace punto multipunto P2 - P3: Cerro Ventanas – Escuela – Propiedades de las redes parámetros - detalles

Enlace de Radio

Editar Ver Invertir

La distancia entre cerro ventanas y Escuela es 2,6 km (1,6 miles)
 Azimut norte verdadero = 52,82°, Azimut Norte Magnético = 60,78°, Angulo de elevación = -4,3025°
 Variación de altitud de 190,9 m
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 4,9F1 a 2,6km
 La frecuencia promedio es 5787,500 MHz
 Espacio Libre = 116,0 dB, Obstrucción = 0,0 dB TRI, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 6,7 dB
 La pérdida de propagación total es 122,7 dB (modo de interferencia (optimista))
 Ganancia del sistema de cerro ventanas a Escuela es de 141,0 dB (Cardio.ant a 52,8 °-4,30° ganancia = 11,0 dBi)
 Ganancia del sistema de Escuela a cerro ventanas es de 141,0 dB (yagi.ant a 232,8 °4,28° ganancia = 17,0 dBi)
 Peor recepción es 18,3 dB sobre el señal requerida a encontrar
 50,000% de tiempo, 70,000% de situaciones

Transmisor		Receptor	
cerro ventanas	SO	Escuela	SO
Rol	Master	Rol	Esclavo
Nombre del sistema Tx	Radwin 5000 HBS	Nombre del sistema Rx	Radwin 5000 HSU
Potencia Tx	0,3162 W 25 dBm	Campo E requerido	47,46 dBµV/m
Pérdida de línea	0 dB	Ganancia de antena	17 dBi 14,8 dBd +
Ganancia de antena	11 dBi 8,8 dBd +	Pérdida de línea	0 dB
Potencia radiada	PIRE=3,98 W PRE=2,43 W	Sensibilidad Rx	8,9125µV -88 dBm
Altura de antena (m)	12 - + Deshacer	Altura de antena (m)	4 - + Deshacer
Red		Frecuencia (MHz)	
Enlace Punto-Multipunto		Mínimo	Máximo
		5725	5850

Figura 33. Enlace punto multipunto P2 - P3: Cerro Ventanas – Escuela - Perfil

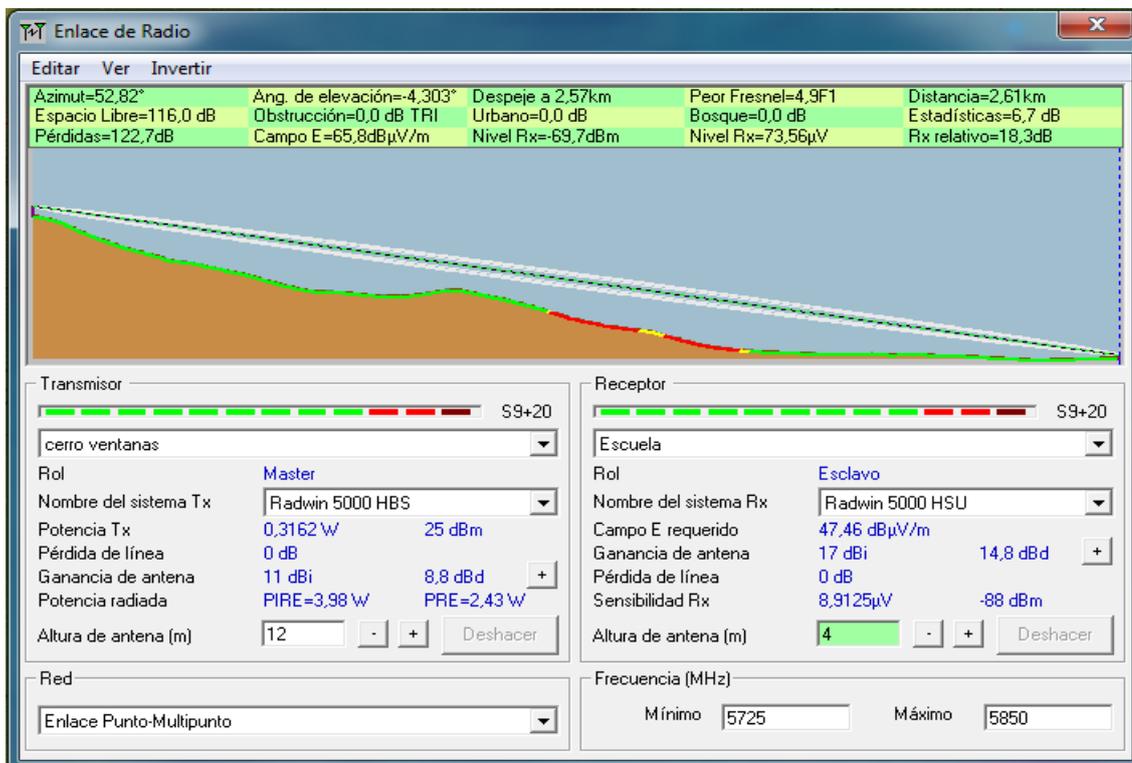


Figura 34. Enlace punto multipunto P2-P3: Cerro ventanas – Escuela - Rango

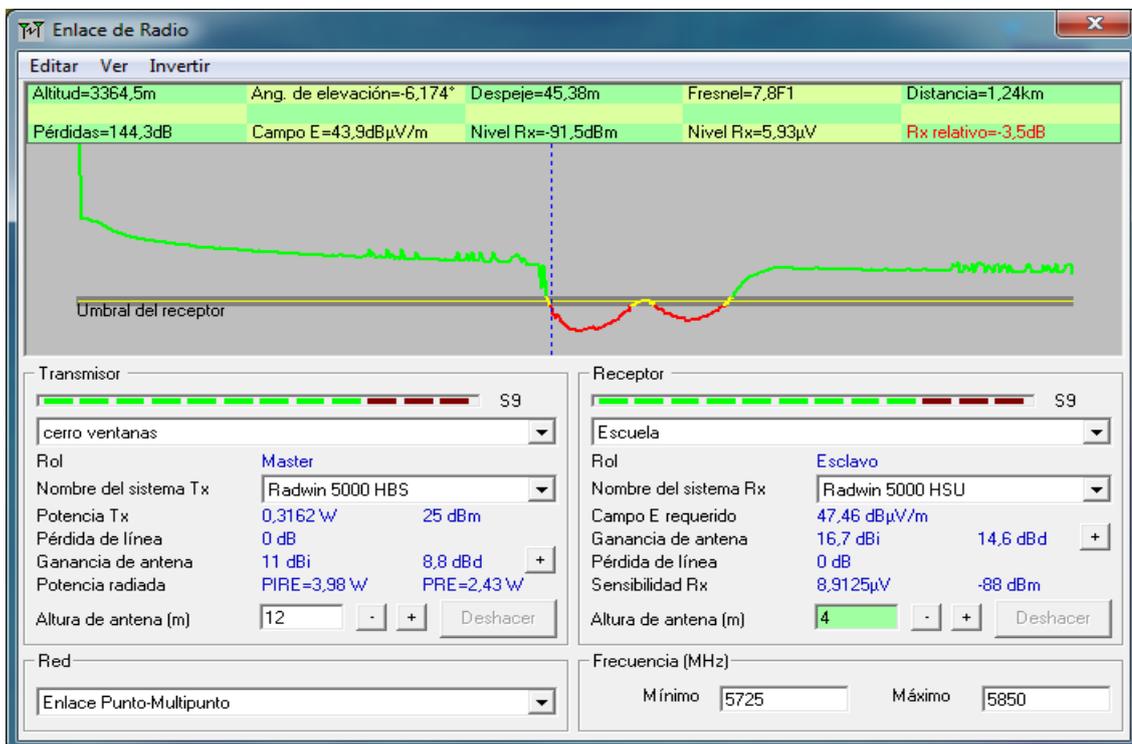
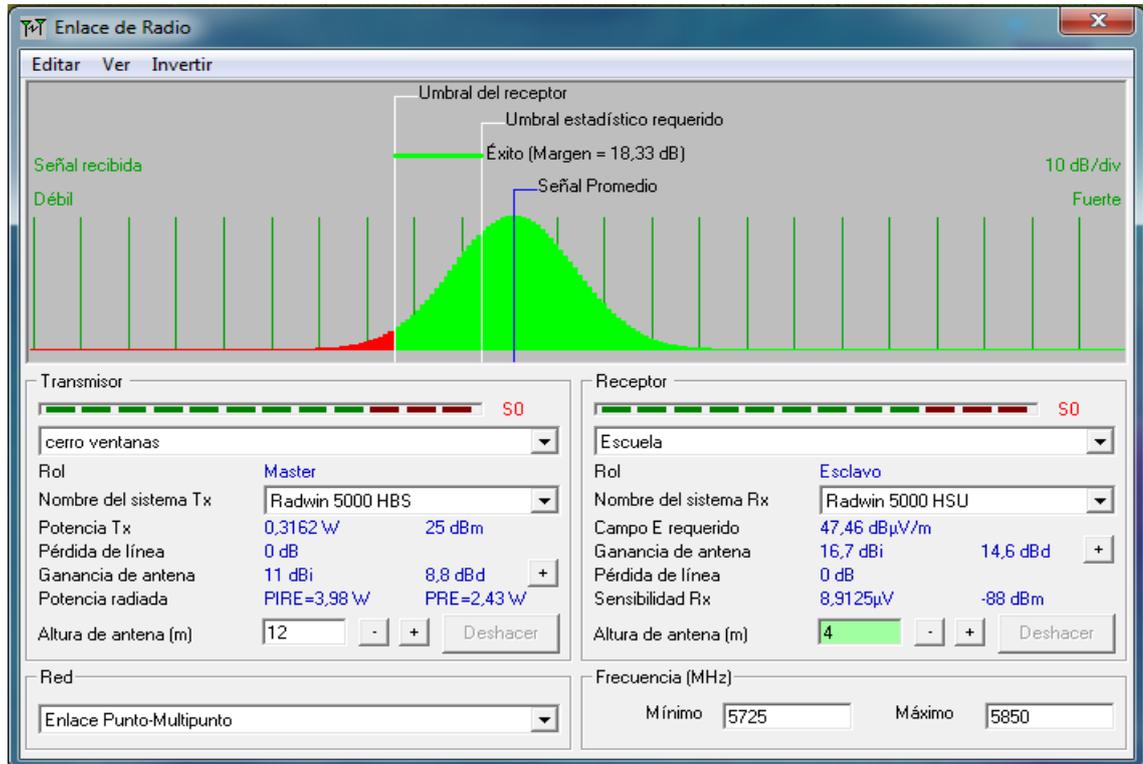


Figura 35. Enlace punto multipunto P2 - P3: Cerro Ventanas – Escuela - Distribución



ENLACE PUNTO MULTIPUNTO ENLACE CERRO VENTANAS – COLEGIO

Figura 36. Enlace punto multipunto P2 – P4: Cerro Ventanas – Colegio – Perfil

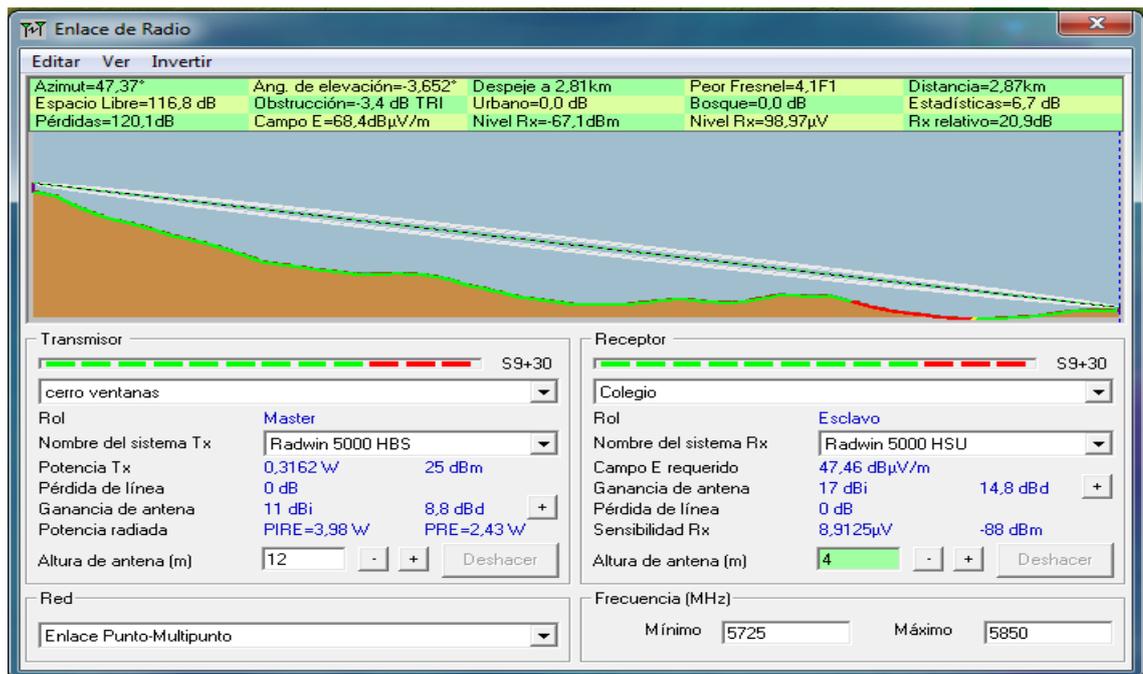


Figura 37. Enlace punto multipunto P2 – P4: Cerro Ventanas – Colegio – Detalles

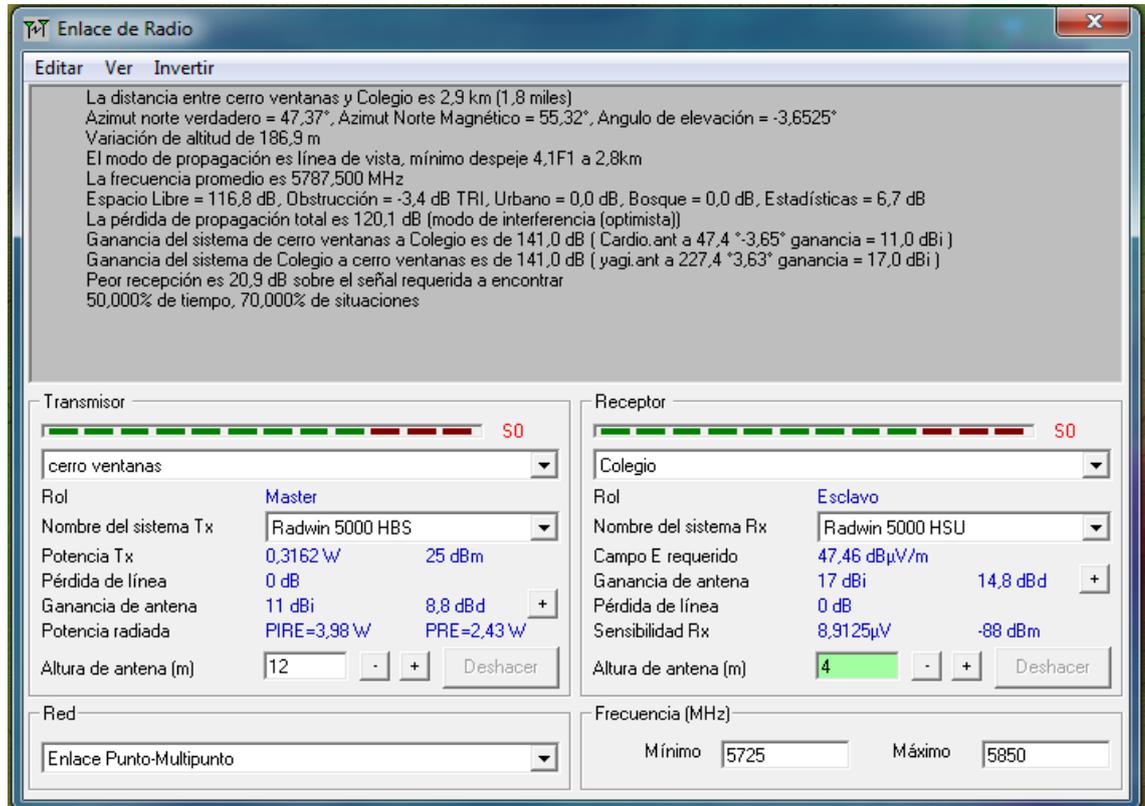


Figura 38. Enlace punto multipunto P2 – P4: Cerro Ventanas – Colegio – Propiedades de las redes rango

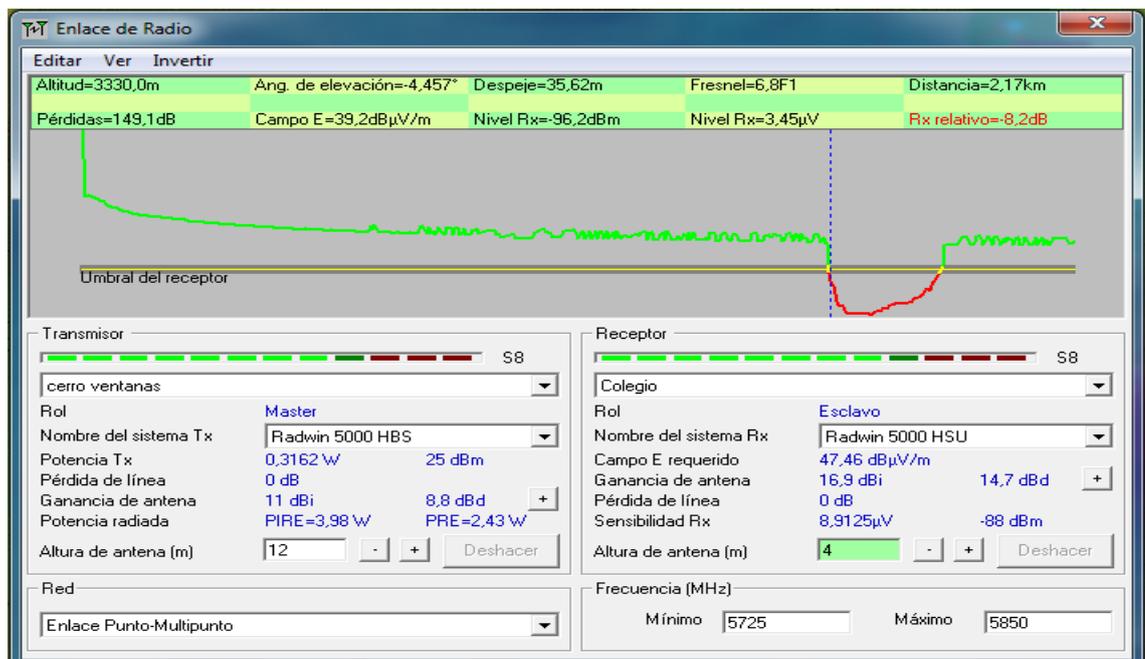
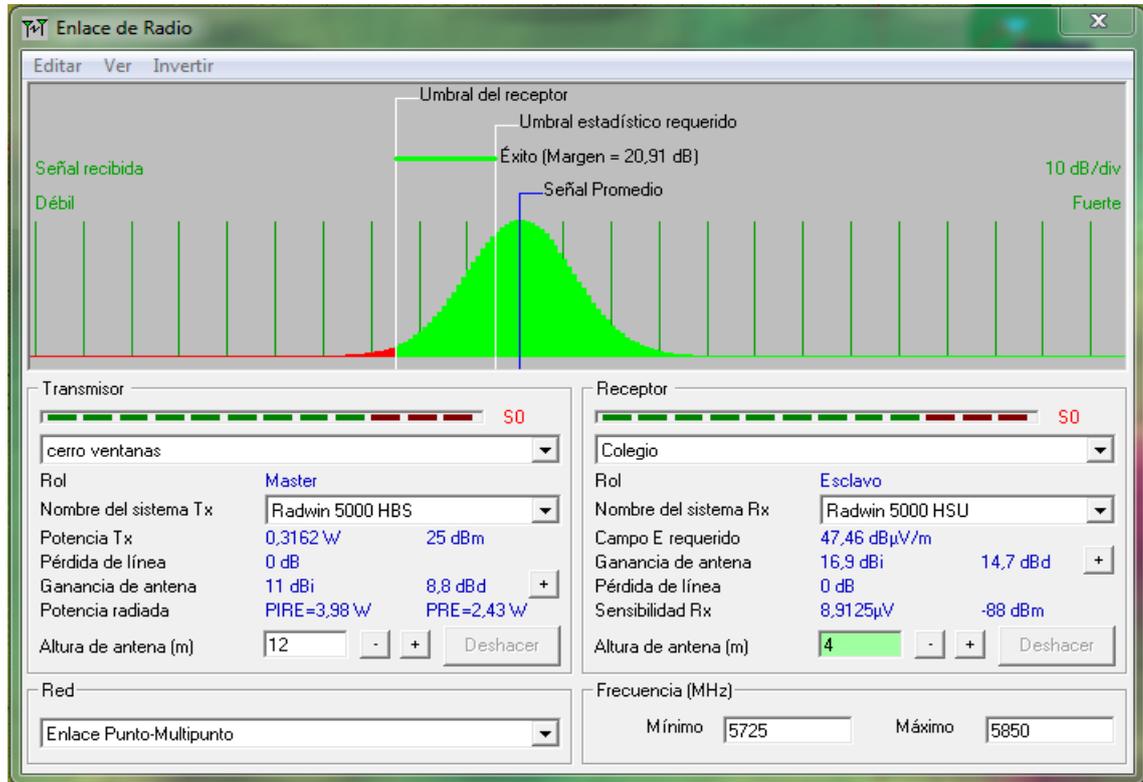


Figura 39. Enlace punto multipunto P2 – P4: Cerro Ventanas – Colegio – Propiedades de las redes distribución



ANEXO IV COTIZACIONES

COTIZACION DISPOSITIVOS DE RED

 Winncom Technologies	Winncom Technologies Corp. 28900 Fountain Parkway, Suite B Solon, Ohio 44139 USA 1 (440) 498-9510	Quote No.	150616-01	
		Date	15-Jun-2016	
		Company Name	0	
		Contact Name	Holmes Guerrero	
		Country	Colombia	
PRICE QUOTE				
Part Number	Description	Q	Unit price	Extended Price
RW-2050-A225	RADWIN 2000 A-Series ODU Connectorized for external antenna (2x N-type), supporting multi frequency bands at 5.xGHz up to 25Mbps net aggregate throughput, factory default 5.8GHz FCC/IC	2	USD 455.33	USD 910.67
RW-5025-0B50	RADWIN 5000 HPMP HBS 5025 Series Base Station Radio with 11 dBi integrated antenna, supporting multi frequency bands at 5.xGHz up to 25Mbps net aggregate throughput, factory default 5.8GHz FCC/IC	1	USD 595.33	USD 595.33
RW-5510-0A50	RADWIN 5000 HPMP HSU 510 SFF Series Subscriber Unit Radio with 17 dBi integrated antenna, supporting multi frequency bands at 5.xGHz up to 10Mbps net aggregate throughput, factory default 5.8GHz FCC/IC	2	USD 245.33	USD 490.67
RW-9924-0106	Outdoor Lightning Protection Unit for 10/100/1000Base-T PoE surge protector (including 0.5m CAT5e cable and stainless steel pole mounting band)	5	USD 84.00	USD 420.00
RW-9921-1012	100-240VAC nominal range. 90-264VAC max range	5	USD 56.00	USD 280.00
HDDA5W-29-DP2	HD Series 29dBi 4.9-5.9GHz Dual Polarity Wideband Dish Antenna (2 N-Female Integrated Connectors), Old P/N HDDA5W-29-DP	2	USD 200.00	USD 400.00
TOTAL				USD 3,096.67

Para Información adicional por favor contactar:

SANTIAGO BRAVO VIDAL

Country Manager, Colombia | s.bravo@winncom.com
 (+57) 301 287 6722 | Skype: [santiago.bravo.vidal](https://www.skype.com/user/santiago.bravo.vidal)

CRISTHIAN RAMIREZ

Inside Sales Manager CALA | c.ramirez@winncom.com
 (+1)786 282-8905 | Skype: [c.ramirezwt](https://www.skype.com/user/c.ramirezwt)



NIT 900906540-1

SEÑOR (es)	OSCAR GUERRERO		COTIZACIÓN		
S.C. / NIT					
DIRECCIÓN			No		
CIUDAD/DPTO.	BUCARAMANGA		C-0050-16		
TELÉFONOS			FECHA		
CELULAR	3164390396		DÍA	MES	AÑO
E-MAIL	holmes991@hotmail.com		09/06/2016		
TIPO DE TRANSPORTE:	TERRESTRE				

MARCA	PRODUCTO	CANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
TITAN	UPS ON LINE 1KVA REF. TITAN1KVA RACK	1	\$ 1.250.000	\$ 1.250.000

OBSERVACIONES ESPECIALES: Se entrega en sitio en plataforma de camion, los gastos de montacargas y demas herramientas que se requieran para la ubicacion del equipo en sitio final corren por cuenta del comprador. No incluye instalacion.	SUBTOTAL	\$ 1.250.000
	IVA	\$ 200.000
	TOTAL	\$ 1.450.000

CONDICIONES COMERCIALES Y FINANCIERAS
<p>Condiciones de pago: Cortado</p> <p>Forma de pago: Transferencia Banco de Bogotá cuenta de Ahorros No 05426470</p> <p>Tiempo de Entrega: Según disponibilidad de inventario</p> <p>Garantía: 12 meses en las baterías, 10 meses en el equipo</p> <p>Entrega:</p> <p>Validez de la oferta: 8 días fecha de cotización, sujeta a variaciones en cualquier momento de acuerdo a comportamiento en la TRM, sujeta a cambios sin previo aviso.</p> <p>Garantía Extendida: No Aplica</p>
<p>_____ FIRMA, SELLO Y C.C. DE APROBACIÓN DEL CLIENTE Govenry Castro Ejecutivo Comercial Cel: (571) 310660142 Carrera 111 No 148 - 88 Suba - Almenara Bogotá, Colombia</p>

COTIZACION INFRAESTRUCTURA



SEÑORES:	FECHA: 08/06/2016
ATENCIÓN: Ing. Holmes Guerrero	
E-MAIL/WEB: holmes9991@hotmail.com	No COTIZACION : IT- 1115

SUMINISTRO E INSTALACION DE TORRE RIENDADA TRIANGULAR 15 Mts. (Santander)					
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	U/N	VALOR U/N	VALOR TOTAL
1	1	FABRICACION TORRE RIENDADA DE 15 Mts X 0,30 Cm. Galvanizada en caliente.	U/N	\$ 2.400.000	\$ 2.400.000,0
2	1	OBRA CIVIL. (CIMENTACIONES).	U/N	\$ 1.100.000	\$ 1.100.000,0
3	1	ACCESORIOS: Gueya super GX de 1/4", tensores de 3/4" y prensacables de 3/8"	U/N	\$ 550.000	\$ 550.000,0
4	1	INSTALACION DE LA ESTRUCTURA	U/N	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000,0
5	1	SISTEMA DE PARARRAYOS: Electrodo en varilla de 5/8" x 2,40 m, 30 kg de hidrogel, línea de aterrizaje en cable de 2/0 y pararrayos de 4 puntas tipo Franklyn de bronce.	U/N	\$ 900.000	\$ 900.000,0
6	1	SISTEMA DE TIERRA: Bajo Norma. CABLE COBRE 1/0, VARILLAS 2,40 MTS, HIDROGEL, SOLDADURA EXOTERMINA.	U/N	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000,0
7	1	PINTURA GENERAL: colores regulares BLANCO Y NARANJA SEGÚN LA NORMATIVIDAD AERONAUTICA CIVIL.	U/N	\$ 550.000	\$ 550.000,0
8	1	LUCES DE OBSTRUCCION - Faro SENCILLO tipo LED 200W, Bombillo duracion 40.000 H - CON SU RESPECTIVO CABLE.	U/N	\$ 1.100.000	\$ 1.100.000,0
9	1	ENCERRAMIENTO -Malla eslabonada ,concertina ,tubería de 2", angularía de 1 1/2 3/8, puerta, vigas de amarre y obra civil.	U/N	\$ 3.300.000	\$ 3.300.000,0
10	1	GABINETE: outdoor de 1.20x50x1m o c	U/N	\$ 1.150.000	\$ 1.150.000,0
11	1	TRANSPORTE: TORRE Y PERSONA. SANTANDER	U/N	\$ 1.600.000	\$ 1.600.000,0
				SUB.TOTAL	\$ 15.050.000
				IVA 16%	\$ 2.408.000
				VALOR TOTAL	\$ 17.458.000

OBSERVACIONES PARA EL CLIENTE.

- 1.) El personal involucrado cuenta con toda su documentación legal y reentrenamiento para trabajo seguro en ALTURAS. Según la resolución 3368 de 2014.
- 2.) Cualquier tipo de documentación como CALCULOS ESTRUCTURALES, DISEÑOS DE CIMENTACION Y ESTUDIOS DE SUELOS que NO estén discriminados dentro de esta Oferta son requerimientos independientes de esta.

 ANDRES LEONARDO MARTINEZ SUAREZ. DIRECTOR ADMINISTRATIVO. ITELMAR SAS	CONDICIONES COMERCIALES:
	VALIDEZ DE LA OFERTA: (20) DIAS
	TIEMPO DE ENTREGA: (04) días -FABRICACION 100% Finalizadas. (10) días -INSTALACION Y ACCESORIOS 100% Finalizadas.
	FORMA DE PAGO: 50% anticipo a orden de compra 50% entrega a satisfacción.
	GARANTIAS.
	POLIZAS: Requeridas por el CLIENTE. CERTIFICACION: Fabricacion y sistema de luces.

COTIZACION TARIFAS CANAL INTERNET DEDICADO

VALORES PARA CIUDADES TIPO 1

INTERNET DEDICADO			
Ancho de Banda (Kbps)	Tipo de Canal	Cargo Mensual x Enlace USD\$	Cargo Conexión USD\$
64	INTERNET DEDICADO	\$ 275,00	\$ 500,00
128	INTERNET DEDICADO	\$ 280,00	\$ 500,00
256	INTERNET DEDICADO	\$ 285,00	\$ 500,00
384	INTERNET DEDICADO	\$ 290,00	\$ 500,00
512	INTERNET DEDICADO	\$ 295,00	\$ 500,00
1.024	INTERNET DEDICADO	\$ 300,00	\$ 500,00
2.048	INTERNET DEDICADO	\$ 398,00	\$ 500,00
3.000	INTERNET DEDICADO	\$ 555,00	\$ 800,00
4.000	INTERNET DEDICADO	\$ 695,00	\$ 1.300,00
5.000	INTERNET DEDICADO	\$ 815,00	\$ 1.550,00
8.000	INTERNET DEDICADO	\$ 1.225,00	\$ 1.800,00
10.000	INTERNET DEDICADO	\$ 1.440,00	\$ 1.800,00
20.000	INTERNET DEDICADO	\$ 2.700,00	\$ 2.000,00
30.000	INTERNET DEDICADO	\$ 3.925,00	\$ 2.200,00
40.000	INTERNET DEDICADO	\$ 5.070,00	\$ 2.000,00
50.000	INTERNET DEDICADO	\$ 6.190,00	\$ 2.500,00

VALORES PARA CIUDADES TIPO 2

INTERNET DEDICADO			
Ancho de Banda	Tipo de Canal	Cargo Mensual x Enlace USD\$	Cargo Conexión USD\$
64	INTERNET DEDICADO	\$ 300,00	\$ 500,00
128	INTERNET DEDICADO	\$ 315,00	\$ 500,00
256	INTERNET DEDICADO	\$ 335,00	\$ 500,00
384	INTERNET DEDICADO	\$ 345,00	\$ 500,00
512	INTERNET DEDICADO	\$ 360,00	\$ 500,00
1.024	INTERNET DEDICADO	\$ 375,00	\$ 500,00
2.048	INTERNET DEDICADO	\$ 550,00	\$ 500,00
3.000	INTERNET DEDICADO	\$ 625,00	\$ 800,00
4.000	INTERNET DEDICADO	\$ 785,00	\$ 1.300,00
5.000	INTERNET DEDICADO	\$ 915,00	\$ 1.550,00
8.000	INTERNET DEDICADO	\$ 1.375,00	\$ 1.800,00
10.000	INTERNET DEDICADO	\$ 1.615,00	\$ 1.800,00
20.000	INTERNET DEDICADO	\$ 3.025,00	\$ 2.000,00
30.000	INTERNET DEDICADO	\$ 4.400,00	\$ 2.200,00
40.000	INTERNET DEDICADO	\$ 5.680,00	\$ 2.000,00
50.000	INTERNET DEDICADO	\$ 6.935,00	\$ 2.500,00

VALORES PARA CIUDADES TIPO 3

INTERNET DEDICADO			
Ancho de Banda	Tipo de Canal	Cargo Mensual x Enlace USD\$	Cargo Conexión USD\$
64	INTERNET DEDICADO	\$ 375,00	\$ 500,00
128	INTERNET DEDICADO	\$ 395,00	\$ 500,00
256	INTERNET DEDICADO	\$ 420,00	\$ 500,00
384	INTERNET DEDICADO	\$ 435,00	\$ 500,00
512	INTERNET DEDICADO	\$ 450,00	\$ 500,00
1.024	INTERNET DEDICADO	\$ 470,00	\$ 500,00
2.048	INTERNET DEDICADO	\$ 690,00	\$ 500,00
3.000	INTERNET DEDICADO	\$ 780,00	\$ 800,00
4.000	INTERNET DEDICADO	\$ 980,00	\$ 1.300,00
5.000	INTERNET DEDICADO	\$ 1.145,00	\$ 1.550,00
8.000	INTERNET DEDICADO	\$ 1.720,00	\$ 1.800,00
10.000	INTERNET DEDICADO	\$ 2.020,00	\$ 1.800,00
20.000	INTERNET DEDICADO	\$ 3.785,00	\$ 2.000,00
30.000	INTERNET DEDICADO	\$ 5.390,00	\$ 2.200,00
40.000	INTERNET DEDICADO	\$ 6.960,00	\$ 2.000,00
50.000	INTERNET DEDICADO	\$ 8.500,00	\$ 2.500,00