

CONECTIVIDAD DE LAS ESCUELAS RURALES DEL MUNICIPIO DE ARBELÁEZ,  
CUNDINAMARCA PARA PROVEER SERVICIOS DE INTERNET POR MEDIO DE REDES  
INALÁMBRICAS

SAMUEL JAIME QUEVEDO BUITRAGO

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA DE SISTEMAS  
FUSAGASUGÁ, CUNDINAMARCA

2016

CONECTIVIDAD DE LAS ESCUELAS RURALES DEL MUNICIPIO DE ARBELÁEZ,  
CUNDINAMARCA PARA PROVEER SERVICIOS DE INTERNET POR MEDIO DE REDES  
INALÁMBRICAS

SAMUEL JAIME QUEVEDO BUITRAGO

INFORME DE PASANTÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO DE SISTEMAS

ASESOR: JORGE JULIO REYES ALVARES  
INGENIERO DE SISTEMAS

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA DE SISTEMAS  
FUSAGASUGÁ, CUNDINAMARCA

2016

## CONTENIDO

	pág.
1. Resumen.....	16
2. Título del proyecto.....	17
3. Descripción y formulación del Problema .....	18
3.1 Árbol de problemas.....	19
3.2 Análisis de participantes .....	20
4. Objetivos.....	21
4.1 Árbol de objetivos.....	21
4.2 Objetivo general.....	22
4.3 Objetivos específicos .....	22
4.4 Indicadores y metas.....	22
5. Situación actual del municipio.....	24
5.1 Sedes educativas rurales con acceso a internet .....	26
5.2 Dispositivos de acceso a internet en sedes educativas rurales .....	26
5.3 Dispositivos de acceso a internet por estudiante.....	29
6. Situación deseada.....	31
6.1 Población beneficiada .....	31
6.2 Impacto social .....	33
6.3 Impacto económico .....	33

6.4	Impacto ambiental.....	34
7.	Justificación .....	36
8.	Alcance del proyecto.....	38
9.	Estudio técnico.....	39
9.1	Diseño de red.....	39
9.2	Objetivos .....	39
9.2.1	Objetivo general.....	39
9.2.2	Objetivos específicos.....	39
9.3	Descripción técnica del proyecto .....	39
9.4	Especificaciones de la red .....	40
9.4.2	Equipos a utilizar.....	41
9.5.3	Acceso a internet. (Back Haul) .....	41
9.5.4	Red troncal primaria.....	43
9.5.5	Red troncal secundaria.....	45
9.5.6	Red de acceso .....	49
9.6	Estimación ancho de banda requerido.....	50
10.	Planificación radioeléctrica.....	56
10.1	parámetros para el cálculo de enlaces .....	56
10.2	Cálculo de enlaces red troncal primaria.....	59
10.2.1	Enlace Cerro San Francisco – Alto el Mirador .....	59

10.2.3 Enlace Cerro San Francisco – Berlin .....	62
10.3 Calculo de enlaces Red de acceso a internet (Backhaul) .....	65
10.3.1 Enlace Cerro San Francisco – Escuela la Honda (BackHaul).....	65
10.3.2 Enlace Alto El Mirador – La Arabia (BackHaul) .....	68
10.3.3 Enlace Torre Berlín - Berlín (BackHaul).....	71
10.4 Red troncal secundaria Berlín.....	74
10.4.1 Enlace Berlin – Tiscince .....	74
10.4.2 Enlace Berlin – San Luis.....	77
10.4.3 Enlace Berlin – Sabaneta .....	80
10.5 Red troncal secundaria Cerro San Francisco .....	83
10.5.1 Enlace Cerro San Francisco – San Roque.....	83
10.5.2 Enlace Cerro San Francisco – El Cuartel.....	86
10.5.3 Enlace Cerro San Francisco – El Vergel.....	89
10.5.4 Enlace Cerro San Francisco – El Triunfo .....	92
10.5.5 Enlace Cerro San Francisco – La Mesa .....	95
10.5.6 Enlace Cerro San Francisco – Kirpalamar .....	98
10.6 Red troncal Secundaria Alto el mirador.....	101
10.6.1 Enlace Alto el Mirador – El Samano .....	101
10.6.2 Enlace Alto el Mirador – Zaragoza.....	104
10.6.3 Enlace Alto el Mirador – El Salitre.....	107

10.6.4 Enlace Alto el Mirador – Versailles .....	110
10.6.5 Enlace Alto el Mirador – San Miguel .....	113
10.6.6 Enlace Alto el Mirador – El Recuerdo .....	116
10.6.7 Enlace Alto el Mirador – La Lajita .....	119
10.6.8 Alto el Mirador – Santa Rosa.....	122
10.6.9 Enlace Versailles – Casa Blanca .....	125
11. Emisiones radioeléctricas.....	128
12. Descripción de infraestructura necesaria .....	129
13. Descripción de recurso humano necesario .....	130
14. Presupuesto .....	131
14.1 Presupuesto Red Eléctrica normal .....	131
14.2 Presupuesto Red Eléctrica Regulada.....	139
14.3 Presupuesto instalación Torres Rientadas .....	149
14.4 Costo de inversión inicial del proyecto .....	151
14.5 Costo de sostenimiento y mantenimientos preventivos .....	152
15. Análisis de riesgos .....	154
15.1 Riegos identificados .....	154
15.2 Mitigación de riegos.....	155
16. Cronograma de actividades .....	156
17. Crecimiento o mejoras en la red.....	167

18. Normas Aplicables ..... 168

19. Referencias ..... 170

20. Glosario ..... 171

21. Anexos ..... 173

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Análisis de participantes</i> .....	20
Tabla 2. <i>Indicadores y metas</i> .....	22
Tabla 3. <i>Coordenadas extremas del municipio de Arbeláez, Cundinamarca.</i> .....	24
Tabla 4. <i>Extensión territorial del municipio.</i> .....	24
Tabla 5. <i>Dispositivos por sede educativa.</i> .....	27
Tabla 6. <i>Elementos de red en sedes educativas</i> .....	28
Tabla 7. <i>Población beneficiada</i> .....	31
Tabla 8. <i>Ubicación de puntos red de acceso a internet</i> .....	42
Tabla 9. <i>Distancia enlace troncal primaria acceso a internet</i> .....	43
Tabla 10. <i>Ubicación emplazamientos troncal primaria</i> .....	43
Tabla 11. <i>Distancia entre puntos red troncal primaria</i> .....	45
Tabla 12. <i>Coordenadas emplazamientos red troncal secundaria.</i> .....	45
Tabla 13. <i>Conexión de puntos a troncal primaria</i> .....	46
Tabla 14. <i>Ancho de banda mínimo por sede educativa</i> .....	51
Tabla 15. <i>Ancho de banda requerido por punto de acceso</i> .....	53
Tabla 16. <i>Ancho de banda enlaces red troncal primaria</i> .....	54
Tabla 17. <i>Calculo de enlace Alto el mirador – Cerró San Francisco</i> .....	59
Tabla 18. <i>Datos de instalación Alto el mirador - Cerro San Francisco</i> .....	60
Tabla 19. <i>Calculo de enlace Berlín – Cerró San Francisco</i> .....	62
Tabla 20. <i>Datos de instalación Berlín – Cerró San Francisco</i> .....	63
Tabla 21. <i>Calculo de enlace Cerró San Francisco La Honda</i> .....	65
Tabla 22. <i>Datos de instalación Cerro San Francisco - La Honda</i> .....	66



Tabla 23. <i>Calculo de enlace Alto el Mirador – La Arabia</i> .....	68
Tabla 24. <i>Datos de instalación enlace Alto el Mirador – La Arabia</i> .....	69
Tabla 25. <i>Calculo de enlace Torre Berlín - Berlín</i> .....	71
Tabla 26. <i>Datos de instalación enlace Torre Berlín- Berlín</i> .....	72
Tabla 27. <i>Calculo de enlace Berlín - Tiscince</i> .....	74
Tabla 28. <i>Datos de instalación enlace Berlín- Tiscince</i> .....	75
Tabla 29. <i>Calculo de enlace Berlín – San Luis</i> .....	77
Tabla 30. <i>Datos de instalación enlace Berlín- San Luis</i> .....	78
Tabla 31. <i>Calculo de enlace Berlín – Sabaneta</i> .....	80
Tabla 32. <i>Datos de instalación enlace Berlín- Sabaneta</i> .....	81
Tabla 33. <i>Calculo de enlace Cerro San Francisco – San Roque</i> .....	83
Tabla 34. <i>Datos de instalación enlace Cerro San Francisco – San Roque</i> .....	84
Tabla 35. <i>Calculo de enlace Cerro San Francisco – El Cuartel</i> .....	86
Tabla 36. <i>Datos de instalación enlace Cerro San Francisco – El Cuartel</i> .....	87
Tabla 37. <i>Calculo de enlace Cerro San Francisco – El Vergel</i> .....	89
Tabla 38. <i>Datos de instalación enlace Cerro San Francisco – El Vergel</i> .....	90
Tabla 39. <i>Calculo de enlace Cerro San Francisco – El Triunfo</i> .....	92
Tabla 40. <i>Datos de instalación enlace Cerro San Francisco – El Triunfo</i> .....	93
Tabla 41. <i>Calculo de enlace Cerro San Francisco – La Mesa</i> .....	95
Tabla 42. <i>Datos de instalación enlace Cerro San Francisco – La Mesa</i> .....	96
Tabla 43. <i>Calculo de enlace Cerro San Francisco – Kirpalamar</i> .....	98
Tabla 44. <i>Datos de instalación enlace Cerro San Francisco – Kirpalamar</i> .....	99
Tabla 45. <i>Calculo de enlace Alto el Mirador – EL Sámano</i> .....	101

Tabla 46. <i>Datos de instalación enlace Alto el Mirador – EL Sámano</i> .....	102
Tabla 47. <i>Calculo de enlace Alto el Mirador – Zaragoza</i> .....	104
Tabla 48. <i>Calculo de enlace Alto el Mirador – El Salitre</i> .....	107
Tabla 49. <i>Datos de instalación enlace Alto el Mirador – El Salitre</i> .....	108
Tabla 50. <i>Calculo de enlace Alto el Mirador – Versalles</i> .....	110
Tabla 51. <i>Datos de instalación enlace Alto el Mirador – El Versalles</i> .....	111
Tabla 52. <i>Calculo de enlace Alto el Mirador – San Miguel</i> .....	113
Tabla 53. <i>Datos de instalación enlace Alto el Mirador – San Miguel</i> .....	114
Tabla 54. <i>Calculo de enlace Alto el Mirador – El Recuerdo</i> .....	116
Tabla 55. <i>Datos de instalación enlace Alto el Mirador – El Recuerdo</i> .....	117
Tabla 56. <i>Calculo de enlace Alto el Mirador – La Lajita</i> .....	119
Tabla 57. <i>Datos de instalación enlace Alto el Mirador – La Lajita</i> .....	120
Tabla 58. <i>Calculo de enlace Alto el Mirador – Santa Rosa</i> .....	122
Tabla 59. <i>Datos de instalación enlace Alto el Mirador – Santa Rosa</i> .....	123
Tabla 60. <i>Calculo de enlace Alto el Mirador – Santa Rosa</i> .....	125
Tabla 61. <i>Datos de instalación enlace Versalles - Casa Blanca</i> .....	126
Tabla 62. <i>Presupuesto total red eléctrica normal</i> .....	131
Tabla 63. <i>Presupuesto total Red Eléctrica Normal por Sede Educativa</i> .....	131
Tabla 64. <i>Presupuesto mano de obra para red eléctrica normal.</i> .....	132
Tabla 65. <i>Presupuesto Viáticos Red eléctrica normal</i> .....	133
Tabla 66. <i>Presupuesto insumos eléctricos Red eléctrica normal</i> .....	134
Tabla 67. <i>Presupuesto Total Red Eléctrica Regulada.</i> .....	140
Tabla 68. <i>Presupuesto total Red Eléctrica Regulada por Sede Educativa.</i> .....	140

Tabla 69. <i>Presupuesto mano de obra para Red Eléctrica Regulada.</i> .....	141
Tabla 70. <i>Presupuesto Viáticos Red eléctrica Regulada.</i> .....	142
Tabla 71. <i>Presupuesto insumos eléctricos Red eléctrica normal</i> .....	143
Tabla 72. <i>Presupuesto torres riendadas</i> .....	149
Tabla 73. <i>Total inversión inicial para Red Eléctrica Normal</i> .....	151
Tabla 74. <i>Total inversión inicial para Red Eléctrica Regulada.</i> .....	151
Tabla 75. <i>Costo de mantenimiento y sostenimiento</i> .....	152
Tabla 76. <i>Riesgos identificados</i> .....	154
Tabla 77. <i>Mitigación de riesgos</i> .....	155
Tabla 78. <i>Cronograma de Actividades</i> .....	156

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. <i>Árbol de problemas</i> .....	19
Figura 2. <i>Árbol de objetivos</i> .....	21
Figura 3. <i>Dispositivos de acceso por estudiante</i> .....	29
Figura 4. <i>Uso y frecuencia del servicio de internet</i> .....	30
Figura 5. <i>Uso de internet en aspectos educativos.</i> .....	30
Figura 6. <i>Costo de pasaje promedio desde algunos sectores hacia el casco urbano.</i> .....	34
Figura 7. <i>Diagrama de red</i> .....	40
Figura 8. <i>Enlaces red troncal y red de acceso</i> .....	42
Figura 9. <i>Ubicación puntos red troncal primaria</i> .....	44
Figura 10. <i>Ubicación nodos red troncal secundaria, Alto el mirador</i> .....	48
Figura 11. <i>Ubicación nodos red troncal secundaria, Cerro San Francisco</i> .....	48
Figura 12. <i>Ubicación nodos red troncal secundaria, Berlín</i> .....	49
Figura 13. <i>Calculo del balance de potencia</i> .....	56
Figura 14. <i>Enlace Alto el mirador – Cerro San Francisco</i> .....	59
Figura 15. <i>Nivel de señal recibido Enlace Alto el mirador – Cerro San Francisco</i> .....	60
Figura 16. <i>Enlace Berlín – Cerro San Francisco</i> .....	62
Figura 17. <i>Nivel de señal recibido Enlace Berlín – Cerro San Francisco</i> .....	63
Figura 18. <i>Enlace Cerro San Francisco – Escuela la Honda</i> .....	65
Figura 19. <i>Nivel de señal recibido Enlace Cerro San Francisco – La Honda</i> .....	66
Figura 20. <i>Enlace Alto El Mirador – La Arabia</i> .....	68
Figura 21. <i>Nivel de señal recibido Enlace Alto El mirador – La Arabia</i> .....	69
Figura 22. <i>Enlace Torre Berlín- Berlín</i> .....	71

Figura 23 <i>Nivel de señal recibido Enlace Torre Berlín – Berlín.</i> .....	72
Figura 24. <i>Enlace Berlín – Tiscince</i> .....	74
Figura 25. <i>Nivel de señal recibido Enlace Torre Berlín – Berlín.</i> .....	75
Figura 26. <i>Enlace Berlín – San Luis</i> .....	77
Figura 27. <i>Nivel de señal recibido Enlace Berlín – San Luis.</i> .....	78
Figura 28. <i>Enlace Berlín – Sabaneta</i> .....	80
Figura 29. <i>Nivel de señal recibido Enlace Berlín – Sabaneta</i> .....	81
Figura 30. <i>Enlace Cerro San Francisco – San Roque</i> .....	83
Figura 31. <i>Nivel de señal recibido Enlace Cerro San Francisco – San Roque</i> .....	84
Figura 32. <i>Enlace Cerro San Francisco – El Cuartel.</i> .....	86
Figura 33. <i>Nivel de señal recibido Enlace Cerro San Francisco – El Cuartel.</i> .....	87
Figura 34. <i>Enlace Cerro San Francisco – El Vergel</i> .....	89
Figura 35. <i>Nivel de señal recibido Enlace Cerro San Francisco – San Roque</i> .....	90
Figura 36. <i>Enlace Cerro San Francisco – El Triunfo</i> .....	92
Figura 37. <i>Nivel de señal recibido Enlace Cerro San Francisco – El Triunfo</i> .....	93
Figura 38. <i>Enlace Cerro San Francisco – La Mesa</i> .....	95
Figura 39. <i>Nivel de señal recibido Enlace Cerro San Francisco – La Mesa</i> .....	96
Figura 40. <i>Enlace Cerro San Francisco – kirpalamar</i> .....	98
Figura 41. <i>Nivel de señal recibido Enlace Cerro San Francisco – Kirpalamar</i> .....	99
Figura 42. <i>Enlace Alto el Mirador – EL Sámano</i> .....	101
Figura 43. <i>Nivel de señal recibido Enlace Alto el Mirador - Sámano</i> .....	102
Figura 44. <i>Enlace Alto el Mirador – Zaragoza</i> .....	104
Figura 45. <i>Enlace Alto el Mirador – Zaragoza</i> .....	107

Figura 46. <i>Nivel de señal recibido Enlace Alto el Mirador – El Salitre</i> .....	108
Figura 47. <i>Enlace Alto el Mirador – Versalles</i> .....	110
Figura 48. <i>Nivel de señal recibido Enlace Alto el Mirador – Versalles</i> .....	111
Figura 49. <i>Enlace Alto el Mirador – San Miguel</i> .....	113
Figura 50. <i>Nivel de señal recibido Enlace Alto el Mirador – San Miguel</i> .....	114
Figura 51. <i>Enlace Alto el Mirador – El Recuerdo</i> .....	116
Figura 52. <i>Nivel de señal recibido Enlace Alto el Mirador – El Recuerdo</i> .....	117
Figura 53. <i>Enlace Alto el Mirador –La Lajita</i> .....	119
Figura 54. <i>Nivel de señal recibido Enlace Alto el Mirador – El Recuerdo</i> .....	120
Figura 55. <i>Enlace Alto el Mirador – Santa Rosa</i> .....	122
Figura 56. <i>Nivel de señal recibido Enlace Alto el Mirador – Santa Rosa</i> .....	123
Figura 57. <i>Enlace Versalles – Casa Blanca</i> .....	125
Figura 58. <i>Nivel de señal recibido Enlace Alto el Mirador – Santa Rosa</i> .....	126
Figura 59. <i>Cronograma de actividades</i> .....	166

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Diagrama de red</i> .....	173
Anexo 2. <i>Presupuesto detallado red eléctrica normal</i> .....	173
Anexo 3. <i>Presupuesto detallado red eléctrica regulada</i> .....	173
Anexo 4. <i>Presupuesto detallado torres rendadas</i> .....	173
Anexo 5. <i>Plano red eléctrica normal para 10 puntos LAN</i> .....	173
Anexo 6. <i>Plano red eléctrica regulada para 10 puntos LAN</i> .....	173
Anexo 7. <i>Plano red eléctrica normal para 12 puntos LAN</i> .....	173
Anexo 8. <i>Plano red eléctrica regulada para 12 puntos LAN</i> .....	173
Anexo 9. <i>Plano red eléctrica normal para 15 puntos LAN</i> .....	173
Anexo 10. <i>Plano red eléctrica regulada para 15 puntos LAN</i> .....	173
Anexo 11. <i>Plano red eléctrica normal para 30 puntos LAN</i> .....	173
Anexo 12. <i>Plano red eléctrica regulada para 30 puntos LAN</i> .....	173
Anexo 13. <i>Plano red eléctrica normal para 60 puntos LAN</i> .....	173
Anexo 14. <i>Plano red eléctrica regulada para 60 puntos LAN</i> .....	173
Anexo 15. <i>Cronograma de Actividades</i> .....	173

## **1. Resumen**

Este proyecto se muestran los criterios a tener en cuenta en la planificación radio eléctrica necesaria para llegar a conectar las sedes educativas del municipio de Arbeláez Cundinamarca, el costo de inversión y sostenimiento o de operación del mismo, se muestra la situación actual del municipio y las escuelas rurales respecto a los elemento TIC con que dispone cada una, este ha sido un factor para establecer algunos parámetro a tener en cuenta respecto a anchos de banda a establecer en cada una de las sedes, y cantidad de puntos LAN y usuarios concurrentes a soportar la red WLAN a ubicar en cada sede.



## **2. Título del proyecto**

CONECTIVIDAD DE LAS ESCUELAS RURALES DEL MUNICIPIO DE ARBELÁEZ  
CUNDINAMARCA PARA PROVEER SERVICIOS DE INTERNET POR MEDIO DE REDES  
INALÁMBRICAS

### **3. Descripción y formulación del Problema**

En las zonas rurales donde la población es dispersa y su nivel de ingresos es menor, las redes de comunicaciones banda ancha no suelen llegar; debido a que las condiciones no son atractivas para las empresas prestadoras de servicios de internet, ya que generan costos elevados para ganancias reducidas por cliente, convirtiendo los despliegues de infraestructura en inversiones poco interesantes desde el punto de vista económico. Todo esto conlleva a una desigualdad en el acceso a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), entre los habitantes de dichos sectores, frente a los habitantes de centros poblados, en los que hay un gran acceso a banda ancha; esto compone la denominada brecha digital principalmente en el nivel de educación de la población estudiantil, perteneciente a las instituciones educativas rurales, con un acceso limitado y escaso de las TIC, frente a la zona urbana, que cuenta con acceso y recursos tecnológicos, estos factores generan una baja calidad educativa en los niños, jóvenes y adolescentes que pertenecen a las instituciones educativas del sector rural.

### 3.1 Árbol de problemas

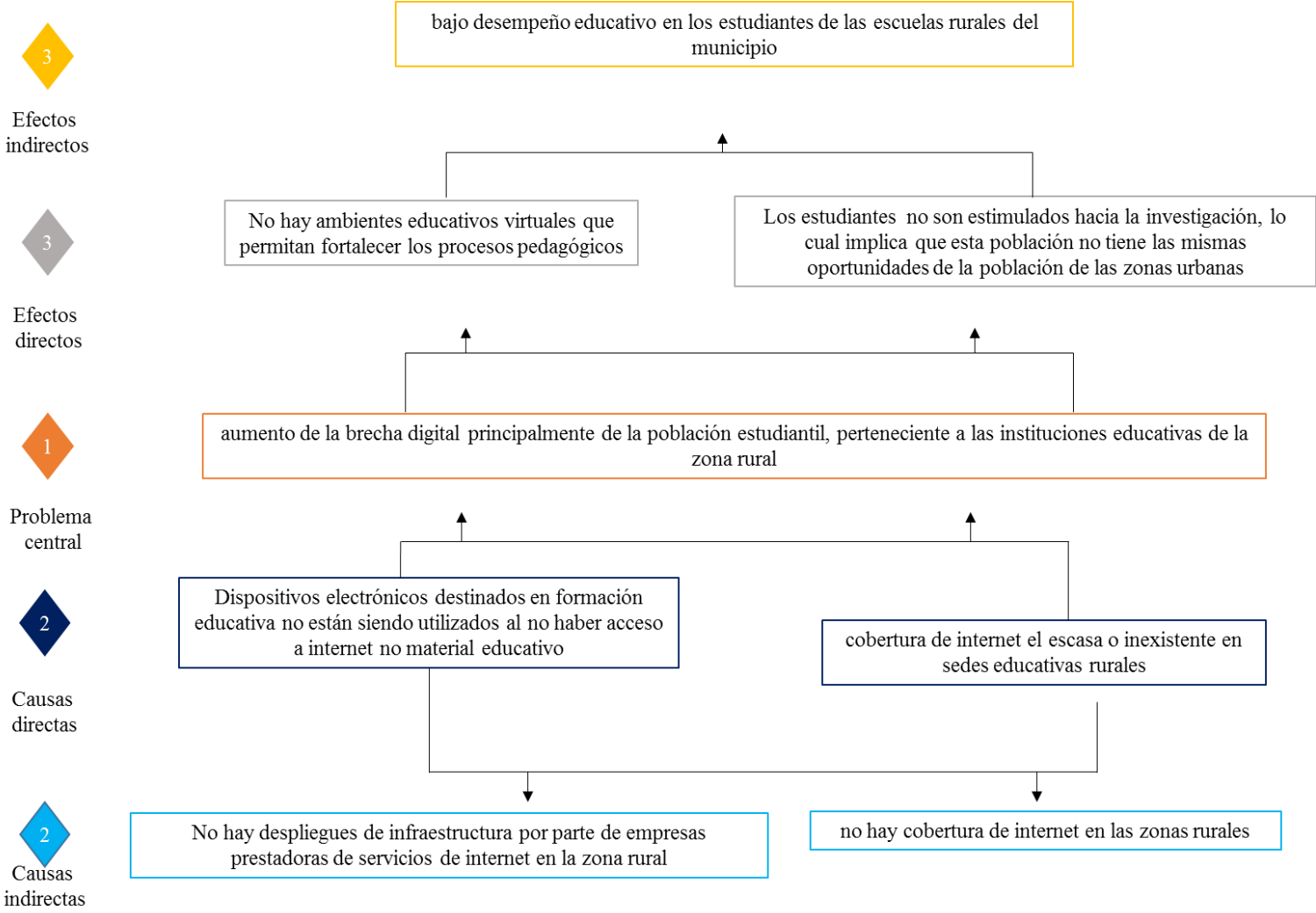


Figura 1. Árbol de problemas

### 3.2 Análisis de participantes

Los actores identificados dentro de la problemática están descrito en la tabla 1. Análisis de participantes, en donde se describen sus roles como participación.

Análisis de participantes

Tabla 1. *Análisis de participantes*

Actores	Roles de los actores	Interés de participar en el proyecto	Contribución o beneficio
Departamental	Cooperante	Mejorar la competitividad de los estudiantes de la región	Financiera
Municipal	Cooperante	Mejorar la calidad de vida de la población estudiantil	Social / financiera
Estudiantes	Beneficiarios	Mejorar la calidad educativa	Usuarios del servicio
Profesores	Beneficiarios / Cooperante	Mejorar la calidad educativa	Administrativa
Establecimientos educativos	Cooperante / Beneficiario	Obtener acceso a internet	Infraestructura física

## 4. Objetivos

### 4.1 Árbol de objetivos

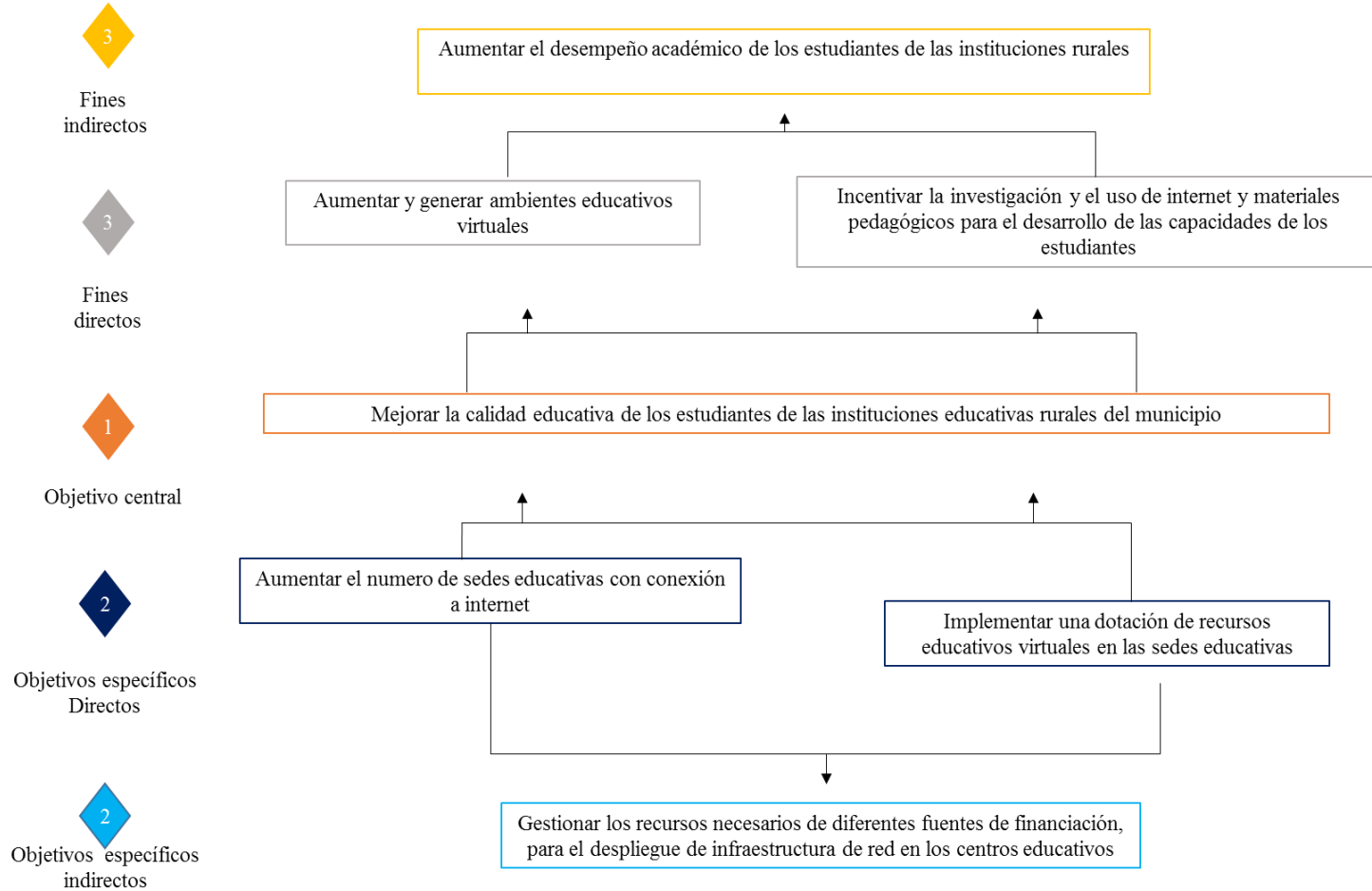


Figura 2. *Árbol de objetivos*

## 4.2 Objetivo general

- Mejorar la calidad educativa de los estudiantes de las instituciones educativas rurales del municipio de Arbeláez Cundinamarca, incentivando el uso internet y recursos educativos virtuales.

## 4.3 Objetivos específicos

- Aumentar el número de sedes educativas con conexión a internet.
- Implementar una Red intranet que provea servicios locales.
- Implementar una dotación de recursos educativos virtuales en las sedes educativas.

## 4.4 Indicadores y metas

Tabla 2. *Indicadores y metas*

	Objetivo	Metas	Indicador
General	Mejorar la calidad educativa de los estudiantes de las instituciones educativas rurales del municipio de Arbeláez Cundinamarca. Incentivando el uso internet y recursos educativos virtuales.	Aumentar el índice sintético de la calidad educativa ISCE en un punto.	Índice sintético de calidad educativa ISCE
	Aumentar el número de sedes educativas con conexión a internet.	Aumentar el número de sedes educativas con conexión a internet de 4 a 21	Cantidad de sedes educativas con conexión a internet

---

Implementar una intranet que provea servicios locales (enciclopedias, recursos de aprendizaje, entre otros).	aumentar el número de sedes educativas con acceso a intranet de 0 a 21	Numero de sedes educativas con acceso a intranet
Implementar una dotación de recursos educativos virtuales en las sedes educativas.	Aumentar el número de recursos educativos virtuales de 0 a 21	Numero de recursos educativos virtuales en funcionamiento

---

## 5. Situación actual del municipio.

El Municipio de Arbeláez hace parte del Departamento de Cundinamarca y está localizado en la parte suroeste de éste departamento, junto con otros nueve municipios conforma la denominada Provincia del Sumapaz, se encuentra 82 kilómetros de Bogotá D.C, las coordenadas extremas del municipio según el esquema de ordenamiento territorial año 2000 son:

Tabla 3. *Coordenadas extremas del municipio de Arbeláez, Cundinamarca.*

Punto	Coordenada X(m)	Coordenada Y(m)	Altura (msnm)
Norte	961.046,5777	966.441,3782	1.071
Sur	975.545,7162	953.530,3314	3.470
Oeste	948.663,7453	962.028,7516	491
Este	980.905,6455	954.722,5001	3.739

Fuente: secretaria de planeación- Esquema de ordenamiento territorial 2000

Limita al norte con Fusagasugá, al oriente con Pasca y el Distrito Capital, al sur con San Bernardo y Pandi y al occidente con Pandi e Icononzo en el Departamento del Tolima, como se muestra en el Anexo1. Mapa división política Municipio de Arbeláez Cundinamarca.

El municipio de Arbeláez, Cundinamarca tiene una extensión territorial de 15,216 hectáreas constituido por el territorio urbano y 10 veredas según se muestra en la tabla 4.

Extensión territorial del municipio.

Tabla 4. *Extensión territorial del municipio.*

Sector	Área (hectáreas)	%
Sector Urbano	84	0,55%
Vereda El Salitre	2,764	18.17%



Vereda Hato Viejo	1,073	7.05%
Vereda San Antonio	630	4.14%
Vereda San José	275	1.81%
Vereda San Luis	1,373	9.02%
Vereda San Miguel	1,595	10.48%
Vereda San Patricio	730	4.80%
Vereda San Roque	2,212	14.54%
Vereda Santa Bárbara	3,336	21.92%
Vereda Santa Rosa	1,144	7.52%
Total	15,216	100%

Fuente: secretaria de planeación- esquema de ordenamiento territorial 2000

La población total de municipio según el DANE 2015 es de 12.292 habitantes, distribuida en 5261 habitantes en cabeceras y 7031 en el resto, cuenta con 3 instituciones educativas públicas. INSTITUCION EDUCATIVA DEPARTAMENTAL JOHN F. KENNEDY, compuesta por tres sedes: JARDIN INFANTIL, que atiende el nivel de preescolar, sede Antonio Nariño, que atiende el nivel de Básica Primaria, y sede Colegio Departamental, que atiende el nivel de Básica Secundaria y Media académica y técnica. INSTITUCION EDUCATIVA DEPARTAMENTAL RURAL ZARAGOZA: Compuesta por seis sedes: las Mercedes, la Victoria, Casablanca, la Arabia, el Salitre y la Sede central Zaragoza, que atienden los niveles de Preescolar, Básica Primaria y Secundaria y la Media Técnica con especialidad Agropecuaria. INSTITUCION EDUCATIVA DEPARTAMENTAL KIRPALAMAR: Compuesta por diecisiete sedes: El Cuartel, el Vergel, Sabaneta, Tiscince, el Triunfo, la Honda, San Luís, Berlín, Versalles, Santa Rosa, San Miguel, el Recuerdo, la Lajita, San Roque, Sámano, la Mesa y la sede

Central Colegio Kirpalamar, que atienden los niveles de Preescolar, Básica Primaria y Secundaria y Media Técnica con especialidad en Agroecología. Según el plano de inicio escolar para el año 2016 la población estudiantil de las tres instituciones educativas es de 1639 estudiantes, del cual el 42% está representando por las instituciones rurales.

### **5.1 Sedes educativas rurales con acceso a internet**

Algunas instituciones educativas han sido favorecidas por distintos programas como lo son: COMPARTEL, RED SOCIAL DE DATOS ÚLTIMA MILLA RURAL, y KIOSCO VIVE DIGITAL, para tener acceso a internet, las sedes educativas que han sido favorecidas por estos programas son Zaragoza, Berlín, la Arabia, el Sámano y la Honda; en donde el servicio ha sido intermitente o solamente por algunos meses por terminación de contratos que en algunos casos no duraron más allá de seis meses, actualmente las sedes que cuentan con acceso a internet son la escuela la Honda, gracias a que en esta, funciona el KIOSCO VIVE DIGITAL, escuela la Arabia, escuela la Lajita, Escuela Berlín, colegio Kirpalamar y en la sede Tícense donde funciona la BIBLIOTECA PÚBLICA MUNICIPAL RURAL, en la mayoría de los sitios no cuentan con cableado estructurado de datos para conectar equipos que no poseen tarjeta de red inalámbrica.

### **5.2 Dispositivos de acceso a internet en sedes educativas rurales**

Las sedes educativas cuentan con muy pocos computadores o dispositivos para poder acceder a internet, según lo muestra en la tabla 5. Dispositivos por sede educativa.

Tabla 5. *Dispositivos por sede educativa.*

Sede educativa	Portátil	PC de escritorio	Tablet	Total
El Sámano	0	5	0	5
San Roque	5	4	0	9
Tiscince	5	7	0	12
Sabaneta	5	0	0	5
La Honda	5	0	0	5
La Mesa	0	6	0	6
El Triunfo	0	6	0	6
El Vergel	0	5	0	5
El Cuartel	5	2	0	7
La Lajita	0	6	15	21
San Miguel	0	5	0	5
San Luis	0	5	0	5
Berlín	0	5	0	5
Santa Rosa	0	5	0	5
Recuerdo	0	0	0	0
Versalles	10	0	0	10
La Victoria	5	2	15	22
Casa Blanca	0	3	0	3
El Salitre	0	5	0	5
La Arabia	10	11	0	21
Zaragoza	39	60	0	99

Kirpalamar	10	16	0	26
Las Mercedes	0	5	0	5
Total dispositivos				292

Fuente, datos suministrados directamente por las instituciones educativas.

El total de dispositivos de red en todas las sedes educativas es de 292 dispositivos, es de destacar que según información recolectada en cada una de las sedes educativas, la mayoría de dispositivos necesitan de mantenimiento, preventivo y/o correctivo, en algunos casos los profesores consideran algunos de estos dispositivos fuera de servicio por pérdida de licencia en software o daños en dispositivos de entrada o salida (mouse, teclados, pantallas), pero en general se pueden recuperar la mayoría de estos con una inversión mínima, en el caso de las tabletas en su mayoría no son usadas con la excusa que no hay internet, desconociendo que existen aplicaciones off-line que pueden ayudar al proceso pedagógico.

Algunas instituciones educativas cuentan con elementos de red, debido a los despliegues de infraestructura realizados en los diferentes proyectos o iniciativas de conexión a internet, siendo estos elementos gabinetes, Router inalámbricos, Switch y/o otros elementos, la relación de elementos en cada una de las instituciones se muestra en la tabla 6. Elementos de red en sedes educativas.

Tabla 6. *Elementos de red en sedes educativas*

Sede educativa	Gabinete (rack)	Router 150 Mbps	Router 300 Mbps	Switch	Servidor
El Sámano	1	1	-	-	-
La Honda	1	1	-	-	-

La Lajita	1	1	-	-	-
Berlín	1	-	1	1	-
La Arabia	1	1	-	-	-
Zaragoza	1	-	2	-	-
Kirpalamar	1	-	1	-	1

### 5.3 Dispositivos de acceso a internet por estudiante

Según encuestas realizadas en las sedes educativas rurales, se obtuvieron los siguientes resultados. Se puede determinar que 51% de los estudiantes encuestados cuenta con al menos un dispositivo para acceder a internet sea un Smartphone, Tablet o computador portátil, los cuales pueden acceder a internet de forma inalámbrica, siendo los computadores portátiles el dispositivo más común con un 24%, seguido por Tablet y por último Smartphone como se puede observar en la Figura 1. (Dispositivos de acceso por estudiante).

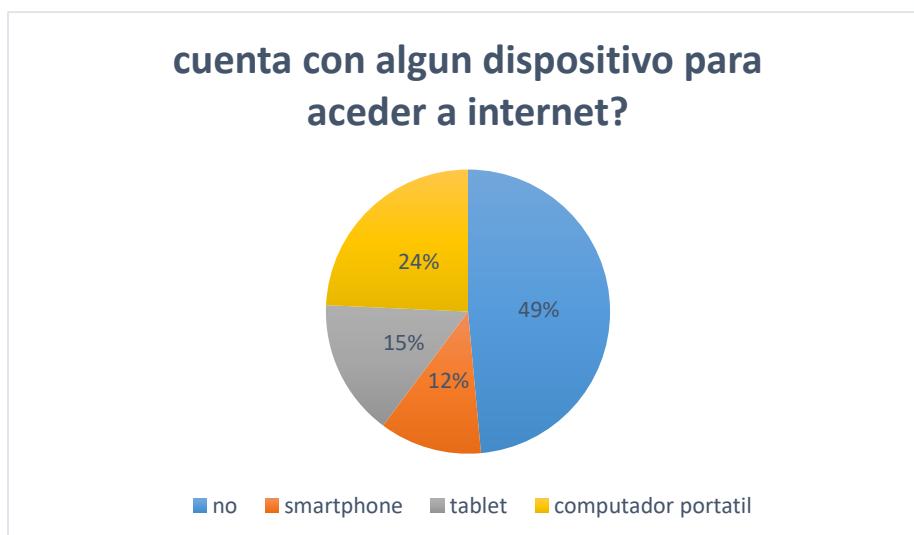


Figura 3. *Dispositivos de acceso por estudiante*

Es importante mencionar que solo el 61% de los encuestados hace uso de internet, y que de estos solo el 26% hace un uso frecuente de este servicio (más de 4 veces a la semana). Como se muestra en la figura 2. (Uso y frecuencia del servicio de internet).



Figura 4. *Uso y frecuencia del servicio de internet*

Además que del total de encuestados solo el 50% de estos hace uso de internet con fines educativos. Siendo los usos más comunes juegos, y en segundo lugar redes sociales. Esto se puede observar en la figura 3. Usos de internet en aspectos educativos.

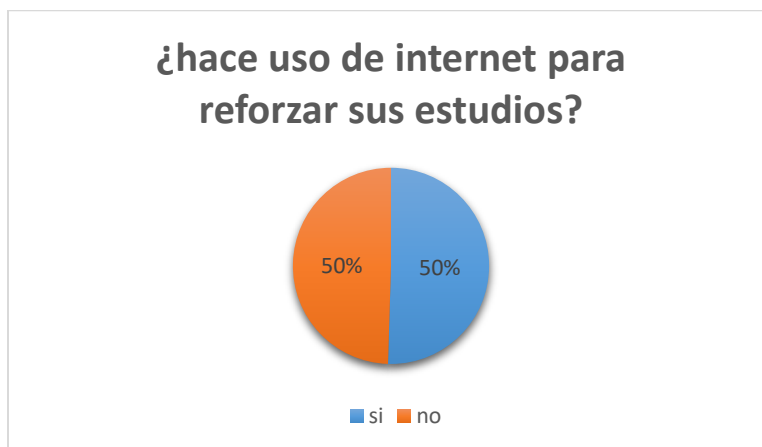


Figura 5. *Uso de internet en aspectos educativos.*

## 6. Situación deseada

Cada una de las sedes educativas contara con acceso a internet banda ancha de alta velocidad, además de contar con una red local que permita acceder a enciclopedias, materiales educativos (MDM, OVA), entre otros servicios, que además de servir como plan de contingencia, sirva para fortalecer los procesos educativos mediante el acompañamiento de las TIC. Cada sede contara con acceso LAN y WLAN abarcando todos los dispositivos (computadores y dispositivos móviles), teniendo en cuenta un posible crecimiento de la red y los dispositivos de los estudiantes.

### 6.1 Población beneficiada

La ejecución proyecto beneficiara a un total de 1.122 niños ubicados en las distintas sedes rurales educativas del municipio, cerca de 46 docentes y además se habilitaran las sedes educativas como zonas WIFI donde la población rural será beneficiada, según la oficina del SISBEN, el municipio de Arbeláez tiene una población sisbenizada de 10.210 personas, de esta población el 64% reside en el sector rural, es decir que el total de personas beneficiadas con el proyecto se puede acercar a 6.565 personas.

Tabla 7. *Población beneficiada*

Clasificación	Detalle	Nº. personas	Fuente de información
Genero	Hombre	593	Plano de inicio escolar instituciones educativas 2016
Genero	Mujer	529	Plano de inicio escolar instituciones educativas 2016

---

Edad(años)	0-6	252	Plano de inicio escolar instituciones educativas 2016
Edad(años)	7-14	759	Plano de inicio escolar instituciones educativas 2016
Edad(años)	15-17	96	Plano de inicio escolar instituciones educativas 2016
Edad(años)	18-26	15	Plano de inicio escolar instituciones educativas 2016
Edad(años)	27-59	46	Instituciones educativas
Grupos étnicos	Indígenas	0	
Grupos étnicos	Afrocolombianos	0	
Grupos étnicos	ROM	0	
Población vulnerable	Desplazados	0	
Población vulnerable	Discapacitados	0	
Población vulnerable	Pobres extremos	0	

---



## **6.2 Impacto social**

Los estudiantes de las escuelas rurales tiene un acceso limitado de las TIC, además de tener un escaso acceso a internet, como se observó en la información recolectada a través de las encuestas realizadas, solo el 26% de la población estudiantil tiene un acceso constante a internet, y cerca del 50% de los mismos lo utiliza para reforzar sus estudios; al conectar las escuelas a la “autopista” de la información se reduce la brecha digital causada por la ausencia de conexiones a internet y falta de recursos educativos virtuales, fomentando el acceso a internet e impulsando procesos pedagógicos mediante el uso recursos educativos, se impulsa el desarrollo y se brindan soportes vitales en el proceso formativo y calidad de vida de los estudiantes de dichas zonas, además es posible disponer de estos espacios como zonas WIFI donde la población aledaña puede beneficiarse y hacer uso de la red de datos sin ningún costo.

## **6.3 Impacto económico**

El municipio de Arbeláez, Cundinamarca, cuenta con diferentes sitios para acceder al servicio de internet, estos sitios están ubicados en la cabecera municipal, donde el costo promedio de una hora del servicio de internet es de \$1.400, además el parque municipal se ubica una Zona WIFI donde la conexión es un poco tediosa, y como se describió anteriormente el municipio cuenta con un Kiosco Vive digital ubicado en la vereda san Luis, sector la Honda.

La población rural que desea concertarse a internet debe desplazarse hacia el casco urbano, o debe adquirir paquetes de internet con prestadores de telefonía móvil, sin embargo en la mayoría del territorio rural hay una deficiente red, lo que no permite conexiones de alta velocidad, esto obliga a la población del sector rural a desplazarse al casco urbano para hacer uso de internet, lo que se traduce en un costo elevado ya que además del costo del servicio de internet, el transporte hacia el casco urbano es costoso y poco frecuente, ya que en algunos

sectores donde hay una mayor continuidad de transporte, es cada 30 minutos eso, en el caso de completar el cupo del vehículo, hacia otros sectores es tan solo de 3 veces en el día y en otros solo hay una ruta de transporte público los fines de semana, en la figura 6. Se puede observar el costo del pasaje promedio hacia los distintos sectores del municipio.

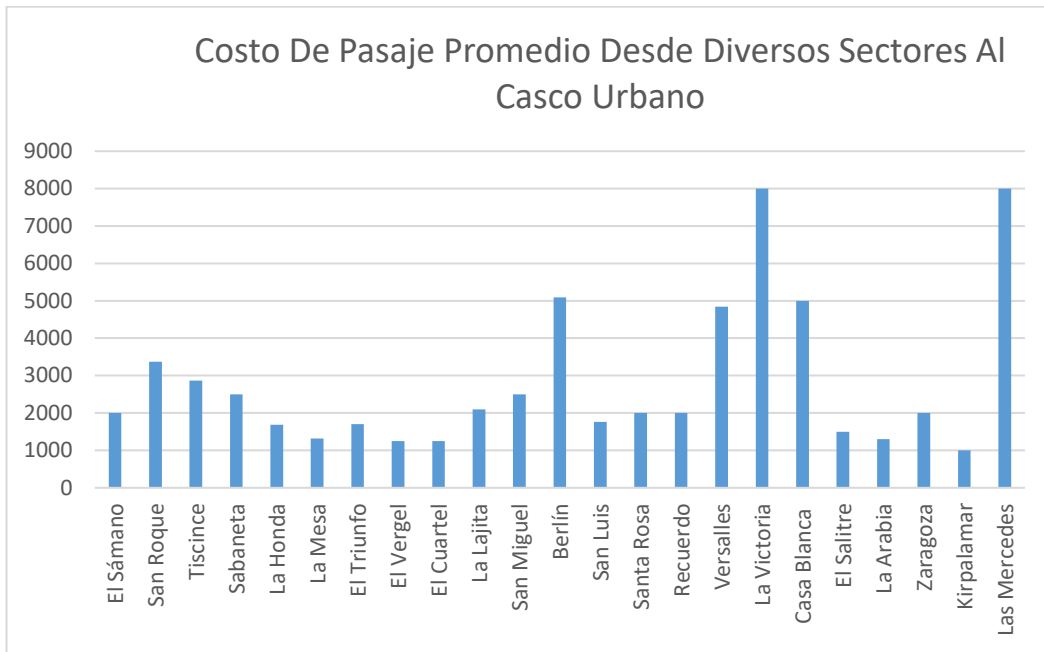


Figura 6. Costo de pasaje promedio desde algunos sectores hacia el casco urbano.

Como se puede percibir en la figura anterior, en el mejor de los casos el costo de transporte de ida y vuelta es de \$2400 sumando el costo del servicio a internet nos da un costo de \$3.800 para poder hacer uso de 1 hora de internet, al ubicar las sedes educativas como zonas WIFI, se reducirá el gasto que requieren los habitantes del sector rural para hacer uso del servicio de internet, además de hacer mayor frecuencia.

#### 6.4 Impacto ambiental

Hoy por hoy estamos rodeados de contaminación electromagnética, en nuestras casas usualmente poseemos dispositivos que generan campos electromagnéticos ya sean hornos

microondas, teléfonos celulares, equipos de radio, entre otros, de la misma forma estos campos electromagnéticos también son producidos por fenómenos naturales ya que el sol, las galaxias y las estrellas, producen radiaciones de baja densidad, y en la atmosfera, estas cargas generan campos electromagnéticos a los que estamos sometidos constantemente.

Este tipo de campos electromagnéticos producen radiaciones no ionizantes lo que significa que este tipo de radiaciones no tiene la capacidad de afectar la estructura molecular de las células, este tipo de radiaciones son utilizadas en la transmisión de datos de forma inalámbrica, pero esto no significa que no se deben tener prudencia, con el hecho de estar cerca de dispositivos que irradian este tipo de emisiones.

Es necesario tener en cuenta los límites de potencia permitidos, además de asignar distancias seguras entre estos dispositivos y los seres humanos, el proyecto contempla el uso de antenas de que cumplan la normatividad vigente y dependiendo el tipo de antena a utilizar realizar los cálculos con el fin de estipular la distancia segura entre el dispositivo y las personas, por otro lado los equipos a usar, son de bajo consumo eléctrico, de cerca de 0,008kW/h, lo que es un consumo comparativamente bajo si se confronta con el consumo de un bombillo incandescente que consume alrededor de 0,1 kW/h, esto permite que en un futuro se pueda utilizar energía limpia, como energía solar en las torres que se ubicaran, ya que al ser equipos de bajo consumo eléctrico, el costo de implementación es mucho más económico ya que no es necesario un banco de baterías de alta duración.

## 7. Justificación

Debido a la complejidad geográfica del municipio y de su entorno, es muy difícil llevar redes cableadas a los habitantes de sectores rurales debido a los altos costos que implica; por este motivo, solo el 13% de las sedes educativas rurales del municipio cuentan con acceso a internet; las redes inalámbricas son una opción viable para ofrecer servicios de intranet y brindar acceso a internet, llegando a abarcar 21 de las 23 sedes educativas lo que representa el 91% de estas sedes rurales del municipio.

Se espera que las instituciones educativas del Municipio hagan parte de la iniciativa: red nacional de fibra óptica, proyecto de conectividad de alta velocidad, o infraestructura para zonas rurales, iniciativas impulsadas por la Dirección de Conectividad.

Conectándose de forma inalámbrica, con el fin de superar las barreras o limitaciones geográficas. Permitiendo como lo menciona el Exministro TIC Diego Molano Vega, se acerque a la meta de conectar el 100% de los municipios con servicios de internet lo que permite mejorar la calidad de vida y que un habitante de estas zonas aisladas tenga las mismas oportunidades que alguien que habita en las grandes metrópolis, esto en busca de fortalecer los procesos pedagógicos, mediante la utilización de las TIC en los ambientes educativos, a través de recursos multimedia, los cuales permiten que la información y conocimientos puedan ser expuestos, y brinden soportes vitales en el fortalecimiento de la malla curricular educativa.

La incorporación de las TIC y uso de las herramientas multimedia en la educación infantil, permite al niño el desarrollo de diferentes habilidades, desde las cognitivas hasta las sociales; la utilización de la tecnología en las vidas diarias de los niños es cada vez más extensa, y la adaptación a estos dispositivos que surgen con este avance tecnológico es casi natural ya que desde los primeros períodos de vida, empiezan a interactuar con el mundo, comienzan a tener un

contacto con este tipo de elementos y los contenidos que estos ofrecen como juegos, aplicaciones, videos , imágenes, sonidos etc...

El aprovechamiento de esta habilidad casi natural de adaptación a la tecnología enfocada hacia los ambientes de formación educativa, permite la incursión en nuevas formas de aprendizaje y enseñanzas para los niños, donde ellos se convierten en los protagonistas de los procesos formativos de los contenidos; la información, actividades y juegos se enlazan acorde a sus propias capacidades, ofreciendo la oportunidad de aprender a su propio ritmo.

## **8. Alcance del proyecto**

Este proyecto se realizara para la Alcaldía del municipio de Arbeláez Cundinamarca, con el apoyo de la dependencia de planeación municipal, con el fin de realizar el diseño de red para proveer servicios de internet a las sedes educativas rurales del municipio, se realizara el diseño de red troncal, ubicación puntos de acceso, diseño de red WLAN y red LAN en cada una de las sedes, abarcando 21 sedes educativas mediante la red inalámbrica.

## **9. Estudio técnico**

### **9.1 Diseño de red**

Con las herramientas de software Google Earth y Radio-Mobile se realizó el diseño de red en cuanto a topología de red, enlaces necesarios, perfil orográfico del terreno, con el fin de establecer la viabilidad de los distintos enlaces, distancias, diseño de redes troncales tanto primarias como secundarias y red de acceso.

### **9.2 Objetivos**

#### **9.2.1 Objetivo general**

- Diseñar una red inalámbrica que interconecte las escuelas rurales del municipio de Arbeláez, que además de permitir el acceso a internet, brinde servicios locales como enciclopedias, comunicación (VoIP), materiales didácticos multimedia, entre otros.

#### **9.2.2 Objetivos específicos**

- Realizar un análisis de la situación de cada punto, con el fin de determinar los requerimientos de cada nodo en específico.
- Determinar infraestructura necesaria para la interconexión de todas escuelas.
- Realizar diseño de red, para garantizar que el proyecto incluya a todas las escuelas rurales del municipio.

### **9.3 Descripción técnica del proyecto**

La red está constituida por tres nodos principales, desde donde se suministrará el servicio de internet, los cuales se enlazarán mediante enlaces inalámbricos punto a punto a tres torres, e torres a sus vez estarán enlazadas entre sí constituyendo la red troncal primaria o BackBone, cada una de estas torres servirá como punto a acceso a las diferentes escuelas que irradiara,

estableciendo una red troncal secundaria por cada torre, estos enlaces utilizaran la frecuencia de uso libre de 5,8 GHz, en cada una de las escuelas se instaurará una red WLAN utilizando la frecuencia de uso libre 2,4 GHz y una Red LAN dependiendo de la cantidad de equipos que disponga cada sede educativa.

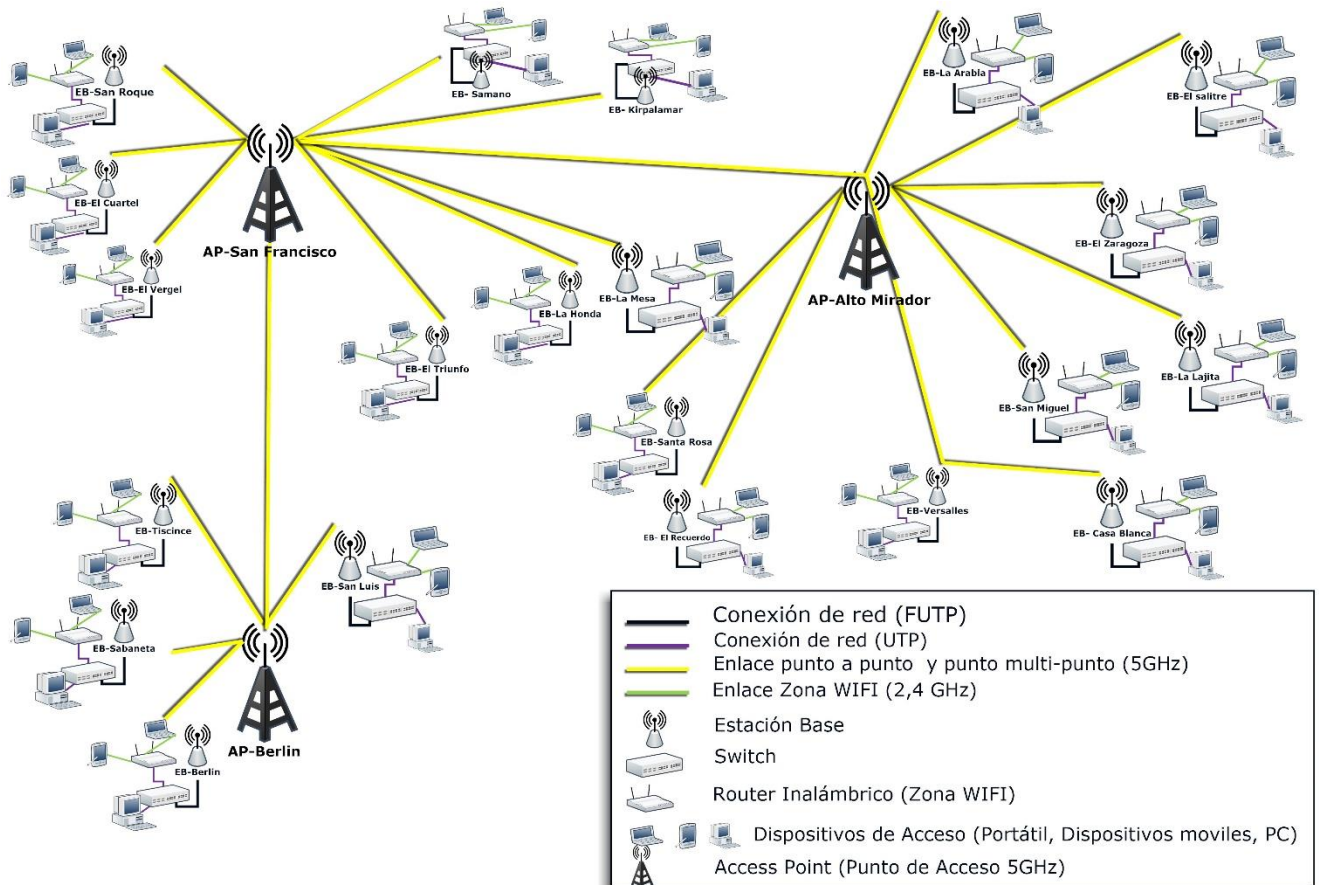


Figura 7. Diagrama de red

#### 9.4 Especificaciones de la red

La red se compone por acceso a internet, red troncal primaria, red troncal secundaria, red de acceso LAN y WLAN o zona WIFI.



#### **9.4.2 Equipos a utilizar**

Tanto en las redes troncales primarias como secundarias se deberán usar equipos de tecnologías WIMAX, en topologías punto a punto y punto multipunto, estos equipos deben operar en la frecuencia de uso libre de 5Ghz, estos deben estar configurados con encriptación y WAP2 con el fin de ofrecer seguridad a la red, estos dispositivos tienen que estar diseñados para su uso en exteriores o intemperie, alimentación eléctrica a través de cable de red Ethernet PoE (Power over Ethernet).

La red de acceso WIFI debe soportar el estándar 802.11g y 802n, esta utilizará la frecuencia de uso libre 2,4 GHz, los puntos de acceso WIFI estarán ubicados dentro de las sedes educativas.

Los Router inalámbricos, antenas y Switch utilizados deben ser administrables, además de permitir su administración de forma remota.

#### **9.5.3 Acceso a internet. (Back Haul)**

Se sugiere que la conexión a internet se ubique en las sedes educativas que ya cuentan con servicio de internet, estas podrían ser de la escuela la Honda, ya que esta ubicación se encuentra el Kiosco vive digital, y hay una conexión existente a internet, la cual se enlazaría con el Cerro San Francisco enlazando así la troncal primaria, así mismo se plantea que exista una conexión en la escuela Berlín la cual se enlace con la torre que se ubicara en Berlín, y de igual forma en la escuela la Arabia enlazando con el Alto el mirador, de esta forma se enlazarán los tres puntos de acceso, los cuales estarán intercomunicados entre sí y servirán de respaldo en caso de que falle el acceso a internet de algunos de estos emplazamientos.

En la figura 6 se muestra los enlaces de la red troncal primaria y los enlaces a la red de acceso.

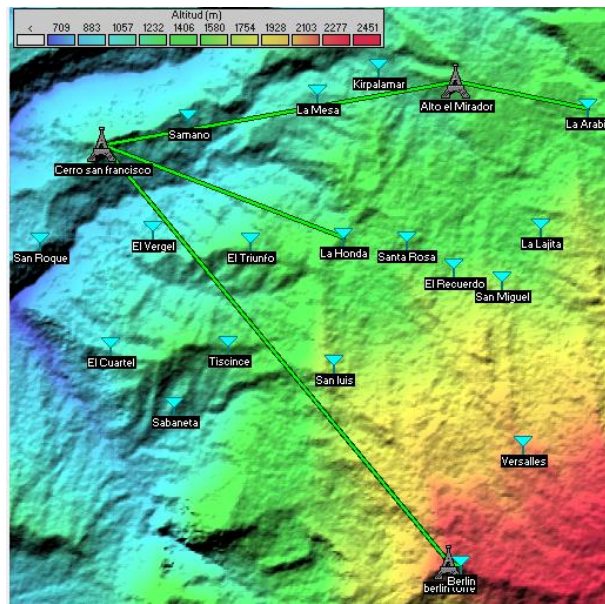


Figura 8. Enlaces red troncal y red de acceso

Tabla 8. Ubicación de puntos red de acceso a internet

Escuela	Longitud	Latitud	Altura
La Honda	4,250500	-74,43323	1429,9 msnm
Berlín	4,201589	-74,41560	2332,2 msnm
La Arabia	4,269783	-74,39657	1519,2 msnm

La distancia de los enlaces de la red troncal primaria hacia el acceso a internet se observa en la tabla 9. Distancia enlace red trocal primaria acceso a internet.

Tabla 9. *Distancia enlace troncal primaria acceso a internet*

Enlace	Distancia
Alto del Mirador – la arabia	2,22 kilómetros
Cerro San francisco – La Honda	4,29 kilómetros
Escuela Berlín- torre Berlín	0,19 kilómetros

#### 9.5.4 Red troncal primaria.

Interconexión de puntos de acceso principal donde se distribuirá el acceso a internet y se permitirá interconectar a todos los centros educativos. Estos puntos se deben colocar en torres con una altura mínima de 20 metros, las cuales deben cumplir con las normas de ordenamiento territorial, normas de la aeronáutica civil, entre otras normas y estándares aplicables, la ubicación de estas torres está indicada en la tabla 10. Ubicación emplazamientos troncal primaria.

Tabla 10. *Ubicación emplazamientos troncal primaria*

Punto	Longitud	Latitud	Altura
Alto del mirador	4.273964	-74.416198	1372 msnm
Cerro San Francisco	4.264475	-74.469292	1253 msnm
Berlín	4.201589	-74.415601	2333 msnm

La ubicación de los emplazamientos de la red troncal primaria se puede observar en la figura 9.



Figura 9. Ubicación puntos red troncal primaria

Como se estableció anteriormente el acceso a internet se conectara desde la sede de la escuela la Honda, la escuela la Arabia y la escuela Berlín, conectas a las torres que se ubicaran en el Alto El Mirador, Berlín y en el Cerro San Francisco así mismo el cerro San Francisco se enlazara con la torre ubicada en Berlín, con el alto Mirador, logrando así que estos enlaces actúen como contingencia en caso de fallar el enlace directo a internet de cada torre, Estos puntos constituyen la red troncal primaria, desde los cuales se desprende la red troncal secundaria.

Tabla 11. *Distancia entre puntos red troncal primaria*

Enlace	Distancia
Alto del Mirador – Cerro San Francisco	5.981 kilómetros
Cerro San francisco – Berlín	9.32 kilómetros

### 9.5.5 Red troncal secundaria.

Interconexión de escuelas a los puntos de acceso principales. En estos nodos se ubicaran mástiles de 5 metros, donde se colocaran cada una de las antenas, así mismo en estos puntos se ubicara la red de acceso donde se ubicara la red LAN como la red WLAN.

Tabla 12. *Coordenadas emplazamientos red troncal secundaria.*

	Escuela	Longitud	Latitud	Altura
1	El Sámano	4.273964	-74.416198	1372 msnm
2	San Roque	4.264475	-74.469292	1253 msnm
3	Tiscince	4.201589	-74.415601	2333 msnm
4	Sabaneta	4.225283	-74.458567	1161 msnm
5	La Honda	4.250500	-74.43323	1424 msnm
6	La Mesa	4.271967	-74.437033	1221 msnm
7	El Triunfo	4.249867	-74.447083	1364 msnm
8	El Vergel	4.251550	-74.461700	1082 msnm
9	El Cuartel	4.234300	-74.467967	1153 msnm
10	La Lajita	4.252017	-74.403633	1618 msnm
11	San Miguel	4.244100	-74.409417	1217 msnm

12	San Luis	4.231627	-74.434560	1735 msnm
13	Berlín	4.201589	-74.415601	2333 msnm
14	Santa Rosa	4.249966	-74.423619	1599 msnm
15	Recuerdo	4.246074	-74.416585	1627 msnm
16	Versalles	4.219608	-74.406243	2173 msnm
17	Casa Blanca	4.230517	-74.383400	2181 msnm
18	El Salitre	4.259833	-74.375950	1857 msnm
19	La Arabia	4.269783	-74.396567	1515 msnm
20	Zaragoza	4.257167	-74.384733	1815 msnm
21	Kirpalamar	4.275900	-74.427900	1218 msnm
22	Casa Blanca	4.230517	-74.383400	2181 msnm

Los puntos que se conectarán a cada núcleo de la red troncal primaria se asignarán de la siguiente forma:

Tabla 13. *Conexión de puntos a troncal primaria*

Punto de Acceso	Estación Base
Alto El Mirador	La Arabia
	Santa Rosa
	El Recuerdo
	El Salitre
	Zaragoza
	La Lajita

---

	El Sámano
	San Miguel
	Versalles
Cerró San Francisco	Kirpalamar
	San Roque
	El Cuartel
	El Vergel
	El Triunfo
	La Honda
	La Mesa
Torre Berlín	Berlín
	Sabaneta
	Tiscince
	San Luis
Versalles	Casa Blanca

---

En la tabla anterior, se describen los puntos que se conectarán a cada uno de los nodos de la red troncal primaria, en el caso de Casa Blanca, esta se conectará a la sede Versalles ya que no cuenta con línea de vista directa a ninguno de las torres de la red troncal primaria.

En las figuras 8, 9 y 10 se muestran los puntos de la red troncal secundaria, incluyendo el punto de red troncal primaria al cual se conectarán, y el punto de acceso a internet; los puntos de acceso a internet están representados en azul, el punto de acceso a la red troncal primaria en rojo.



Figura 10. *Ubicación nodos red troncal secundaria, Alto el mirador*



Figura 11. *Ubicación nodos red troncal secundaria, Cerro San Francisco*





Figura 12. *Ubicación nodos red troncal secundaria, Berlín*

### 9.5.6 Red de acceso

En cada una de las sedes educativas se proporcionara acceso LAN y se habilitara una zona WIFI (red WLAN), con el fin de dar cobertura tanto a los dispositivos alámbricos como inalámbricos con que cuentan cada una de las sedes educativas, así mismo la red WIF, Según los parámetros del Ministerio de Educación Nacional guía 47, la red WIFI deberá soportar al menos 32 usuarios concurrentes, la disposición de la red de acceso se dispondrá como se muestra en la tabla red de acceso.

Los enlaces al interior de las sedes educativas deberán cumplir los aspectos enunciados en el lineamiento técnico programa de conexión total 2016 en donde se establece:

a) El punto de acceso al interior de las sedes en las que los computadores se conecten por este medio, debe contar con la altura suficiente para que radie la señal a todos los computadores del área definida a cubrir.

b) El punto de acceso debe operar en el modo de diversidad.

c) El cable de red debe cumplir con la normatividad de cableado estructurado.

d) Su potencia de transmisión debe ser al máximo nivel permitido.

e) El punto de acceso debe entregarse actualizado a la última versión de firmware disponible por el fabricante a la fecha de instalación.

f) El punto de acceso al ser de estándar 802.11 b/g/n deberá permitir trabajar simultáneamente en las bandas de 2.4 y 5.7 GHz.

g) Se debe entregar en medio óptico una copia de la configuración del punto de acceso y un manual en el que se explique paso a paso como se debe proceder para recuperar la configuración desde esta imagen.

h) Se debe explicar cómo el responsable del sistema puede periódicamente cambiar la llave WPA que controla el acceso de los clientes y como puede este volver a configurar un computador para que acceda con la nueva clave. Esto se recomienda lo haga el responsable de la institución por lo menos una vez al mes.

## **9.6 Estimación ancho de banda requerido**

Según los lineamientos del Ministerio de Educación Nacional guía 47. (MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL, OFICINA ASESORA DE PLANEACIÓN Y FINANZAS,

Julio de 2013), se propone como parámetro mínimo 50 Kbps para el consumo de ancho de banda por dispositivos para el buen uso de software educativo que utiliza el ministerio, con base a este parámetro, se estima que el ancho de banda requerido en el momento para los 292 dispositivos con que cuentan las sedes educativas en el momentos (computadores, portátiles, tabletas), es de 14,6 Mbps, esto teniendo en cuenta un acceso concurrente en todos los puntos de conexión.

Este proyecto establece disponer de puntos de acceso LAN de acuerdo al número de dispositivos con que cuenta cada sede educativa, previendo un crecimiento de la red LAN y habilitando una red WIFI o WLAN como se mencionada anteriormente, que soporte al menos 32 usuarios concurrentes aunque este número variara de acuerdo a la población de cada institución educativa.

La cantidad de puntos LAN y cantidad de usuarios concurrentes soportados en la red WLAN de puede observar en la tabla 13, así mismo se observa el ancho de banda mínimo requerido y puntos de red a ubicar en cada sede.

Tabla 14. *Ancho de banda mínimo por sede educativa*

Sede educativa	Red LAN	Red WLAN	Total Ancho de banda en Mbps
El Sámano	10	32	2,1Mbps
San Roque	10	32	2,1Mbps
Tiscince	15	32	2,35 Mbps
Sabaneta	10	32	2,1Mbps
La Honda	10	32	2,1Mbps
La Mesa	10	32	2,1Mbps
El Triunfo	10	32	2,1Mbps

El Vergel	10	32	2,1Mbps
El Cuartel	10	32	2,1Mbps
La Lajita	10	32	2,1Mbps
San Miguel	10	32	2,1Mbps
San Luis	10	32	2,1Mbps
Berlín	10	32	2,1Mbps
Santa Rosa	10	32	2,1Mbps
Recuerdo	10	32	2,1Mbps
Versalles	12	32	2,2Mbps
Casa Blanca	10	32	2,1Mbps
El Salitre	10	32	2,1Mbps
La Arabia	30	64	4,7Mbps
Zaragoza	60	100	8Mbps
Kirpalamar	40	100	7Mbps
Total ancho de banda requerido			57,85Mbps

La red troncal primaria debe soportar el tráfico generado por la red troncal secundaria y esta a su vez debe soportar el tráfico generado por la red de acceso.

En la tabla 14. Se describe el ancho de banda mínimo requerido en cada punto de acceso a internet, el cual consiste en sumar el ancho de banda requerido por cada una de las sedes a cubrir el cual contempla tanto en la red de acceso WLAN como la red de acceso LAN, hacia la los puntos a interconectar.

Tabla 15. *Ancho de banda requerido por punto de acceso*

Punto de Acceso	Estación base	Ancho de banda
Alto el Mirador	La Arabia	4,7 Mbps
	El Salitre	2,1 Mbps
	Zaragoza	8 Mbps
	La Lajita	2,1 Mbps
	San Miguel	2,1 Mbps
	El Recuerdo	2,1 Mbps
	Santa Rosa	2,1 Mbps
	Versalles	4,3 Mbps
	Total ancho de banda requerido	27,5 Mbps
Cerro San Francisco	San Roque	2,1 Mbps
	El Cuartel	2,1 Mbps
	El Vergel	2,1 Mbps
	El triunfo	2,1 Mbps
	La Honda	2,1 Mbps
	La Mesa	2,1 Mbps
	El Sámano	2,1 Mbps
	Kirpalamar	7 Mbps
	Total ancho de banda requerido	21,7 Mbps
Berlín	Berlín	2,1 Mbps
	San Luis	2,1 Mbps

	Tiscince	2,1 Mbps
	Sabaneta	2,1 Mbps
	Total ancho de banda requerido	8,4 Mbps
Versalles	Casa Blanca	2,1 Mbps
	Total ancho de banda requerido	2,1 Mbps

Con los datos mostrados en la tabla anterior se estima el ancho de banda mínimo a repartir en cada uno de los enlaces, además de describir el ancho de banda mínimo de los enlaces de la red troncal primaria a la red de acceso a internet, en función de estos datos se puede calcular el ancho de banda de los enlaces de la red troncal primaria, estos se ven ilustrados en la tabla 16.

Tabla 16. *Ancho de banda enlaces red troncal primaria*

Enlace	Enlaces y nodos dependientes	Ancho de banda agregado
Alto el mirador – la arabia	Nodo Alto el Mirador	27,5 Mbps
	Ancho de banda del enlace	27,5 Mbps
Cerro San Francisco – la honda	Nodo Cerro San Francisco	21,7 Mbps
	Ancho de banda del enlace	21,7 Mbps
Torre Berlín – Berlín	Nodo Berlín	8,4 Mbps
	Ancho de banda del enlace	8,4 Mbps
Alto Mirador – Cerro san Francisco	Nodo Cerro San Francisco	21,7 Mbps
	Nodo Berlín	8,4 Mbps
	Ancho de banda del enlace	30,1 Mbps

---

Cerro San Francisco – Berlín	Nodo Cerro San Francisco	21,7 Mbps
	Nodo Alto el Mirador	27,5 Mbps
	Ancho de banda del enlace	49,2 Mbps

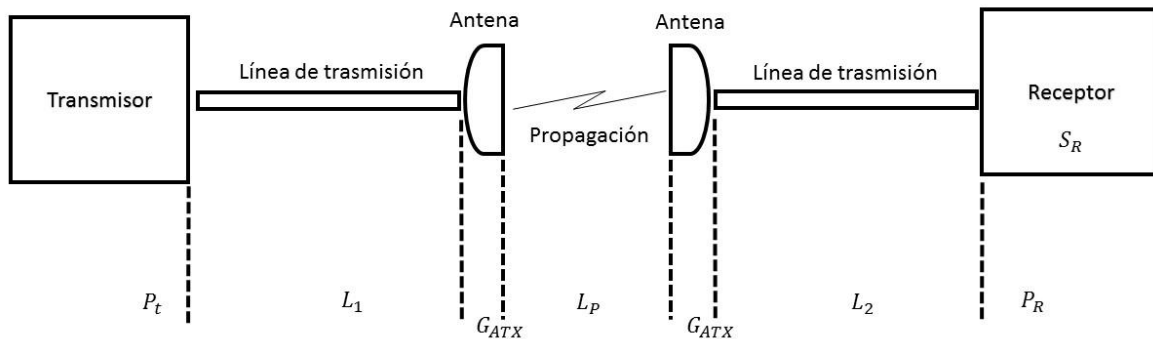
---

Los enlaces Cerro San Francisco- Alto El mirador y Cerro San Francisco- Berlín, servirán como enlaces de respaldo, y servirán como rutas alternativas, para dar salida hacia internet, además permiten conectar a todos los puntos de la red troncal secundaria entre sí, habilitando los servicios de intranet, en caso de fallo en alguno de los enlaces Cerro San Francisco- La honda, Alto el mirador- la arabia o Torre Berlín – Berlín, los enlaces restantes deben aumentar el ancho de banda con el fin de soportar el tráfico adicional generado.

## 10. Planificación radioeléctrica

### 10.1 parámetros para el Cálculo de enlaces

Para cada uno de los enlaces se realizó un cálculo de nivel de señal esperado y el margen de desvanecimiento que se obtiene, este cálculo consiste en realizar un balance de potencia, empezando por el nivel de potencia del transmisor, sumando o restando los distintos factores que le afectan, siendo estos la potencia transmitida por el transmisor, pérdida de trasmisor, ganancia respecto a la antena, pérdidas por propagación, ganancia de la antena receptora, pérdidas en la línea de transmisión, potencia recibida por el receptor y la sensibilidad del receptor.



- $P_t$  : Potencia transmitida por el transmisor
- $L_1$ : Pérdidas en la línea de transmisión del trasmisor.
- $G_{ATX}$ : Ganancia respecto a la antena isotrópica de la antena transmisora.
- $L_P$ : Pérdidas por propagación.
- $G_{ATX}$ : Ganancia respecto a la antena isotrópica de la antena receptora.
- $L_2$ : Pérdidas en la línea de transmisión del receptor.
- $P_R$ : Potencia recibida en el receptor.
- $S_R$ : Sensibilidad del receptor.

Figura 13. Cálculo del balance de potencia

La figura 11 describe los factores a tener en cuenta al momento de realizar el cálculo de potencia, este viene dado por la fórmula:

$$P_R \text{ (dBm)} = P_t \text{ (dBm)} - L_1 \text{ (dB)} + G_{ATX} \text{ (dBi)} - L_P \text{ (dB)} + G_{ATX} \text{ (dBi)} - L_2$$



Donde se debe asegurar  $S_R$  para un correcto funcionamiento. Además se establece un margen de desvanecimiento, lo que quiere decir que se dé un margen de seguridad de que  $P_R$  debe superar a  $S_R$  este valor debe ser mayor o igual a 10 dB.

$$\text{Margen de desvanecimiento} = P_R - S_R > 10 \text{ dB}$$

Para calcular las pérdidas de propagación ( $L_p$ ) se procede de realizar el cálculo de la primera zona de Fresnel, cual viene dada por la fórmula de radio de la primera zona de Fresnel

$$\text{Radio primera zona de Fresnel} = 547.723 * \sqrt{\frac{d}{4*f}}$$

Donde:

d = Distancia del radioenlace en Km

f = frecuencia del radioenlace dada en MHz

Luego de verificar que al menos el 60% de la zona de Fresnel, se encuentra libre obstáculos, una vez verificada la línea de vista directa, se asume que las pérdidas por propagación son las del espacio libre las cuales vienen dadas por la fórmula de atenuación de espacio libre

$$\text{Atenuación en espacio libre (dB)} = 92.45 + 20 \log f + 20 \log d$$

Donde:

d = Distancia del radioenlace en Km

f = frecuencia del radioenlace dada en GHz

Los datos utilizados para los cálculos de los radioenlaces son:

- Perfil Orográfico del enlace: comprueba la línea de visión directa entre los puntos a conectar.
- Zona de Fresnel: tamaño en metros del 60 % de la zona en el punto máximo, el cual se inspecciona visualmente si existen obstáculos en el área.
- Tipo y características de la antena utilizada.
- Tipo de cable utilizado, longitud y pérdidas.
- Pérdidas en conectores.
- Distancia del enlace.
- Potencia de transmisión de los equipos utilizados.
- Nivel de señal recibido.
- Sensibilidad de los dispositivos.
- Margen de desvanecimiento.

## 10.2 Calculo de enlaces red troncal primaria

### 10.2.1 Enlace Cerro San Francisco – Alto el Mirador

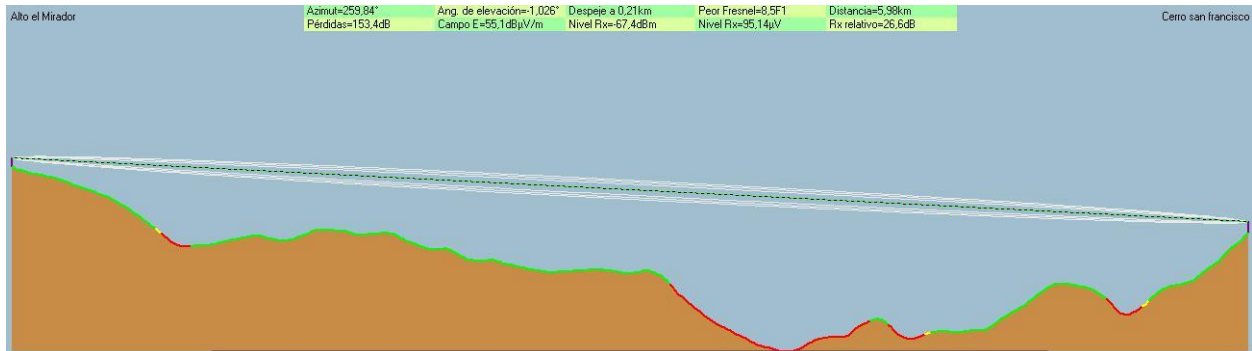


Figura 14. Enlace Alto el mirador – Cerro San Francisco

#### Perfil orográfico

La figura 12 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace Alto el mirador- Cerro San Francisco.

Tabla 17. Calculo de enlace Alto el mirador – Cerró San Francisco

Descripción	Alto el Mirador	Cerro San Francisco
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	30	30
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Pérdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)		5,98
Frecuencia (GHz)		5,5
Pérdida en espacio libre (dB)		122,7
Pérdida por Obstrucción		-0,5

Perdida estadística		31,2
Perdida de propagación total		153,5
1ª Zona de Fresnel (m)		9,03
60% 1ª Zona de Fresnel (m)		5,42
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv. (pire)		56,5
Nivel de señal recibido		-67,5
Margen de desvanecimiento		26,5

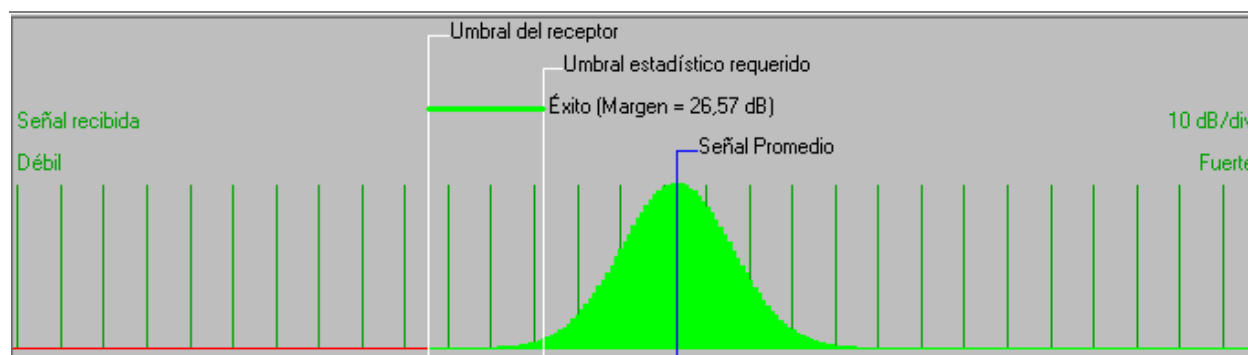


Figura 15. Nivel de señal recibido Enlace Alto el mirador – Cerro San Francisco

En la figura 13 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 26,5 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antena receptora.

#### 10.2.1.1 Datos de instalación enlace Alto el mirador – Cerro San Francisco

Tabla 18. Datos de instalación Alto el mirador - Cerro San Francisco

Punto	Datos de intalación	
Alto el Mirador	Azimut norte verdadero	259,84°

---

	Azimut norte magnetico	266,41°
	Angulo de elevacion	-1,2026265°
	Altura de la antena	15 m
Cerro San Francisco	Azimut norte verdadero	79,84°
	Azimut norte magnetico	86,37°
	Angulo de elevacion	0,9725°
	Altura de la antena	15

---

### 10.2.3 Enlace Cerro San Francisco – Berlin

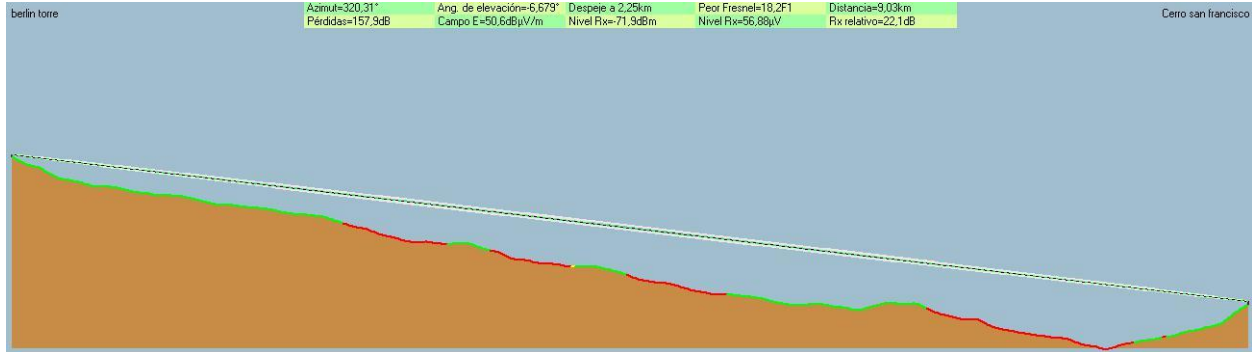


Figura 16. Enlace Berlín – Cerro San Francisco

Perfil orográfico

La figura 14 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace Berlín - Cerro San Francisco.

Tabla 19. *Calculo de enlace Berlín – Cerró San Francisco*

Descripción	Berlín	Cerro San Francisco
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	30	30
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Pérdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)		9,03
Frecuencia (GHz)		5,5
Perdida en espacio libre (dB)		126,4
Perdida por Obstrucción		0,3
Perdida estadística		31,2

Perdida de propagación total	157,9	
1ª Zona de Fresnel (m)	11,10	
60% 1ª Zona de Fresnel (m)	6,66	
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv. (PIRE)	56,5	
Nivel de señal recibido	-71,9	
Margen de desvanecimiento	22,1	

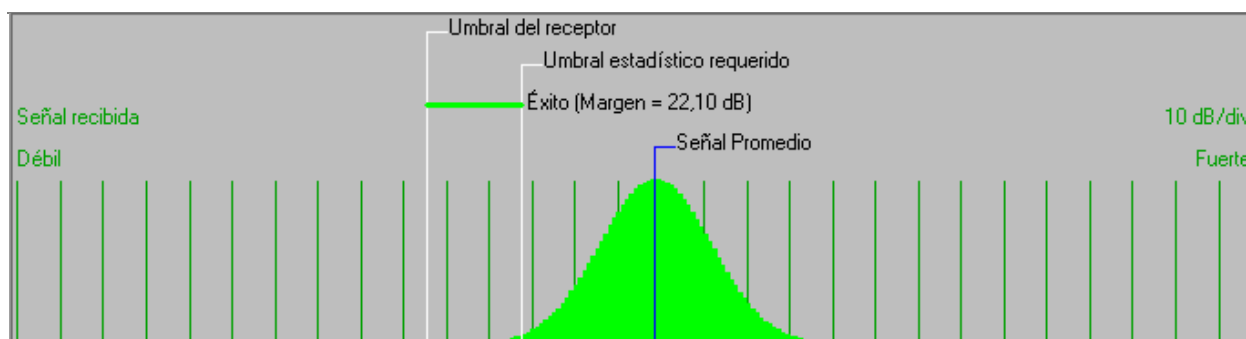


Figura 17. Nivel de señal recibido Enlace Berlín – Cerro San Francisco

En la figura 15 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 22,1 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antena receptora.

### 10.2.3.1 Datos de instalación enlace Berlín – Cerro San Francisco

Tabla 20. Datos de instalación Berlín – Cerró San Francisco

Punto	Datos de intalación	
Berlín	Azimut norte verdadero	320,3°
	Azimut norte magnético	326,87°
	Angulo de elevación	-6,678697°

---

	Altura de la antena	15 m
Cerro San Francisco	Azimut norte verdadero	140,31°
	Azimut norte magnetico	146,84°
	Angulo de elevacion	6,597473°
	Altura de la antena	15 m

---



### 10.3 Calculo de enlaces Red de acceso a internet (Backhaul)

#### 10.3.1 Enlace Cerro San Francisco – Escuela la Honda (BackHaul)

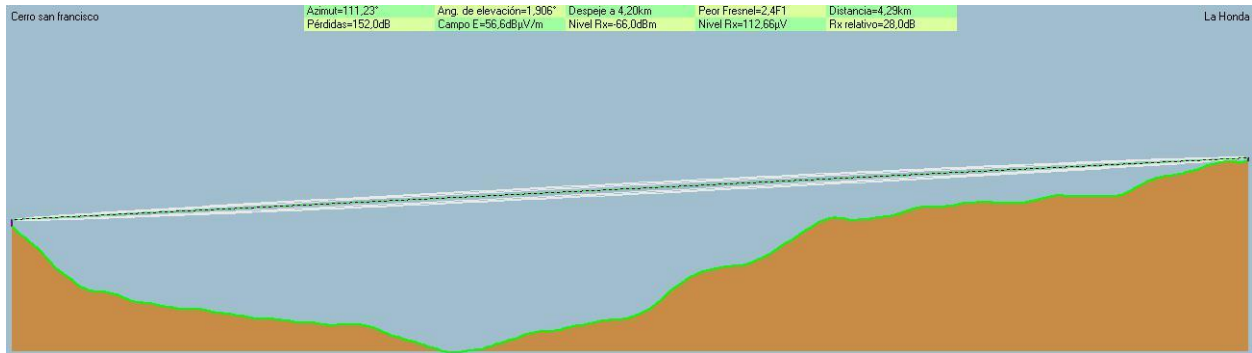


Figura 18. Enlace Cerro San Francisco – Escuela la Honda

Perfil orográfico

La figura 16 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace Cerro San Francisco – La Honda

Tabla 21. Calculo de enlace Cerró San Francisco La Honda

Descripción	Cerro San Francisco	La Honda
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	30	30
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Perdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)	4,29	
Frecuencia (GHz)	5,5	
Perdida en espacio libre (dB)	119,91	
Perdida por Obstrucción	0,9	

Perdida estadística		31,3
Perdida de propagación total		152,1
1ª Zona de Fresnel (m)		7,65
60% 1ª Zona de Fresnel (m)		4,59
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv. (PIRE)		56,5
Nivel de señal recibido		-66,1
Margen de desvanecimiento		27,9

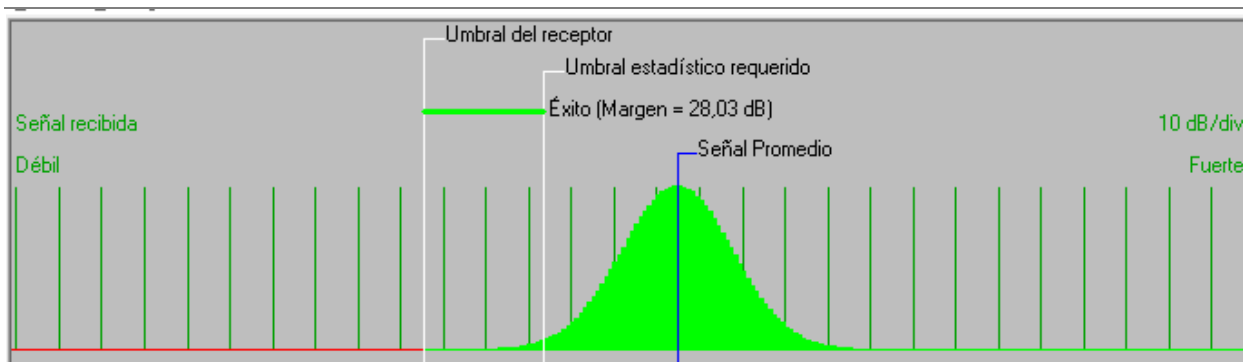


Figura 19. Nivel de señal recibido Enlace Cerro San Francisco – La Honda

En la figura 17 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 27,9 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antena receptora.

### 10.3.1.1 Datos de instalación enlace Cerro San Francisco – La Honda

Tabla 22. Datos de instalación Cerro San Francisco - La Honda

Punto	Datos de intalación	
Cerro San Francisco	Azimut norte verdadero	111,23°
	Azimut norte magnético	117,76°

---

	Angulo de elevación	1,90552°
	Altura de la antena	15 m
La Honda	Azimut norte verdadero	291,24°
	Azimut norte magnetico	297,79°
	Angulo de elevacion	-19441°
	Altura de la antena	6 m

---

### 10.3.2 Enlace Alto El Mirador – La Arabia (BackHaul)

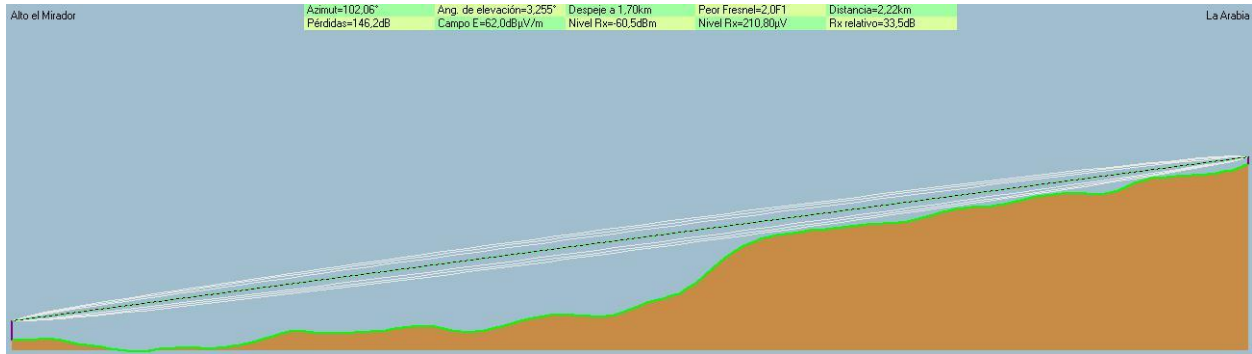


Figura 20. Enlace Alto El Mirador – La Arabia

#### Perfil orográfico

La figura 18 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace Alto el Mirador – La Arabia

Tabla 23. *Calculo de enlace Alto el Mirador – La Arabia*

Descripción	Alto el Mirador	La Arabia
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	30	30
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Pérdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)		2,22
Frecuencia (GHz)		5,5
Pérdida en espacio libre (dB)		114,18
Pérdida por Obstrucción		0,9
Pérdida estadística		31,2

Perdida de propagación total	146,3	
1ª Zona de Fresnel (m)	5,50	
60% 1ª Zona de Fresnel (m)	3,30	
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv. (PIRE)	56,5	
Nivel de señal recibido	-60,3	
Margen de desvanecimiento	33,7	

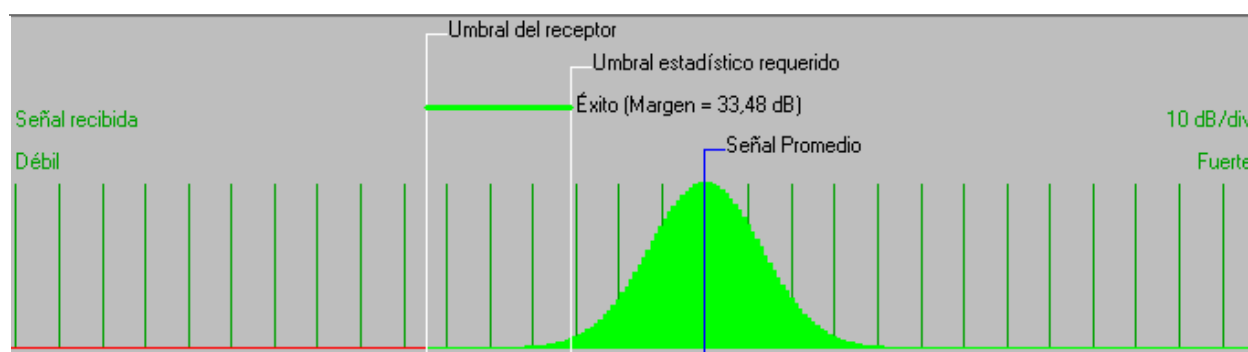


Figura 21. Nivel de señal recibido Enlace Alto El mirador – La Arabia

En la figura 19 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 33,7 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antena receptora.

### 10.3.2.1 Datos de instalación enlace Alto el Mirador – La Arabia

Tabla 24. Datos de instalación enlace Alto el Mirador – La Arabia

Punto	Datos de intalación	
Alto El Mirador	Azimut norte verdadero	102,06°
	Azimut norte magnético	108,62°
	Angulo de elevación	3,2547°

---

	Altura de la antena	15 m
La Arabia	Azimut norte verdadero	282,06°
	Azimut norte magnetico	288,64°
	Angulo de elevacion	-3,2747°
	Altura de la antena	5 m

---

### 10.3.3 Enlace Torre Berlín - Berlín (BackHaul)



Figura 22. Enlace Torre Berlín- Berlín

La figura 20 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace en la torre que se ubicara en Berlín a la escuela Berlín.

Tabla 25. *Calculo de enlace Torre Berlín - Berlín*

Descripción	Torre Berlín	Berlín
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	30	30
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Perdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)		0,19
Frecuencia (GHz)		5,5
Perdida en espacio libre (dB)		92,83
Perdida por Obstrucción		-0,4
Perdida estadística		30,7
Perdida de propagación total		123,1

1ª Zona de Fresnel (m)	1,61	
60% 1ª Zona de Fresnel (m)	0,97	
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv. (PIRE)	56,5	
Nivel de señal recibido	-37,1	
Margen de desvanecimiento	56,9	

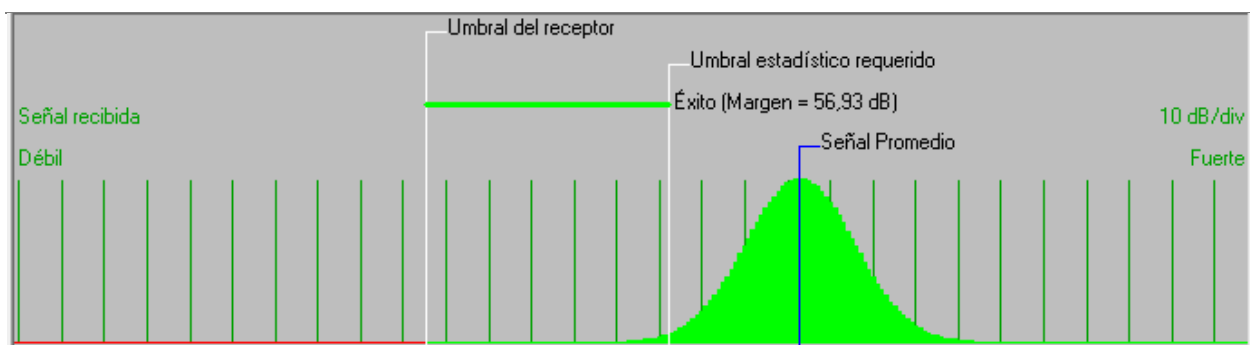


Figura 23 Nivel de señal recibido Enlace Torre Berlín – Berlín.

En la figura 21 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 56,9 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antenna receptora.

### 10.3.3.1 Datos de instalación enlace Torre Berlín – Berlín

Tabla 26. Datos de instalación enlace Torre Berlín- Berlín

Punto	Datos de intalación	
Berlin	Azimut norte verdadero	283°
	Azimut norte magnético	289,56°
	Angulo de elevación	1,2562°
	Altura de la antena	5 m



---

Torre Berlín	Azimut norte verdadero	103°
	Azimut norte magnetico	109,56°
	Angulo de elevacion	-1,2579°
	Altura de la antena	15 m

---

## 10.4 Red troncal secundaria Berlín

### 10.4.1 Enlace Berlin – Tiscince

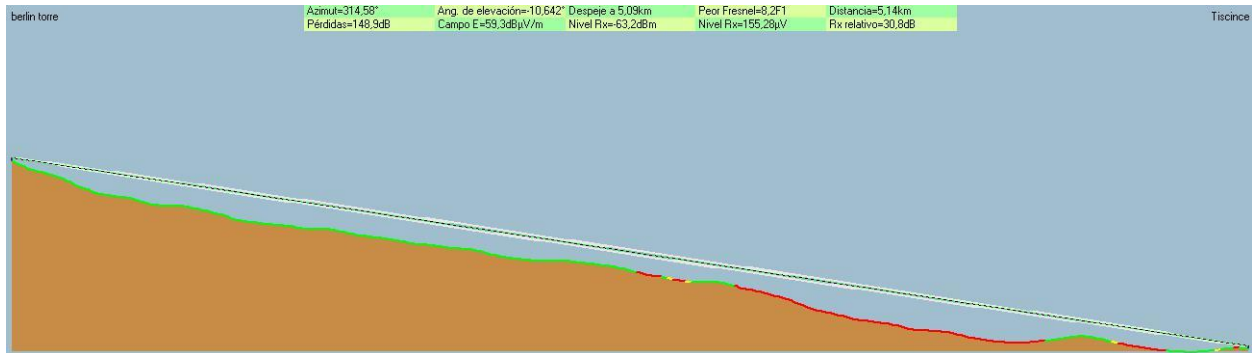


Figura 24. *Enlace Berlin – Tiscince*

La figura 22 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace en la torre que se ubicara en Berlín a la escuela Berlín.

Tabla 27. *Calculo de enlace Berlin - Tiscince*

Descripción	Torre Berlín	Tiscince
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	29,7	30
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Pérdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)	5,14	
Frecuencia (GHz)	5,5	
Pérdida en espacio libre (dB)	121,48	
Pérdida por Obstrucción	-3,9	
Pérdida estadística	31,2	

Perdida de propagación total	148,8	
1ª Zona de Fresnel (m)	8,37	
60% 1ª Zona de Fresnel (m)	5,02	
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv. (PIRE)	56,2	
Nivel de señal recibido	-63,1	
Margen de desvanecimiento	30,9	

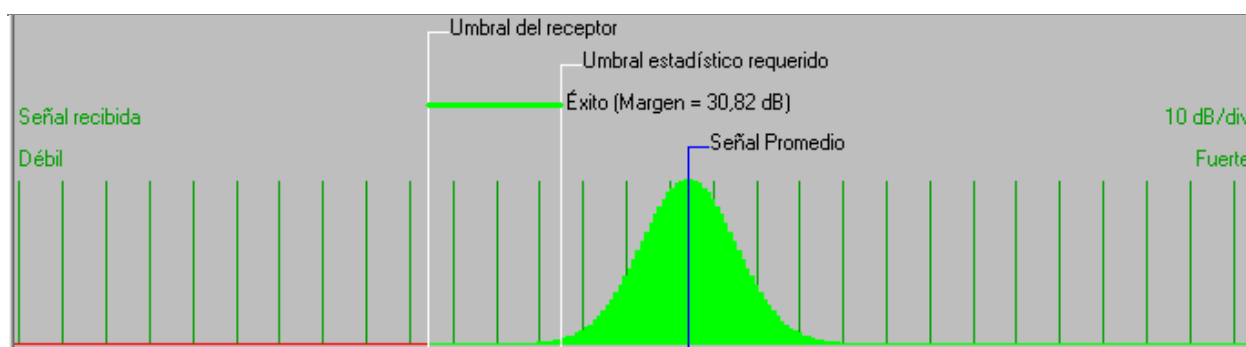


Figura 25. Nivel de señal recibido Enlace Torre Berlín – Berlín.

En la figura 23 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 30,9 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antena receptora.

#### 10.4.1.1 Datos de instalación enlace Berlín – Tiscince

Tabla 28. Datos de instalación enlace Berlín- Tiscince

Punto	Datos de intalación	
Berlin	Azimut norte verdadero	320,3°
	Azimut norte magnético	326,87°
	Angulo de elevación	-6,678697°

---

	Altura de la antena	15 m
Tiscince	Azimut norte verdadero	134,58°
	Azimut norte magnetico	141,12°
	Angulo de elevacion	10,5957°
	Altura de la antena	5 m

---

## 10.4.2 Enlace Berlin – San Luis

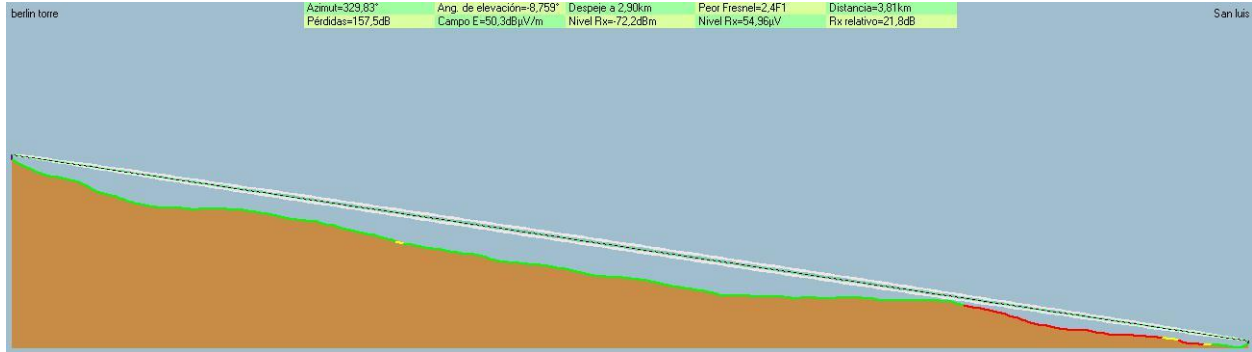


Figura 26. Enlace Berlín – San Luis

La figura 24 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace en la torre que se ubicara en Berlín a la escuela Berlín.

Tabla 29. *Calculo de enlace Berlín – San Luis*

Descripción	San Luis	Berlín
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	30	29,3
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Perdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)	3,81	
Frecuencia (GHz)	5,5	
Perdida en espacio libre (dB)	118,88	
Perdida por Obstrucción	7,3	
Perdida estadística	31,2	
Perdida de propagación total	157,4	

1ª Zona de Fresnel (m)	7,21	
60% 1ª Zona de Fresnel (m)	4,32	
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv. (PIRE)	55,8	
Nivel de señal recibido	-72,1	
Margen de desvanecimiento	21,9	

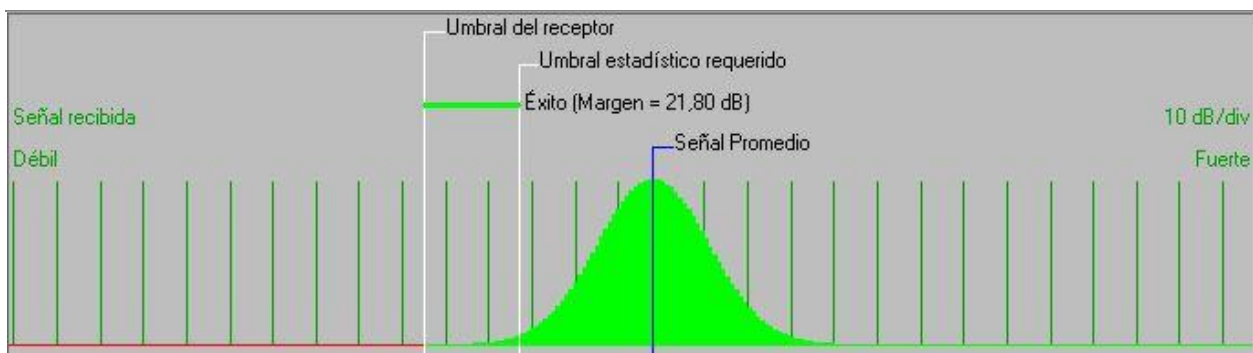


Figura 27. Nivel de señal recibido Enlace Berlín – San Luis.

En la figura 25 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 21,9 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antena receptora.

#### 10.4.2.1 Datos de instalación enlace Berlín – San Luis

Tabla 30. Datos de instalación enlace Berlín- San Luis

Punto	Datos de intalación	
Berlin	Azimut norte verdadero	320,3°
	Azimut norte magnético	326,87°
	Angulo de elevación	-6,678697°
	Altura de la antena	15 m

---

San Luis	Azimut norte verdadero	149,82°
	Azimut norte magnetico	156,37°
	Angulo de elevacion	8,7247°
	Altura de la antena	5 m

---

### 10.4.3 Enlace Berlin – Sabaneta

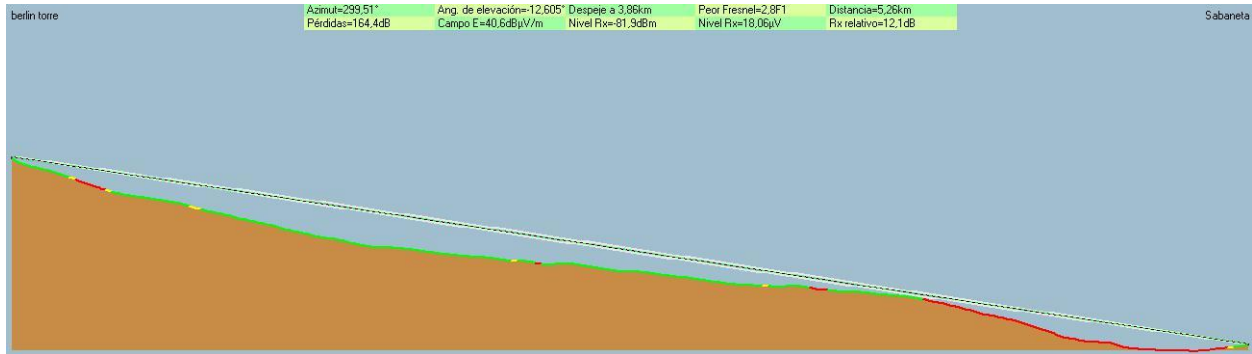


Figura 28. *Enlace Berlín – Sabaneta*

La figura 26 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace en la torre que se ubicara en Berlín a la escuela Sabaneta

Tabla 31. *Calculo de enlace Berlín – Sabaneta*

Descripción	Berlín	Sabaneta
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	26,5	30
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Perdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)		5,26
Frecuencia (GHz)		5,5
Perdida en espacio libre (dB)		121,68
Perdida por Obstrucción		11,4
Perdida estadística		31,2
Perdida de propagación total		164,3



1ª Zona de Fresnel (m)		8,47
60% 1ª Zona de Fresnel (m)		5,08
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv. (PIRE)		53
Nivel de señal recibido		-81,8
Margen de desvanecimiento		12,2

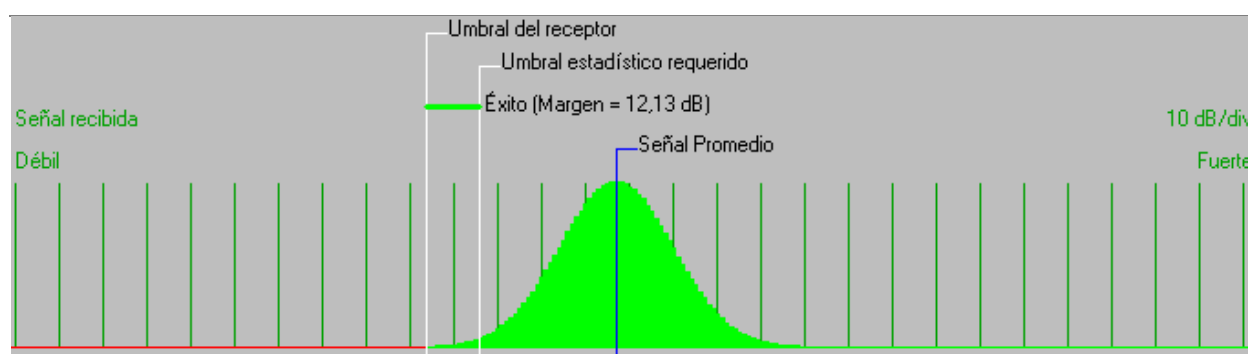


Figura 29. Nivel de señal recibido Enlace Berlín – Sabaneta

En la figura 25 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 21,9 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antena receptora.

#### 10.4.3.1 Datos de instalación enlace Berlín – Sabaneta

Tabla 32. Datos de instalación enlace Berlín- Sabaneta

Punto	Datos de intalación	
Berlin	Azimut norte verdadero	320,3°
	Azimut norte magnético	326,87°
	Angulo de elevación	-6,678697°
	Altura de la antena	15 m

---

Sabaneta	Azimut norte verdadero	119,51°
	Azimut norte magnetico	126,04°
	Angulo de elevacion	12,5574°
	Altura de la antena	5 m

---

## 10.5 Red troncal secundaria Cerro San Francisco

### 10.5.1 Enlace Cerro San Francisco – San Roque

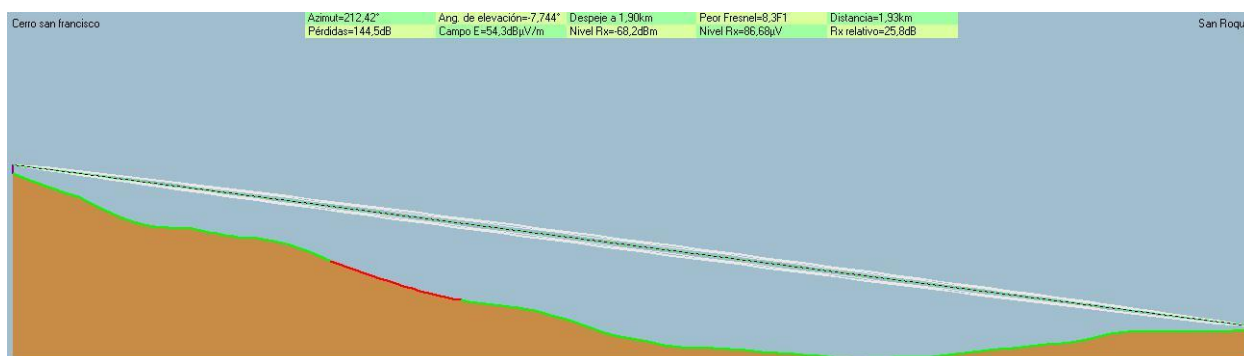


Figura 30. *Enlace Cerro San Francisco – San Roque*

La figura 28 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace en la torre que se ubicara en el Cerro San Francisco a la Escuela San Roque.

Tabla 33. *Calculo de enlace Cerro San Francisco – San Roque*

Descripción	Cerro San Francisco	San Roque
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	20,3	30
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Pérdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)	1,93	
Frecuencia (GHz)	5,5	
Pérdida en espacio libre (dB)	112,97	
Pérdida por Obstrucción	0,2	
Pérdida estadística	31,3	

Perdida de propagación total	144,5	
1ª Zona de Fresnel (m)	5,13	
60% 1ª Zona de Fresnel (m)	3,08	
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv. (PIRE)	46,8	
Nivel de señal recibido	-68,2	
Margen de desvanecimiento	25,8	

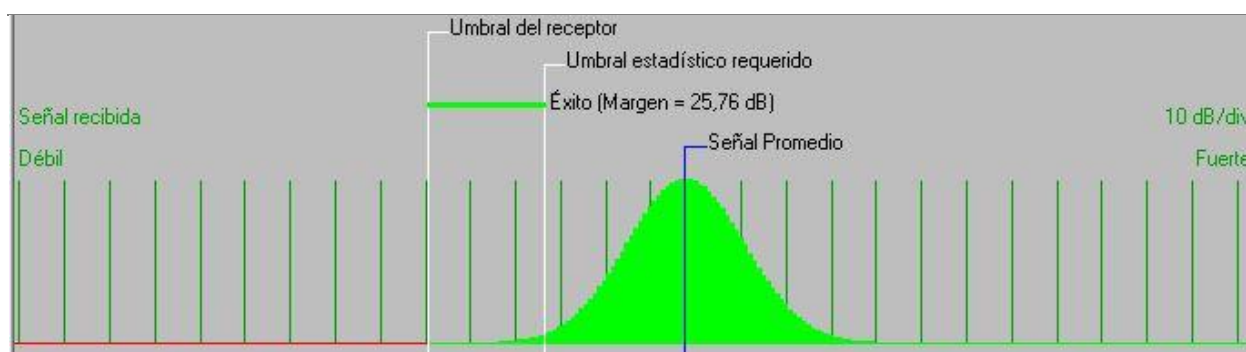


Figura 31. Nivel de señal recibido Enlace Cerro San Francisco – San Roque

En la figura 29 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 25,8 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antena receptora.

#### 10.5.1.1 Datos de instalación enlace Cerro San Francisco – San Roque

Tabla 34. Datos de instalación enlace Cerro San Francisco – San Roque

Punto	Datos de intalación	
Cerro San Francisco	Azimut norte verdadero	177,49°
	Azimut norte magnético	184,02°
	Angulo de elevación	-1,9639°

---

	Altura de la antena	15 m
San Roque	Azimut norte verdadero	32,41°
	Azimut norte magnetico	38,94°
	Angulo de elevacion	7,726184°
	Altura de la antena	5 m

---

## 10.5.2 Enlace Cerro San Francisco – El Cuartel

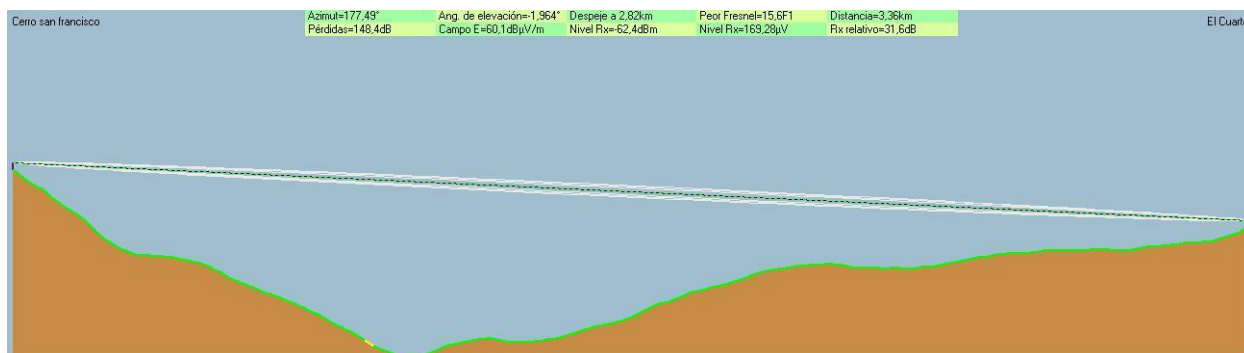


Figura 32. Enlace Cerro San Francisco – El Cuartel.

La figura 30 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace en la torre que se ubicara en el Cerro San Francisco a la Escuela El Cuartel

Tabla 35. *Calculo de enlace Cerro San Francisco – El Cuartel*

Descripción	Cerro San Francisco	El Cuartel
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	30	30
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Pérdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)	3,36	
Frecuencia (GHz)	5,5	
Pérdida en espacio libre (dB)	117,78	
Pérdida por Obstrucción	-0,6	
Pérdida estadística	31,3	
Pérdida de propagación total	148,5	

1ª Zona de Fresnel (m)	6,77	
60% 1ª Zona de Fresnel (m)	4,06	
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv. (PIRE)	56,5	
Nivel de señal recibido	-62,5	
Margen de desvanecimiento	31,5	

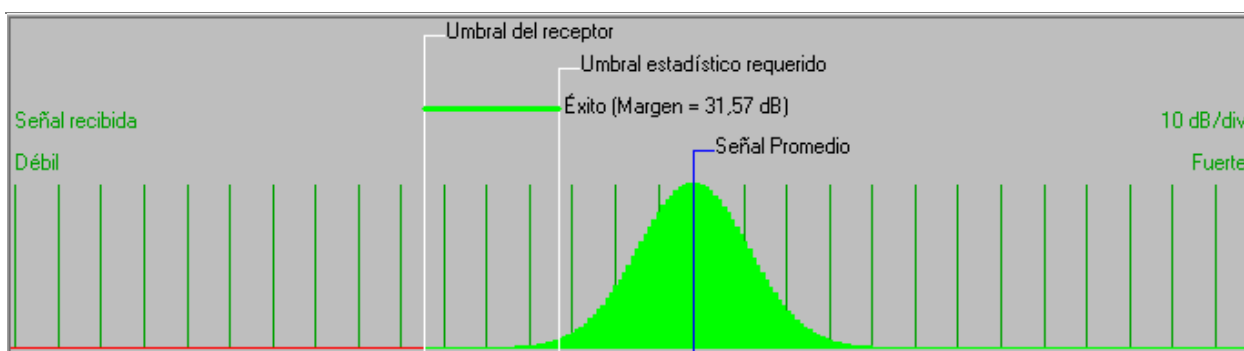


Figura 33. Nivel de señal recibido Enlace Cerro San Francisco – El Cuartel

En la figura 31 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 31,5 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antena receptora.

#### 10.5.2.1 Datos de instalación enlace Cerro San Francisco – El Cuartel

Tabla 36. Datos de instalación enlace Cerro San Francisco – El Cuartel

Punto	Datos de intalación	
Cerro San Francisco	Azimut norte verdadero	177,49°
	Azimut norte magnético	184,02°
	Angulo de elevación	-1,9639°
	Altura de la antena	15 m

---

El Cuartel	Azimut norte verdadero	357,49°
	Azimut norte magnetico	4,02°
	Angulo de elevacion	1,9337°
	Altura de la antena	5 m

---



### 10.5.3 Enlace Cerro San Francisco – El Vergel

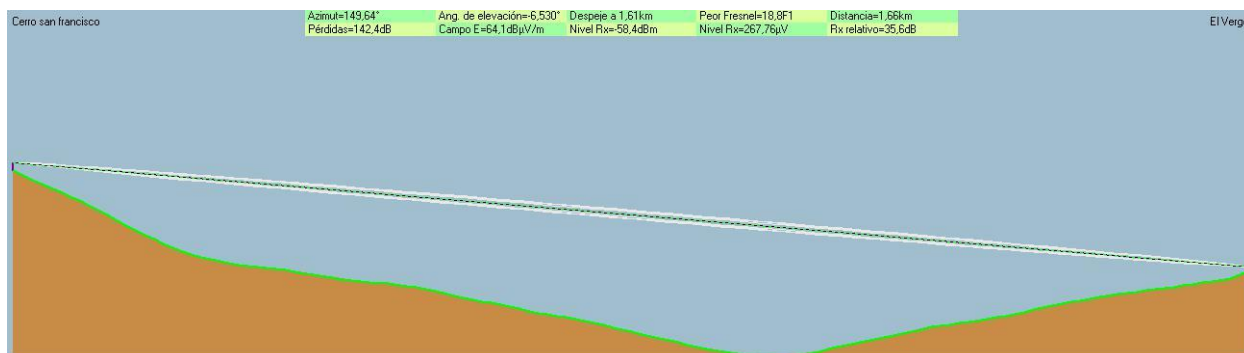


Figura 34. *Enlace Cerro San Francisco – El Vergel*

La figura 32 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace en la torre que se ubicara en el Cerro San Francisco a la Escuela El Vergel

Tabla 37. *Calculo de enlace Cerro San Francisco – El Vergel*

Descripción	Cerro San Francisco	El Vergel
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	28	30
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Pérdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)	1,66	
Frecuencia (GHz)	5,5	
Pérdida en espacio libre (dB)	111,66	
Pérdida por Obstrucción	-0,6	
Pérdida estadística	31,3	
Pérdida de propagación total	142,4	

1ª Zona de Fresnel (m)	4,76	
60% 1ª Zona de Fresnel (m)	2,85	
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv. (PIRE)	56,5	
Nivel de señal recibido	-58,4	
Margen de desvanecimiento	35,6	

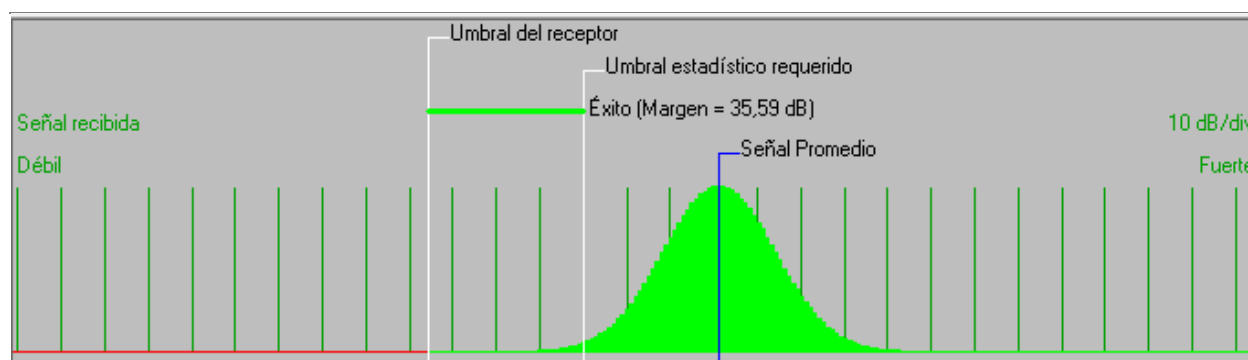


Figura 35. Nivel de señal recibido Enlace Cerro San Francisco – San Roque

En la figura 34 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 31,5 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antena receptora.

### 10.5.3.1 Datos de instalación enlace Cerro San Francisco – El Vergel

Tabla 38. Datos de instalación enlace Cerro San Francisco – El Vergel

Punto	Datos de instalación	
Cerro San Francisco	Azimut norte verdadero	177,49°
	Azimut norte magnético	184,02°
	Angulo de elevación	-1,9639°
	Altura de la antena	15 m

---

El Vergel	Azimut norte verdadero	329,64°
	Azimut norte magnetico	336,18°
	Angulo de elevacion	6,5154°
	Altura de la antena	5 m

---

## 10.5.4 Enlace Cerro San Francisco – El Triunfo

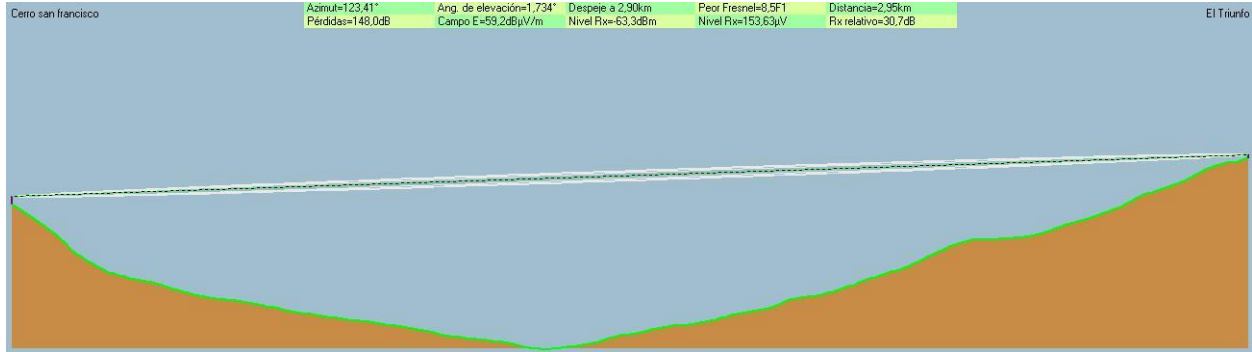


Figura 36. *Enlace Cerro San Francisco – El Triunfo*

La figura 34 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace en la torre que se ubicara en el Cerro San Francisco a la Escuela El Triunfo.

Tabla 39. *Calculo de enlace Cerro San Francisco – El Triunfo*

Descripción	Cerro San Francisco	El Triunfo
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	28,8	30
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Perdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)	2,95	
Frecuencia (GHz)	5,5	
Perdida en espacio libre (dB)	116,65	
Perdida por Obstrucción	0,1	
Perdida estadística	31,3	
Perdida de propagación total	148,1	

1ª Zona de Fresnel (m)	6,34	
60% 1ª Zona de Fresnel (m)	3,81	
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv. (PIRE)	56,5	
Nivel de señal recibido	-63,3	
Margen de desvanecimiento	30,7	

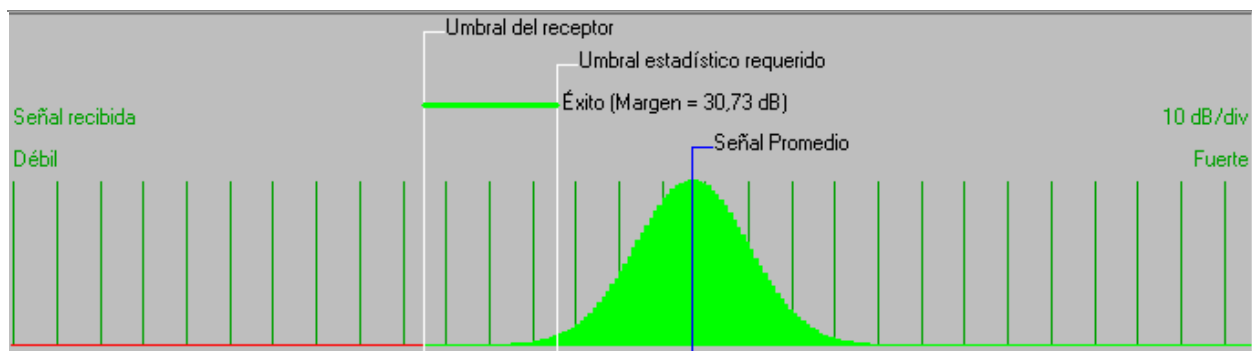


Figura 37. Nivel de señal recibido Enlace Cerro San Francisco – El Triunfo

En la figura 35 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 30,73 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antena receptora.

#### 10.5.4.1 Datos de instalación enlace Cerro San Francisco – El Triunfo

Tabla 40. Datos de instalación enlace Cerro San Francisco – El Triunfo

Punto	Datos de instalación	
Cerro San Francisco	Azimut norte verdadero	111,23°
	Azimut norte magnético	117,76°
	Angulo de elevación	1,90552°
	Altura de la antena	15 m

---

El Triunfo	Azimut norte verdadero	303,41°
	Azimut norte magnetico	309,95°
	Angulo de elevacion	-1,7605°
	Altura de la antena	5 m

---

### 10.5.5 Enlace Cerro San Francisco – La Mesa

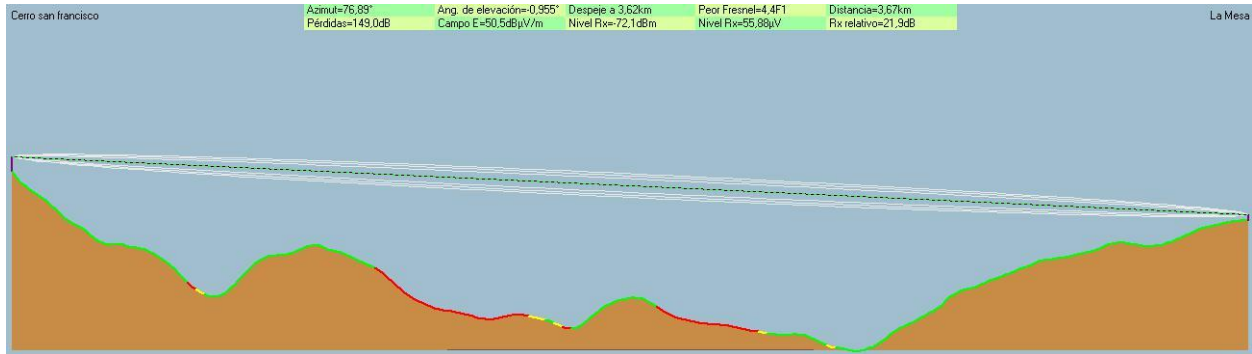


Figura 38. Enlace Cerro San Francisco – La Mesa

La figura 36 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace en la torre que se ubicara en el Cerro San Francisco a la Escuela El Triunfo.

Tabla 41. *Calculo de enlace Cerro San Francisco – La Mesa*

Descripción	Cerro San Francisco	La Mesa
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	29,9	30
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Perdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)	3,67	
Frecuencia (GHz)	5,5	
Perdida en espacio libre (dB)	118,55	
Perdida por Obstrucción	-0,8	
Perdida estadística	31,2	
Perdida de propagación total	149,0	

1ª Zona de Fresnel (m)	7,07	
60% 1ª Zona de Fresnel (m)	4,24	
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv. (PIRE)	56,4	
Nivel de señal recibido	-63,1	
Margen de desvanecimiento	30,9	

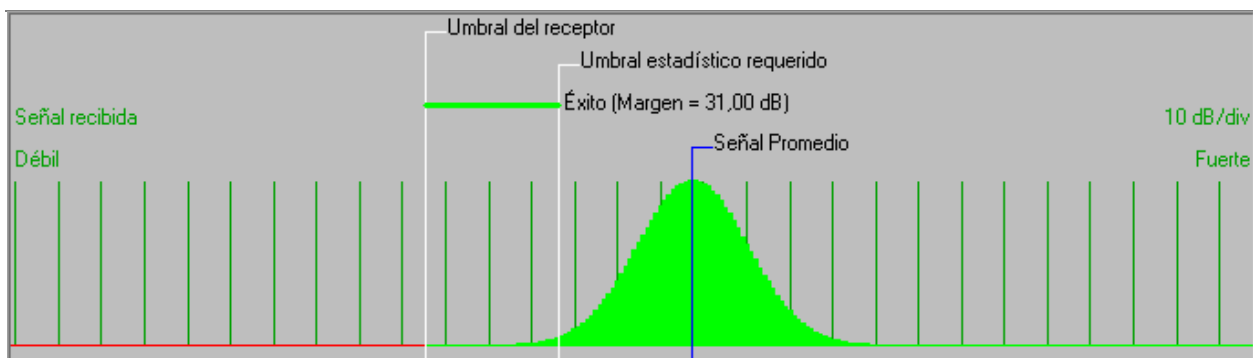


Figura 39. Nivel de señal recibido Enlace Cerro San Francisco – La Mesa

En la figura 37 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 30,73 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antena receptora.

#### 10.5.5.1 Datos de instalación enlace Cerro San Francisco – La Mesa

Tabla 42. Datos de instalación enlace Cerro San Francisco – La Mesa

Punto	Datos de intalación	
Cerro San Francisco	Azimut norte verdadero	74,53°
	Azimut norte magnetico	81,06°
	Angulo de elevacion	-0,7296°



---

	Altura de la antena	15 m
La Mesa	Azimut norte verdadero	256,9°
	Azimut norte magnetico	243,45°
	Angulo de elevacion	0,9216°
	Altura de la antena	5 m

---

## 10.5.6 Enlace Cerro San Francisco – Kirpalamar

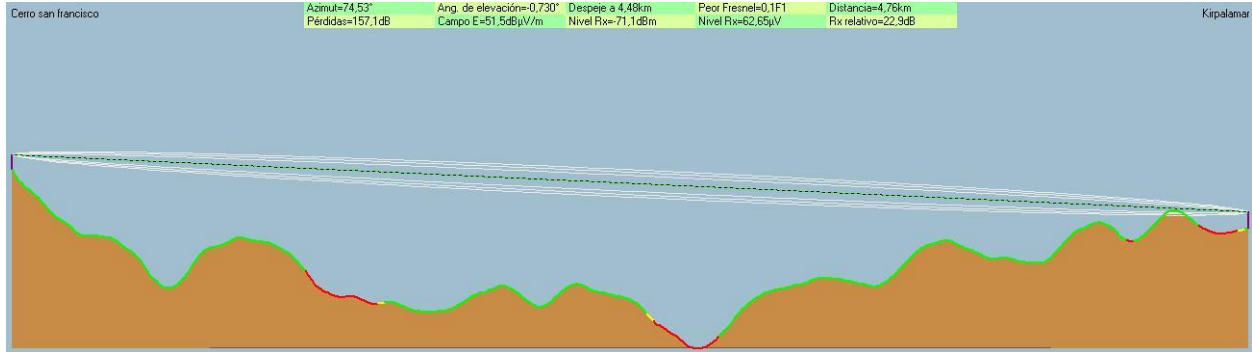


Figura 40. Enlace Cerro San Francisco – kirpalamar

La figura 36 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace en la torre que se ubicara en el Cerro San Francisco a IED Kirpalamar

Tabla 43. *Calculo de enlace Cerro San Francisco – Kirpalamar*

Descripción	Cerro San Francisco	Kirpalamar
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	30	30
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Pérdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)		4,76
Frecuencia (GHz)		5,5
Pérdida en espacio libre (dB)		120,81
Pérdida por Obstrucción		5,1
Pérdida estadística		31,2

Perdida de propagación total	157,1	
1ª Zona de Fresnel (m)	8,06	
60% 1ª Zona de Fresnel (m)	4,83	
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv. (PIRE)	56,5	
Nivel de señal recibido	-71,1	
Margen de desvanecimiento	22,9	

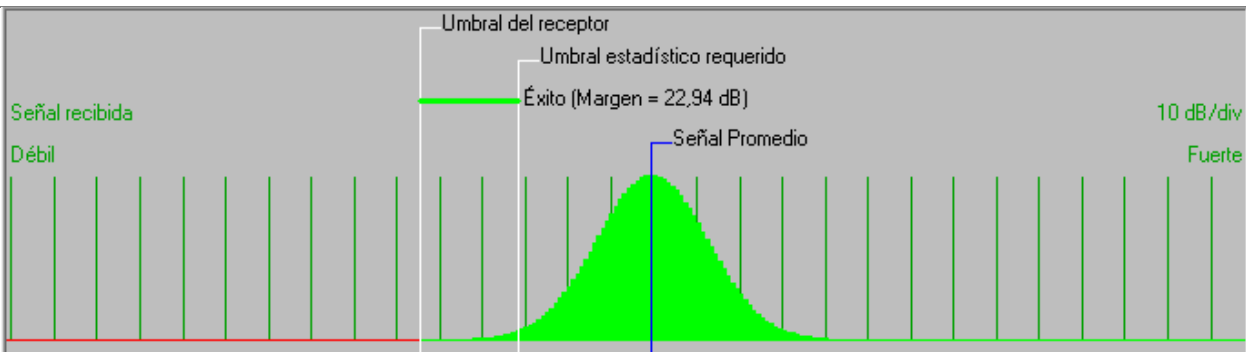


Figura 41. Nivel de señal recibido Enlace Cerro San Francisco – Kirpalamar

En la figura 39 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 30,73 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antena receptora.

**10.5.6.1 Datos de instalación enlace Cerro San Francisco – Kirpalamar**

Tabla 44. Datos de instalación enlace Cerro San Francisco – Kirpalamar

Punto	Datos de intalación	
Cerro San Francisco	Azimut norte verdadero	74,53°
	Azimut norte magnetico	81,06°
	Angulo de elevacion	-0,7296°

---

	Altura de la antena	15 m
La Mesa	Azimut norte verdadero	254,53°
	Azimut norte magnetico	261,09°
	Angulo de elevacion	0,6867°
	Altura de la antena	15 m

---

## 10.6 Red troncal Secundaria Alto el mirador

### 10.6.1 Enlace Alto el Mirador – El Samano

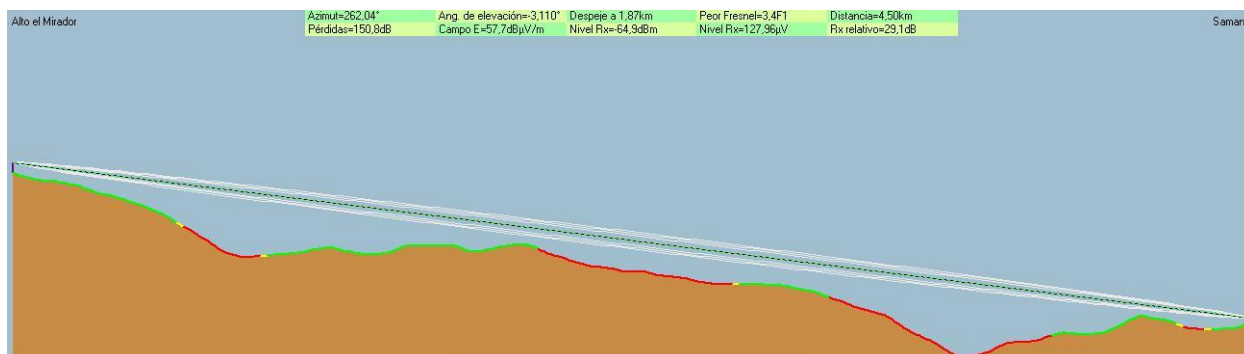


Figura 42. Enlace Alto el Mirador – EL Sámano

La figura 40 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace en la torre que se ubicara en el Alto el Mirador hacían la escuela el Sámano

Tabla 45. *Calculo de enlace Alto el Mirador – EL Sámano*

Descripción	Alto el Mirador	Sámano
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	30	30
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Perdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)		4,5
Frecuencia (GHz)		5,5
Perdida en espacio libre (dB)		120,32
Perdida por Obstrucción		-0,6
Perdida estadística		31,2

Perdida de propagación total	150,9	
1ª Zona de Fresnel (m)	7,83	
60% 1ª Zona de Fresnel (m)	4,70	
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv. (PIRE)	56,5	
Nivel de señal recibido	-64,9	
Margen de desvanecimiento	29,1	

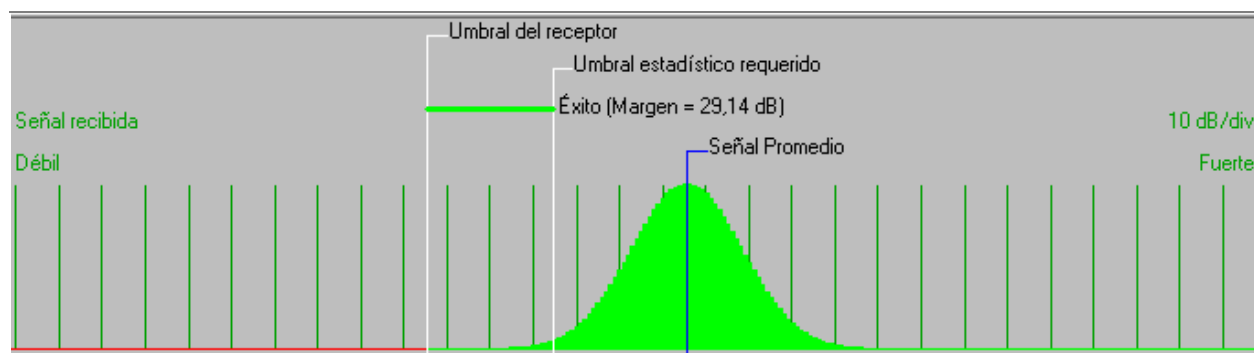


Figura 43. Nivel de señal recibido Enlace Alto el Mirador - Sámano

En la figura 41 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 29,14 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antena receptora.

#### 10.6.1.1 Datos de instalación enlace Alto el Mirador – El Sámano

Tabla 46. Datos de instalación enlace Alto el Mirador – EL Sámano

Punto	Datos de intalación	
Alto el Mirador	Azimut norte verdadero	259,84°
	Azimut norte magnetico	266,41°

---

	Angulo de elevacion	-1,2026265°
	Altura de la antena	15 m
El Samano	Azimet norte verdadero	82,4°
	Azimet norte magnetico	88,58°
	Angulo de elevacion	3,0694°
	Altura de la antena	5 m

---

## 10.6.2 Enlace Alto el Mirador – Zaragoza

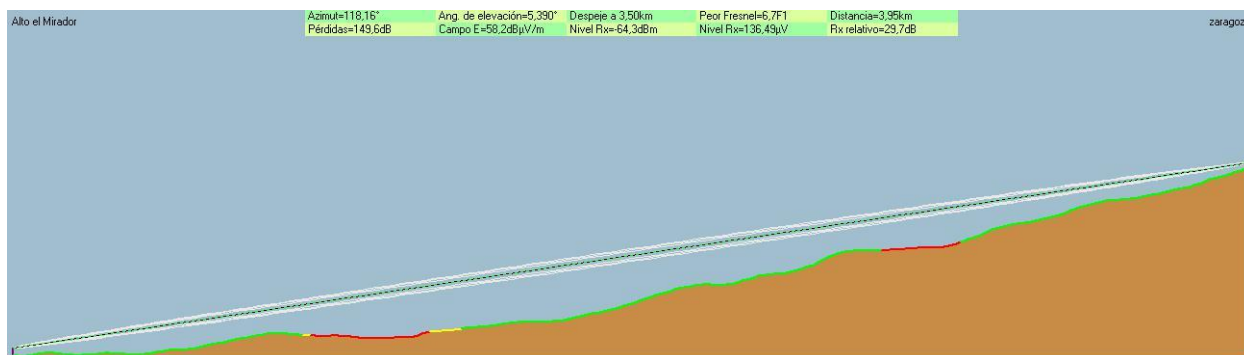


Figura 44. Enlace Alto el Mirador – Zaragoza

La figura 36 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace en la torre que se ubicara en el Alto el Mirador hacían la IED Zaragoza

Tabla 47. *Calculo de enlace Alto el Mirador – Zaragoza*

Descripción	Alto el Mirador	Zaragoza
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	29,3	30
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Perdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)	3,95	
Frecuencia (GHz)	5,5	
Perdida en espacio libre (dB)	119,19	
Perdida por Obstrucción	-0,8	
Perdida estadística	31,2	
Perdida de propagación total	149,6	



1ª Zona de Fresnel (m)	7,34	
60% 1ª Zona de Fresnel (m)	4,40	
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv. (PIRE)	55,8	
Nivel de señal recibido	-64,3	
Margen de desvanecimiento	29,7	

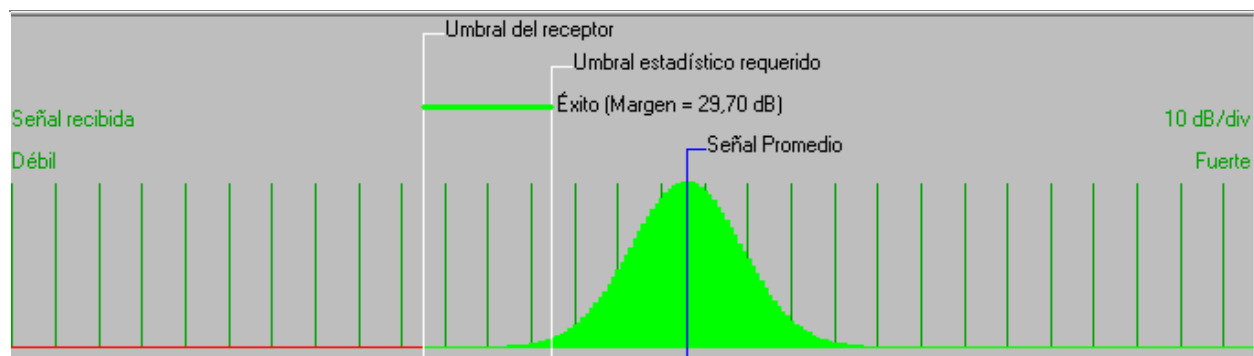


Figura 43. Nivel de señal recibido Enlace Alto el Mirador - Zaragoza

En la figura 41 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 29,14 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antena receptora.

#### 10.6.2.1 Datos de instalación enlace Alto el Mirador – Zaragoza

Tabla 47. Datos de instalación enlace Alto el Mirador – Zaragoza

Punto	Datos de intalación	
Alto El Mirador	Azimut norte verdadero	102,06°
	Azimut norte magnético	108,62°

---

	Angulo de elevación	3,2547°
	Altura de la antena	15 m
Zaragoza	Azimet norte verdadero	298,16°
	Azimet norte magnetico	304,75°
	Angulo de elevacion	-5,4256°
	Altura de la antena	5 m

---

### 10.6.3 Enlace Alto el Mirador – El Salitre

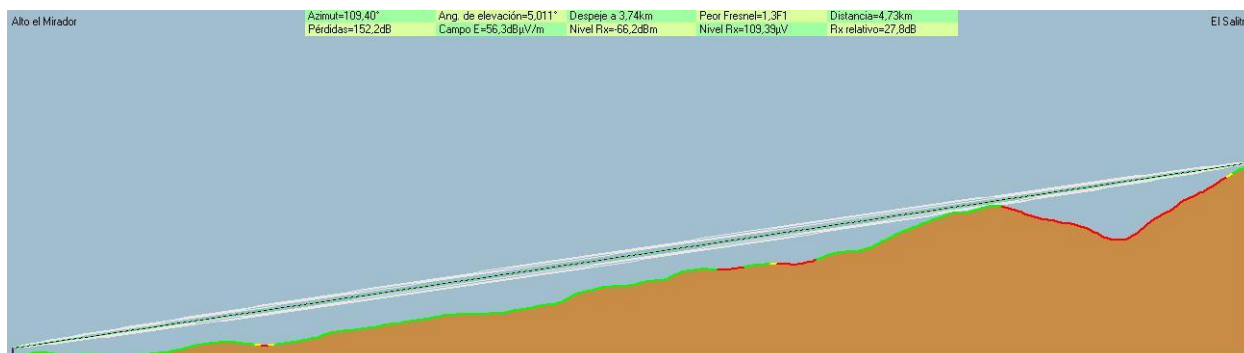


Figura 45. Enlace Alto el Mirador – Zaragoza

La figura 43 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace en la torre que se ubicara en el Alto el Mirador hacían la escuela el Salitre

Tabla 48. *Calculo de enlace Alto el Mirador – El Salitre*

Descripción	Alto el Mirador	El Salitre
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	30	30
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Perdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)	4,73	
Frecuencia (GHz)	5,5	
Perdida en espacio libre (dB)	120,75	
Perdida por Obstrucción	0,3	
Perdida estadística	31,2	
Perdida de propagación total	152,3	

1ª Zona de Fresnel (m)		8,03
60% 1ª Zona de Fresnel (m)		4,82
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv.(PIRE)		56,5
Nivel de señal recibido		-66,3
Margen de desvanecimiento		27,7

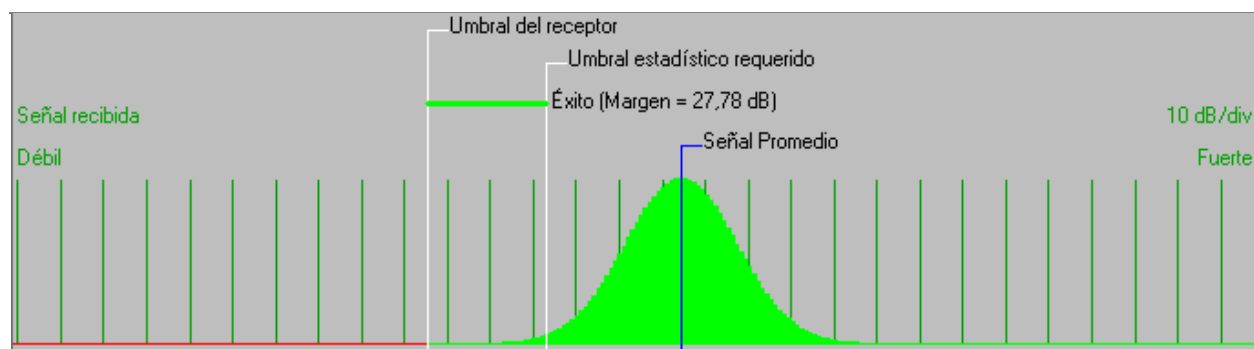


Figura 46. Nivel de señal recibido Enlace Alto el Mirador – El Salitre

En la figura 44 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 27,7 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antena receptora.

### 10.6.3.1 Datos de instalación enlace Alto el Mirador – El Salitre

Tabla 49. Datos de instalación enlace Alto el Mirador – El Salitre

Punto	Datos de intalación	
Alto El Mirador	Azimut norte verdadero	102,06°
	Azimut norte magnético	108,62°
	Angulo de elevación	3,2547°
	Altura de la antena	15 m

---

El Salitre	Azimut norte verdadero	289,40°
	Azimut norte magnetico	295,99°
	Angulo de elevacion	-5,0537°
	Altura de la antena	5 m

---

## 10.6.4 Enlace Alto el Mirador – Versalles

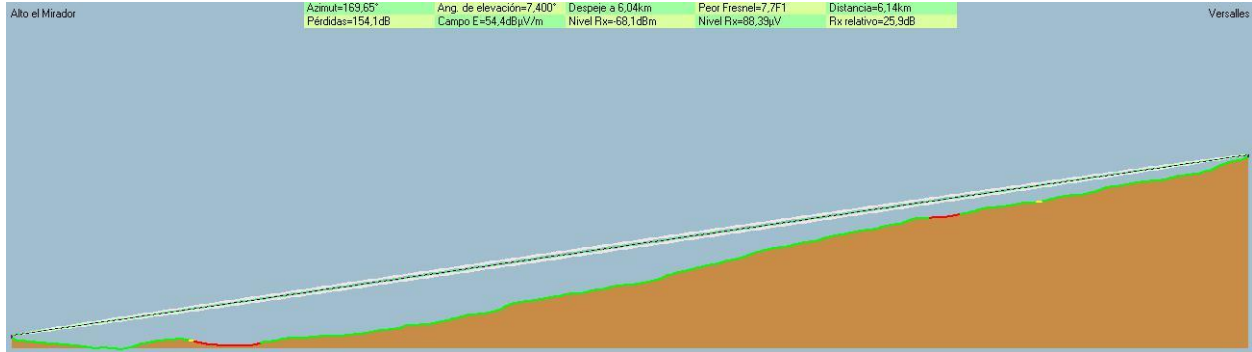


Figura 47. *Enlace Alto el Mirador – Versalles*

La figura 45 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace en la torre que se ubicara en el Alto el Mirador hacia la escuela Versalles.

Tabla 50. *Calculo de enlace Alto el Mirador – Versalles*

Descripción	Alto el Mirador	Versalles
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	30	30
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Pérdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)	6,14	
Frecuencia (GHz)	5,5	
Pérdida en espacio libre (dB)	123,02	
Pérdida por Obstrucción	-0,2	
Pérdida estadística	31,2	
Pérdida de propagación total	154,0	

1ª Zona de Fresnel (m)	9,15	
60% 1ª Zona de Fresnel (m)	5,49	
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv. (PIRE)	56,5	
Nivel de señal recibido	-68,0	
Margen de desvanecimiento	26,0	

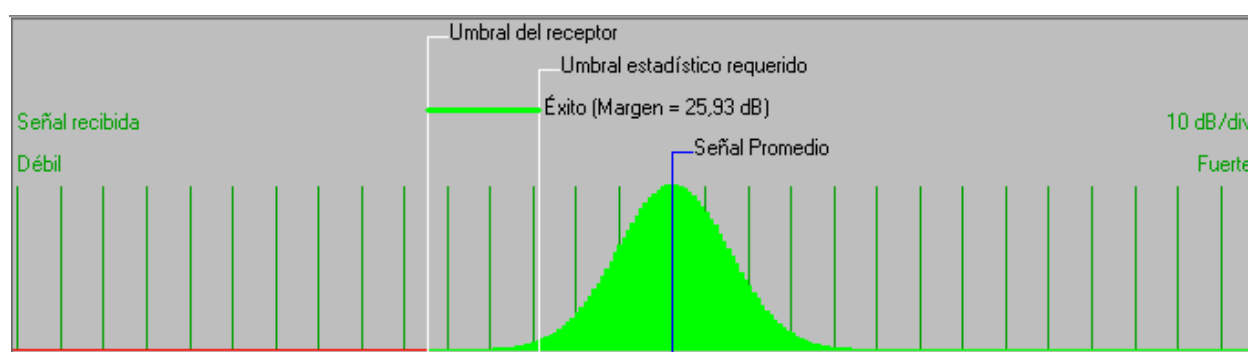


Figura 48. Nivel de señal recibido Enlace Alto el Mirador – Versalles

En la figura 46 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 26 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antena receptora.

#### 10.6.4.1 Datos de instalación enlace Alto el Mirador – Versalles

Tabla 51. Datos de instalación enlace Alto el Mirador – El Versalles

Punto	Datos de intalación	
Alto El Mirador	Azimut norte verdadero	169,95°
	Azimut norte magnético	176,22°
	Angulo de elevación	7,4001°
	Altura de la antena	15 m

---

Versalles	Azimut norte verdadero	349,65°
	Azimut norte magnetico	356,22°
	Angulo de elevacion	-7,4553°
	Altura de la antena	5 m

---



## 10.6.5 Enlace Alto el Mirador – San Miguel

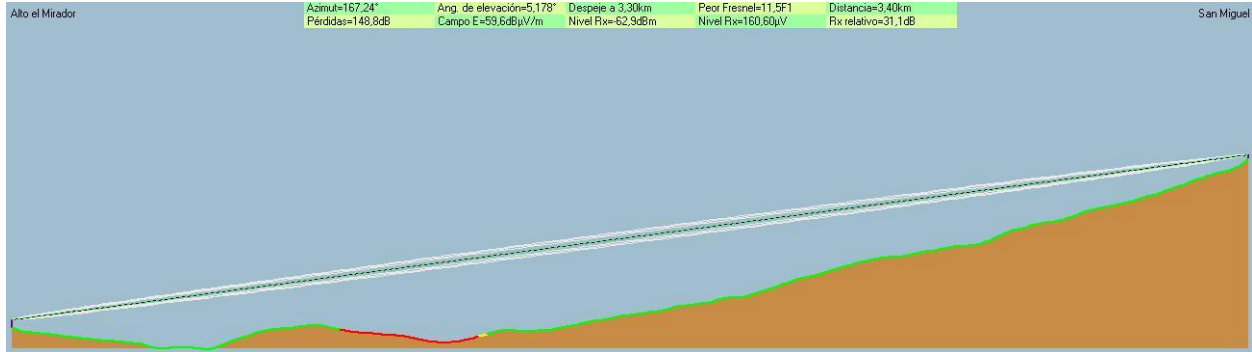


Figura 49. *Enlace Alto el Mirador – San Miguel*

La figura 47 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace en la torre que se ubicara en el Alto el Mirador hacía la escuela de San Miguel

Tabla 52. *Calculo de enlace Alto el Mirador – San Miguel*

Descripción	Alto el Mirador	San Miguel
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	30	30
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Perdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)		3,4
Frecuencia (GHz)		5,5
Perdida en espacio libre (dB)		117,89
Perdida por Obstrucción		-0,3
Perdida estadística		31,2
Perdida de propagación total		148,8

1ª Zona de Fresnel (m)		6,81
60% 1ª Zona de Fresnel (m)		4,09
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv. (PIRE)		56,5
Nivel de señal recibido		-62,8
Margen de desvanecimiento		31,2

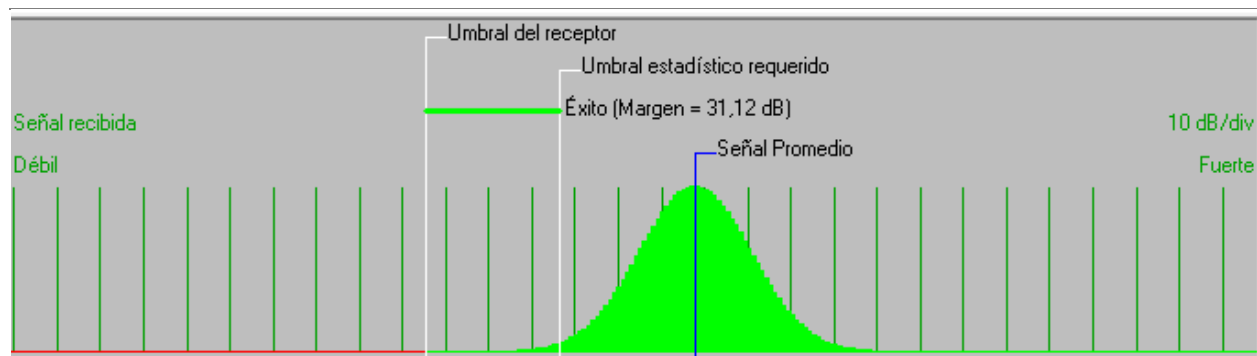


Figura 50. Nivel de señal recibido Enlace Alto el Mirador – San Miguel

En la figura 48 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 26 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antena receptora.

#### 10.6.5.1 Datos de instalación enlace Alto el Mirador – San Miguel

Tabla 53. Datos de instalación enlace Alto el Mirador – San Miguel

Punto	Datos de intalación	
Alto El Mirador	Azimut norte verdadero	169,95°
	Azimut norte magnético	176,22°
	Angulo de elevación	7,4001°

---

	Altura de la antena	15 m
San Miguel	Azimut norte verdadero	347,24°
	Azimut norte magnetico	353,81°
	Angulo de elevacion	-5,2083°
	Altura de la antena	5 m

---

## 10.6.6 Enlace Alto el Mirador – El Recuerdo

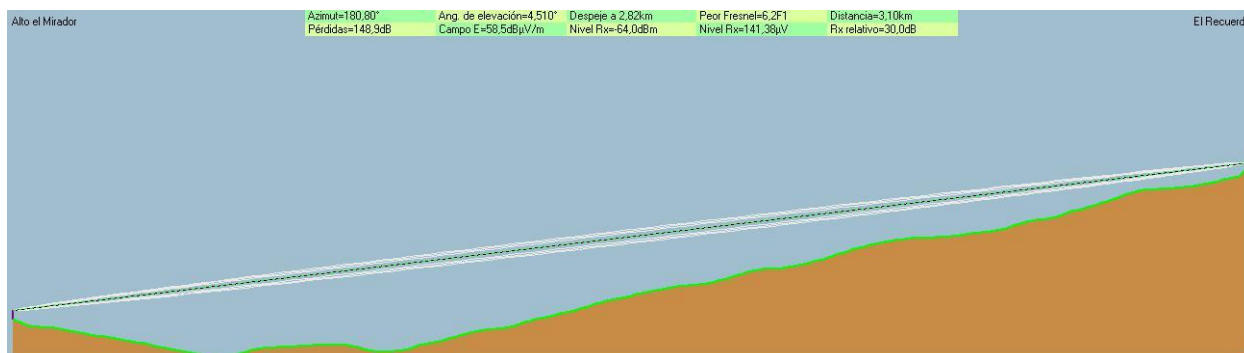


Figura 51. *Enlace Alto el Mirador – El Recuerdo*

La figura 49 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace en la torre que se ubicara en el Alto el Mirador hacían la escuela el recuerdo

Tabla 54. *Calculo de enlace Alto el Mirador – El Recuerdo*

Descripción	Alto el Mirador	El Recuerdo
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	28,9	30
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Pérdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)		3,1
Frecuencia (GHz)		5,5
Pérdida en espacio libre (dB)		117,08
Pérdida por Obstrucción		0,6
Pérdida estadística		31,2
Pérdida de propagación total		148,9

1ª Zona de Fresnel (m)	6,50	
60% 1ª Zona de Fresnel (m)	3,90	
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv. (PIRE)	55,4	
Nivel de señal recibido	-64,0	
Margen de desvanecimiento	30,0	

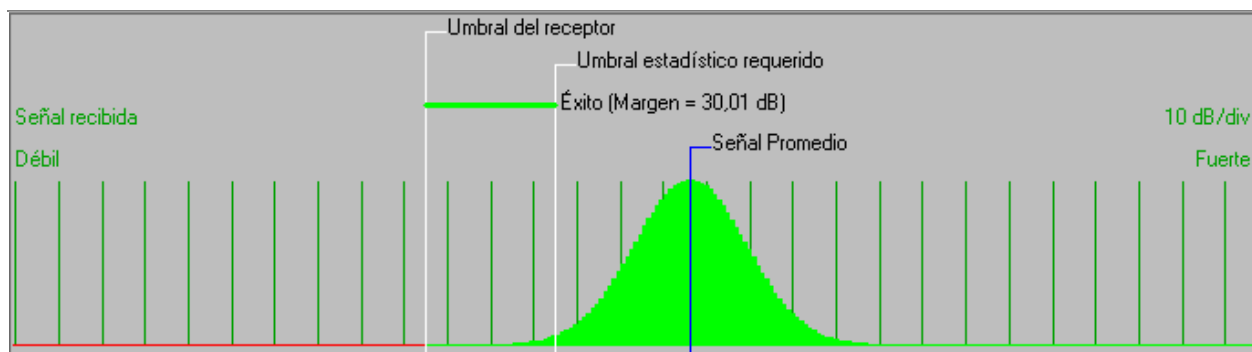


Figura 52. Nivel de señal recibido Enlace Alto el Mirador – El Recuerdo

En la figura 50 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 30 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antena receptora.

#### 10.6.6.1 Datos de instalación enlace Alto el Mirador – El Recuerdo

Tabla 55. Datos de instalación enlace Alto el Mirador – El Recuerdo

Punto	Datos de intalación	
Alto El Mirador	Azimut norte verdadero	169,95°
	Azimut norte magnético	176,22°
	Angulo de elevación	7,4001°

---

	Altura de la antena	15 m
El Recuerdo	Azimut norte verdadero	0,8°
	Azimut norte magnetico	7,36°
	Angulo de elevacion	-4,5383°
	Altura de la antena	5 m

---

## 10.6.7 Enlace Alto el Mirador – La Lajita

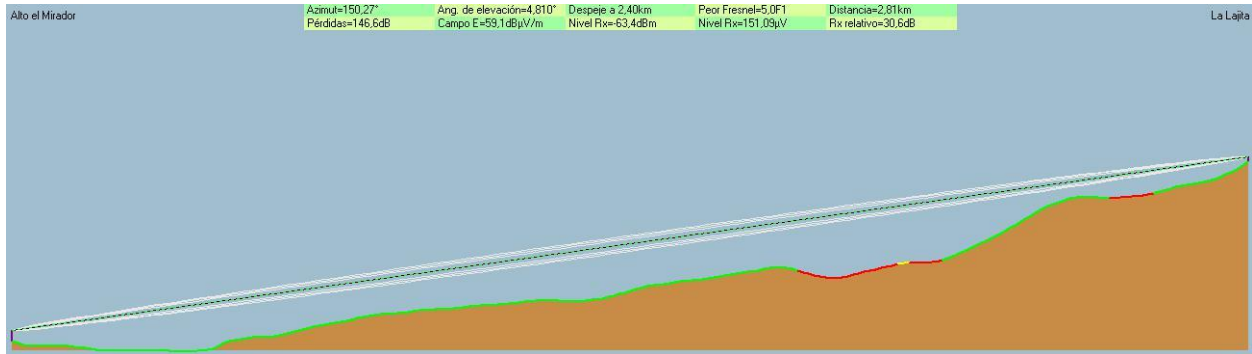


Figura 53. Enlace Alto el Mirador –La Lajita

La figura 51 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace en la torre que se ubicara en el Alto el Mirador hacía la escuela el recuerdo

Tabla 56. *Calculo de enlace Alto el Mirador – La Lajita*

Descripción	Alto el Mirador	La Lajita
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	27,2	30
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Perdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)		2,81
Frecuencia (GHz)		5,5
Perdida en espacio libre (dB)		116,23
Perdida por Obstrucción		-0,8
Perdida estadística		31,2
Perdida de propagación total		146,6

1ª Zona de Fresnel (m)		6,19
60% 1ª Zona de Fresnel (m)		3,71
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv. (PIRE)		53,7
Nivel de señal recibido		-63,4
Margen de desvanecimiento		30,6

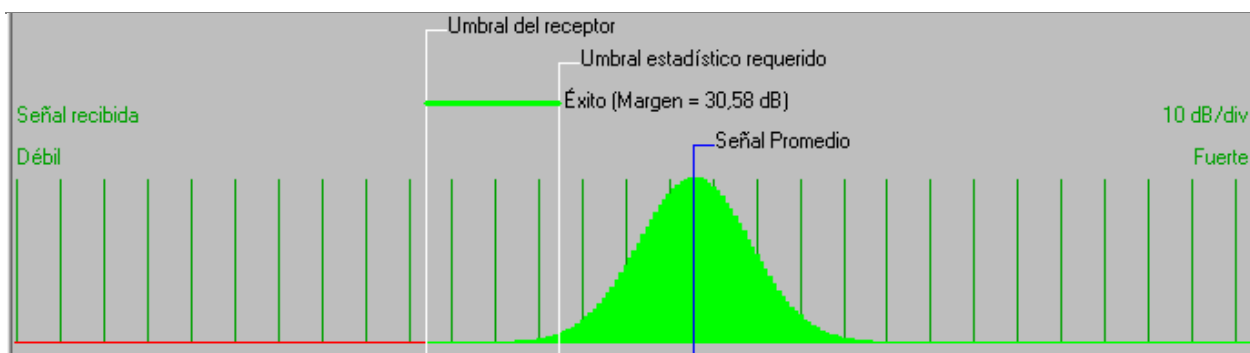


Figura 54. Nivel de señal recibido Enlace Alto el Mirador – El Recuerdo

En la figura 50 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 30,6 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antena receptora.

#### 10.6.7.1 Datos de instalación enlace Alto el Mirador – La Lajita

Tabla 57. Datos de instalación enlace Alto el Mirador – La Lajita

Punto	Datos de intalación	
Alto El Mirador	Azimut norte verdadero	169,95°
	Azimut norte magnético	176,22°
	Angulo de elevación	7,4001°
	Altura de la antena	15 m



---

La Lajita	Azimut norte verdadero	330,28°
	Azimut norte magnetico	336,85°
	Angulo de elevacion	-4,8355°
	Altura de la antena	5 m

---

### 10.6.8 Alto el Mirador – Santa Rosa

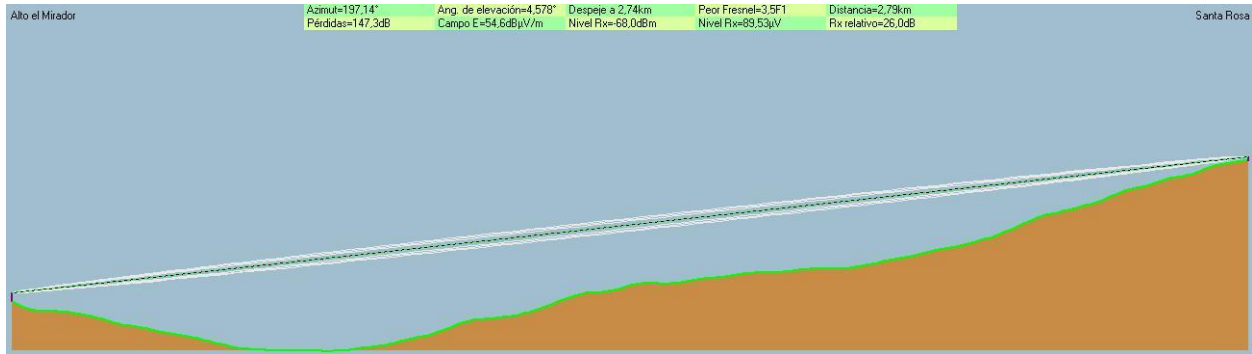


Figura 55. Enlace Alto el Mirador – Santa Rosa

La figura 53 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace en la torre que se ubicara en el Alto el Mirador hacían la escuela de Santa Rosa

Tabla 58. *Calculo de enlace Alto el Mirador – Santa Rosa*

Descripción	Alto el Mirador	Santa Rosa
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	23,4	30
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Perdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)	2,79	
Frecuencia (GHz)	5,5	
Perdida en espacio libre (dB)	116,17	
Perdida por Obstrucción	-0,1	
Perdida estadística	31,3	
Perdida de propagación total	147,4	

1ª Zona de Fresnel (m)	6,17	
60% 1ª Zona de Fresnel (m)	3,70	
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv. (PIRE)	49,9	
Nivel de señal recibido	-68,0	
Margen de desvanecimiento	26,0	

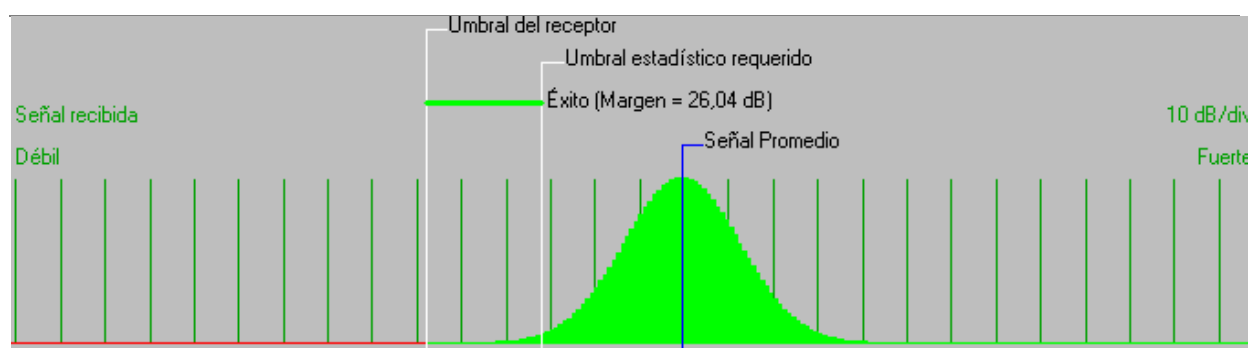


Figura 56. Nivel de señal recibido Enlace Alto el Mirador – Santa Rosa

En la figura 54 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 26 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antena receptora.

#### 10.6.8.1 Datos de instalación enlace Alto el Mirador – Santa Rosa

Tabla 59. Datos de instalación enlace Alto el Mirador – Santa Rosa

Punto	Datos de intalación	
Alto El Mirador	Azimut norte verdadero	169,95°
	Azimut norte magnético	176,22°
	Angulo de elevación	7,4001°
	Altura de la antena	15 m

---

Santa Rosa	Azimut norte verdadero	17,14°
	Azimut norte magnetico	23,71°
	Angulo de elevacion	-4,6035°
	Altura de la antena	5 m

---

## 10.6.9 Enlace Versalles – Casa Blanca



Figura 57. Enlace Versalles – Casa Blanca

La figura 55 muestra la comprobación de línea de vista directa en el enlace entre en enlace Versalles hacían casa blanca

Tabla 60. *Calculo de enlace Alto el Mirador – Santa Rosa*

Descripción	Versalles	Casa Blanca
Tipo de Antena	Direccional	Direccional
Ganancia de la Antena (dBi)	30	30
Longitud del cable (m)	0,5	0,5
Perdidas en el cable y conectores (dB)	0,5	0,5
Distancia del enlace (Km)		2,81
Frecuencia (GHz)		5,5
Perdida en espacio libre (dB)		116,23
Perdida por Obstrucción		0,3
Perdida estadística		31,3
Perdida de propagación total		147,8

1ª Zona de Fresnel (m)	6,19	
60% 1ª Zona de Fresnel (m)	3,71	
Potencia de la transmisión (dB)	27	27
Sensibilidad (dBm)	-94	-94
Potencia radiada isotrópicamente Equiv. (PIRE)	56,5	
Nivel de señal recibido	-61,8	
Margen de desvanecimiento	32,2	

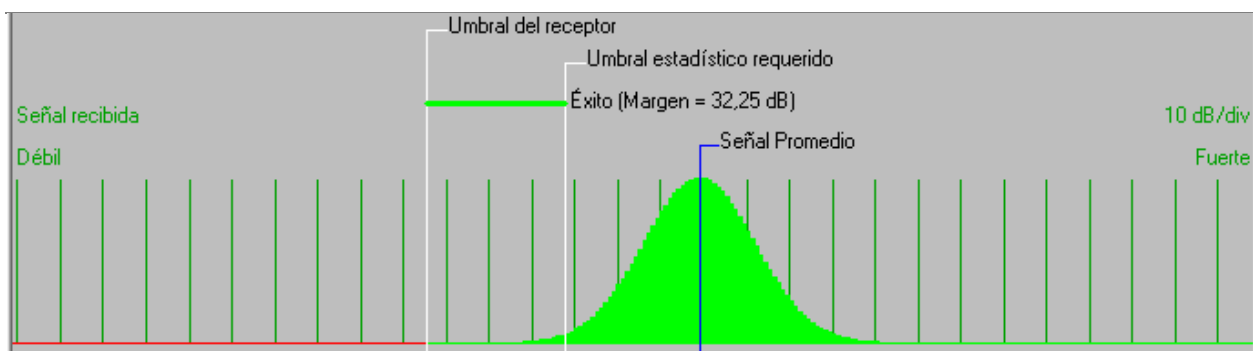


Figura 58. Nivel de señal recibido Enlace Alto el Mirador – Santa Rosa

En la figura 56 se muestra la señal promedio recibida y se observa que tiene margen de 32 dB con respecto al umbral de recepción o sensibilidad de la antena receptora.

#### 10.6.9.1 Datos de instalación enlace Versalles – Casa Blanca

Tabla 61. Datos de instalación enlace Versalles - Casa Blanca

Punto	Datos de intalación	
Versalles	Azimut norte verdadero	61,41°
	Azimut norte magnético	70,98°
	Angulo de elevación	-0,5301°
	Altura de la antena	15 m

---

Casa Blanca	Azimet norte verdadero	244,41°
	Azimet norte magnetico	251°
	Angulo de elevacion	0,5048°
	Altura de la antena	5 m

---

## **11. Emisiones radioeléctricas**

Los cálculos de los enlaces tienen en cuenta la normatividad vigente respecto a emisiones radio eléctricas, al momento de instalar los equipos de radio, se deben contemplar la distancia de seguridad, o distancia mínima entre el elemento radiante a la personas, se debe tener en cuenta la resolución 387 del 13 de junio de 2016, teniendo en cuenta los límites de potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE), para no sobrepasar los límites establecidos allí expuestos, y conservar la distancia de cumplimiento obtenida, para cada caso sea red de acceso WIFI o enlaces punto a punto.



## **12. Descripción de infraestructura necesaria**

Los equipos inalámbricos deben transmitir en canales de banda libre, 2,4Ghz para zonas WIFI y 5,8 GHz para enlaces punto a punto, deben cumplir con la normatividad vigente para su instalación en exteriores lo que incluye protección anti rayos, debidamente sellados e aislados para evitar filtraciones de agua tanto los equipos como conectores, los enlaces punto a punto deben soportar protocolos de seguridad WAP2, en las zonas WIFI deben soportar estándares 802,11b y/o 802,11g, todos los dispositivos deben ser gestionables, lo que permita su monitorización y gestión remota.

### **13. Descripción de recurso humano necesario**

- Personal calificado y certificado para trabajos en alturas. Para la instalación de torres y antenas que requiere cada torre, y nodo dentro de la red.
- Personal técnico en construcción y montaje de redes eléctricas.
- Personal técnico profesional en instalación de cableado estructurado.
- Personal profesional en Ingeniería en Comunicaciones, Ingeniería de sistemas o afines encargado de la supervisión de la instalación de antenas inalámbricas y cableado estructurado, configuración, administración y gestión de redes estructuradas e inalámbricas.
- Se sugiere realizar capacitación y apropiación social del conocimiento al personal encargado de las instituciones educativas el cual debe ser efectuado por un profesional en ingeniería en comunicaciones, ingeniería de sistemas o afines.

## 14. Presupuesto

Se ha realizado un presupuesto de red eléctrica normal y red eléctrica regulada para cada una de las sedes educativas, que incluye los equipos de red LAN y WLAN y antenas de enlace a la red troncal primaria, este presupuesto se detalla en el Anexo 2. Presupuesto detallado red eléctrica normal, y en el Anexo 3. Presupuesto detallado red eléctrica regulada.

### 14.1 Presupuesto Red Eléctrica normal

El costo de inversión para todas las sedes educativas en una red eléctrica normal es de \$ 165.977.638 sin IVA como se observa en la tabla 62; en la tabla 63 se especifica el costo total por sede educativa, en el anexo 2. *Presupuesto detallado red eléctrica normal*, se individualiza el presupuesto para cada una de las sedes educativas, en las tablas 64, 65 y 66 exponen los costos de mano de obra, viáticos e insumos eléctricos para el total de las sedes educativas.

Tabla 62. *Presupuesto total red eléctrica normal*

Descripción	Total
Costo Total Insumos Eléctricos	\$ 129.520.038
Costo Total Mano De Obra	\$ 32.991.600
Costo Total Viáticos	\$ 3.466.000
Costo Total De Inversión Red Eléctrica Normal Sin IVA	\$ 165.977.638

Tabla 63. *Presupuesto total Red Eléctrica Normal por Sede Educativa*

Sede educativa	Costo Insumos eléctricos	Costo mano de obra	Costo viáticos	Total de inversión por sede
Escuela el Sámano	\$ 5.352.215	\$ 1.286.000	\$ 90.000	\$ 6.728.215
Escuela san Roque	\$ 5.352.215	\$ 1.286.000	\$ 150.000	\$ 6.788.215
Escuela Sabaneta	\$ 5.352.215	\$ 1.286.000	\$ 150.000	\$ 6.788.215
Escuela la Honda	\$ 5.352.215	\$ 1.286.000	\$ 90.000	\$ 6.728.215
Escuela la Mesa	\$ 5.352.215	\$ 1.286.000	\$ 72.000	\$ 6.710.215
Escuela el Triunfo	\$ 5.352.215	\$ 1.286.000	\$ 120.000	\$ 6.758.215
Escuela Vergel	\$ 5.352.215	\$ 1.286.000	\$ 180.000	\$ 6.818.215
Escuela el Cuartel	\$ 5.352.215	\$ 1.286.000	\$ 180.000	\$ 6.818.215
Escuela la Lajita	\$ 5.352.215	\$ 1.286.000	\$ 72.000	\$ 6.710.215
Escuela san Miguel	\$ 5.352.215	\$ 1.286.000	\$ 120.000	\$ 6.758.215
Escuela San Luis	\$ 5.352.215	\$ 1.286.000	\$ 180.000	\$ 6.818.215
Escuela Berlín	\$ 5.352.215	\$ 1.286.000	\$ 300.000	\$ 6.938.215
Escuela Santa Rosa	\$ 5.352.215	\$ 1.286.000	\$ 90.000	\$ 6.728.215
Escuela Recuerdo	\$ 5.352.215	\$ 1.286.000	\$ 90.000	\$ 6.728.215
Escuela Casa Blanca	\$ 5.352.215	\$ 1.286.000	\$ 240.000	\$ 6.878.215
Escuela el Salitre	\$ 5.352.215	\$ 1.286.000	\$ 180.000	\$ 6.818.215
Escuela Versalles	\$ 6.449.877	\$ 1.585.700	\$ 240.000	\$ 8.275.577
Escuela Tiscince	\$ 5.704.003	\$ 1.465.100	\$ 120.000	\$ 7.289.103
Escuela la Arabia	\$ 7.989.285	\$ 2.267.800	\$ 160.000	\$ 10.417.085
IED Kirpalamar	\$ 9.862.017	\$ 3.036.500	\$ 192.000	\$ 3.090.517
IED Zaragoza	\$ 13.879.419	\$ 4.060.500	\$ 450.000	\$ 18.389.919
TOTAL INVERSIÓN				\$ 165.977.638

Tabla 64. *Presupuesto mano de obra para red eléctrica normal.*

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Vr Unidad	Total
1	instalación canaleta perimetral	M	631,2	\$ 10.000	\$ 6.312.000
2	instalación troquel vos y datos	UN	437	\$ 2.000	\$ 874.000

3	tendió cable UTP	M	7646	\$ 700	\$ 5.352.200
4	tendido cableado eléctrico	M	1912	\$ 700	\$ 1.338.400
5	instalación tubería MT	M	394	\$ 5.000	\$ 1.970.000
6	instalación tomacorriente	UN	358	\$ 5.000	\$ 1.790.000
7	instalación toma RJ-45	UN	337	\$ 5.000	\$ 1.685.000
8	acometida puesta a tierra	UN	21	\$ 100.000	\$ 2.100.000
9	instalación tablero de circuitos	UN	21	\$ 80.000	\$ 1.680.000
10	instalación rack	UN	21	\$ 50.000	\$ 1.050.000
11	instalación antena (soporte y mástil para antena)	UN	22	\$ 130.000	\$ 2.860.000
12	certificación puntos de datos	UN	337	\$ 10.000	\$ 3.370.000
13	instalación bandeja Cablofil	M	230	\$ 10.000	\$ 2.300.000
14	regata	M	31	\$ 10.000	\$ 310.000
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 32.991.600</b>

Tabla 65. *Presupuesto Viáticos Red eléctrica normal*

Ítem	Descripción	Días	Vr Unidad	Total
1	Trasporte diario a escuela Sámano.	3	\$ 30.000	\$ 90.000
2	Trasporte diario a escuela San Roque	3	\$ 50.000	\$ 150.000
3	Trasporte diario a escuela Sabaneta	3	\$ 50.000	\$ 150.000
4	Trasporte diario a escuela La Honda	3	\$ 30.000	\$ 90.000
5	Trasporte diario a escuela La Mesa	3	\$ 24.000	\$ 72.000
6	Trasporte diario a escuela El Triunfo	3	\$ 40.000	\$ 120.000
7	Trasporte diario a escuela El Vergel	3	\$ 60.000	\$ 180.000
8	Trasporte diario a escuela El Cuartel	3	\$ 60.000	\$ 180.000

9	Trasporte diario a escuela La Lajita	3	\$ 24.000	\$ 72.000
10	Trasporte diario a escuela San Miguel	3	\$ 40.000	\$ 120.000
11	Trasporte diario a escuela San Luis	3	\$ 60.000	\$ 180.000
12	Trasporte diario a escuela Berlín	3	\$ 100.000	\$ 300.000
13	Trasporte diario a escuela Santa Rosa	3	\$ 30.000	\$ 90.000
14	Trasporte diario a escuela el Recuerdo	3	\$ 30.000	\$ 90.000
15	Trasporte diario a escuela Casa Blanca	3	\$ 80.000	\$ 240.000
16	Trasporte diario a escuela Salitre	3	\$ 60.000	\$ 180.000
17	Trasporte diario a escuela Versalles	3	\$ 80.000	\$ 240.000
18	Trasporte diario escuela Tiscince	3	\$ 40.000	\$ 120.000
19	Trasporte diario a escuela la Arabia	8	\$ 20.000	\$ 160.000
20	Trasporte diario a IED Kirpalamar	12	\$ 16.000	\$ 192.000
21	Trasporte diario a IED Zaragoza	15	\$ 30.000	\$ 450.000
Costo Total Transporte A Sedes Educativas				\$ 3.466.000

Los costos de transporte incluyen el costo diario de desplazamiento desde la cabecera municipal, a las sedes educativas (cubre Ida y Vuelta) y el transporte de material.

Tabla 66. *Presupuesto insumos eléctricos Red eléctrica normal*

Ítem	Descripción	Uni,	Cant.	Vr Unidad	Total
1	interruptor 50 A	UN	18	\$ 91.564	\$ 1.648.152
2	interruptor 70 A	UN	1	\$ 130.200	\$ 130.200
3	interruptor 100 A	UN	1	\$ 152.300	\$ 152.300
4	interruptor 150 A	UN	1	\$ 220.000	\$ 220.000

5	tablero de sobre posición de 6 circuitos	UN	19	\$ 20.200	\$ 383.800
6	tablero de sobre posición de 8 circuitos	UN	1	\$ 45.000	\$ 45.000
7	tablero de sobre posición de 12 circuitos	UN	1	\$ 160.000	\$ 160.000
8	Breaker 20a 125v	UN	38	\$ 19.000	\$ 722.000
9	terminal 12AWG ojo 1/4 x 50u	UN	48	\$ 2.224	\$ 106.752
10	terminal 8AWG ojo 1/4	UN	210	\$ 908	\$ 190.680
11	cable desnudo #6AWG cobre 7 hilos	M	210	\$ 3.430	\$ 720.300
12	alambre desnudo #12AWG cobre 7 hilos	UN	871	\$ 2.262	\$ 1.970.202
13	varilla tierra 14.28mm x 2.4 mt cobre	UN	21	\$ 107.376	\$ 2.254.896
14	barraje puesta tierra 1/4x2x12 con aisladores	UN	21	\$ 226.910	\$ 4.765.110
15	canaleta 10x5cm metálica blanca con división tramo 2.4mts	UN	224	\$ 37.628	\$ 8.428.672
16	canaleta 12x5cm metálica blanca con división tramo 2.4mts	UN	39	\$ 37.628	\$ 1.467.492
17	troquel eléctrico p/canaleta 10 cm blanco	UN	205	\$ 2.168	\$ 444.440
18	troquel datos p/canaleta 10 cm blanco	UN	111	\$ 2.168	\$ 240.648
19	troquel eléctrico p/canaleta 12 cm blanco	UN	80	\$ 2.168	\$ 173.440
20	troquel datos p/canaleta 12 cm blanco	UN	41	\$ 2.168	\$ 88.888
21	FACEPLATE 2 espacios	UN	198	\$ 3.058	\$ 605.484
22	caja metálica 2400 con suplemento	UN	44	\$ 1.900	\$ 83.600
23	caja metálica 10x10 con suplemento	UN	22	\$ 2.300	\$ 50.600
24	cable THHN/THWN-2 #12awg blanco-verde-azul TRIPLEX 600v 90 grados	UN	1041	\$ 3.492	\$ 3.635.172
25	toma 15a 125v 1F+N+T doble polo tierra nema 5-15r blanca	UN	358	\$ 1.686	\$ 603.588

26	tubo EMT 1 1/4" ntc-105	M	85	\$ 5.449	\$ 463.137
27	codo EMT 1 1/4" colmena	UN	24	\$ 3.632	\$ 87.168
28	unión EMT 1 1/4" acero	UN	47	\$ 1.108	\$ 52.076
29	conector EMT 1 1/4" acero	UN	66	\$ 1.146	\$ 75.636
30	tubo EMT 3/4" ntc-105	M	177	\$ 3.751	\$ 663.986
31	codo EMT 3/4" colmena	UN	54	\$ 2.140	\$ 115.560
32	unión EMT 3/4" acero	UN	107	\$ 674	\$ 72.118
33	conector EMT 3/4" acero	UN	160	\$ 740	\$ 118.400
34	tubo EMT 2" ntc-105	M	9	\$ 9.800	\$ 88.200
35	codo EMT 2" colmena	UN	6	\$ 7.800	\$ 46.800
36	conector EMT 2" acero	UN	12	\$ 3.650	\$ 43.800
37	unión EMT 2" acero	UN	6	\$ 4.000	\$ 24.000
38	bandeja malla 60mm x 300mm electro zincada con división	M	230	\$ 17.341	\$ 3.988.507
39	unión p/bandeja tipo tornillo x 5 unidad	UN	140	\$ 4.878	\$ 682.920
40	PACHPANEL 24 espacios	UN	25	\$ 50.362	\$ 1.259.050
41	organizador 2u rack frontal	UN	21	\$ 91.728	\$ 1.926.288
42	toma corriente para rack 4 tomas dobles	UN	21	\$ 85.000	\$ 1.785.000
43	cable UTP categoría 6 gris x mt	M	6546	\$ 1.176	\$ 7.700.671
44	cable F/UTP cat 6 blindado x1mt	UN	1100	\$ 1.752	\$ 1.926.897
45	plug RJ45 cat-6 paquete por 10 unidades	UN	21	\$ 22.070	\$ 463.470
46	toma RJ45 categoría 6 azul	UN	337	\$ 10.002	\$ 3.370.674
47	patch cord categoría 6 0.9 mts rojo	UN	337	\$ 8.212	\$ 2.767.444
48	patch cord categoría 6 3 mts azul	UN	337	\$ 14.720	\$ 4.960.640
49	chazo puntilla 1-5/8 x 1/4 con tornillo nylon paquete 100 unidades	UN	27	\$ 10.958	\$ 295.866
50	chazo 3/8x1-9/16 tipo rl hembra broca de 1/2"	UN	260	\$ 1.414	\$ 367.640



51	amarre negro 4" paquete 100u	UN	26	\$ 784	\$ 20.384
52	amarre negro 12" paquete 100u	UN	26	\$ 6.382	\$ 165.932
53	amarre velcro 11mts x 19mm	UN	45	\$ 33.458	\$ 1.505.610
54	cinta aislante negro 18mmx18mts	UN	99	\$ 2.782	\$ 275.418
55	tornillo lámina punta broca zi8x3/4pg 100u	UN	74	\$ 7.320	\$ 541.680
56	caja sencilla conduit	UN	61	\$ 7.100	\$ 433.100
57	tubo conduit IMC 1 1/2" galvanizado	M	132	\$ 13.333	\$ 1.760.000
58	grapa metálica doble oreja para tubería 1 1/2"	UN	110	\$ 1.500	\$ 165.000
59	marco en hierro, para caja de tierras 50x50 con tapa	UN	21	\$ 60.000	\$ 1.260.000
60	soldadura exotérmica 45 gramos	UN	21	\$ 8.550	\$ 179.550
61	marquillas adhesivas para cableado de datos y troqueles eléctricos y datos	UN	1352	\$ 500	\$ 676.000
62	Antena, 2x2 mimo o superior, alimentación eléctrica power method passive power over ethernet (pairs 4,5+; 7,8 return), frecuencia de transición 5GHZ, modo de operación: access point, ap wds, cliente, cliente wds.	UN	22	\$ 380.000	\$ 8.360.000
63	disco o plato de ganancia 30db, compatible con AP, descrito anteriormente	UN	22	\$ 350.000	\$ 7.700.000

64	<p>punto de acceso WIFI  completamente homologado 802.11  B/G/N DRAFT 2 con power over  Ethernet (PoE)  homologación: completamente  homologado por la weca con  certificado registrado en  <a href="http://www.wi-fi.org/">http://www.wi-fi.org/</a>  estándares: compatible con estándares  802.11b/g/n  Ethernet adaptador de corriente para  conexión a 110 vac  administración: administrable desde  interfaz web  seguridad: MAC, ocultar SSID, WPA,  WPA2  frecuencia de operación: primeros 11  canales de la banda de 2.4ghz  puertos: mínimo 4 puertos LAN  nivel de salida: mayor a 15 dbm  antenas: al menos dos antenas en  modo de diversidad en cualquiera de  los casos antenas de 2 dbi de ganancia  o superior.  DHCP: función de DHCP para asignar  direcciones a los computadores  clientes inalámbricos y para tomar una  dirección ip de administración.  fuente de alimentación: cumplir con  802.3af power over</p>	UN	26	\$ 290.000	\$ 7.540.000
----	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----	----	------------	--------------

65	Switch administrable con 24 puertos 10/100/1000 Mbps, capacidad de conmutación min 32 gbps, rata de reenvío mínima 35 Mbps	UN	18	\$ 1.310.000	\$ 23.580.000
66	Switch administrable con 48 puertos 10/100/1000 Mbps, capacidad de conmutación min 32 Gbps, rata de reenvío mínima 35 Mbps	UN	4	\$ 1.628.000	\$ 6.512.000
67	Gabinete de 19 pulgadas, puerta frontal en vidrio templado de seguridad de 4 mm o malla metálica, con llave. Que permita anclaje en pared	UN	20	\$ 230.000	\$ 4.600.000
68	Gabinete de 60x60x60 cm, puerta frontal en vidrio templado de seguridad de 4 mm o malla metálica, con llave. que permita anclaje en pared o piso	UN	1	\$ 390.000	\$ 390.000
69	bandeja para Rack 19 pulgadas	UN	20	\$ 58.000	\$ 1.160.000
70	bandeja para Rack 60cm	UN	1	\$ 58.000	\$ 58.000
TOTAL					\$ 129.520.038

## 14.2 Presupuesto Red Eléctrica Regulada

El costo de inversión para todas las sedes educativas en una red eléctrica normal es de \$237.533.127 sin IVA como se observa en la tabla 67; en la tabla 68 se especifica el costo total por sede educativa, en el anexo 2. *Presupuesto detallado red eléctrica Regulada*, se individualiza el presupuesto para cada una de las sedes educativas, en las tablas 69, 70 y 71 exponen los costos de mano de obra, viáticos e insumos eléctricos para el total de las sedes educativas.

Tabla 67. *Presupuesto Total Red Eléctrica Regulada.*

Descripción	Total
Costo Total Insumos Eléctricos	\$198.381.327
Costo Total Mano De Obra	\$35.685.800
Costo Total Viáticos	\$3.466.000
Costo Total De Inversión Red Eléctrica Regulada	\$237.533.127

Tabla 68. *Presupuesto total Red Eléctrica Regulada por Sede Educativa.*

Ítem	Sede educativa	Costo componentes eléctricos	Costo mano de obra	Costo viáticos	Total de inversión por sede
1	Escuela el Sámano	\$7.138.806	\$1.397.900	\$90.000	\$8.626.706
2	Escuela san Roque	\$7.138.806	\$1.397.900	\$150.000	\$8.686.706
3	Escuela Sabaneta	\$7.138.806	\$1.397.900	\$150.000	\$8.686.706
4	Escuela la Honda	\$7.138.806	\$1.397.900	\$90.000	\$8.626.706
5	Escuela la Mesa	\$7.138.806	\$1.397.900	\$72.000	\$8.608.706
6	Escuela el Triunfo	\$7.138.806	\$1.397.900	\$120.000	\$8.656.706
7	Escuela Vergel	\$7.138.806	\$1.397.900	\$180.000	\$8.716.706
8	Escuela el Cuartel	\$7.138.806	\$1.397.900	\$180.000	\$8.716.706
9	Escuela la Lajita	\$7.138.806	\$1.397.900	\$72.000	\$8.608.706
10	Escuela san Miguel	\$7.138.806	\$1.397.900	\$120.000	\$8.656.706
11	Escuela San Luis	\$7.138.806	\$1.397.900	\$180.000	\$8.716.706
12	Escuela Berlín	\$7.138.806	\$1.397.900	\$300.000	\$8.836.706

13	Escuela Santa Rosa	\$7.138.806	\$1.397.900	\$90.000	\$8.626.706
14	Escuela Recuerdo	\$7.138.806	\$1.397.900	\$90.000	\$8.626.706
15	Escuela Casa Blanca	\$7.138.806	\$1.397.900	\$240.000	\$8.776.706
16	Escuela el Salitre	\$7.138.806	\$1.403.900	\$180.000	\$8.722.706
17	Escuela Versalles	\$11.050.537	\$1.708.500	\$240.000	\$12.999.037
18	Escuela Tiscince	\$10.691.946	\$1.565.100	\$120.000	\$12.377.046
19	Escuela la Arabia	\$14.483.776	\$2.360.100	\$160.000	\$17.003.876
20	IED Kirpalamar	\$20.464.333	\$3.296.000	\$192.000	\$23.952.333
21	IED Zaragoza	\$27.469.843	\$4.383.700	\$450.000	\$32.303.543
COSTO TOTAL DE INVERSIÓN					\$237.533.127

Tabla 69. *Presupuesto mano de obra para Red Eléctrica Regulada.*

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Vr Unidad	Total
1	instalación canaleta perimetral	M	632,4	\$ 10.000	\$ 6.324.000
2	instalación troquel vos y datos	UN	437	\$ 2.000	\$ 874.000
3	tendió cable UTP	M	7646	\$ 700	\$ 5.352.200
4	tendido cableado eléctrico	M	2508	\$ 700	\$ 1.755.600
5	instalación tubería MT	M	397	\$ 5.000	\$ 1.985.000
6	instalación tomacorriente	UN	358	\$ 5.000	\$ 1.790.000
7	instalación toma RJ45	UN	337	\$ 5.000	\$ 1.685.000
8	acometida puesta a tierra	UN	21	\$ 100.000	\$ 2.100.000
9	instalación tablero de circuitos	UN	21	\$ 80.000	\$ 1.680.000
10	instalación rack	UN	21	\$ 50.000	\$ 1.050.000
11	instalación antena (soporte y mástil para antena)	UN	22	\$ 130.000	\$ 2.860.000
12	certificación puntos de datos	UN	337	\$ 10.000	\$ 3.370.000

13	instalación bandeja cablofil	M	225	\$ 10.000	\$ 2.250.000
14	instalación UPS	UN	23	\$ 100.000	\$ 2.300.000
15	regata	M	31	\$ 10.000	\$ 310.000
TOTAL					\$ 35.685.800

Tabla 70. *Presupuesto Viáticos Red eléctrica Regulada.*

Ítem	Descripción	Días	Vr Unidad	Total
1	Trasporte diario a escuela Sámano.	3	\$ 30.000	\$ 90.000
2	Trasporte diario a escuela San Roque	3	\$ 50.000	\$ 150.000
3	Trasporte diario a escuela Sabaneta	3	\$ 50.000	\$ 150.000
4	Trasporte diario a escuela La Honda	3	\$ 30.000	\$ 90.000
5	Trasporte diario a escuela La Mesa	3	\$ 24.000	\$ 72.000
6	Trasporte diario a escuela El Triunfo	3	\$ 40.000	\$ 120.000
7	Trasporte diario a escuela El Vergel	3	\$ 60.000	\$ 180.000
8	Trasporte diario a escuela El Cuartel	3	\$ 60.000	\$ 180.000
9	Trasporte diario a escuela La Lajita	3	\$ 24.000	\$ 72.000
10	Trasporte diario a escuela San Miguel	3	\$ 40.000	\$ 120.000
11	Trasporte diario a escuela San Luis	3	\$ 60.000	\$ 180.000
12	Trasporte diario a escuela Berlín	3	\$ 100.000	\$ 300.000
13	Trasporte diario a escuela Santa Rosa	3	\$ 30.000	\$ 90.000
14	Trasporte diario a escuela el Recuerdo	3	\$ 30.000	\$ 90.000

15	Trasporte diario a escuela Casa Blanca	3	\$ 80.000	\$ 240.000
16	Trasporte diario a escuela Salitre	3	\$ 60.000	\$ 180.000
17	Trasporte diario a escuela Versalles	3	\$ 80.000	\$ 240.000
18	Trasporte diario escuela Tiscince	3	\$ 40.000	\$ 120.000
19	Trasporte diario a escuela la Arabia	8	\$ 20.000	\$ 160.000
20	Trasporte diario a IED Kirpalamar	12	\$ 16.000	\$ 192.000
21	Trasporte diario a IED Zaragoza	15	\$ 30.000	\$ 450.000
Costo Total Transporte A Sedes Educativas				\$ 3.466.000

Los costos de transporte incluyen el costo diario de desplazamiento desde la cabecera municipal, a las sedes educativas (cubre Ida y Vuelta) y el transporte de material.

Tabla 71. *Presupuesto insumos eléctricos Red eléctrica normal*

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Vr Unidad	Total
1	interruptor 50a	UN	18	\$ 91.564	\$1.648.152
2	interruptor 70a	UN	1	\$ 130.200	\$130.200
3	interruptor 100a	UN	1	\$ 152.300	\$152.300
4	interruptor 150a	UN	1	\$ 220.000	\$220.000
5	tablero de sobre posición de 6 circuitos	UN	18	\$ 20.200	\$363.600
6	tablero de sobre posición de 8 circuitos	UN	1	\$ 45.000	\$45.000
7	tablero de sobre posición de 12 circuitos	UN	1	\$ 160.000	\$160.000
8	tablero de sobre posición de 16 circuitos	UN	1	\$ 210.000	\$210.000

9	Breaker 20a 125v	UN	64	\$ 19.000	\$1.216.000
10	terminal 12awg ojo 1/4 x 50u	UN	48	\$ 2.224	\$106.752
11	terminal 8awg ojo 1/4	UN	210	\$ 908	\$190.680
12	cable desnudo #6awg cobre 7 hilos	M	210	\$ 3.430	\$720.300
13	alambre desnudo #12awg cobre 7 hilos	UN	871	\$ 2.262	\$1.970.202
14	varilla tierra 14.28mm x 2.4 mt cobre	UN	21	\$ 107.376	\$2.254.896
15	barraje puesta tierra 1/4x2x12 con aisladores	UN	21	\$ 226.910	\$4.765.110
16	canaleta 10x5cm metálica blanca con división tramo 2.4mts	UN	198	\$ 37.628	\$7.450.344
17	canaleta 12x5cm metálica blanca con división tramo 2.4mts	UN	65	\$ 37.628	\$2.445.820
18	troquel eléctrico p/canaleta 10 cm blanco	UN	205	\$ 2.168	\$444.440
19	troquel datos p/canaleta 10 cm blanco	UN	111	\$ 2.168	\$240.648
20	troquel eléctrico p/canaleta 12 cm blanco	UN	80	\$ 2.168	\$173.440
21	troquel datos p/canaleta 12 cm blanco	UN	41	\$ 2.168	\$88.888
22	faceplate 2 espacios	UN	198	\$ 3.058	\$605.484
23	caja metálica 2400 con suplemento	UN	44	\$ 1.900	\$83.600
24	caja metálica 10x10 con suplemento	UN	22	\$ 2.300	\$50.600
25	cable THHN/THWN-2 #12awg blanco-verde-Rojo triplex 600v 90 grados	UN	1637	\$ 3.492	\$5.716.404
26	toma 15A 125V 1F+N+T doble polo tierra nema 5-15r blanca	UN	358	\$ 8.000	\$2.864.000
27	tubo EMT 1 1/4" ntc-105	M	85	\$ 5.449	\$463.137



28	codo EMT 1 1/4" colmena	UN	24	\$ 3.632	\$87.168
29	unión EMT 1 1/4" acero	UN	45	\$ 1.108	\$49.860
30	conector EMT 1 1/4" acero	UN	66	\$ 1.146	\$75.636
31	tubo EMT 3/4" ntc-105	M	177	\$ 3.751	\$663.986
32	codo EMT 3/4" colmena	UN	54	\$ 2.140	\$115.560
33	unión EMT 3/4" acero	UN	107	\$ 674	\$72.118
34	conector EMT 3/4" acero	UN	160	\$ 740	\$118.400
34	tubo EMT 2" ntc-105	M	9	\$ 9.800	\$88.200
35	codo EMT 2" colmena	UN	6	\$ 7.800	\$46.800
36	conector EMT 2" acero	UN	12	\$ 3.650	\$43.800
37	unión EMT 2" acero	UN	6	\$ 4.000	\$24.000
39	bandeja malla 60mm x 300mm electro zincada con división	M	225	\$ 17.341	\$3.901.800
40	unión p/bandeja tipo tornillo x 5 unidad	UN	140	\$ 4.878	\$682.920
41	Pachpanel 24 espacios	UN	25	\$ 50.362	\$1.259.050
42	organizador 2u rack frontal	UN	22	\$ 91.728	\$2.018.016
43	toma corriente para rack 4 tomas dobles	UN	21	\$ 85.000	\$1.785.000
44	cable UTP categoría 6 gris x mt	M	6546	\$ 1.176	\$7.700.671
45	cable F/UTP CAT 6 blindado x1mt	UN	1100	\$ 1.752	\$1.926.897
46	plug RJ45 cat-6 paquete por 10 unidades	UN	21	\$ 22.070	\$463.470
47	toma RJ45 categoría 6 azul	UN	337	\$ 10.002	\$3.370.674
48	patch cord categoría 6 0.9 mts rojo	UN	337	\$ 8.212	\$2.767.444
49	patch cord categoría 6 3 mts azul	UN	337	\$ 14.720	\$4.960.640
50	chazo puntilla 1-5/8 x 1/4 con tornillo nylon paquete 100 unidades	UN	27	\$ 10.958	\$295.866
51	chazo 3/8x1-9/16 tipo rl hembra broca de 1/2"	UN	260	\$ 1.414	\$367.640
52	amarre negro 4" paquete 100u	UN	26	\$ 784	\$20.384

53	amarre negro 12" paquete 100u	UN	26	\$ 6.382	\$165.932
54	amarre velcro 11mts x 19mm	UN	45	\$ 33.458	\$1.505.610
55	cinta aislante negro 18mmx18mts	UN	99	\$ 2.782	\$275.418
56	tornillo lámina punta broca zi8x3/4pg 100u	UN	74	\$ 7.320	\$541.680
57	caja sencilla conduit	UN	61	\$ 7.100	\$433.100
58	tubo conduit IMC 1 1/2" galvanizado	M	132	\$ 13.333	\$1.760.000
59	grapa metálica doble oreja para tubería 1 1/2"	UN	110	\$ 1.500	\$165.000
60	marco en hierro, para caja de tierras 50x50 con tapa	UN	21	\$ 60.000	\$1.260.000
61	soldadura exotérmica 45 gramos	UN	21	\$ 8.550	\$179.550
62	marquillas adhesivas para cableado de datos y troqueles eléctricos y datos	UN	1352	\$ 500	\$676.000
63	Antena, 2x2 mimo o superior, alimentación eléctrica power method passive power over Ethernet (pairs 4,5+; 7,8 return), frecuencia de transmisión 5ghz, modo de operación: access point, AP wds, cliente, cliente wds.	UN	22	\$ 380.000	\$8.360.000
64	disco o plato de ganancia 30db, compatible con AP, descripto anteriormente	UN	22	\$ 350.000	\$7.700.000

65	<p>punto de acceso WIFI  completamente homologado 802.11  b/g/n draft 2 con power over  ethernet (poe)  homologación: completamente  homologado por la weca con  certificado registrado en  <a href="http://www.wi-fi.org/">http://www.wi-fi.org/</a>  estándares: compatible con  estándares 802.11b/g/n  Ethernet adaptador de corriente para  conexión a 110 VAC  administración: administrable desde  interfaz web  seguridad: MAC, ocultar SSID,  WPA, WPA2  frecuencia de operación: primeros  11 canales de la banda de 2.4ghz  puertos: mínimo 4 puertos LAN  nivel de salida: mayor a 15 dbm  antenas: al menos dos antenas en  modo de diversidad en cualquiera  de los casos antenas de 2 dbi de  ganancia o superior.  DHCP: función de DHCP para  asignar direcciones a los  computadores clientes inalámbricos  y para tomar una dirección i de  administración.  fuente de alimentación: cumplir con  802.3af power over</p>	UN	26	\$ 290.000	\$7.540.000
----	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----	----	------------	-------------

66	Switch administrable con 24 puertos 10/100/1000 Mbps, capacidad de conmutación min 32 Gbps, rata de reenvío mínima 35 Mpps	UN	18	\$1.310.000	\$23.580.000
67	Switch administrable con 48 puertos 10/100/1000 Mbps, capacidad de conmutación min 32 Gbps, rata de reenvío mínima 35 Mpps	UN	4	\$1.628.000	\$6.512.000
68	Gabinete de 19 pulgadas, puerta frontal en vidrio templado de seguridad de 4 mm o malla metálica, con llave. que permita anclaje en pared	UN	19	\$230.000	\$4.370.000
69	Gabinete de 60x60x60 cm, puerta frontal en vidrio templado de seguridad de 4 mm o malla metálica, con llave. que permita anclaje en pared o piso	UN	2	\$390.000	\$780.000
70	bandeja para rack 19 pulgadas	UN	19	\$58.000	\$1.102.000
71	bandeja para rack 60 cm	M	2	\$58.000	\$116.000
72	UPS 3 KVA	UN	16	\$1.598.327	\$25.573.232
73	UPS 5 KVA	UN	1	\$4.375.324	\$4.375.324
74	UPS 6 KVA	UN	3	4.827.473	\$14.482.419
75	UPS 10 KVA	UN	3	\$6.152.343	\$18.457.029
76	cable encauchetado 3X12AWG 600V 90 grados x mts	M	138	\$3.982	\$549.516
77	clavija 15A 125V 1F+N+T PVC	UN	46	\$5.120	\$235.520
TOTAL					\$198.381.327

### 14.3 Presupuesto instalación Torres Riendadas

Como se ha descrito anteriormente, se ubicaran tres torres riendadas, el costo de cada componente e instalación de las torres se describe en la tabla 62, igualmente se incluye el costo de las antenas y equipos de transmisión necesarios en cada una de estas, el valor detallado de cada torre se describe en el Anexo 4. Presupuesto torres riendadas, el costo total tiene un valor total de \$ 49.633.041 sin IVA, este presupuesto no contempla es costo de trasporte de materiales e implementos de cada torres a los sitios de instalación.

Tabla 72. *Presupuesto torres riendadas*

Ítem	Descripción	Can.	Vr Unidad	Total
1	Fabricación torre riendada de 20 mts x 0,30 - peso aproximado: 400 kg. totalmente galvanizada	3	\$ 330.000	\$ 990.000
2	accesorios guaya súper gx de 1/4", tensores de 1/2" y prensacables de 3/8"	3	\$ 950.000	\$ 2.850.000
3	Sistema de pararrayos: electodos en varilla de 5/8" x 2.40m, 30 kg de gel de hidrosolta, línea de aterrizaje en cable de cobre 2/0cantadad 26 mts y pararrayos de 4 puntas tipo franklyn.	3	\$1.500.000	\$ 4.500.000
4	Sistema de tierra: bajo norma. 10 mts cable cobre 1/0, (04) varillas 2,40 mts, 60 kg de hidrogel, (05) soldadura exotérmica.	3	\$1.450.000	\$ 4.350.000
5	Luces de obstrucción - faro sencillo tipo led 12 W, bombillo duración 4.000 h - con su respectivo cable.	3	\$ 1.500.000	\$ 4.500.000
6	pintura general : colores regulares blanco y naranja según normatividad en ( poliuretano componente a y b )	3	\$ 1.400.000	\$ 4.200.000

7	Suministro e instalación línea de vida - certificada ntc 2076.	3	\$ 1.750.000	\$ 5.250.000
8	obra civil : base central y bases de riendas, según diseño	3	\$ 1.600.000	\$ 4.800.000
9	Instalación de la estructura (03) técnicos certificados en alturas y (01) coordinador de obra.	3	\$ 2.500.000	\$ 7.500.000
10	Antena, 2x2 mimo o superior, alimentación eléctrica power method passive power over Ethernet (pairs 4,5+; 7,8 return), frecuencia de transmisión 5ghz, modo de operación: access point, AP wds, cliente, cliente wds. 90 grados	12	\$ 380.000	\$ 4.560.000
11	disco o plato de ganancia 30db, compatible con AP, descrito anteriormente 90 grados	12	\$ 350.000	\$ 4.200.000
12	gabinete Outdoor, rack para uso intemperie (exterior o industrial), debe cumplir norma EIA 310d	3	\$ 220.000	\$ 660.000
13	Router 8 puertos 10/100 gigabit	3	\$ 170.000	\$ 510.000
14	cable f/utp cat 6 blindado x 1mtr	360	\$ 1.752	\$ 630.621
15	plug rj45 cat-6 paquete por 10 unidades	6	\$ 22.070	\$ 132.420
17	toma corriente para rack 4 tomas dobles	3	\$85.000	\$ 255.000
18	bandeja para rack	3	\$58.000	\$ 174.000
19	caja sencilla conduit	6	\$ 710	\$ 4.260
20	tubo EMT 3/4" NTC-105X 3 m	6	\$3.751	\$ 22.508
21	codo EMT 3/4" colmena	12	\$ 2.140	\$ 25.680
22	unión EMT 3/4" acero	24	\$ 674	\$ 16.176
23	conector EMT 3/4" acero	12	\$ 740	\$ 8.880
24	chazo puntilla 1-5/8 x 1/4 con tornillo nylon paquete 100 unidades	3	\$10.958	\$32.8740
25	grapa metálica doble oreja para tubería 3/4"	45	\$ 900	\$ 40.500
26	bandeja para rack	3	\$ 58.000	\$ 174.000

TOTAL	\$ 49.633.041
-------	---------------

#### 14.4 Costo de inversión inicial del proyecto

El costo de inversión inicial de proyecto, consiste en sumar el costo de presupuesto ya sea de red eléctrica normal o red eléctrica regulada con el presupuesto de instalación de torres riendadas, el valor del presupuesto de inversión inicial tiene un costo de \$215.610.679 en una Red Eléctrica Normal y de \$287.166.168 en una Red Eléctrica Regulada.

Tabla 73. *Total inversión inicial para Red Eléctrica Normal*

Descripción	Sub Total
Presupuesto total red eléctrica normal	\$ 165.977.638
Presupuesto torres riendadas	\$ 49.633.041
Total	\$215.610.679

Tabla 74. *Total inversión inicial para Red Eléctrica Regulada.*

Descripción	Sub Total
Presupuesto total red eléctrica Regulada	\$237.533.127
Presupuesto torres riendadas	\$ 49.633.041
Total	\$287.166.168

#### 14.5 Costo de sostenimiento y mantenimientos preventivos

El presupuesto anual de proyecto se estipula en base al costo de conexión a internet, manteniendo de red eléctrica, mantenimiento de torres de comunicación y stock de elementos de red.

El costo de conexión a internet tiene un valor mensual \$44,268 para una conexión de 25 Mbps / 6,25 Mbps (bajada/subida), según datos de Colombia Compra Eficiente, este costo tiene vigencia hasta el año 2018, para el caso en particular se requieren 3 conexiones de este tipo, a ubicar en las escuelas la Honda, la Arabia y Berlín, desde donde se repartirá hacia las demás sedes educativas, en el caso de las torres es necesario realizar un mantenimiento preventivo cada 2 años el cual tiene un valor de \$4.300.000 por cada una de las torres a instalar, respecto a la red eléctrica es necesario realizar un mantenimiento preventivo después de realizada la instalación de la infraestructura, en el caso de instalar una red eléctrica normal debe hacerse 5 años después, en caso de instalar una red eléctrica regulada es necesario realizarlo 3 años después de instalada, se sugiere destinar el 1% de valor total de la inversión de la red eléctrica para este propósito, por último se propone destinar un presupuesto con el fin de solucionar cualquier falla en los diferentes elementos de red, para esto se plantea destinar 2 SMMLV al año con el fin de solucionar cualquier inconveniente de este tipo o realizar posibles mejoramientos a la red.

Los costos de sostenimiento y mantenimiento se describen en la tabla 75.

Tabla 75. *Costo de mantenimiento y sostenimiento*

Ítem	Descripción	Total
1	Mantenimiento a torres: Pintura, cambio de tornillería que se encuentre en mal estado, revisión y arreglo de sistema de luces ,tierra, pararrayos,	\$12.900.000



---

	alimentación y revisión y cambio de tensores y prensacables que se encuentren en mal estado, transporte de personal a sitio.	
2	Costo de conexión a internet por un año en las sedes educativas (La Honda, La Arabia, Berlín).	\$1.593.648
3	Mantenimiento red eléctrica Normal	\$1.659.777
4	Mantenimiento red eléctrica Regulada	\$2.375.332
5	Presupuesto elementos de red.	\$1.475.434

---

## 15. Análisis de riesgos

### 15.1 Riesgos identificados

Los riesgos identificados son calificados dependiendo al impacto en que pueden llegar a alterar la ejecución del proyecto, a estos recibirán se puntaje de 1 a 5, siendo 1 el riesgo de menor impacto y 5 el mayor impacto.

Tabla 76. *Riesgos identificados*

Ítem	Descripción del riesgo	Impacto
1	Deterioro o avería de la infraestructura vial, que puede generar retrasos en la accesibilidad de las sedes educativas o no permita el ingreso a la zonas.	3
2	Retrasos en la entrega de los insumos eléctricos.	5
3	Incumplimiento por parte de los contratistas	4
4	Accidentes laborales	5
5	Material en mal estado, incompleto o no acorde a la petición.	5
6	Inconvenientes en vehículos de transporte desde el casco urbano a sedes educativas	4
7	Herramienta requerida en el transcurso de la obra en mal estado o no disponible	1
8	Contratista no cuenta con permisos, seguros y/o parafiscales exigidos por la ley	5

## 15.2 Mitigación de riesgos

Tabla 77. *Mitigación de riesgos*

Ítem	Mitigación del riesgo
1	Cambiar orden de ejecución de las sedes educativas en el cronograma.
2	El contratista debe prever las posibles demoras de la entrega de los insumos eléctricos (reglamentación de movilización para vehículos de carga).
3	Se debe contar con pólizas de incumplimiento y seguros.
4	Los empleados deben contar con todos los implementos de seguridad, implementar programas de seguridad industrial y salud ocupacional (SISO).
5	El contratista debe revisar el material al momento de recibirlo, verificando que este completo y este acorde al pedido realizado.
6	Los vehículos a contratar deben estar en perfectas condiciones mecánicas para la prestación del servicio y deben tener toda la reglamentación necesaria (seguros, revisión técnico-mecánica y de gases). Deben contar con kit de carretera.
7	El contratista debe disponer con toda la herramienta necesaria, la cual debe estar en óptimo estado, al mismo tiempo de contar con accesorios de herramientas o remplazos de estas, disponibles en caso se de ser necesario.
8	El contratista debe presentar toda la documentación necesaria en regla, señalando que el personal cuenta con la documentación exigida por la ley (ARL, EPS).

## 16. Cronograma de actividades

El cronograma de actividades sigue el siguiente orden, donde se tendrá prelación las sedes educativas con mayor número de población estudiantil, las actividades a desarrollar se resumen en la tabla detalle cronograma de actividades.

Tabla 78. *Cronograma de Actividades*

Ítem	Tarea
1	Instalación torre Riendada alto del mirador (instalación de estructura, pararrayos, línea de vida, sistema de tierras y arreglo de antenas)
2	Instalación torre Riendada cerro san francisco (instalación de estructura, pararrayos, línea de vida, sistema de tierras y arreglo de antenas)
3	Instalación torre Riendada Berlín (instalación de estructura, pararrayos, línea de vida, sistema de tierras y arreglo de antenas)
4	Instalación red sede kirpalamar
	instalación antena de transmisión (alineación antena estación base, punto de acceso)
	Instalación de cableado estructural (incluye canaleta perimetral, tubería mt, gabinete, acometida eléctrica, polo a tierra, terminales eléctricas y de datos)
	Instalación de equipos de red (switch, punto de acceso WLAN, patch panel)
	Configuración de equipos de red (enlace punto de acceso a estación base, configuración de switch, punto de acceso WLAN)
	certificación puntos LAN
5	Instalación red sede Zaragoza

	Instalación antena de transmisión (alineación antena estación base, punto de acceso)
	Instalación de cableado estructural (incluye canaleta perimetral, tubería mt, gabinete, acometida eléctrica, polo a tierra, terminales eléctricas y de datos)
	Instalación de equipos de red (switch, punto de acceso WLAN, patch panel)
	Configuración de equipos de red (enlace punto de acceso a estación base, configuración de switch, punto de acceso WLAN)
	Certificación puntos LAN
6	Instalación red sede la arabia
	Instalación antena de transmisión (alineación antena estación base, punto de acceso)
	Instalación de cableado estructural (incluye canaleta perimetral, tubería mt, gabinete, acometida eléctrica, polo a tierra, terminales eléctricas y de datos)
	Instalación de equipos de red (switch, punto de acceso WLAN, patch panel)
	Configuración de equipos de red (enlace punto de acceso a estación base, configuración de switch, punto de acceso WLAN)
	Certificación puntos LAN
7	Instalación red sede San roque
	Instalación antena de transmisión (alineación antena estación base, punto de acceso)
	Instalación de cableado estructural (incluye canaleta perimetral, tubería mt, gabinete, acometida eléctrica, polo a tierra, terminales eléctricas y de datos)
	Instalación de equipos de red (switch, punto de acceso WLAN, patch panel)

	Configuración de equipos de red (enlace punto de acceso a estación base, configuración de switch, punto de acceso WLAN)
	Certificación puntos LAN
8	Instalación red sede Sámano
	Instalación antena de transmisión (alineación antena estación base, punto de acceso)
	Instalación de cableado estructural (incluye canaleta perimetral, tubería mt, gabinete, acometida eléctrica, polo a tierra, terminales eléctricas y de datos)
	Instalación de equipos de red (switch, punto de acceso WLAN, patch panel)
	Configuración de equipos de red (enlace punto de acceso a estación base, configuración de switch, punto de acceso WLAN)
	Certificación puntos LAN
9	Instalación red sede la mesa
	Instalación antena de transmisión (alineación antena estación base, punto de acceso)
	Instalación de cableado estructural (incluye canaleta perimetral, tubería mt, gabinete, acometida eléctrica, polo a tierra, terminales eléctricas y de datos)
	Instalación de equipos de red (switch, punto de acceso WLAN, patch panel)
	Configuración de equipos de red (enlace punto de acceso a estación base, configuración de switch, punto de acceso WLAN)
	Certificación puntos LAN
10	Instalación red sede la honda

	Instalación antena de transmisión (alineación antena estación base, punto de acceso)
	Instalación de cableado estructural (incluye canaleta perimetral, tubería mt, gabinete, acometida eléctrica, polo a tierra, terminales eléctricas y de datos)
	Instalación de equipos de red (switch, punto de acceso WLAN, patch panel)
	Configuración de equipos de red (enlace punto de acceso a estación base, configuración de switch, punto de acceso WLAN)
	Certificación puntos LAN
11	Instalación red sede el triunfo
	Instalación antena de transmisión (alineación antena estación base, punto de acceso)
	Instalación de cableado estructural (incluye canaleta perimetral, tubería mt, gabinete, acometida eléctrica, polo a tierra, terminales eléctricas y de datos)
	Instalación de equipos de red (switch, punto de acceso WLAN, patch panel)
	configuración de equipos de red (enlace punto de acceso a estación base, configuración de switch, punto de acceso WLAN)
	certificación puntos LAN
12	instalación red sede tiscince
	instalación antena de transmisión (alineación antena estación base, punto de acceso)
	instalación de cableado estructural (incluye canaleta perimetral, tubería mt, gabinete, acometida eléctrica, polo a tierra, terminales eléctricas y de datos)
	instalación de equipos de red (switch, punto de acceso WLAN, patch panel)

	<p>configuración de equipos de red (enlace punto de acceso a estación base, configuración de switch, punto de acceso WLAN)</p> <p>certificación puntos LAN</p>
13	<p>instalación red sede el vergel</p> <p>instalación antena de transmisión (alineación antena estación base, punto de acceso)</p> <p>instalación de cableado estructural (incluye canaleta perimetral, tubería mt, gabinete, acometida eléctrica, polo a tierra, terminales eléctricas y de datos)</p> <p>instalación de equipos de red (switch, punto de acceso WLAN, patch panel)</p> <p>configuración de equipos de red (enlace punto de acceso a estación base, configuración de switch, punto de acceso WLAN)</p> <p>certificación puntos LAN</p>
14	<p>instalación red sede el Cuertel</p> <p>instalación antena de transmisión (alineación antena estación base, punto de acceso)</p> <p>instalación de cableado estructural (incluye canaleta perimetral, tubería mt, gabinete, acometida eléctrica, polo a tierra, terminales eléctricas y de datos)</p> <p>instalación de equipos de red (switch, punto de acceso WLAN, patch panel)</p> <p>configuración de equipos de red (enlace punto de acceso a estación base, configuración de switch, punto de acceso WLAN)</p> <p>certificación puntos LAN</p>
15	<p>instalación red sede sabaneta</p>



	instalación antena de transmisión (alineación antena estación base, punto de acceso)
	instalación de cableado estructural (incluye canaleta perimetral, tubería mt, gabinete, acometida eléctrica, polo a tierra, terminales eléctricas y de datos)
	instalación de equipos de red (switch, punto de acceso WLAN, patch panel)
	configuración de equipos de red (enlace punto de acceso a estación base, configuración de switch, punto de acceso WLAN)
	certificación puntos LAN
16	instalación red sede san Luis
	instalación antena de transmisión (alineación antena estación base, punto de acceso)
	instalación de cableado estructural (incluye canaleta perimetral, tubería mt, gabinete, acometida eléctrica, polo a tierra, terminales eléctricas y de datos)
	instalación de equipos de red (switch, punto de acceso WLAN, patch panel)
	configuración de equipos de red (enlace punto de acceso a estación base, configuración de switch, punto de acceso WLAN)
	certificación puntos LAN
17	instalación red sede Berlín
	instalación antena de transmisión (alineación antena estación base, punto de acceso)
	instalación de cableado estructural (incluye canaleta perimetral, tubería mt, gabinete, acometida eléctrica, polo a tierra, terminales eléctricas y de datos)
	instalación de equipos de red (switch, punto de acceso WLAN, patch panel)

	<p>configuración de equipos de red (enlace punto de acceso a estación base, configuración de switch, punto de acceso WLAN)</p> <p>certificación puntos LAN</p>
18	<p>instalación red sede la Versalles</p> <p>instalación antena de transmisión (alineación antena estación base, punto de acceso)</p> <p>instalación de cableado estructural (incluye canaleta perimetral, tubería mt, gabinete, acometida eléctrica, polo a tierra, terminales eléctricas y de datos)</p> <p>instalación de equipos de red (switch, punto de acceso WLAN, patch panel)</p> <p>configuración de equipos de red (enlace punto de acceso a estación base, configuración de switch, punto de acceso WLAN)</p> <p>certificación puntos LAN</p>
19	<p>instalación red sede santa rosa</p> <p>instalación antena de transmisión (alineación antena estación base, punto de acceso)</p> <p>instalación de cableado estructural (incluye canaleta perimetral, tubería mt, gabinete, acometida eléctrica, polo a tierra, terminales eléctricas y de datos)</p> <p>instalación de equipos de red (switch, punto de acceso WLAN, patch panel)</p> <p>configuración de equipos de red (enlace punto de acceso a estación base, configuración de switch, punto de acceso WLAN)</p> <p>certificación puntos LAN</p>
20	<p>instalación red sede san miguel</p>

	instalación antena de transmisión (alineación antena estación base, punto de acceso)
	instalación de cableado estructural (incluye canaleta perimetral, tubería mt, gabinete, acometida eléctrica, polo a tierra, terminales eléctricas y de datos)
	instalación de equipos de red (switch, punto de acceso WLAN, patch panel)
	configuración de equipos de red (enlace punto de acceso a estación base, configuración de switch, punto de acceso WLAN)
	certificación puntos LAN
21	instalación red sede la lajita
	instalación antena de transmisión (alineación antena estación base, punto de acceso)
	instalación de cableado estructural (incluye canaleta perimetral, tubería mt, gabinete, acometida eléctrica, polo a tierra, terminales eléctricas y de datos)
	instalación de equipos de red (switch, punto de acceso WLAN, patch panel)
	configuración de equipos de red (enlace punto de acceso a estación base, configuración de switch, punto de acceso WLAN)
	certificación puntos LAN
22	instalación red sede el recuerdo
	instalación antena de transmisión (alineación antena estación base, punto de acceso)
	instalación de cableado estructural (incluye canaleta perimetral, tubería mt, gabinete, acometida eléctrica, polo a tierra, terminales eléctricas y de datos)
	instalación de equipos de red (switch, punto de acceso WLAN, patch panel)

	configuración de equipos de red (enlace punto de acceso a estación base, configuración de switch, punto de acceso WLAN)
	certificación puntos LAN
23	instalación red sede casa blanca
	instalación antena de transmisión (alineación antena estación base, punto de acceso)
	instalación de cableado estructural (incluye canaleta perimetral, tubería mt, gabinete, acometida eléctrica, polo a tierra, terminales eléctricas y de datos)
	instalación de equipos de red (switch, punto de acceso WLAN, patch panel)
	configuración de equipos de red (enlace punto de acceso a estación base, configuración de switch, punto de acceso WLAN)
	certificación puntos LAN
24	instalación red sede el salitre
	instalación antena de transmisión (alineación antena estación base, punto de acceso)
	instalación de cableado estructural (incluye canaleta perimetral, tubería mt, gabinete, acometida eléctrica, polo a tierra, terminales eléctricas y de datos)
	instalación de equipos de red (switch, punto de acceso WLAN, patch panel)
	configuración de equipos de red (enlace punto de acceso a estación base, configuración de switch, punto de acceso WLAN)
	certificación puntos LAN
25	seguimiento y control de instalación
26	instalación de servidor



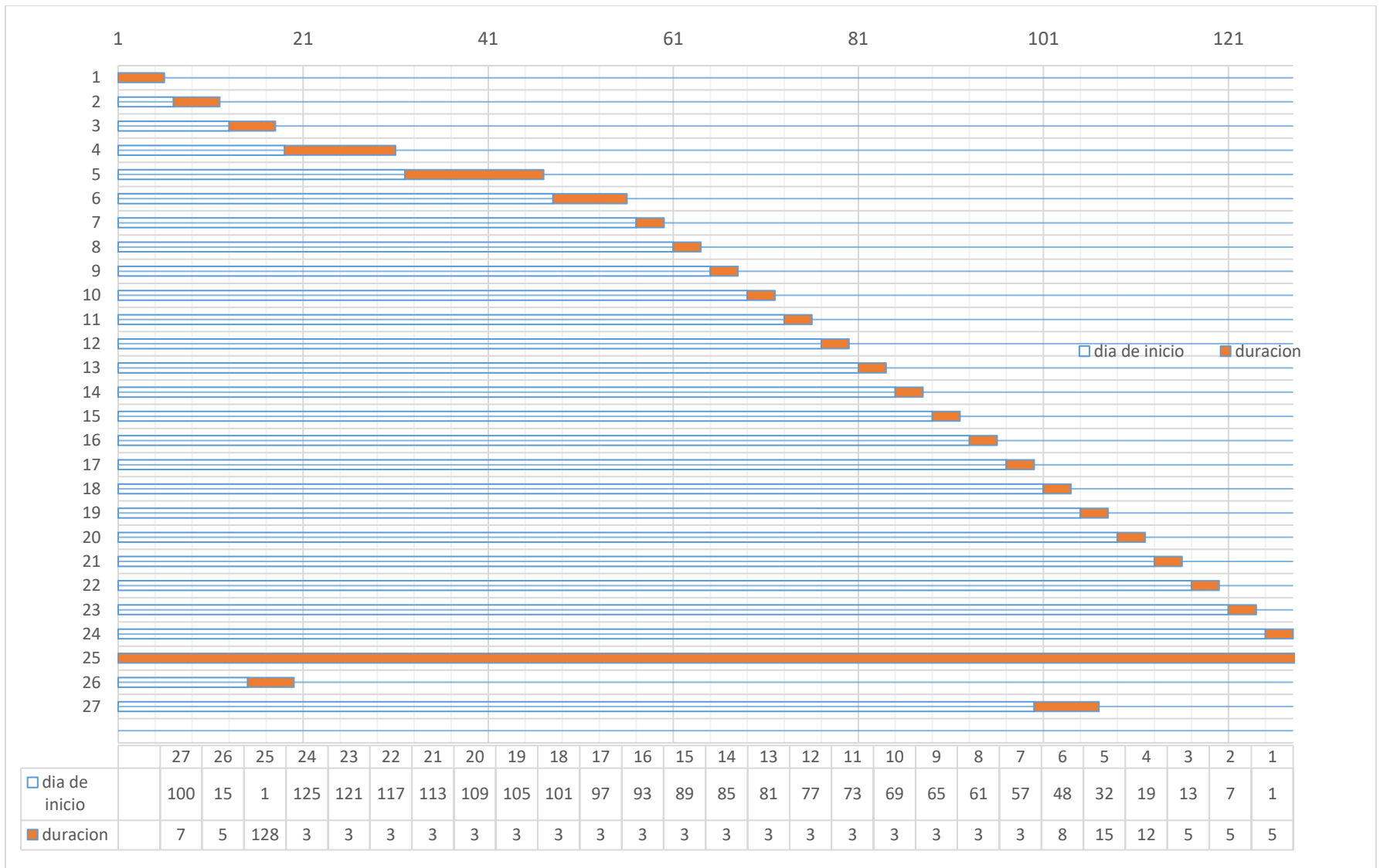


Figura 59. Cronograma de actividades

### **17. Crecimiento o mejoras en la red.**

Las acciones a mejorar la red propuesta, podrían ser obtener suministro eléctrico por medio de paneles solares en la ubicación de las torres, lo cual en un principio representa un costo elevado, pero a mediano plazo representa un ahorro importante en el consumo eléctrico.

Otra posible mejora es la uso de la red instalada en otros servicios como cámaras de vigilancia, las cuales se pueden enlazar hacia la troncal primaria ya que la estación de policía y gran parte del casco urbano del municipio, tiene vista directa hacia la torre ubicada en el alto el mirador, con esto se puede ampliar la cantidad de cámaras de seguridad instaladas en el municipio, las cuales se pueden ubicar en postes donde obtendría alimentación eléctrica del alumbrado público, o bien en otros sitios donde la alimentación eléctrica sería por paneles solares.

## 18. Normas Aplicables

- Ley 1341 de 2009, por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y las comunicaciones TIC, principio de ley, “prioridad al acceso y uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones.
- Decreto 4948 de 2009, "Por el cual se reglamenta la habilitación general para la provisión de redes y servicios de telecomunicaciones y el registro de TIC".
- Acuerdo 038 de 2016 DPN, por el cual se establecen los requisitos generales y sectoriales, para la viabilizarían y previos al inicio de la ejecución de proyectos de inversión susceptibles de ser financiados o cofinanciados con los recursos del SGR.
- Ley 1530 de 2012, Por la cual se determina la distribución, objetivos, fines, administración, ejecución, control, el uso eficiente y la destinación de los ingresos provenientes de la explotación de los recursos naturales no renovables precisando las condiciones de participación de sus beneficiarios. Este conjunto de ingresos, asignaciones, órganos, procedimientos y regulaciones constituye el Sistema General de Regalías.
- Resolución 387 de 2016, reglamenta las condiciones que deben cumplir las estaciones radioeléctricas, con el objeto de controlar los niveles de exposición de las personas a los campos electromagnéticos, y dictar disposiciones relacionadas con el despliegue de antenas de radiocomunicaciones.
- Decreto 195 de 31 de enero de 2005, en el cual se adoptan límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos, se procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas.
- Resolución 2544 de 2009, atribución de bandas de frecuencia radioeléctricas, a título secundario, 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, baja potencia y corto alcance.

- Decreto 180398 de 2004, del Ministerio de Minas y Energía. El objetivo de este reglamento es establecer medidas que garanticen la seguridad de las personas, vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente, previniendo, minimizando o eliminado los riesgos de origen eléctrico.
- Resolución 18 1294 de 2008, reglamento técnico de instalaciones eléctricas.
- Resolución 404 de 2013, ampliación de vigencia del reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE.
- NTC 2050, código eléctrico colombiano.
- Resolución 299 de 2010- MINTIC / Masificación de la Banda Ancha estratos 1 y 2. Por la cual se fijan los lineamientos generales del primer proyecto de masificación de accesos de banda ancha en estratos 1 y 2 sobre redes de TPBCL y TPBCLE – vigencia 2010.

Pilares de la Sociedad de la Información y componentes de demanda del ecosistema digital.

(MinTIC, Resolución 299 de 2010)

## 19. Referencias

- albentia systems. (2014). *Red inalámbrica de acceso a Internet en escuelas rurales, Nariño Colombia*. Recuperado el 3 de Agosto de 2016, de [www.albentia.com](http://www.albentia.com):  
[http://www.albentia.com/Docs/ALB-S015-NARsp\\_A2-RedDeAccesoAInternetEnEscuelasRurales.pdf](http://www.albentia.com/Docs/ALB-S015-NARsp_A2-RedDeAccesoAInternetEnEscuelasRurales.pdf)
- Hernández, J. P., & Morales Mora, D. (junio de 2012.). *Código de Buenas Prácticas para el despliegue de infraestructura de redes de comunicaciones*. Recuperado el 3 de Agosto de 2016, de [www.mintic.gov.co](http://www.mintic.gov.co): [http://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-4579\\_codigo.pdf](http://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-4579_codigo.pdf)
- Limehouse Book Sprint Team . (junio de 2007). *Redes Inalambricas en los paises en desarrollo, una guía practica para planificar y construir infraestructuras de telecomunicaciones de bajo costo*.
- Ministerio De Educacion Nacional, Oficina Asesora De Planeación Y Finanzas. (Julio De 2013). *Formulación De Proyectos Del Sector Educativo En El Marco Del Sistema General De Regalías Guía N° 47* (Primera edicion ed.). Bogota.
- Ministerio de Educacion Nacional, R. d. (2016). *Lineamientos estándar para proyectos de dotación educativa*. Recuperado el 10 de septiembre de 2016, de [www.mineducacion.gov.co](http://www.mineducacion.gov.co): [www.mineducacion.gov.co/1759/articles-357562\\_recurso\\_2.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-357562_recurso_2.pdf)

## 20. Glosario

ANE: Agencia Nacional Del Espectro

Antena: Dispositivo que sirve como transductor entre una onda guiada y una onda de espacio libre, o viceversa, puede ser utilizado para emitir o recibir una señal de radio.

Antena Isotrópica: antena hipotética, sin pérdidas que tiene una intensidad de radiación igual en todas direcciones.

Backhaul: Los backhaul conectan redes de datos, constituyen una estructura fundamental de las redes de comunicación. Es usado para interconectar redes entre sí utilizando diferentes tipos de tecnologías alámbricas o inalámbricas.

dB: El decibelio o decibel

dBi: Decibeles de ganancia sobre un radiador isotrópico o una Relación logarítmica entre la potencia de emisión de una antena en relación a un radiador isotrópico.

dBm: unidad de medida de potencia expresada en decibelios (dB) relativa a un mili vatio (mW).

Estación Base (Bs Base Station): Equipo Fijo para la transición de radio utilizada en la comunicación celular y/o instalación inalámbrica de redes de área local, este término incluye los transmisores de radio y antenas asociadas.

LAN: (Local Area Network) Red de área local.

NTC: Norma Técnica Colombiana.

Potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE): es el producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia, en relación a una antena isotrópica en una dirección dada.

Punto de acceso (AP Access Point): Wireless Access Point, conocido por las siglas WAP o AP), en una red de computadoras, es un dispositivo de red que interconecta equipos de comunicación inalámbricos, para formar una red inalámbrica que interconecta dispositivos móviles o tarjetas de red inalámbricas.

Radiaciones ionizantes: Son aquellas radiaciones con energía suficiente para ionizar la materia, extrayendo los electrones de sus estados ligados al átomo.

Radiaciones no ionizantes: onda o partícula que no es capaz de arrancar electrones de la materia que ilumina produciendo, como mucho, excitaciones electrónicas.

Red Troncal (BackBone): es una red utilizada para interconectar otras redes, es decir, un medio que permite la comunicación de varias LAN o segmentos

RETIE: Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas

SGR: Sistema General de regalías.

UPS: (uninterruptible power supply) Sistema de alimentación ininterrumpida, sistema que provee de energía eléctrica a otros elementos eléctricos por un tiempo limitado.

WIMAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access (interoperabilidad mundial para acceso por microondas), es una norma de transmisión de datos que utiliza las ondas de radio en las frecuencias de 2,5 a 5,8 GHz y puede tener una cobertura de hasta 50 km.

WLAN: Wireless Local Area Network, Red de Area Local Inalámbrica.

## **21. Anexos**

Anexo 1. *Diagrama de red*

Anexo 2. *Presupuesto detallado red eléctrica normal*

Anexo 3. *Presupuesto detallado red eléctrica regulada*

Anexo 4. *Presupuesto detallado torres rendadas*

Anexo 5. *Plano red eléctrica normal para 10 puntos LAN*

Anexo 6. *Plano red eléctrica regulada para 10 puntos LAN*

Anexo 7. *Plano red eléctrica normal para 12 puntos LAN*

Anexo 8. *Plano red eléctrica regulada para 12 puntos LAN*

Anexo 9. *Plano red eléctrica normal para 15 puntos LAN*

Anexo 10. *Plano red eléctrica regulada para 15 puntos LAN*

Anexo 11. *Plano red eléctrica normal para 30 puntos LAN*

Anexo 12. *Plano red eléctrica regulada para 30 puntos LAN*

Anexo 13. *Plano red eléctrica normal para 60 puntos LAN*

Anexo 14. *Plano red eléctrica regulada para 60 puntos LAN*

Anexo 15. *Cronograma de Actividades*