

APOYO PROFESIONAL EN EL DISEÑO DE UNA RED DE COMUNICACIONES PARA LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE CEDENAR S.A. E.S.P.



KHRISTELL XIOMARA ROMO RODRIGUEZ

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA ELECTRONICA

Pasto

2013

APOYO PROFESIONAL EN EL DISEÑO DE UNA RED DE COMUNICACIONES PARA LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE CEDENAR S.A. E.S.P.

KHRISTELL XIOMARA ROMO RODRIGUEZ

Trabajo de grado presentado como
Requisito para optar al título de ingeniero electrónico

ASESOR

WAGNER G. SUERO PEREZ

Ingeniero Eléctrico

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE INGENIERIA

INGENIERIA ELECTRONICA

PASTO

2013

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusiva de sus autores”.

Art.1 del acuerdo No 324 de octubre 11 de 1966, emanado por el Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

AGRADECIMIENTOS

WAGNER GERMAN SUERO PEREZ. Ingeniero Eléctrico. Docente del programa del programa de ingeniería electrónica de la Universidad de Nariño.

LUIS GONZALES. Ingeniero Electricista. Director de la parte administrativa de CEDENAR S.A. E.S.P.

ALBERTO ENRRIQUEZ. Ingeniero electricista. Director del Centro Local de Control de CEDENAR S.A. E.P.S.

DANNY JAVIER BASTIDAS ANDRADE. Ingeniero Electrónico. Coordinador de proyectos del Centro Local de Control de CEDENAR S.A. E.S.P.

TRABAJADORES DE CEDENAR S.A. E.S.S., División de Operaciones, Centro Local de Control, Administrativos, Técnicos y Operarios.

DEDICATORIA

A Dios. Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A Mis Padres. Por su sacrificio y entrega, por sus consejos y su motivación, por eso y por todo el apoyo y comprensión que hizo posible la culminación de una etapa más de mi vida.

A mis hermanos y amigos que me brindaron su mano en el momento que los necesitaba, por su cariño y su incondicionalidad.

A CEDENAR, que me abrió sus puertas para lograr alcanzar otra meta.

Y a Docentes y Académicos que compartieron su experiencia y sabiduría para hacer de uno alguien mejor.

RESUMEN

El trabajo propuesto pretende contribuir con la aplicación de conocimientos de ingeniería electrónica en la solución de problemas que necesitan ser resueltos en la Empresa Centrales Eléctricas de Nariño¹, para que ésta pueda con ello brindar un mejor servicio a la comunidad nariñense.

El proyecto consiste en elaborar un estudio y diseño de interconexión para subestaciones eléctrica de la Empresa Centrales Eléctricas de Nariño, con el fin de garantizar el control de ellas a partir de la sede central ubicada en Pasto por el Centro Local de control (CLC)².

El propósito fundamenta la realización de labores de ingeniería electrónica que involucra aspectos de comunicación, del cual se destaca el diseño de redes de microondas terrestres³ para subestaciones eléctricas ubicadas en diferentes zonas del Departamento de Nariño.

En el diseño de la red de comunicaciones para las subestaciones eléctricas se tendrá en cuenta la ubicación de los puntos de conexión, medios de interconexión y las características del entorno geográfico y ambiental al que estarán sometidos los equipos y componentes necesarios para el diseño.

El proyecto se propone en modalidad pasantía para la empresa CEDENAR S.A. E.S.P., a partir del convenio hecho con la Universidad de Nariño.

¹ Propuesta de grado en modalidad pasantía institucional para optar por el título de ingeniero electrónico, presentada ante el comité curricular y de investigaciones el 9 de febrero de 2013.

² CLC: centro local de control, encargado en la elaboración de proyectos de la empresa CEDENAR.

³ LINKPlanner software para el modelamiento de enlaces a distancia.

ABSTRACT

The proposed work aims to contribute to the implementation of electronic engineering knowledge in solving problems that need to be resolved in the Nariño Power Plant Company, to thereby enable it to better serve the community Nariño.

The project is to develop an interconnection study and design for electrical substations Power Plants Company of Nariño, in order to ensure control of them as from the headquarters located in Pasto by the Local Control Center (CLC)

The fundamental purpose of the realization of electronic engineering labors that involves communication aspects, which will include development of terrestrial microwave networks for electrical substations located in different areas of the Department of Nariño.

In the design the communication network for the electrical substations will take into account the location of the connection points, interconnecting means and geographic and environmental characteristics that are subject to environmental equipment and components required for the design.

The project aims to form for the company internship CEDENAR S.A. E.S.P. from the agreement made with the University of Nariño.

Tabla de Contenido

INTRODUCCION	19
1. MARCO TEORICO	20
1.1. ANTECEDENTES	20
1.2. MARCO TEMPORAL	20
1.3. MARCO LEGAL.....	21
1.4. CONCEPTOS BASICOS.....	23
1.4.1. RED DE DATOS	23
☐ Red según la topología	24
1.4.2. TRANSMISION DE DATOS	25
☐ Medios guiados	25
☐ Medios no guiados	26
1.4.4. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN	27
☐ Componentes de un sistema de comunicaciones	27
1.4.5. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	28
1.4.6. FRECUENCIAS DE TRANSMISION.....	28
DESIGNACIÓN	30
DE LA BANDA	30
INTERVALO DE FRECUENCIA.....	30
1.4.7. ESPECTRO RADIOELÉCTRICO	30
☐ Longitud de onda.....	31
1.5. ENLACES MICROONDAS	32
☐ Radioenlace	33
1.5.1. TIPO DE ENLACES.....	33
☐ Punto a punto.....	33
☐ Punto a multipunto	33
1.5.2. TECNOLOGIAS INALAMBRICAS	34
☐ WI-MAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)	34
2. PASANTIA EN CEDENAR S.A. E.S.P.	35
2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	35
2.2. JUSTIFICACIÓN	35
3. OBJETIVOS	37
3.1. OBJETIVO GENERAL	37
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	37

3.3.	ALCANCE Y RESULTADOS	37
4.	METODOLOGIA	39
4.1.	ETAPA 1. Asesoría.....	39
4.2.	ETAPA 2. Diagnóstico e Investigación	39
4.3.	ETAPA 3. Diseño	39
4.4.	ETAPA 4. Simulación del enlace.....	40
5.	DESARROLLO DE PASANTIA.....	41
5.1.	DIAGNOSTICO	41
5.2.	DISEÑO	42
5.2.2.	DISEÑO DE UN RADIO ENLACE	42
5.2.3.	PARAMETROS PARA LA REALIZACION DE UN RADIOENLACE	43
?	Línea de vista	43
?	Curvatura de la tierra	43
?	Despeje	44
?	Zona fresnel.....	44
?	Presupuesto de potencia de un radio enlace	47
?	Etapas de transmisión	47
?	Etapas de recepción	49
5.2.5.	COMPONENTES Y ELEMENTOS PARA EL DISEÑO DE UN ENLACE	50
?	Puntos y ubicación general para la realización del enlace	50
?	Estaciones fijas	50
5.2.6.	DISEÑO DE UNA RED DE COMUNICACIONES PARA LAS SUBESTACIONES DE CEDENAR TENIENDO ENCUENTA PARAMETROS TEORICOS.....	51
5.2.7.	RECOLECCION DE DATOS.....	51
5.2.8.	DISEÑO DE RADIOENLACES	52
5.2.9.	DISEÑO DE RADIOENLACES	53
5.2.10.	ENLACES DE SUBESTACIONES	53
?	Puntos de ubicación	54
?	Perfiles de elevación de los enlaces.....	57
?	Perfiles de Elevación de enlaces	57
?	Calculo de parámetros de los enlaces de las subestaciones	66
?	Factores que interviene en la propagación de la señal	71
5.2.12.	MANEJO SE SOFTWARE LINKPLANNER	72
5.2.13.	CONCEPTOS DE LINKPLANNER	73
5.2.14.	PROCEDIMIENTO PARA HACER UN ENLACE MICROONDAS CON LINKPLANNER	73
?	Resultados arrojados por el simulador LINKPlanner.....	77
5.2.15.	DISEÑO DE ENLACES DE SUBESTACIONES ELECTRICAS MEDIANTE LINKPLANNER.....	78
5.2.16.	TOPOLOGIA DE LA RED DE COMUNICACIONES PARA LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS DE CEDENAR	78
5.2.17.	EQUIPOS PARA EL DISEÑO RED DE COMUNICACIONES	84
5.2.18.	PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	90

6.	DESARROLLO DE LA PASANTIA DE ACUERDO A LAS ACTIVIDADES PROGRAMADAS EN EL CRONOGRAMAS.....	91
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	92
7.1.	CONCLUSIONES	92
7.2.	RECOMENDACIONES.....	93
	REFERENCIAS.....	94
	ANEXOS.....	97

Índice de Figuras

Figura 1. Redes de comunicación	23
Figura 2. Topología de redes.....	24
Figura 3. Medios Guiados	25
Figura 4. Espectro electromagnético de frecuencias	28
Figura 5. Espectro radioeléctrico.....	31
Figura 6. Elementos de un sistema de comunicaciones	32
Figura 7. Abultamiento por la curvatura de la tierra.	44
Figura 8. Enlace con parámetros de un radio enlace.....	46
Figura 9. Elementos de pérdidas en el espacio libre	49
Figura 10. Subestaciones de zona pacifico.....	54
Figura 11. Subestaciones de zona centro.....	55
Figura 12. Subestaciones de zona norte	55
Figura 13. Subestaciones de zona sur	56
Figura 14. Vista de ruta de enlaces.....	56
Figura 15. Perfil topográfico del enlace Buchely - Tangaríal	58
Figura 16. Perfil topográfico del enlace Llorente - Junín.....	58
Figura 17. Perfil topográfico del enlace PI6 – Rio Mayo	58
Figura 18. Perfil topográfico del enlace PI6 – Taminango	59
Figura 19. Perfil topográfico del enlace Tumaco – PI9.....	59
Figura 20. Perfil topográfico del enlace Buchely – PI9.....	59
Figura 21. Perfil topográfico del enlace Catambuco – Pasto	60
Figura 22. Perfil topográfico del enlace PI5 - PI6.....	60
Figura 23. Perfil topográfico del enlace PI2– PI5	60
Figura 24. Perfil topográfico del enlace Pasto – PI2	61
Figura 25. Perfil topográfico del enlace PI2 – Pasto	61
Figura 26. Perfil topográfico del enlace PI3 – Julio Bravo	61
Figura 27. Perfil topográfico del enlace PI4– PI3	62
Figura 28. Perfil topográfico del enlace PI4– PI5	62
Figura 29. Perfil topográfico del enlace Catambuco – PI1.....	62
Figura 30. Perfil topográfico del enlace Pasto – PI1	63
Figura 31. Perfil topográfico del enlace PI1–PI3	63
Figura 32. Perfil topográfico del enlace Junín – PI7	63
Figura 33. Perfil topográfico del enlace PI7–PI5	64
Figura 34. Perfil topográfico del enlace PI8–PI7.....	64
Figura 35. Perfil topográfico del enlace PI6– PI5	64
Figura 36. Perfil topográfico del enlace PI6 – Taminango	65
Figura 37. Perfil topográfico del enlace PI1–PI5	65
Figura 38. Perfil topográfico del enlace PI5– PI4	65
Figura 39. Inicio de LINKPlanner	74
Figura 40. Ventana para la realizacion de un nuevo proyecto en LINKlanner	74
Figura 41. Ventana de datos de ingreso de LINKlanner	75
Figura 42. Ventana de selección de lugares para hacer enlaces en LINKlanner	75

Figura 43. Ventana de selección de lugares a unir de LINKlanner	76
Figura 44. Ventana de elevación de enlace LINKlanner	76
Figura 45. Grafica Simulación en LINKPlanner	77
Figura 46. Topografía de los enlaces de las subestaciones en LINKlanner	78
Figura 47. Mapa de red de enlace de subestaciones Pasto - PI1	79
Figura 48. Puntos que no pueden ser enlazados.....	79
Figura 49. Mapa digital de red general de subestaciones	80
Figura 50. Parametrización del enlace en LINKPlanner	81
Figura 51. Datos de perfil de elevación en LINKPlanner	82
Figura 52. Configuración técnica del enlace Pasto – punto intermedio 1 en LINKPlanner	83
Figura 53. Confiabilidad del enlace Pasto – punto intermedio 1.	84

Índice de Tablas

Tabla 1. Tabla de designación de bandas frecuencias	30
Tabla 2. Valores típicos de pérdida en cales coaxiales para 2,4 GHz	48
Tabla 3. Georeferenciación de las subestaciones eléctricas	52
Tabla 4. Georeferenciación de Subestaciones.....	57
Tabla 5. Calculo de curvatura de la tierra, radio de la primera zona fresnel y despeje de PASTO – PI1.	66
Tabla 6. Calculo de curvatura de la tierra, radio de la primera zona fresnel y despeje de PI1 - PI2.	66
Tabla 7. Calculo de curvatura de la tierra, radio de la primera zona fresnel y despeje de PI2 - PI3.	67
Tabla 8. Calculo de curvatura de la tierra, radio de la primera zona fresnel y despeje de PI3 - PI4.	67
Tabla 9. Calculo de curvatura de la tierra, radio de la primera zona fresnel y despeje de PI4 - PI5.	68
Tabla 10. Calculo de curvatura de la tierra, radio de la primera zona fresnel y despeje de PI5 - PI6.	68
Tabla 11. Calculo de curvatura de la tierra, radio de la primera zona fresnel y despeje de PI6 – JUNIN.....	69
Tabla 12. Calculo de curvatura de la tierra, radio de la primera zona fresnel y despeje de JUNIN – PI7.....	69
Tabla 13. Calculo de curvatura de la tierra, radio de la primera zona fresnel y despeje de PI7 – BUCHELY.....	70
Tabla 14. Calculo de curvatura de la tierra, radio de la primera zona fresnel y despeje de BUCHELY – PI8.....	70
Tabla 15. Calculo de curvatura de la tierra, radio de la primera zona fresnel y despeje de PI9 – TUMACO.....	71
Tabla 16. Factores de propagación de los enlaces.....	71
Tabla 17. Estructuras de telecomunicaciones.....	85
Tabla 18. Antenas	86
Tabla 19. Equipos Motorola.....	88
Tabla 20. Presupuesto de equipos para enlaces de subestaciones.....	90

Índice de Anexos

<i>Anexo A. Fotos de subestaciones eléctricas.....</i>	<i>98</i>
---	------------------

GLOSARIO

802.11a. Estándar de red inalámbrica IEEE que especifica una tasa de transferencia máxima de 54 Mbps y una frecuencia de funcionamiento de 5 GHz.

802.11b. Estándar de red inalámbrica IEEE que especifica una tasa de transferencia máxima de 11 Mbps y una frecuencia de funcionamiento de 2,4 GHz.

802.11g. Estándar de red inalámbrica IEEE que especifica una tasa de transferencia máxima de 54 Mbps y una frecuencia de funcionamiento de 2,4 GHz y con compatibilidad con versiones anteriores con dispositivos 802.11b.

AC. (Corriente Alterna) corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente.

Actualizar. Sustituir el software o firmware existente con una versión más moderna.

Adaptador. Dispositivo que añade funcionalidad de red a su equipo.

Ad-hoc. Grupo de dispositivos inalámbricos que se comunican directamente entre ellos (punto a punto) sin la utilización de un punto de acceso.

AES (Estándar avanzado de cifrado). Técnica de cifrado de datos simétrica de bloque de 256 bits.

Ancho de banda .Capacidad de transmisión de un dispositivo o red determinado.

Balanceo de peticiones entrantes. Forma de procesamiento de la información proveniente de Internet (Tráfico entrante) la cuál es distribuida ordenadamente a través de la red local (LAN).

Banda ancha. Conexión a Internet de alta velocidad y siempre activa.

Banda ISM. Banda de radio utilizada en las transmisiones de redes inalámbricas.

Base de datos. Recopilación de datos que puede organizarse de forma que pueda sus contenidos puedan cederse, gestionarse y actualizarse fácilmente.

Bit (dígito binario). La unidad más pequeña de información de una máquina.

Byte. Una unidad de datos que suele ser de ocho bits.

Call Manager Call Manager. Software basado en un sistema de tratamiento de llamadas y telefonía sobre IP, desarrollado por Cisco Systems.

Cargar. Transmitir un archivo a través de una red.

CSMA/CA (Acceso múltiple de detección de portadora). Un método de transferencia de datos que se utiliza para prevenir una posible colisión de datos.

Cifrado. Es la manipulación de datos para evitar que cualquiera de los usuarios a los que no están dirigidos los datos pueda realizar una interpretación precisa.

Conmutador. Dispositivo que es el punto central de conexión de equipos y otros dispositivos de una red, de forma que los datos puedan transmitirse a velocidad de transmisión completa.

CTS (Limpiar para enviar). Señal enviada por un dispositivo para indicar que está preparado para recibir datos.

Data Networking. Estado al que se llega después de haber implementado una red de dispositivos de cómputo comúnmente denominada Red LAN, se dice que al estar conectados todos estos dispositivos se conforma una red de datos.

DDNS (Sistema dinámico de nombres de dominio). Permite albergar un sitio Web, servidor FTP o servidor de correo electrónico con un nombre de dominio fijo (por ejemplo, www.xyz.com) y una dirección IP dinámica.

Descargar. Recibir un archivo transmitido a través de una red.

DHCP (Protocolo de configuración dinámica de host). Protocolo que permite a un dispositivo de una red, conocido como servidor DHCP, asignar direcciones IP temporales a otros dispositivos de red, normalmente equipos.

Dirección IP. Dirección que se utiliza para identificar un equipo o dispositivo en una red.

Dirección IP dinámica. Dirección IP temporal que asigna un servidor DHCP.

Dirección IP estática. Dirección fija asignada a un equipo o dispositivo conectado a una red.

Dispersión de secuencia. Técnica de frecuencia de radio de banda ancha que se utiliza para la transmisión más fiable y segura de datos.

DMZ (Zona desmilitarizada). Suprime la protección de servidor de seguridad del enrutador de un equipo, permitiéndole que pueda “verse” desde Internet.

DNS (Servidor de nombres de dominio). La dirección IP de su servidor ISP, que traduce los nombres de los sitios Web a direcciones IP.

Domainkeys. Sistema de autenticación de correo electrónico designado a verificar el dominio DNS de un emisor de correo electrónico y la integridad del mensaje.

DSL (Línea de suscriptor digital). Conexión de banda ancha permanente a través de las líneas de teléfono tradicionales.

DSSS (Espectro de dispersión de secuencia directa). Transmisión de la frecuencia con un patrón de bit redundante que se traduce en una menor probabilidad de que la información se pierda durante dicha transmisión.

DTIM (Mensaje de indicación de tráfico de entrega). Mensaje incluido en paquetes de datos que puede aumentar la eficacia inalámbrica.

Dúplex completo. La disponibilidad de un dispositivo de red para recibir y transmitir datos de forma simultánea.

Dúplex medio. Transmisión de datos que puede producirse en dos direcciones a través de una única línea, pero sólo en una dirección cada vez.

Ethernet. Protocolo de red estándar de IEEE que especifica la forma en que se colocan los datos y se recuperan de un medio de transmisión común.

Fibra óptica. Medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir.

INTRODUCCION

El presente documento describe el desarrollo del trabajo de grado en modalidad pasantía, requisito necesario para la obtención del título profesional en Ingeniería Electrónica establecido por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Nariño.

La propuesta se hace partiendo del convenio hecho entre la Universidad de Nariño y la Empresa Centrales Eléctricas de Nariño (CEDENAR) S.A E.S.P. Este acuerdo se crea para que los estudiantes puedan aplicar sus conocimientos teóricos y adquieran experiencia en ámbitos relacionados con futuros campos de trabajo.

CEDENAR S.A. E.S.P., genera espacios que permiten la intervención de estudiantes de pregrado en diferentes ámbitos, participación que se hace con la aprobación de pasantes, quienes realizan una propuesta innovadora con el fin de propender por el avance y el mejoramiento de la empresa y de la región, demostrando con ello la preparación lograda en la academia.

CEDENAR S.A. E.S.P., establece que el desarrollo del proyecto se realice a través del software PTP LINKPlanner Motorola- Solutions USA, el cual se crea para garantizar el cumplimiento de necesidades que aqueje la empresa en aspectos de comunicaciones.

PTP LINKPlanner Motorola- Solutions USA, es una herramienta que cuenta con muchas funciones, que brinda la oportunidad de realizar enlaces simples y complejos de puntos cercanos y lejanos en diferentes zonas, sean rurales o urbanas. Es mediante este programa que se garantiza la mejor opción de diseño para la red de comunicaciones de las subestaciones eléctricas de CEDENAR.

La aplicación es utilizada después de obtener los parámetros necesarios de cada sitio, de donde se extraen los datos pertinentes para el diseño de enlaces microondas.

Una vez obtenida la información necesaria se plantean diferentes puntos de conexión para encontrar la mejor ruta y crear una topología óptima para la interconexión entre la sede principal y las subestaciones definidas por el Centro Local de control (CLC), ubicadas en la zona sur, centro, pacifico, norte del Departamento de Nariño.

1. MARCO TEORICO

1.1. ANTECEDENTES.

En las investigaciones hechas en la biblioteca de la Universidad de Nariño, se encontró que:

CEDENAR S.A.E. S.P. es una empresa que cuenta con la colaboración del estudiante e ingeniero electrónico en potencia Edgar Armando Mallama [1], quien realiza el “Estudio para la implementación de enlace de fibra óptica entre la subestación Jamondino y el Centro Local de Control CEDENAR”, que aún sigue en marcha.

El estudio hecho por el Ingeniero Mallama tiene como finalidad garantizar una buena comunicación entre la subestación Jamondino y la sede centro ubicada en Pasto, comunicación hecha a partir de fibra óptica debido a que la distancia existente entre la sede y Jamondino no implica mayores costos puesto que sus distancias no son tan grandes como las que involucra el diseño que se pretende realizar con subestaciones pertenecientes a CEDENAR, la cual opta por comunicación a través de microondas terrestres.

El Ingeniero Electrónico Kevin Alexander Álava Córdoba [2] estudiante egresado de la Universidad de Nariño apporto con sus conocimientos a CEDENAR, desarrollando el proyecto denominado “Seguimiento, control y mantenimiento del sistema de teledividida de las fronteras comerciales en el Centro Local de Control de CEDENAR S.A. E.S.P.”, estudio que ya culminó.

La colaboración de Ingeniero Álava se centró en el apoyo profesional de actividades de actualización de información en el proceso de teledividida, análisis de base de datos, funcionamiento aplicativo para control de actas y confrontación de parámetros técnicos de sistemas comerciales. Este proyecto al igual que el que se pretende realizar fue formulado con el fin de contribuir al buen rendimiento de CEDENAR, para que brinde con ello fortalecimiento social, político y económico al Departamento.

1.2. MARCO TEMPORAL

La pasantía desarrollada en Centrales Eléctricas de Nariño (CEDENAR) S.A. E.S.P., como requisito para la obtención del título de Ingeniero Electrónico, dio inicio desde el 6 de Marzo del año 2013, hasta el 6 de Septiembre del presente año.

1.3. MARCO LEGAL

Estándar para redes inalámbricas con línea visual.

IEEE 802.11. Es aplicada a LANs inalámbrica y proporciona 1 o 2 Mbps de transmisión en la banda de 2.4 GHz que usa cualquier frecuencia que brinca el espectro del cobertor (FHSS) o la sucesión directa del espectro (DSSS).

IEEE 802.11a – Estándar superior al 802.11b, pues permite velocidades teóricas máximas de hasta 54 Mbps, apoyándose en la banda de los 5GHz. A su vez, elimina el problema de las interferencias múltiples que existen en la banda de los 2,4 GHz (hornos microondas, teléfonos digitales DECT, BlueTooth).

Es aplicada a una LANs inalámbrica. La especificación esta aplicada a los sistemas de ATM inalámbricos

IEEE 802.11b – Extensión de 802.11 para proporcionar 11 Mbps usando DSSS. También conocido comúnmente como Wi-Fi (Wireless Fidelity): Término registrado promulgado por la WECA para certificar productos IEEE 802.11b capaces de ínter operar con los de otros fabricantes. Es el estándar más utilizado en las comunidades inalámbricas.

IEEE 802.11e – Estándar encargado de diferenciar entre video-voz-datos. Su único inconveniente es el encarecimiento de los equipos.

Los proveedores de servicio de banda ancha a la vista QoS y la casa multimedia es capaz de conectar una red de computadoras como un ingrediente esencial a ofrecer. Su acceso de Internet es de gran velocidad. (From Network World Fusion)

IEEE 802.11g – Utiliza la banda de 2,4 GHz, pero permite transmitir sobre ella a velocidades teóricas de 54 Mbps. Se consigue cambiando el modo de modulación de la señal, pasando de 'Complementary Code Keying' a 'Orthogonal Frequency Division Multiplexing'. Así, en vez de tener que adquirir tarjetas inalámbricas nuevas, bastaría con cambiar su firmware interno.

IEEE 802.11i – Conjunto de referencias en el que se apoyará el resto de los estándares, en especial el futuro 802.11a. El 802.11i supone la solución al problema de autenticación al nivel de la capa de acceso al medio, pues sin ésta, es posible crear ataques de denegación de servicio (DoS).

AES es un nivel más fuerte de seguridad que encuentra en la actual Wi-Fi Protección de norma de seguridad de Acceso. (From NetworkWorldFusion)

IEEE 802.16 - son un grupo de banda ancha de normas de comunicaciones inalámbricas para las redes del área metropolitanas (Tripula) desarrollado por un grupo activo del

Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos (IEEE). La normal original 802.16, publicó en el 2001 de diciembre, especificando por punto la banda ancha de sistemas inalámbricos que operan en los 10-66 GHz autorizaron el espectro. Una enmendadura, 802.16a, aceptado en el 2003 de enero, las extensiones especificadas 2-11 GHz del espectro, entregando a 70 Mbps distancias a 31 millas. Oficialmente llamado la especificación de Wireless MAN™, se esperan normas 802.16 para habilitar las aplicaciones multimedia con la conexión inalámbrica y, con un rango de 30 millas, que proporcione una última milla tecnológica viable.

Un grupo más temprano de normas de IEEE, las especificaciones 802.11, proporciona una alternativa inalámbrica a Ethernet LANs (el área local conecta una red de computadoras); se espera que la norma 802.16 complemente éstos permitiendo una alternativa inalámbrica a T1 une las oficinas que une a nosotros y a Internet. Aunque las primeras enmendaduras a la norma sólo son para las conexiones inalámbricas fijas, se espera que una enmendadura extensa, 802.16e, habilite las conexiones para los dispositivos móviles.

1.4. CONCEPTOS BASICOS

1.4.1. RED DE DATOS

Son infraestructuras construidas para posibilitar la transmisión de información a través del intercambio de datos. Esta surge por la necesidad de comunicarse y compartir recursos con ordenadores y diferentes dispositivos entre lugares cercanos y lejanos, también para facilitar y evitar mayores gastos en el desarrollo de actividades y tareas en organizaciones empresariales.

Las redes de datos pueden clasificarse de acuerdo a la extensión de terreno o forma que adquiera. Según esto se tiene:

- **Red según el área geográfica**

Se caracterizan por su tamaño, que tanto alcance tienen para transmitir la información requerida. Ver figura 1.



Figura 1⁴. Redes de comunicación

- **Red LAN (Local Area Network).** Red de área local Es de ámbito privado, por lo que solo permite el intercambio de información en un mismo lugar, permite la conexión de equipos un área relativamente pequeña.
- **Red MAN (Metropolitan Area Network).** Más conocida como red de área metropolitana, esta se crea a partir de la unión de dos o más LAN.

⁴Redes según el área geográfica, pagina web:<http://esmeyxime.blogspot.com/2011/03/redes-lanman-y-wam.html>.

Generalmente son utilizadas en empresas que poseen sucursales en otras ciudades y se forman teniendo en cuenta un límite de distancia

- **Red WAN (Wide Area Network).** Red de área extensa. La conforman varias redes LAN, genera mayor alcance de comunicación, tanto que la transmisión de información se hace ilimitada. El diseño de este tipo de red abarca grandes distancias geográficas, del orden del tamaño de un país o continente. Se conoce como red global.
 - **Red WLAN (Wireless Local Area Network).** Sistema de comunicación inalámbrico, caracterizado por la comunicación de dispositivos a pequeñas distancias, usan tecnología de radiofrecuencia. Este tipo de red minimiza el uso de medios guiados.
 - **Red WMAX (World wide Interoperability for Microwave Access).** Interoperabilidad mundial por acceso a microondas. Genera la transmisión de datos a partir de ondas electromagnéticas.
- **Red según la topología⁵**

Depende de la forma como se conectan los dispositivos u ordenadores a través de un medio físico.

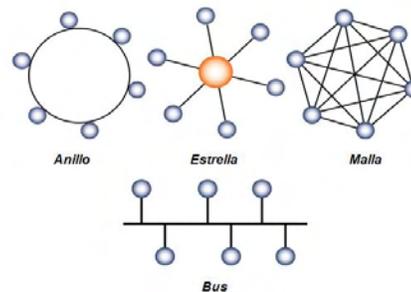


Figura 2. Topología de redes

- **Anillo.** Los ordenadores se comunican a través de un único medio de transmisión, por donde se envía y se recibe recursos y aplicaciones.
- **Estrella.** Los dispositivos se conectan a un nodo central, éste se encarga de suministrar la información a todos los puntos de enlace.
- **Bus.** Los elementos que forman varios nodos se unen linealmente unos con otros. La información recorre todo el sistema hasta llegar a su destino.

⁵Libro en línea "Fundamentos de comunicaciones y redes.", pagina web: <http://www.eveliux.com/mx/topologias-de-red.php>

- **Malla.** Todos los computadores proporcionan información de uno a otro por el hecho de estar conectados entre sí.

1.4.2. TRANSMISION DE DATOS

La finalidad de una red es transmitir información entre dispositivos que se conectan mediante un medio físico, al cual se le da el nombre de canal.

Los canales de transmisión se componen de varios segmentos, estos generan la circulación de los datos en forma de ondas electromagnéticas y se propagan a través de medios guiado y no guiado.

1.4.3. MEDIOS DE TRANSMISION⁶

Constituye un soporte físico por donde se comunica el emisor y el receptor. Se distinguen dos medios que son: medios guiados y no guiados, ambos transmiten la información a través de ondas electromagnéticas.

- **Medios guiados**

Utilizan un medio físico por el que conducen las ondas electromagnéticas dentro de los medios guiados se encuentran: cable coaxial, fibra óptica y el par trenzado.



Figura 3. Medios Guiados

- **Cable coaxial:** presenta en su interior un hilo de cobre el cual actúa como conductor, este se encuentra rodeado por varios hilos que forman una malla de cobre. Entre el hilo y la malla se encuentra un conducto plástico, que se encarga de separarlos y mantener las propiedades eléctricas. El cable está cubierto de un aislante que protege y reduce las emisiones eléctricas.

Es bastante resistivo a interferencias. En general el cable coaxial es utilizado en redes punto a punto o dentro de los racks.

⁶ Libro en línea: “Fundamentos de telecomunicaciones y redes”, Evelio Martínez Martínez y Arturo Serrano Santoyo, documento disponible en: http://www.amazon.com/Fundamentos-Telecomunicaciones-Volume-Spanish-Edition/dp/1456353608/ref=tf_ssw?&linkCode=wss&tag=eveliosteleco-20

Hay dos tipos de cable coaxial, estos son: **Thick (grueso)**. Más conocido como cable amarillo, se ajusta a grandes distancias con una buena velocidad. Otro cable es el **Thin (fino)**. Su limitación es la distancia.

- **Cable par trenzado:** se forma por dos hilos de cobre aislados y enlazados. Se suele unir varios pares de trenzas que se revisten de un protector para crear un cable. El número de pares que hay dentro del protector puede variar. La unión de los cables en forma de trenza permite la eliminación del ruido producido por diferentes factores.

Existe dos tipos de cable par trenzado: el cable par trenzado sin apantallar (**UTP**) y el cable par trenzado apantallado (**STP**).

El UTP incluye cuatro pares de conductores, el STP utiliza una envoltura con cobre trenzado más protectora y de mayor calidad que la del cable UTP.

- **Fibra optica:** son filamentos de vidrio flexible, estos se encargan de llevar la información a través de haces de luz que van de un lado a otro. La fibra óptica puede ser usada en pequeños y grandes ambientes. La fibra óptica se crea de la combinación unos pocos kilogramos de vidrio con sílice o arena.

- **Medios no guiados⁷**

No confinan señales mediante ningún tipo de cable. Las señales se propagan a través del aire o el vacío. La transmisión y recepción de información se lleva a cabo por medio de antenas de transmisión y recepción. Las antenas de transmisión se encargan de irradiar energía electromagnética en el medio y la antena de recepción capta las ondas electromagnéticas del medio que la rodea.

Los medios no guiados o sin cable pueden establecer dos formas de configuración direccional y omnidireccional.

Direccional: la energía emitida se concentra en un haz, para la cual se requiere que la antena receptora y transmisora esté en línea. Cuando mayor sea la frecuencia de la transmisión, es más factible confinar la energía en una dirección.

Omnidireccional: la antena transmisora emite en todas las direcciones espaciales y la receptora recibe igualmente en toda dirección.

- **Microondas terrestres.** Se hacen conexiones intermedias, punto a punto entre antenas parabólicas las cuales se usan para comunicación a larga

⁷Página web: <http://mediosdetransmisionnoguiados.blogspot.com/>

distancia. Se utilizan en sustitución de cable coaxial y fibra óptica debido a que requiere menos repetidores y amplificadores, y genera menor costo.

- **Microondas por satélite.** El satélite recibe la señal y la amplifica o retransmite en la dirección adecuada. Para que se pueda realizar se necesita de la alineación de los satélites con los receptores y emisores de la tierra, el satélite debe ser geoestacionario.
- **Radiofrecuencias.** Sistema de modulación digital de banda ancha. Usa frecuencias de radio, se utiliza para la comunicación inalámbrica, y se caracterizan por generar ondas de radio de bajo poder, normalmente no tienen regulación, en cambio, las transmisiones de alto poder requieren de un permiso de estado para poder transmitir en una frecuencia específica.

1.4.4. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN⁸

Conjunto de elementos que hacen posible la transmisión y recepción de información a partir de un medio físico por donde se propaga una señal electromagnética.

- **Componentes de un sistema de comunicaciones**

Un sistema de comunicación está compuesto por tres elementos importantes que son: el transmisor, el canal o medio de transmisión y el receptor.

- **Transmisor.** Es el responsable del procesamiento y envío de la señal a través de un medio físico. El transmisor se encarga de la modulación de la señal.
- **Canal de transmisión.** Es el medio o puente por donde viaja la señal transmitida, a través de él, se une el elemento de transmisión con el de recepción. Este medio puede ser cables, el aire, etc.
- **Receptor.** Es el encargado de extraer la señal deseada y entregarla al transductor de salida. El receptor es el responsable de la demodulación y de transformar la señal a su forma original.

⁸“Componentes de un sistema de comunicación”, PDF disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4470/1/CD-4085.pdf>

1.4.5. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO ⁹

El objetivo de un sistema electrónico de comunicaciones es transmitir información entre dos o más lugares, cuyo nombre común es estación. Esto se logra convirtiendo la información original a energía electromagnética, para transmitirla a una o más estaciones receptoras, donde se reconvierte a su forma original la energía electromagnética se pueden propagar en forma de voltaje o corriente. La energía electromagnética se distribuye en un intervalo casi infinito de frecuencias el cual es llamado espectro electromagnético.

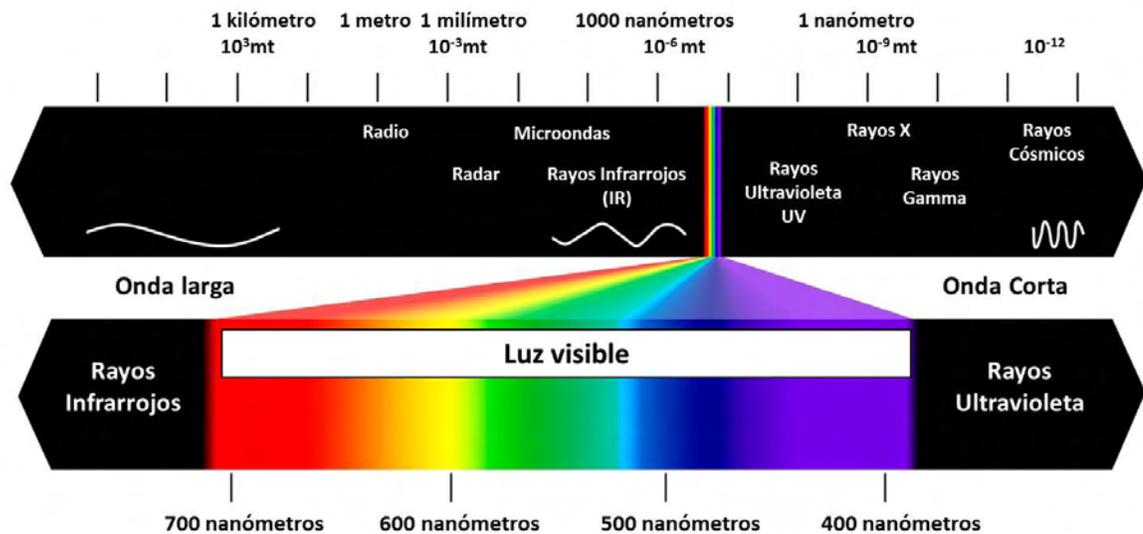


Figura 4. Espectro electromagnético de frecuencias

1.4.6. FRECUENCIAS DE TRANSMISION

El espectro electromagnético se ve en la figura 4, este espectro de frecuencias va desde las subsónicas (unos pocos hertz) hasta los rayos cósmicos (10^{22} Hz). El espectro de frecuencias se subdivide en subsecciones o bandas. Cada banda tiene un nombre y sus límites. Las designaciones de bandas según el Comité Consultivo Internacional de Radio (CCIR) se muestran en la tabla 1. Esta designación se resume de la siguiente manera:

Frecuencias extremadamente bajas (ELF; de Extremely Low Frequencies). Son señales en el intervalo de 30 a 300 Hz, y comprende las señales de distribución eléctrica (60 Hz) y las de telemetría de baja potencia.

Frecuencias de voz (VF, de Voice Frequencies). Son señales en el intervalo de 300 a 3000 Hz, e incluyen a las que generalmente se asocian a la voz humana. Los canales telefónicos normales tienen un ancho de banda de 300 a 3000 Hz y se son conocidos como canales de frecuencia de voz, o canales de banda de voz.

⁹ Archivo PDF en línea. <http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/5860/1/ICE59.pdf>

Frecuencias muy bajas (VLF, de Very Low Frequencies) son señales dentro de los límites de 3 a 30 KHz, que comprendan al extremo superior del intervalo audible humano. Las VLF se usan en algunos sistemas especiales, como por ejemplo las comunicaciones con submarinos.

Frecuencias bajas (LF, de Low Frequencies). Son señales en el intervalo de 30 a 300 KHz, se usan principalmente en la navegación marina y aeronáutica.

Frecuencias intermedias (MF, de low Frequencies). Son señales de 300KHz a 3MHz, y se usan principalmente para emisiones comerciales de AM (534 a 1605KHz).

Frecuencias altas (HF, de High Frequencies). Señales en el intervalo de 3 a 30 MHz, con frecuencias llamadas ondas cortas. La mayoría de la radio comunicaciones en dos sentidos usa este intervalo. También los radioaficionados y la banda civil usan señales de HF.

Muy altas frecuencias (VHF, por Very High Frequencies). Son señales de 30 a 300 MHz y se usan en radios móviles, comunicaciones marinas y aeronáuticas, emisión comercial en FM (de 88 a 108 MHz) y en la emisión de televisión, en los canales 2 a 13 (54 a 216 MHz).

Frecuencias ultra altas (UHF, de Ultra High Frequencies). Son señales entre los límites de 300 MHz a 3 GHz, y las usa la emisión comercial de televisión, en los canales 14 a 83 en los servicios móviles de comunicaciones terrestres, teléfonos celulares, algunos sistemas de radar y navegación, y los sistemas de radio con microondas y satélite.

Frecuencias super altas (SHF, por Super High Frequencies). Son señales de 3 a 30 GHz donde está la mayoría de frecuencias que se usan en sistemas de radiocomunicaciones por microondas y satélites.

Frecuencias extremadamente altas (EHF, de Extremely High Frequencies) son señales entre 30 y 300 GHz, y casi no se usan para radiocomunicaciones, a excepción de aplicaciones muy complicadas, costosas y especializadas.

DESIGNACIÓN DE LA BANDA	INTERVALO DE FRECUENCIA	INTERVALO DE LONGITUD DE ONDA EN EL ESPACIO LIBRE
ELF	< 3 KHz	> 100 km
VLF	3 a 30 KHz	10 a 100 km
LF	30 a 300 KHz	1 a 10 km
MF	300 a 3 MHz	100 m a 1km
HF	3 a 30 MHz	10 a 100 m
VHF	30 a 300 MHz	1 a 10 m
UHV	300 a 3 GHz	10 cm a 1m
SHF	3 GHz a 30 GHz	1 a 10 cm
EHF	30 a 300 GHz	1 a 10 mm
INFRARROJO	8×10^{11} a 4×10^{14} Hz	80 a 400 μ m
LUZ VISIBLE	4×10^{14} a 7.5×10^{14} Hz	40 a 80 μ m
LUZ ULTRAVIOLETA	7.5×10^{14} a 10^{16} Hz	1.2 a 40 μ m
RAYOS X, RAYOS GAMMA	10^{16} a 10^{20} Hz	0.6 a 1.2 μ m
RAYOS COSMICOS	$> 10^{20}$ Hz	< 0.6 μ m

Tabla 1. Tabla de designación de bandas frecuencias

1.4.7. ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

El espectro radioeléctrico es el conjunto de frecuencias que, conforme a la tecnología disponible, pueden ser empleadas para emitir ondas que permitan transportar información. La figura 5 muestra el espectro radioeléctrico.

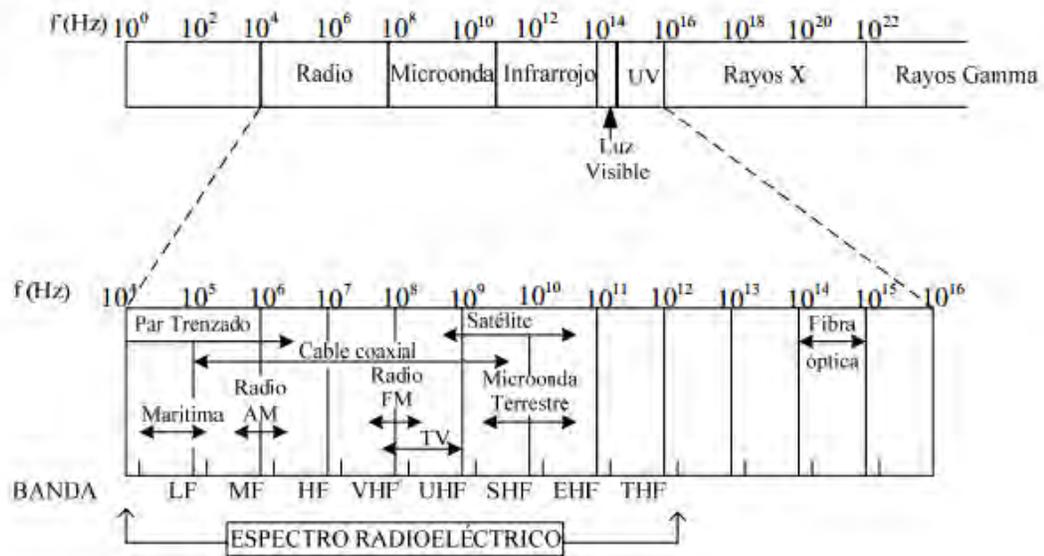


Figura 5. Espectro radioeléctrico

- **Longitud de onda**

La longitud de onda es la distancia que ocupa en el espacio un ciclo de una onda electromagnética, es decir la distancia entre los puntos correspondientes en una onda repetitiva. La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia de onda, y directamente proporcional a su velocidad de propagación de energía electromagnética en el espacio libre es de 3×10^8 m/s. la relación entre frecuencia, velocidad de onda se expresa en forma matemática como sigue:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \text{Ecuacion 2.1}$$

Donde:

λ = longitud de onda [m] por ciclo

c = velocidad de la luz [m/s](300.000.000)

f = frecuencia [Hz]

1.5. ENLACES MICROONDAS¹⁰

Los enlaces de microondas tienen muchos usos. Algunos sistemas de microondas utilizan un solo enlace o salto, en tanto que otros son sistemas multipunto que usan repetidores para amplificar la señal emitida en un sistema más allá del alcance de línea de vista de un solo enlace.

Los microondas son ondas electromagnéticas cuyas frecuencias van desde unos 300 MHz hasta 300 GHz o más. Por lo tanto a causa de sus altas frecuencias, tienen longitudes de onda relativamente cortas, de ahí el nombre "micro" ondas.

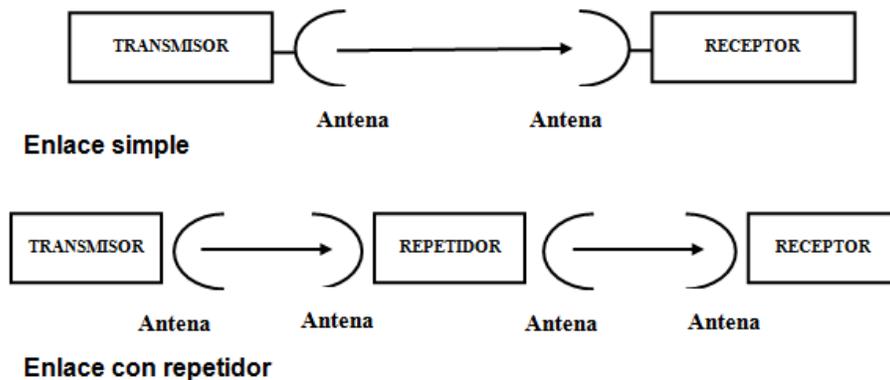


Figura 6¹¹. Elementos de un sistema de comunicaciones

¹²Los enlaces terrestres por microondas pueden ser sistemas analógicos o digitales, los microondas más nuevos son digitales, pero aún se encuentran instalaciones analógicas.

Los sistemas microondas hacen parte de la tecnología inalámbrica, esta tecnología aparece con el fin de brindar facilidades en las instalaciones y el mantenimiento en redes de comunicaciones.

Las redes diseñadas con tecnología inalámbrica brinda la gran ventaja de reducir costos con relación a un diseño cableado. Es por eso que hoy, la mayoría de empresas ven más benéfico hacer diseños de comunicaciones a través de sistemas inalámbricos.

¹⁰ Libro en línea: "Sistemas electrónicos de comunicaciones ", Roy Blaker, comunicación de Thomson, documento disponible en:

<http://books.google.com.co/books?id=53i69LV2ETsC&pg=PA685&dq=que+son+los+enlaces+microondas&hl=es&sa=X&ei=QS35UbvtGoXS9gSZmIGQCQ&ved=0CCwQ6AEwAA#v=onepage&q=que%20son%20los%20enlaces%20microondas&f=false>

¹¹ Figura obtenida del libro de Thomson.
1212

Una red por microondas es un tipo de red inalámbrica que utiliza microondas como medio de transmisión. El protocolo más frecuente es IEEE ¹³802.11b y transmite a 2.4GHz, alcanzando velocidades de 11 Mbps.

Otras redes utilizan el rango de 5.4 a 5.8GHz para el protocolo IEEE 802.11a.

La antena utilizada en un sistema de microondas generalmente es de tipo parabólico. El tamaño típico es de un diámetro de 3 metros. La antena es fijada rígidamente, y transmite un haz estrecho que debe estar perfectamente enfocado hacia la antena receptora.

Las antenas de microondas se deben ubicar a una altura considerable sobre el nivel del suelo, con el fin de conseguir mayores separaciones posibles entre ellas y poder superar posibles obstáculos. Sin obstáculos intermedios la distancia máxima es de 150 Km, con antenas repetidoras la distancia se puede extender si se aprovecha la curvatura de la tierra, por medio de la cual las microondas se desvían o refractan en la atmósfera terrestre.

- **Radioenlace**

Por enlace o radioenlace se entiende el tramo de transmisión directa entre dos estaciones adyacentes, ya sean terminales o receptoras, de un sistema de microondas.

1.5.1. TIPO DE ENLACES¹⁴

Los enlaces de telecomunicaciones buscan caminos para comunicar al emisor con el receptor. Un enlace es uno de los varios tipos de rutas de transmisión de información, tales como las proporcionadas por satélites, infraestructuras terrestres por radio o redes informáticas que buscan conectar dos o más puntos.

- **Punto a punto**

Se crea un punto de conexión que comunique varios nodos. Este tipo de enlace se utiliza generalmente para tener el control de la información transmitida y recibida desde un punto central.

- **Punto a multipunto**

La comunicación se hace a través de varios puntos de conexión, no tiene un punto central de dominio haciendo que todos los nodos se comuniquen entre sí, por este motivo también es conocido como un tipo de topología en malla.

¹³ IEEE corresponde a las siglas en español instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos, asociación técnico – profesional mundial dedicada a la estandarización.

¹⁴ Tipo de enlaces, documento disponible en: http://centrodeartigos.com/articulos-enciclopedicos/article_92793.html

1.5.2. TECNOLOGIAS INALAMBRICAS¹⁵

La tecnología inalámbrica hace referencia a la comunicación entre dispositivos electrónicos sin cables, es así, como el avance tecnológico busca conectar de forma rápida y sencilla elementos para generar y recibir señales electromagnéticas para con ellas, permitir el cambio de recursos ya sea por hardware o software.

Dentro de las tecnologías inalámbricas encontramos:

- **WI-FI (Wireless- Fidelity)**

Es una red de área local inalámbrica (WLAN), que se ajusta a la familia de estándares IEEE 802.11 (802.11a, 802.11b, 802.11g y 802.11n), más conocidos como Wi-Fi, utiliza frecuencias de radio (2.4 GHz) en vez de cables y permite comunicarse a Internet, utilizar correo electrónico y acceder a una red privada de una empresa.

- **WI-MAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)¹⁶**

Es una norma de transmisión de datos que utiliza las ondas de radio en las frecuencias de 2,3 a 3,5 y 5.8 (no licenciada), para una cobertura de hasta 60 Km.

Wi-max se conoce como tecnología de última generación, permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio. El estándar que define esta tecnología es el IEEE 802.16.¹⁷¹⁸ Una de sus ventajas es dar servicio de banda ancha y a través de bandas libres de licencia, con las cuales se asegura la interoperabilidad de dispositivos de diferentes fabricantes y facilita el diseño de enlaces de microondas.

Esta tecnología ha sido diseñada para conectar varios nodos Wi-Fi¹⁹ con una red de área metropolitana, extender la cobertura para la transmisión y recepción mediante antenas y equipos que sean fáciles de instalar en una estación y para construir infraestructuras de red cuando el entorno o distancia no es favorable para un medio guiado.

¹⁵Tecnologías inalámbricas, PDF disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3908/1/CD-3444.pdf>

¹⁶Página web: <http://www.ordenadores-y-portatiles.com/wimax.html>

¹⁷IEEE 802.16. norma de telecomunicaciones que nace para encargarse del desarrollo global de redes locales metropolitanas inalámbricas.

¹⁸ Archivo PDF: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11435/fichero/Documentaci%C3%B3n%252F07+-+Capitulo+3+-+La+Norma+IEEE+802.pdf>

¹⁹Wi-Fi. Mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica.

2. PASANTIA EN CEDENAR S.A. E.S.P.

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

CEDENAR S.A. E.S.P. es una empresa encargada del suministro de energía, conformada por varias subestaciones eléctricas ubicadas en diferentes zonas del departamento de Nariño.

El problema principal de CEDENAR S.A. E.S.P., es hacer que la transmisión de datos que generan las subestaciones dispuestas en diferentes sitios del departamento de Nariño llegue a la sede central ubicada en Pasto y sean controladas por el Centro Local de Control (CLC). Es por este motivo que se hace necesario realizar el estudio y diseño de enlaces de comunicación que garanticen la conexión de los sitios establecidos por la empresa, para prestar a la comunidad un buen servicio y garantizar que los datos generados se concentren en un único punto donde se hace el control central.

Este proyecto consiste en la obtención de datos técnicos necesarios para la interconexión de varios puntos a través de enlaces de microondas terrestres. Dichos datos deben ser recolectados en el lugar donde se hace el enlace. El diseño propuesto se hará partiendo de cero, puesto que no existen segmentos construidos.

CEDENAR S.A. E.S.P., genera espacios que permiten la participación de estudiantes de ingeniería electrónica que brindan nuevas ideas para la renovación de la empresa y el bienestar de sus clientes.

2.2. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo se realiza con el fin de poner en práctica los conocimientos adquiridos en la facultad de ingeniería electrónica de la Universidad de Nariño, propendiendo por el desarrollo y solución de problemas que aqueje la empresa CEDENAR, los cuales pretenden ser resueltos a través del proyecto propuesto.

CEDENAR es una empresa generadora de energía, la cual tiene a su cargo varias subestaciones ubicadas en diferentes partes del Departamento de Nariño. Estas subestaciones en la actualidad no cuentan con un sistema que les permitan comunicarse, controlar y transmitir los datos generados por las estaciones.

Debido a la complejidad del entorno y la geografía del Departamento, llevar redes de comunicación cableadas a diferentes puntos resulta altamente complicado y costoso, es por ese motivo que se opta por hacer el diseño de red mediante tecnología inalámbrica, la cual facilita la comunicación entre lugares distantes, y permite el envío y recepción de información garantizando rendimiento y eficiencia.

La existencia de la tecnología inalámbrica ha generado gran impacto en los países en vía de desarrollo, tanto así, que muchas empresas en la actualidad la han incorporado para interconexiones de larga distancia, ya que ayudan al despliegue rápido de la información y proporcionan mayor facilidad de ajuste económico en la instalación de equipos y estructuras.

Por la ubicación de las subestaciones eléctricas y las facilidades de transmisión que brindan los sistemas inalámbricos, se plantea el diseño de una red de comunicaciones mediante enlaces de microondas terrestres, los cuales se establecen a partir de medios no guiados.

Los enlaces de microondas terrestres tienen la capacidad de manejar diferentes canales para transportar información entre dos puntos. La utilización de este medio deja a un lado la instalación física de cables coaxiales, fibra óptica y evita la necesidad irrumpir en espacios privados

Con el estudio y diseño de la red de comunicaciones para las subestaciones de CEDENAR S.A. E.S.P., se pretende garantizar conectividad entre lugares distantes mediante avances tecnológicos, los cuales serán primordiales para el dinamismo y el desarrollo social, político y económico del Departamento.

El desarrollo del proyecto permitirá el avance tecnológico, fortalecimiento y evolución empresarial, lo que ayudara a CEDENAR a generar un mejor servicio que garantice mayor seguridad y confiabilidad. Es por esto, que se hace importante participar en el desarrollo de proyectos que ayuden al mejoramiento y satisfacción de la comunidad, ya que a partir de ello se puede adquirir nuevas experiencias, las cuales dan la posibilidad de un crecimiento personal y profesional.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Brindar asesoría y apoyo profesional en las diferentes actividades del Centro Local de Control y diseñar una red de comunicaciones para subestaciones eléctricas de CEDENAR S.A. E.S.P.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Contribuir en el desarrollo de actividades en ingeniería en el Centro Local de Control de CEDENAR a través de asesorías enfocadas en comunicaciones.
- Realizar el diagnostico actual de conexión entre las subestaciones y la sede central.
- Utilizar herramientas de comunicación que ayuden al modelamiento de enlaces para el diseño de redes punto a punto y punto a multipunto para las subestaciones de CEDENAR.
- Determinar los equipos y elementos necesarios para la implementación de la red y realizar el presupuesto del proyecto.
- Documentar el estudio y diseño de los enlaces realizados entre las subestaciones eléctricas de CEDENAR.

3.3. ALCANCE Y RESULTADOS

En la empresa Centrales Eléctricas de Nariño durante el tiempo de pasantía se cumplió con:

Todos los objetivos propuestos inicialmente en el anteproyecto, para la creación de una red de comunicaciones para las subestaciones eléctricas de CEDENAR. Dichos objetivos se logran a partir de la realización de actividades, donde se tiene en cuenta aspectos técnicos de diseño para el análisis y desarrollo final de los enlaces establecidos por el Centro Local de Control (CLC), los enlaces se hacen con datos extraídos de los lugares de diferentes partes del Departamento de Nariño, una vez recolectados los datos necesarios, se da uso del software LINKPlanner²⁰, propuesto por la empresa para la realización final de la red de comunicaciones.

²⁰LINKPlanner. Software de diseño de redes inalámbricas, esta es una herramienta proporcionada por Motorola Solutions, la cual se crea para ser usada en Windows o Macintosh.

Teniendo en cuenta el planteamiento inicial de la propuesta, se realizan actividades de asesoría, donde se ayuda con la familiarización de conceptos básicos en telecomunicaciones a los trabajadores del (CLC) que intervienen en el desarrollo del proyecto.

Aplicando lo aprendido y teniendo el suficiente dominio del programa LINKPlanner, se creó la mejor alternativa de diseño para las subestaciones eléctricas existentes en el Departamento de Nariño. Los enlaces se hicieron utilizando los datos obtenidos en cada lugar asignado por el Centro Local de Control (CLC), y fue mediante estos, que se encontró la mejor ruta para comunicar la sede centro ubicada en Pasto con las demás subestaciones.

Se contribuyó en actividades complementarias de ingeniería como es: la telemedida y parametrización de usuarios procedentes de otras comercializadoras de energía en la división de operaciones de CEDENAR, ayudando a generar un mejor control en el suministro de energía.

4. METODOLOGIA

La metodología a seguir para el desarrollo de los objetivos se hizo de acuerdo a los requerimientos de CEDENAR.

La empresa se encargó de asignar los lugares y decidir qué puntos debían ser conectados para realizar los enlaces de comunicación. Partiendo de ello, se tuvo presente las siguientes etapas.

4.1. ETAPA 1. Asesoría

Se me brindo la inducción necesaria en las diferentes actividades que desarrollaría durante el tiempo de pasantía.

4.2. ETAPA 2. Diagnóstico e Investigación

Esta etapa se desarrolló con la finalidad de reunir toda la información necesaria para el desarrollo del proyecto.

Se analizó los perfiles topográficos con el propósito de determinar los puntos que intervendrían en el enlace de comunicaciones que haría parte de la conexión para el enlace de comunicación que se deseaba diseñar.

Se estudió métodos teóricos de diseño de enlaces de microondas terrestres para hacer los respectivos cálculos en la etapa de diseño de forma manual y a través de programas propios para el diseño de radioenlaces.

Se hizo el estudio de los equipos que se usarían, su factibilidad técnica y económica.

4.3. ETAPA 3. Diseño

En esta parte del proyecto se realizan todos los cálculos, estudios necesarios para cada uno de los puntos involucrados en la plataforma de interconexión.

Se analizó las diferentes áreas y sectores del departamento de Nariño donde se encuentran las subestaciones eléctricas que se desean conectar.

Se hicieron los cálculos necesarios de cada enlace con el fin de mira la mejor trayectoria de conexión para la red final de comunicaciones para las subestaciones.

Seleccionar los equipos que se ajusten al diseño.

4.4. ETAPA 4. Simulación del enlace

En esta etapa se estudia y analiza el software disponible para radioenlaces de microondas o enlaces punto a punto.

En la simulación se ubica los diferentes sitios que se enlazarán para comunicarse.

Determinar criterios de línea de vista.

Genera los puntos de elevación, obstáculos por donde la señal debe pasar.

5. DESARROLLO DE PASANTIA

5.1. DIAGNOSTICO

Previo a la elaboración del diseño de la red de comunicaciones para las subestaciones de CEDENAR, se hizo una inspección para conocer las condiciones de servicio de la empresa y las condiciones geográficas, físicas y eléctricas de los puntos a enlazar.

Se verifico que CEDENAR S.A. E.S.P²¹, es una empresa generadora, distribuidora y comercializadora de energía eléctrica, que busca satisfacer las necesidades de clientes y fomentar el desarrollo económico y social de la región.

Por otro lado, se comprobó que la empresa está formada por 37 subestaciones eléctricas (ver tabla 2), ubicadas tanto en la zona urbana como en la zona rural del departamento de Nariño. Todas las subestaciones cuentan con una infraestructura apta para el servicio eléctrico, el cual es necesario para el desarrollo de actividades de toda índole; pero no cuentan con una red propia de comunicaciones que les permita transmitir, emitir o recibir signos, señales, datos o información de cualquier naturaleza que se efectuó ya sea por medios guiados o no guiados.

Se supo que Pasto, subestación caracterizada por ser sede principal de la empresa, es la encargada de velar por el buen funcionamiento de las demás subestaciones a través del Centro Local de Control (CLC); el cual se encarga de garantizar que se preste el mejor servicio de energía en todos los municipios del departamento de Nariño.

Se identificó la ubicación de las subestaciones, y se determinó que no gozan de fácil acceso para la comunicación con la sede principal debido a que se sitúan en zonas bastante montañosas que no permiten línea de vista.

Ahora, sabiendo que las subestaciones tienen una estructura que genera altas potencias, se acuerda que no se puede hacer uso de ella para la red de comunicaciones, ya que ocasiona mucho ruido que afecta la transmisión de información de un lugar a otro. También porque hace que los enlaces u ondas electromagnéticas producidas sean vulnerables a las condiciones ambientales y requieran de maniobras frecuentes que resultan peligrosas para trabajadores de la misma empresa o contratistas dedicados hacer el mantenimiento.

Finalmente, teniendo presente las condiciones y la ubicación de las subestaciones, se pudo concluir que no todas las subestaciones elegidas (Buchely, Catambuco, Julio bravo, Junín, La unión, Llorente, Pasto, Rio Mayo, Taminango, Tangaríal, Tumaco, Tuquerres) para la red de comunicaciones propuesta, se podían enlazar de forma directa, lo que conllevó a buscar puntos intermedios que sirvieran de apoyo para una mejor comunicación con la subestación Pasto.

²¹ Página web: http://cedenar.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=100&Itemid=125

5.2. DISEÑO

En esta etapa se tuvo presente varios aspectos como: la tecnología, el tipo de enlace, la ubicación de las subestaciones para determinar el medio de transmisión, los parámetros para la realización de los enlaces, las herramientas de simulación para mirar la efectividad del diseño, y los elementos necesarios para la elaboración del presupuesto.

5.2.1. TIPO DE ENLACE Y TECNOLOGÍA SUGERIDA PARA DISEÑO DE LA RED DE COMUNICACIONES PARA LAS SUBESTACIONES

El tipo de enlace y la tecnología se escoge de acuerdo al rango de frecuencias que se utiliza para los enlaces, la distancia en km entre los puntos a enlazar y el área geográfica. Según lo anterior y teniendo en cuenta la ubicación de las subestaciones se hace la elección de enlaces punto a punto con tecnología WIMAX, puesto que se trabaja con una frecuencia de operación de 5.8 GHz (banda libre de WIMAX) para la red propuesta para las subestaciones de CEDENAR.

WIMAX funcionaría similar a Wi-Fi pero a velocidades más altas, brinda conexión a una cantidad mayor de usuarios. WIMAX es una tecnología inalámbrica que tiene un alcance de 50 hasta 60 Km, y la capacidad de solventar necesidades de la empresa, haciendo que las subestaciones que se encuentran en áreas suburbanas y rurales se conecten con la subestación urbana, brindando acceso de banda ancha (datos, voz, video, VoIP), de tal manera que se garantiza una conexión inalámbrica confiable y segura para el envío y recepción de información a través de topología punto a punto y punto multipunto.

5.2.2. DISEÑO DE UN RADIO ENLACE

Para realizar el diseño de las redes de microondas para las subestaciones eléctricas de CEDENAR fue necesario conocer algunos conceptos para luego aplicarlos a los enlaces hechos mediante el software LINKPlanner.

Para comprobar si un enlace es posible se deben considerar dos aspectos importantes: el cálculo de radioenlace y el presupuesto de potencia.

A continuación se hará la descripción de conceptos para luego aplicarlos en el desarrollo del diseño.

5.2.3. PARAMETROS PARA LA REALIZACION DE UN RADIOENLACE²²

Los enlaces de microondas terrestres o radioenlaces se diseñan de manera que los nodos a enlazar presenten condiciones de visibilidad directa, que se encuentren libres de obstáculos, y si no, se hace los ajustes necesarios para generar una buena comunicación.

5.2.4. PERFIL DE TRAYECTORIA

- **Línea de vista**

Es el camino libre de obstáculos por donde se propagan ondas electromagnéticas. Para determinar si un enlace tiene o no línea de vista se tuvo presente los siguientes puntos.

- Se enlaza al transmisor con el receptor en un mapa topográfico, que muestre distancias y alturas.
- En un mapa topográfico, se traza una línea recta entre el transmisor y el receptor.
- Se hace la intersección entre la altura y la distancia del enlace, y se analiza dependiendo de los puntos de elevación.
- Se hace el cálculo de la constante de la curvatura de la tierra.

- **Curvatura de la tierra**

Se puede determinar el valor de la curvatura de la tierra en un punto de enlace mediante la Ecuación 2.1.

$$C = \frac{4 + dx(dT - dx)}{51K} \quad \text{Ecuacion 2.1}$$

Donde:

C = curvatura de la tierra [m]

dx = distancia a la cual se encuentra el mayor obstáculo desde la primera estación [Km]

dT = distancia total [Km]

K = factor de radio de la tierra

²² Archivo PDF disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3908/1/CD-3444.pdf>

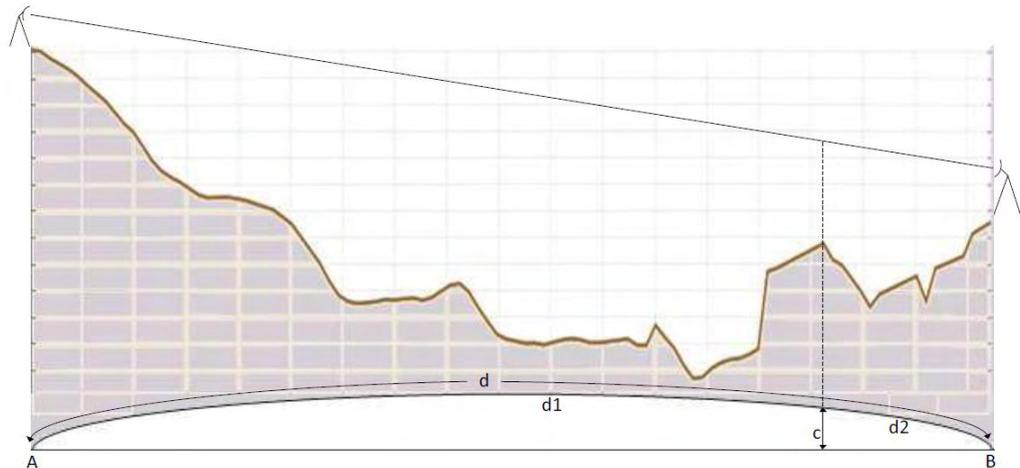


Figura 7²³. Abultamiento por la curvatura de la tierra.

- **Despeje**

Es la distancia entre la línea de vista y el perfil del terreno a lo largo de un enlace que permita la recepción del 60% de la primera zona de Fresnel.

Para garantizar que se tiene libre este porcentaje de la primera zona fresnel es necesario tener en cuenta las variaciones atmosféricas, que se consideran al estimar el factor de corrección del radio de la tierra (k) y que modifican la distancia entre el perfil del terreno y el haz que va desde el transmisor al receptor.

- **Zona fresnel**

Es el espacio que existe entre el emisor y el receptor donde se difunde una onda electromagnética luego de ser emitida por una antena. Entre menor sea el número de obstáculos en esa área, mejor se hace la transmisión de la señal deseada.

El espacio mínimo de la zona fresnel se debe observar partiendo de una línea recta que debe existir entre el emisor y el receptor, en donde se genera un desfase de onda que no supera 180° .

La obstrucción máxima permisible para considerar que no hay obstrucción es el 40% de la primera zona fresnel. La obstrucción máxima recomendada es el 20%. Para el caso de radiocomunicaciones depende del factor curvatura de la tierra (K), considerando que para un $K=4/3$ la primera zona de fresnel debe estar despejada totalmente, mientras que para un estudio con $k=2/3$ se debe tener despejado el 60% de la primera zona fresnel.

²³ Archivo PDF: Diseño de una red inalámbrica de la facultad de ingeniería eléctrica y electrónica de la Escuela Politécnica Nacional. Elaborado por: Andrés Marcelo Garrillo Ojeda y Daniel Leonardo Santos Ceballos.

Para la zona fresnel, se debe determinar inicialmente la línea de vista de radiofrecuencia (RF), que es la línea que une al punto central de la antena de transmisión y de recepción.

Para obtener la zona de fresnel se tiene en cuenta la siguiente ecuación:

$$r_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \text{ Ecuacion 2.2}$$

Donde:

r_n = radio de la n ésima zona de fresnel en [m] ($n=1,2,\dots$)

d_1 = distancia desde el transmisor al objeto en [Km]

d_2 = distancia desde el objeto al receptor en [Km]

d = distancia total de enlace [Km]

D = $d_1 + d_2$

λ = longitud de la onda de la señal transmitida en [m]

f = frecuencia en [MHz]

La zona fresnel actúa como puente de transmisión a través de un medio (aire, vacío), medio que por lo general no se encuentra libre de obstáculos. Los obstáculos imposibilitan la interconexión de dos puntos, siempre y cuando se encuentre dentro del radio de la primera zona fresnel.

Para hacer el cálculo real de la zona fresnel. Se debe tener presente la curvatura de la tierra, y la primera zona fresnel.

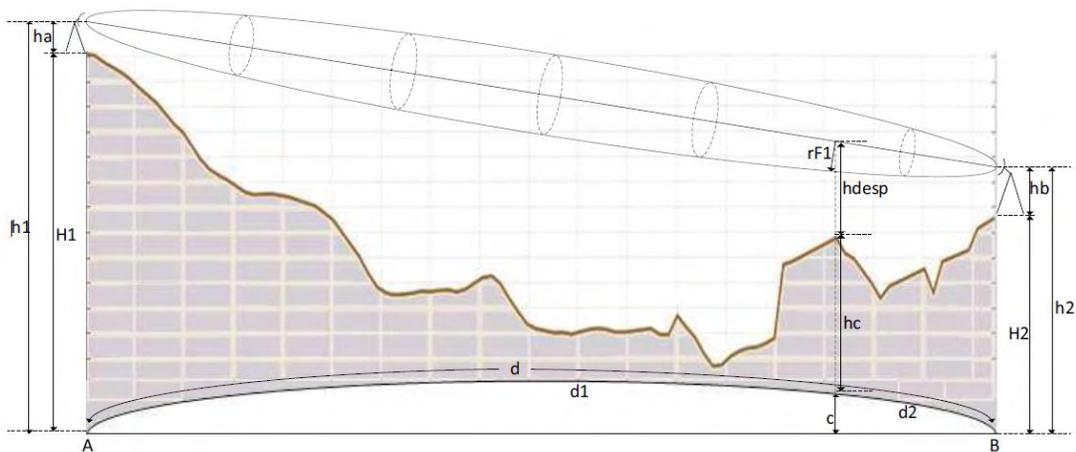


Figura 8²⁴. Enlace con parámetros de un radio enlace

En la figura 6, se ubican los elementos necesarios para un cálculo real para encontrar la primera zona fresnel. Estos elementos son:

H1 = Ha + ha: altura del terreno sobre el nivel del mar más la altura de la antena en la primera estación.

H2 = Hb + hb: altura del terreno sobre el nivel del mar más la altura de la antena en la segunda estación.

H3 = C+H+D: altura de rayo en el obstáculo constituido por la curva del terreno más la altura del obstáculo sobre el nivel del mar, más un despeje adicional por difracción.

H: altura de obstáculo.

d1: distancia del transmisor hacia el mayor obstáculo.

d2: distancia del receptor hacia el mayor obstáculo.

dT: distancia entre transmisor y receptor.

Rf1: radio de primera zona fresnel.

C: curvatura de la tierra.

D: despeje.

Si D es mucho mayor a Rf1 se garantiza el paso de la primera zona fresnel.

²⁴ Archivo PDF disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3908/1/CD-3444.pdf>, página 81.

- **Presupuesto de potencia de un radio enlace²⁵**

Es el cálculo que se hace teniendo en cuenta los tres elementos de comunicaciones que son: transmisor, canal o medio de transmisión y receptor. De los elementos se identifican las ganancias y pérdidas producidas a la hora de enviar y recibir la señal electromagnética a través de cables, conductores y la línea de vista que hay entre la fuente y el receptor. El cálculo del factor de potencia se hace necesario para obtener un buen diseño.

Para el presupuesto de potencia se establece una sumatoria de los aportes que hacen los elementos presentes en un enlace, de esto se obtiene:

- **Etapas de transmisión**

Los parámetros que se deben seguir son los siguientes:

- **Potencia de Transmisión (Tx)**

La potencia de transmisión es la potencia de salida del radio. El límite superior depende de las regulaciones vigentes en cada país, dependiendo de la frecuencia de operación y puede cambiar al variar el marco regulatorio. En general, los radios con mayor potencia son más costosos.

La potencia de transmisión del radio, normalmente se encuentra en las especificaciones técnicas del manual del equipo. Cabe recalcar que las especificaciones técnicas dan valores ideales, ósea que no tienen en cuenta los factores ambientales como la temperatura y tampoco la tensión de alimentación.

- **Perdida en el cable**

Las pérdidas se producen en los cables que conectan transmisor y receptor a las antenas. Las pérdidas dependen del tipo de cable y la frecuencia de operación, normalmente se miden en dB/m dependiendo de la calidad del cable. Por esta razón, el cable de la antena debe ser lo más corto posible. La pérdida típica de los cables está entre 0,1 dB/m y 2 dB/m. en general, mientras más grueso y rígido sea el cable menor atenuación presentara. Por eso para el cálculo de la pérdida en el cable, se debe usar los valores correctos para el rango de frecuencia usada, tomada la información de la hoja de datos del distribuidor y si fuera posible, se debe verificar sus pérdidas tomando sus medidas. Como regla general, el cable presentara el

²⁵ Archivo PDF disponible en: http://www.it46.se/courses/wireless/materials/es/06_Calculo-Radioenlace/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v01.pdf

doble de pérdidas tomando sus medidas. Como regla general, el cable presentará el doble de pérdida en [dB] para 5,4 GHz comparado con 2,4 GHz.

En la tabla 2, se muestra las pérdidas de diferentes tipos de cables coaxiales.

Tipo de cable	Pérdida (dB/100m)
RG 58	80-100
RG 213	50
RG8	52,5
LMR – 200	50
LMR – 400	22
LMR – 600	14
Ircon plus	22
Flexine de 1/2'	12
Flexine de 7/8'	6,6
C2FCP	21
Heliac de 1/2'	12
heliac de 7/8'	7

Tabla 2. Valores típicos de pérdida en cables coaxiales para 2,4 GHz

○ **Pérdidas en los conductores**

Se estima por lo menos 0,25 dB de pérdida para cada conductor en un cableado. Estos valores son para conectores bien hechos, mientras que los conductores mal soldados pueden implicar pérdidas mayores.

Si se usan cables largos, la suma de las pérdidas en los conductores se incluye en la ecuación de “pérdidas de los cables”. Pero para estar seguro, siempre considere un promedio de pérdidas de 0,3 a 0,5 dB por conector como regla general.

Además, los protectores contra descargas eléctricas que se usan entre las antenas y el radio deben ser presupuestados hasta con 1 dB de pérdida, dependiendo del tipo. Revise los valores suministrados por el fabricante (los de buena calidad introducen solo 0,2 dB).

○ **Pérdidas en el espacio libre (L)**

La onda de radio pierde potencia a medida que aumenta la distancia aun dirigiéndose en línea recta, porque se esparce sobre una mayor región en el espacio a medida que se aleja del transmisor.

La pérdida en el espacio libre mide la dispersión de la potencia en un espacio libre de obstáculos.



Figura 9. Elementos de pérdidas en el espacio libre

Para calcular la pérdida en el espacio libre se formula la siguiente ecuación:

$$L = 32,4 + 20 \log(d/\text{Km}) + 20 \log(f/\text{MHz}) \text{ Ecuacion 2.3}$$

Donde:

L= pérdida en el espacio libre [dB]

d= distancia entre transmisor y receptor [Km]

f = frecuencia del enlace [MHz]

- **Etapas de recepción**

Los cálculos en recepción prácticamente se hacen de la misma forma como en la etapa de transmisión.

- **Ganancia de la antena desde el receptor**

La ganancia de la antena depende de fabricante, estos valores pueden variar. Por lo general tienen valores típicos que se encuentran entre 2 dBi (antena isotrópica), 8 dBi (omnidireccional estándar), hasta 21 - 33,3 dBi (parabólica). Las pérdidas pueden ocurrir por muchas razones, principalmente se relaciona por una instalación inadecuada (pérdida en la inclinación, en la polarización, objetos metálicos adyacentes). Esto significa que solo puede esperar una ganancia completa de antena, si la instalación se hace de manera apropiada.

- **Sensibilidad del receptor**

Es un parámetro supremamente importante, ya que identifica el valor mínimo de potencia que necesita para poder decodificar o extraer la información. Entre más baja sea la sensibilidad, mejor será la recepción del radio. Un valor típico es -82 dBm, estos valores varían según el fabricante.

- **Margen**

Es la comparación entre la sensibilidad del receptor y la suma de las ganancias y pérdidas del equipo, si la suma de las ganancias es mayor a la de la sensibilidad del receptor se garantiza la transmisión en el enlace, haciendo que la entrega de datos sea posible.

5.2.5. COMPONENTES Y ELEMENTOS PARA EL DISEÑO DE UN ENLACE²⁶

Para el diseño de una red de comunicaciones es necesario determinar los puntos que se enlazan, los lugares donde se ubican, y los componentes y elementos para la creación de una red de comunicaciones.

- **Puntos y ubicación general para la realización del enlace**

En el caso particular, para la realización del diseño de la red de comunicaciones para CEDENAR, los puntos para la interconexión subestaciones eléctricas de las diferentes zonas del departamento de Nariño, dentro de estas se encuentran la subestaciones de: Buchely, Catambuco, Junín, Pasto y Tumaco.

- **Estaciones fijas**

Son estaciones que no se encuentran en movimiento, de estas se despliegan las siguientes:

- **Estación base.** Es el lugar que se toma como punto de partida para el envío y control de la información, sirve como punto de acceso para una red de comunicaciones o de unión para que dos puntos se conecten.

- **Estación repetidora.** Es un dispositivo electrónico que recibe una señal electromagnética y la retransmite a una mayor potencia, de tal modo que ayuda a cubrir distancias más largas. Los repetidores pueden ser:

²⁶ Archivo PDF disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3748/1/CD-3530.pdf>

– **Activos.** Son estaciones que cuentan con alimentación eléctrica, por lo general con infraestructuras que soportan equipos de radio, por ejemplo las torres que sirven de soporte para antenas que transmiten ondas electromagnéticas.

– **Pasivos.** En este caso se hace imposible tener alimentación eléctrica en un repetido. Por ello, se hace indispensable la ubicación de otro repetidor que sirva como puente de direccionamiento de la señal entre los dos extremos.

Los repetidores pasivos son reflectores que actúan como espejos de ondas que inciden sobre ellos y los dirigen hacia la estación repetidora activa. De estos se encuentran dos clases: reflectores planos y antenas que se ubican espalda con espalda.

- **Estación de control.** Se encargan del funcionamiento general de una estación base.

Para el diseño de una red de comunicaciones se hace indispensable el uso de ciertos elementos mostrados en las tablas.

5.2.6. DISEÑO DE UNA RED DE COMUNICACIONES PARA LAS SUBESTACIONES DE CEDENAR TENIENDO ENCUENTA PARAMETROS TEORICOS

El principal objetivo del diseño de la red de comunicaciones es integrar las subestaciones de CEDENAR con la sede central ubicada en pasto, es por eso que se hace necesario conocer cuáles son y donde se ubican los puntos de interconexión, y sus características geográficas, para con ello generar un buen diseño.

5.2.7. RECOLECCION DE DATOS

Para la recolección de datos se hizo visitas a las subestaciones eléctricas, de ellas se extrajo la información y datos necesarios con GPS para el análisis y desarrollo de la red de comunicaciones para la empresa centrales eléctricas de Nariño.

De las visitas se obtuvo la siguiente tabla.

ZONA	SUBESTACION	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
CENTRO	CATAMBUCO	1° 11' 1,55"	-77° 17' 3,22"	2,663.66
	CHACHAGÛI	1° 21' 20,45"	-77° 16' 54,68"	2,036.79
	EL ENCANO	1° 9' 49,42"	-77° 9' 16,16"	2,841.10
	JAMONDINO	1° 13' 3,02"	-77° 15' 10,86"	2,703.44
	PASTO	1° 13' 39,07"	-77° 16' 53,82"	2,514.49
	RIO BOBO	1° 5' 14,87"	-77° 18' 57,28"	2,650.33
	TANGUA	1° 5' 36,72"	-77° 23' 53,36"	2,416.94
NORTE	LA CRUZ	1° 36' 23,88"	-76° 58' 22,03"	2,409.22
	LA UNION	1° 35' 28,28"	-77° 7' 56,51"	1,852.31
	POLICARPA	1° 37' 33,72"	-77° 27' 23,89"	1082.92
	REMOLINO	1° 39' 47,06"	-77° 20' 2,20"	635.40
	RIO MAYO	1° 40' 18,81"	-77° 2' 50,42"	1446.09
	SAN JOSE	1° 27' 50,51"	-77° 4' 56,23"	2,007.96
	TAMINANGO	1° 33' 55,72"	-77° 16' 45,56"	1,672.30
OCCIDENTE	ANCUYA	1° 15' 52,15"	-77° 30' 46,42"	1,381.09
	NARIÑO	1° 17' 27,64"	-77° 21' 17,86"	2,362,50
	RIO INGENIO	1° 17' 45,68"	-77° 27' 36,01"	1,721.91
	SAMANIEGO	1° 20' 30,56"	-77° 35' 29,19"	1,505.19
	SANDONA	1° 17' 20,79"	-77° 28' 20,78"	1,824.81
	EL TAMBO	1° 24' 9,49"	-77° 23' 11,32"	2,100.00
PACIFICO	ALTAQUER	1° 14' 49,58"	-78° 5' 37,41"	1018.92
	BARBACOAS	1° 40' 28,33"	-78° 7' 53,42"	103.71
	BUCHELY	1° 41' 40,92"	-78° 45' 54,82"	17.23
	JUNIN	1° 19' 24,55"	-78° 7' 8,37"	1192.18
	LLORENTE	1° 23' 19,93"	-78° 31' 39,77"	148.87
	TANGARIAL	1° 32' 58,13"	-78° 41' 17,36"	36.43
	TUMACO	1° 46' 54,40"	-78° 47' 17,94"	22.26
SUR	CASA FRIA	0° 57' 24,00"	-77° 39' 11,75"	3,214.64
	CORDOBA	0° 52' 37,22"	-77° 32' 23,81"	2,828.89
	CUMBAL	0° 54' 41,43"	-77° 47' 14,91"	3,143.95
	IMUES	1° 4' 16,39"	-77° 30' 44,61"	2,671.97
	PANAMERICANA	0° 49' 47,32"	-77° 37' 6,26"	2,936.16
	PIEDRA ANCHA	1° 8' 26,54"	-77° 51' 45,53"	1,873.46
	PUPIALES	0° 52' 57,21"	-77° 38' 35,19"	3,051.40
	RICARTE	1° 13' 40,74"	-78° 00' 47,85"	635.00
	SAPUYES	1° 3' 18,76"	-77° 34' 57,26"	2753.74
	TUQUERRRES	1° 4' 47,78"	-77° 36' 55,50"	3,031.85

Tabla 3²⁷. Georeferenciación de las subestaciones eléctricas

5.2.8. DISEÑO DE RADIOENLACES

²⁷ Datos obtenidos por GPS a través de las visitas realizadas a las subestaciones eléctricas de CEDENAR

En la tabla 2. Se visualizan las coordenadas y alturas de las subestaciones de CEDENAR pertenecientes al del Departamento de Nariño. Se observar que las subestaciones toman el nombre del municipio en donde se ubican y se distribuyen en cinco zonas en las que se divide el Departamento.

Para la realización del diseño de la red de comunicaciones se seleccionó los puntos de enlace dependiendo de la ubicación y del servicio que brindan al Departamento de Nariño. Según lo obtenido se estableció que en el diseño intervendrían las subestaciones de: Buchely, Catambuco, Julio bravo, Junín, la Unión, Llorente, Pasto, Rio Mayo, Taminango, Tangaríal, Tumaco y Tuquerres, las cuales serían conectadas a la zona centro (Subestación Pasto) para lograr una integración general.

La necesidad de tener el control de información de las subestaciones de mayor servicio de acuerdo a cada zona, hizo que se cree alternativas de conexión que permitan un camino viable y corto para la transmisión de la señal, con el fin de asegurar una buena trayectoria en el direccionamiento de la señal, evitar costos y optimizar el diseño de la red de comunicaciones.

5.2.9. DISEÑO DE RADIOENLACES

Se hacen los enlaces de los puntos anteriormente seleccionados, buscando la forma más adecuada de conexión y teniendo en cuenta la geografía y la ubicación de las subestaciones en el Departamento de Nariño.

Conociendo las características del departamento y los datos de las subestaciones se da inicio al diseño de enlaces, siguiendo los requerimientos del Centro Local de control (CLC).

Debido a que la geografía del Departamento de Nariño es montañosa y a que las subestaciones se encuentran distantes de la sede centro (Pasto), los enlaces punto a punto determinados por el CLC no se hacen posibles de forma directa, ya que entre ellos no hay línea de vista. Es por ello que se crean puntos intermedios de los cuales CEDENAR pueda hacer uso para la interconexión con el fin de buscar la viabilidad de la comunicación entre las subestaciones de acuerdo a lo solicitado.

Una vez seleccionados los puntos intermedios se hace los enlaces correspondientes y el análisis dependiendo de parámetros teóricos para el diseño de redes de comunicaciones mediante sistemas microondas.

5.2.10. ENLACES DE SUBESTACIONES

Se realizan la red de comunicaciones para las subestaciones Buchely, Catambuco, Julio bravo, Junín, La unión, Llorente, Pasto, Rio Mayo, Taminango, Tangaríal, Tumaco, Tuquerres y nueve puntos intermedios (fijados por CEDENAR), los cuales funcionan como repetidoras.

Con las coordenadas tomadas mediante GPS se puede fácilmente ubicar los lugares en los mapas virtuales de las herramientas Google Earth y LINKPlanner, y visualizar la ruta por donde se dirige la señal mediante las fotos aéreas tomadas con las aplicaciones.

Las subestaciones se ubican en las zonas pacifico, centro, norte, sur del Departamento de Nariño (ver figuras 8, 9, 10, 11)

- **Puntos de ubicación**

ZLa zona pacifico comprendidas por: Tumaco, Buchely, Tangaríal, Llorente y Junín.

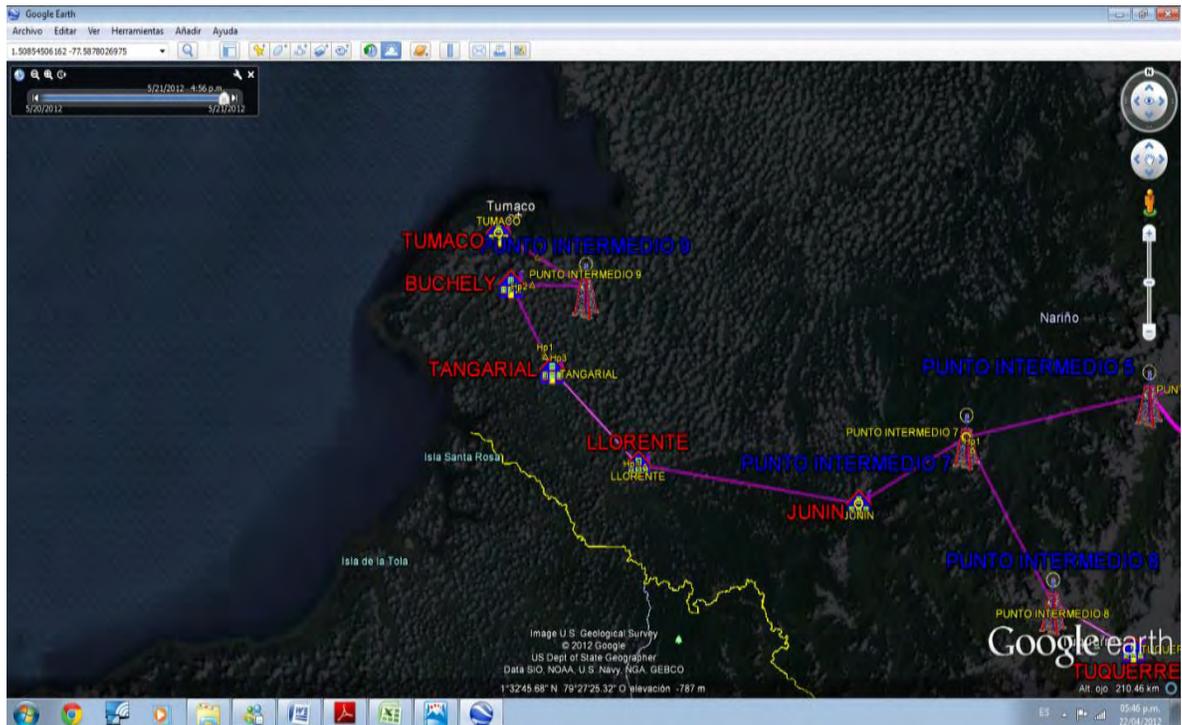


Figura 10²⁸. Subestaciones de zona pacifico

²⁸ Imagen realizada en Google Earth

En la zona centro del departamento de Nariño se encuentran las subestaciones de Catambuco, Julio Bravo y Pasto.

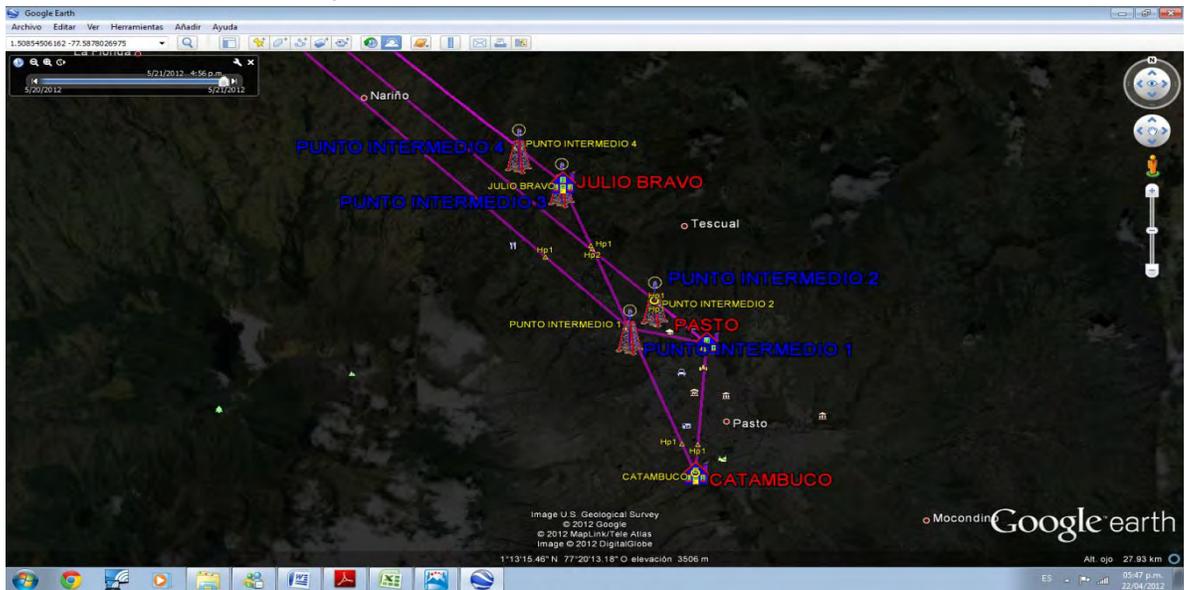
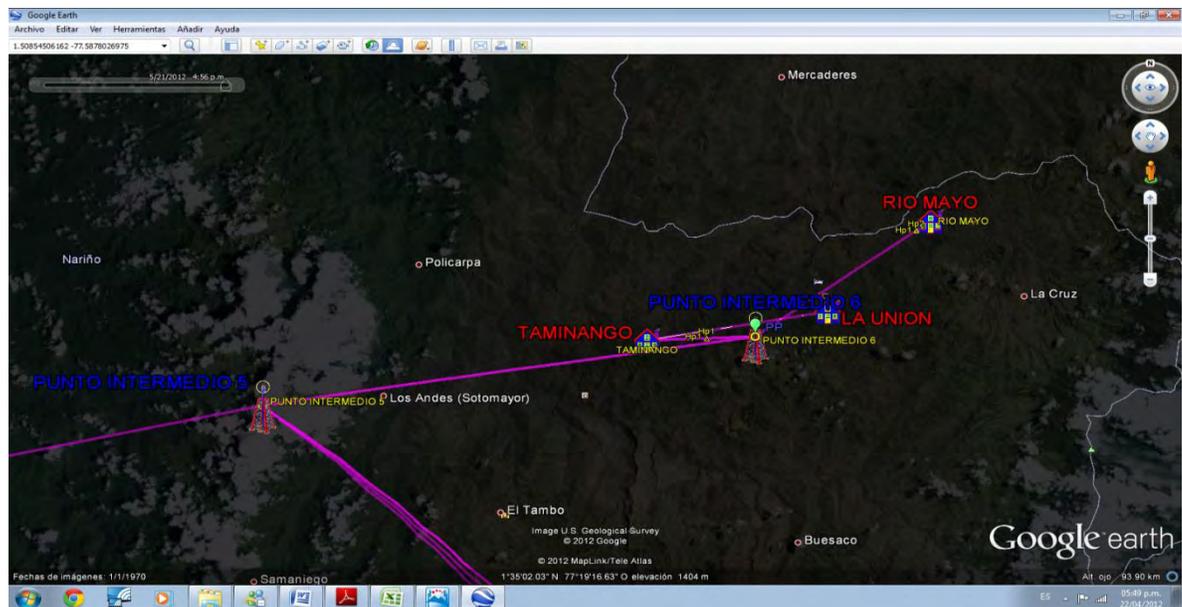


Figura 11. Subestaciones de zona centro



La zona norte comprendida por: Rio Mayo, La Unión y Taminango.

Figura 12. Subestaciones de zona norte

En la zona sur ubica la subestación de Tuquerres.

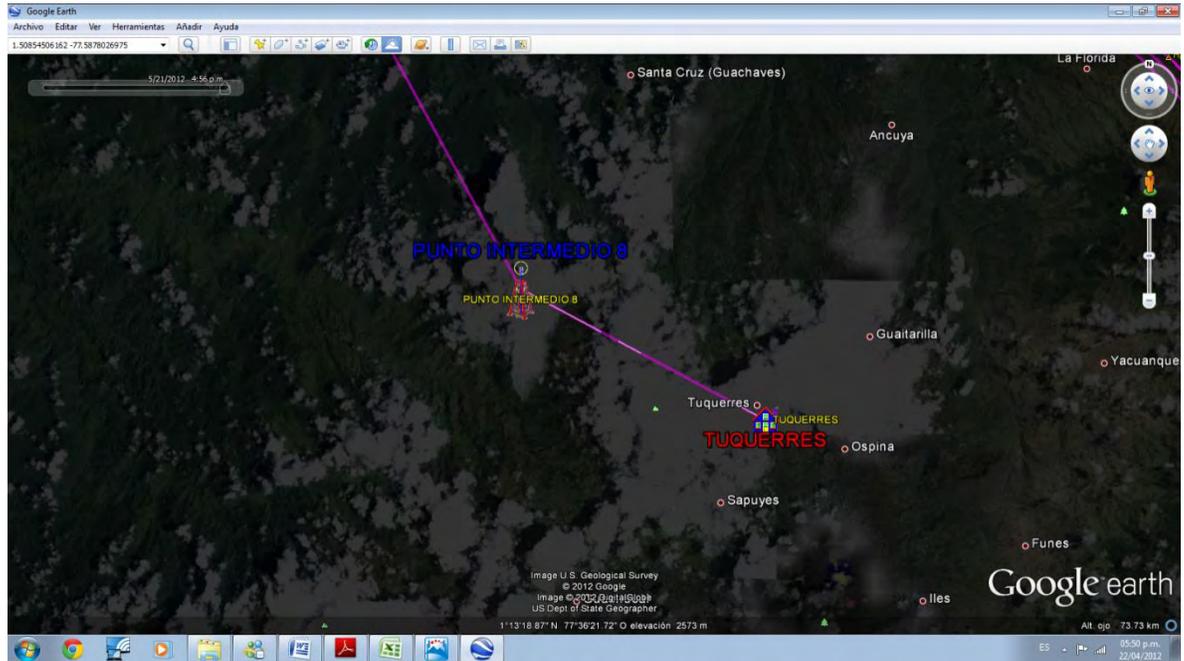


Figura 13. Subestaciones de zona sur

La ruta de dirección de la señal electromagnética desde la sede principal a las subestaciones determinadas se muestra en la siguiente figura 12.

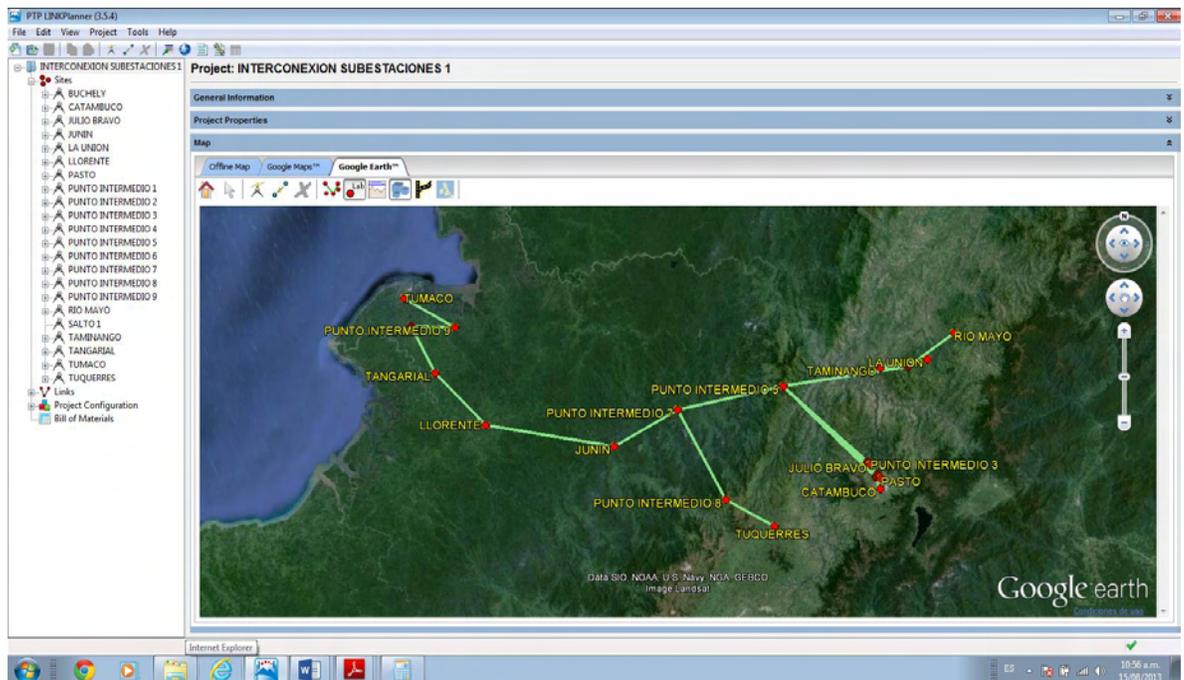


Figura 14. Vista de ruta de enlaces²⁹

²⁹Imagen obtenida de LINKPlanner

- **Perfiles de elevación de los enlaces**

Con las coordenadas y los puntos de ubicación se hacen los enlaces, de los cuales se obtienen los perfiles de elevación. Las coordenadas de los puntos elegidos para los enlaces se presentan en la siguiente tabla.

Name	Latitude	Longitude
BUCHELY	01.69470N	078.76523W
CATAMBUCO	01.19488N	077.28423W
JULIO BRAVO	01.26848N	077.31392W
JUNIN	01.32348N	078.11898W
LA UNION	01.59119N	077.13235W
LLORENTE	01.38887N	078.52771W
PASTO	01.22752N	077.28162W
PUNTO INTERMEDIO 1	01.23129N	077.29892W
PUNTO INTERMEDIO 2	01.23831N	077.29337W
PUNTO INTERMEDIO 3	01.26876N	077.31424W
PUNTO INTERMEDIO 4	01.27717N	077.32383W
PUNTO INTERMEDIO 5	01.50855N	077.58780W
PUNTO INTERMEDIO 6	01.56888N	077.19205W
PUNTO INTERMEDIO 7	01.43603N	077.91907W
PUNTO INTERMEDIO 8	01.16158N	077.76801W
PUNTO INTERMEDIO 9	01.69065N	078.62603W
RIO MAYO	01.67189N	077.04734W
TAMINANGO	01.56548N	077.27932W
TANGARIAL	01.54948N	078.68816W
TUMACO	01.78085N	078.78807W
TUQUERRES	01.07994N	077.61542W

Tabla 4. Georeferenciación de Subestaciones

De los enlaces se obtiene los perfiles de elevación (mirar desde figuras 13 hasta figura 36), a los cuales se les hace el análisis correspondiente para determina la viabilidad de la interconexión.

- **Perfiles de Elevación de enlaces**

En general los perfiles de elevación sirven para establecer si entre nodos hay condiciones de visibilidad, o si hay obstáculos que interfieran en la comunicación. Para ello se tiene en cuenta la altura de torres y antenas que ayudan a sobrepasar impedimentos de trayectorias en enlaces.

Con el análisis topográfico y de conexión entre los puntos definidos se logra:

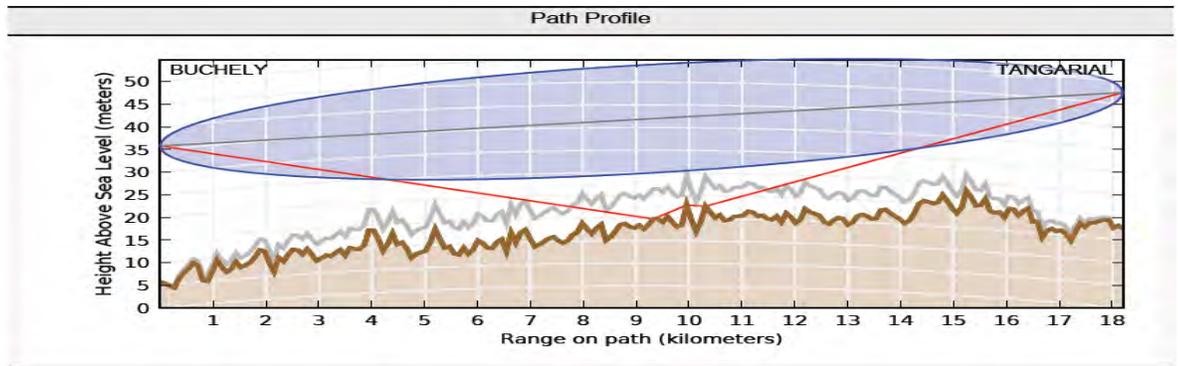


Figura 15. Perfil topográfico del enlace Buchely - Tangaralá

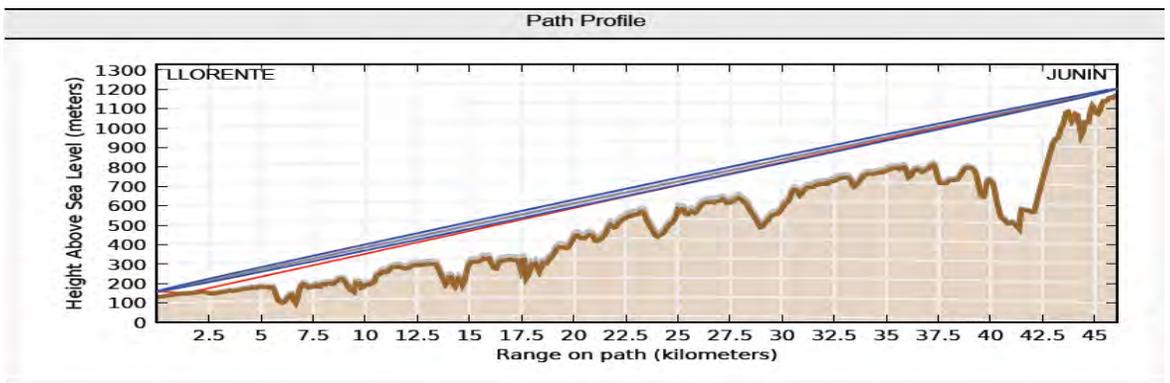


Figura 16. Perfil topográfico del enlace Llorente - Junín

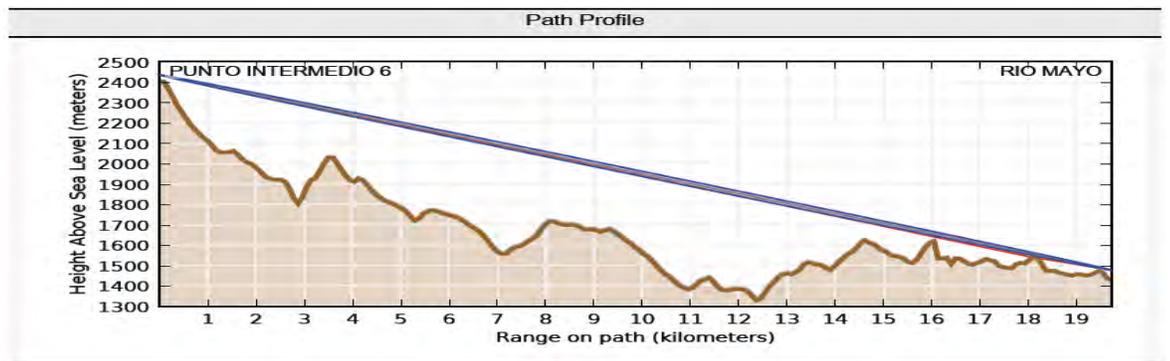


Figura 17. Perfil topográfico del enlace P16 – Río Mayo

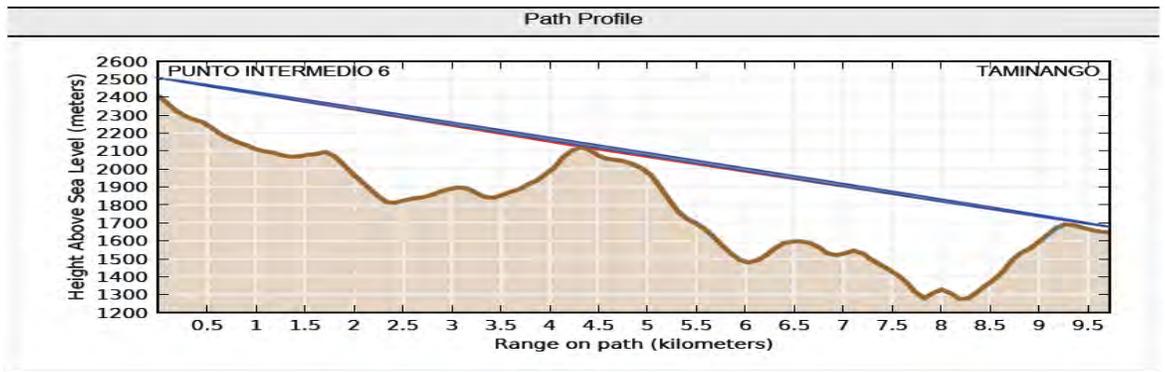


Figura 18. Perfil topográfico del enlace PI6 – Taminango

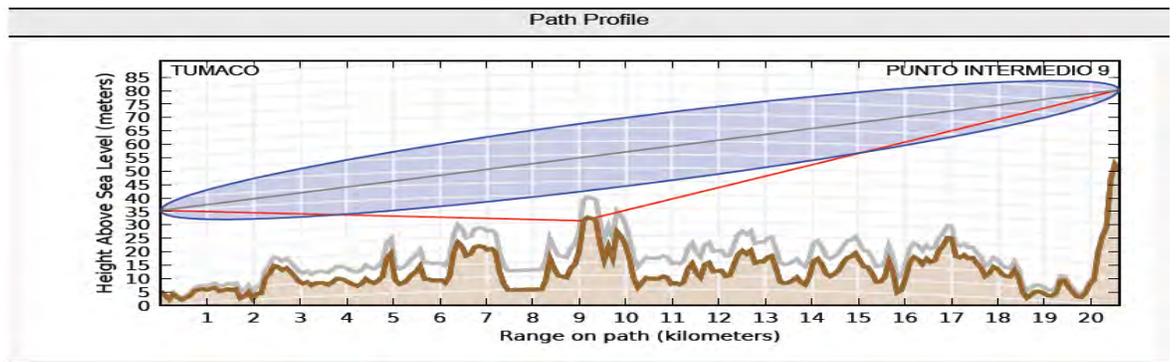


Figura 19. Perfil topográfico del enlace Tumaco – PI9

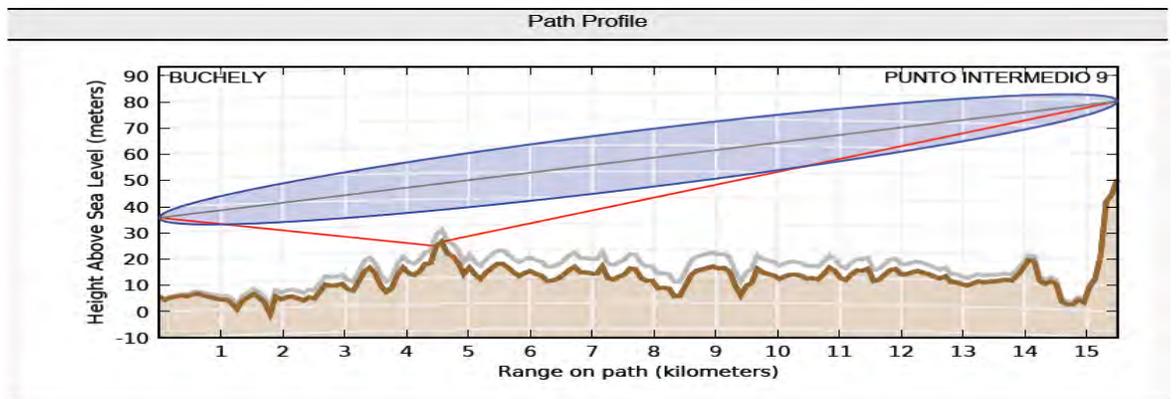


Figura 20. Perfil topográfico del enlace Buchely – PI9

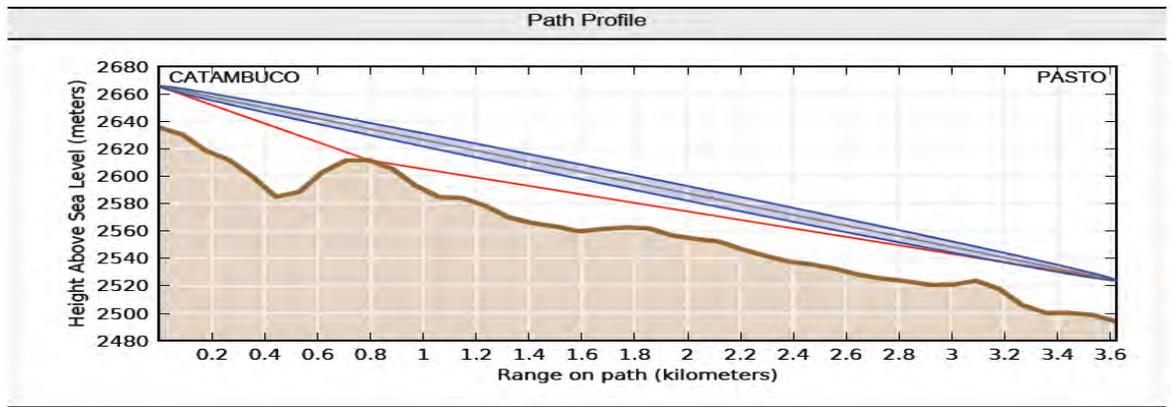


Figura 21. Perfil topográfico del enlace Catambuco – Pasto

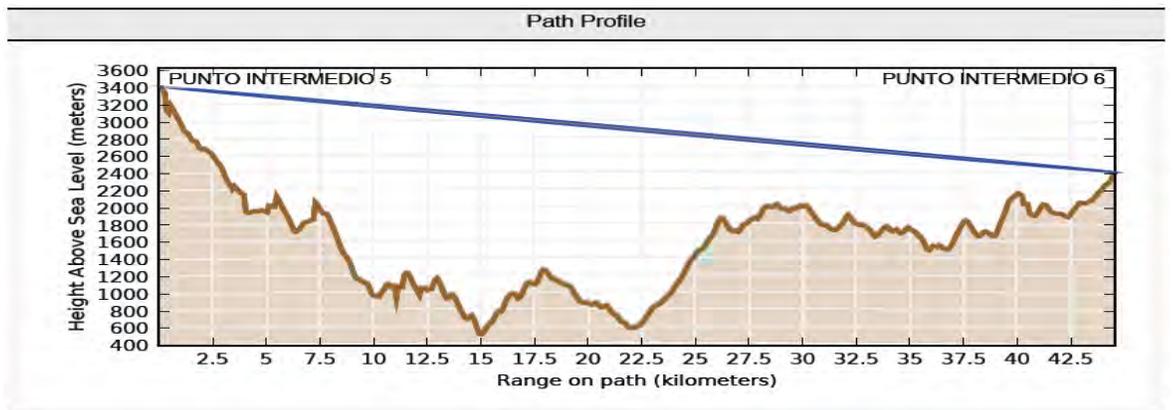


Figura 22. Perfil topográfico del enlace PI5 - PI6

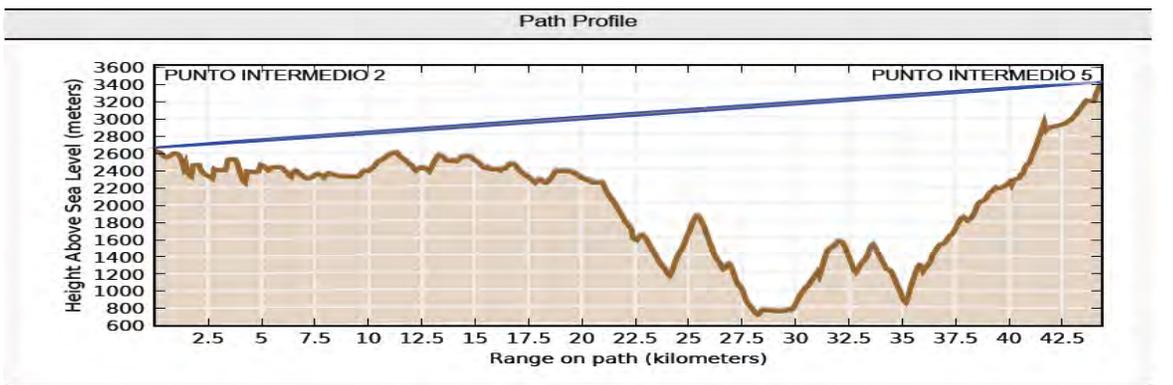


Figura 23. Perfil topográfico del enlace PI2– PI5

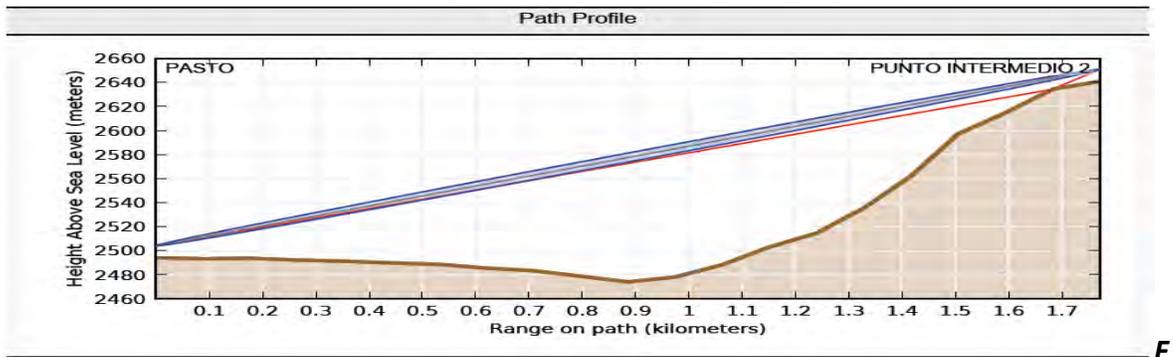


Figura 24. Perfil topográfico del enlace Pasto – P12

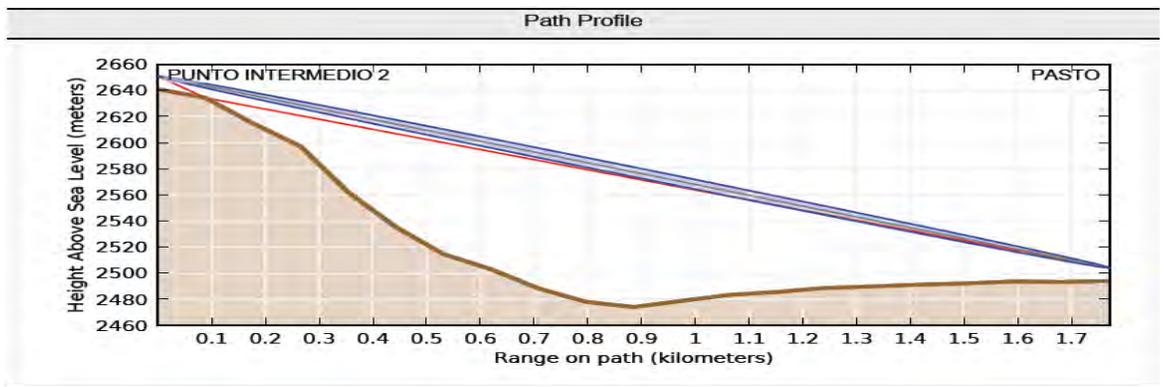


Figura 25. Perfil topográfico del enlace P12 – Pasto

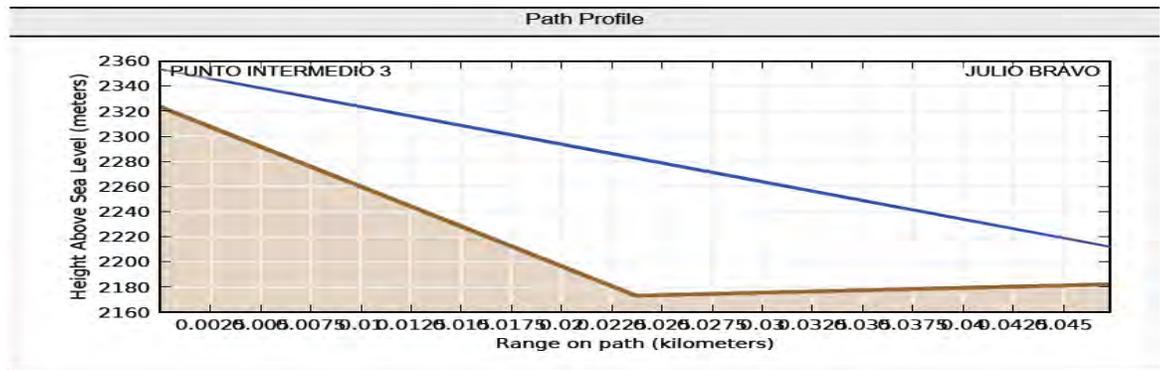


Figura 26. Perfil topográfico del enlace P13 – Julio Bravo

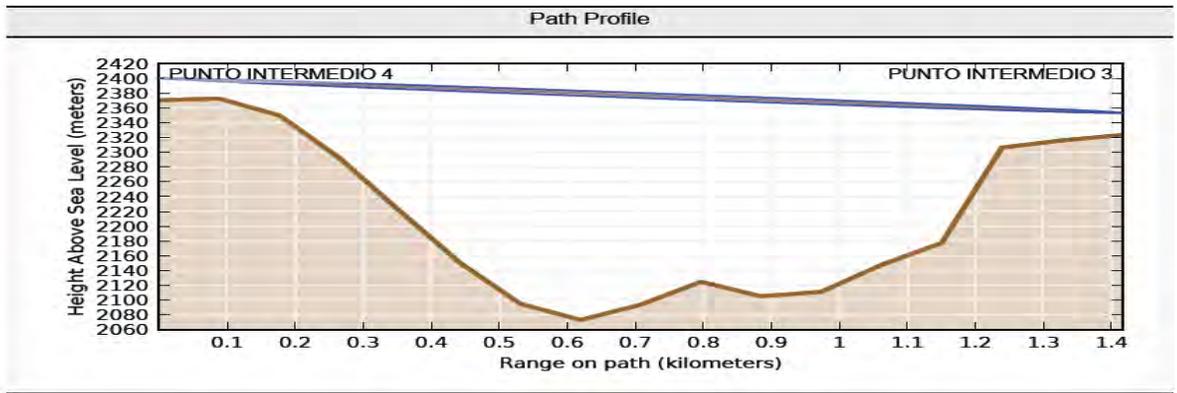


Figura 27. Perfil topográfico del enlace PI4– PI3

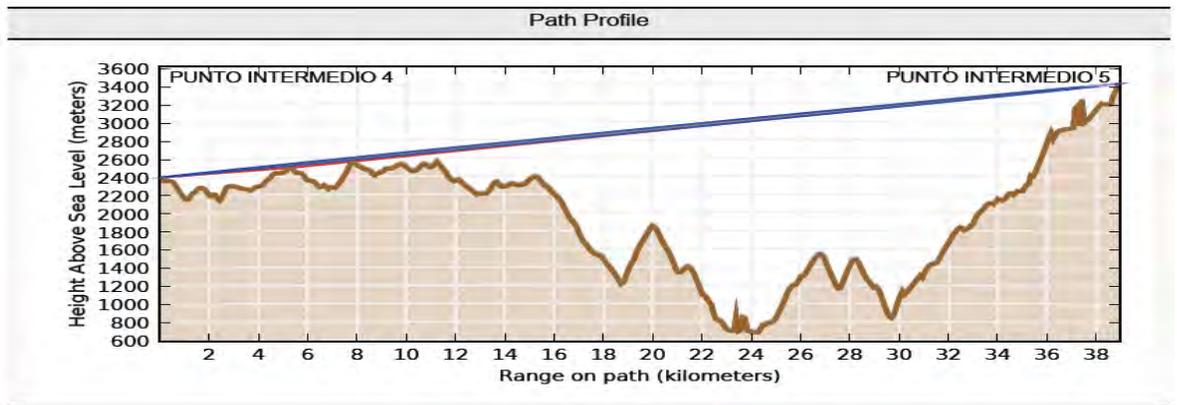


Figura 28. Perfil topográfico del enlace PI4– PI5

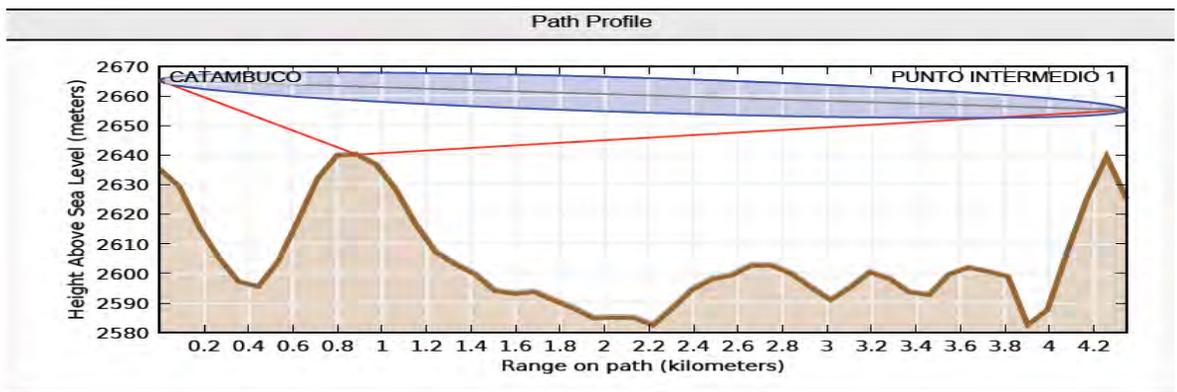


Figura 29. Perfil topográfico del enlace Catambuco – PI1

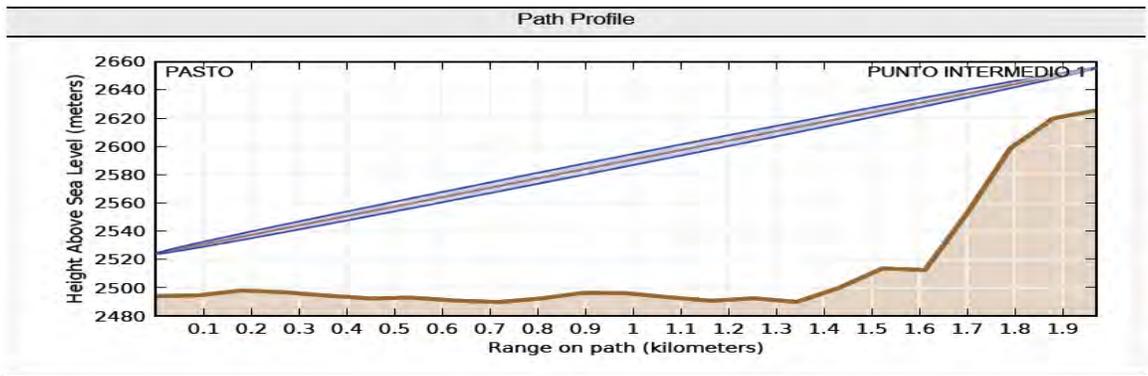


Figura 30. Perfil topográfico del enlace Pasto – P11

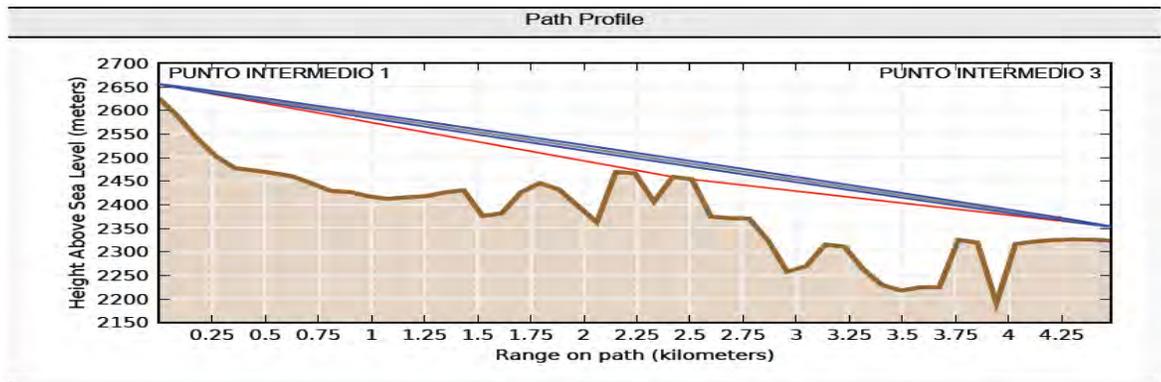


Figura 31. Perfil topográfico del enlace P11–P13

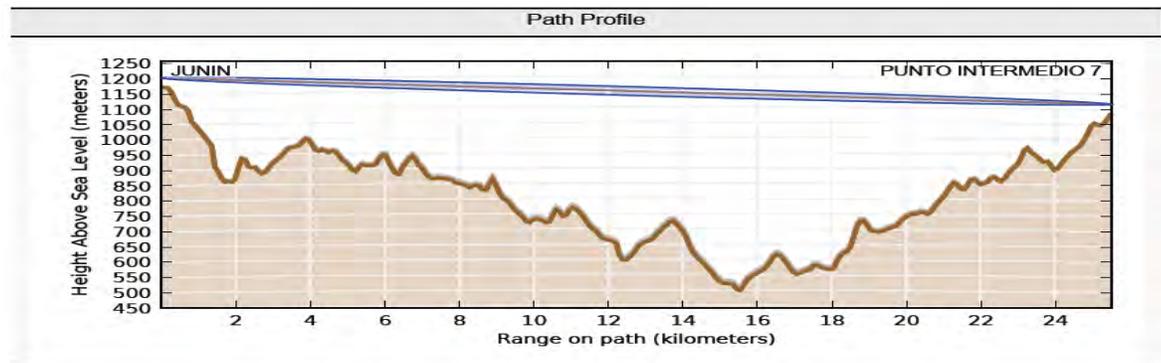


Figura 32. Perfil topográfico del enlace Junín – P17

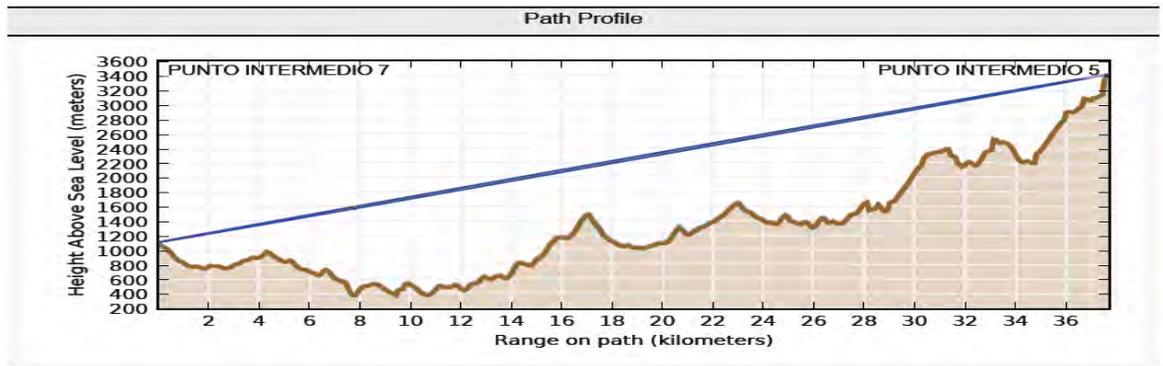


Figura 33. Perfil topográfico del enlace PI7-PI5

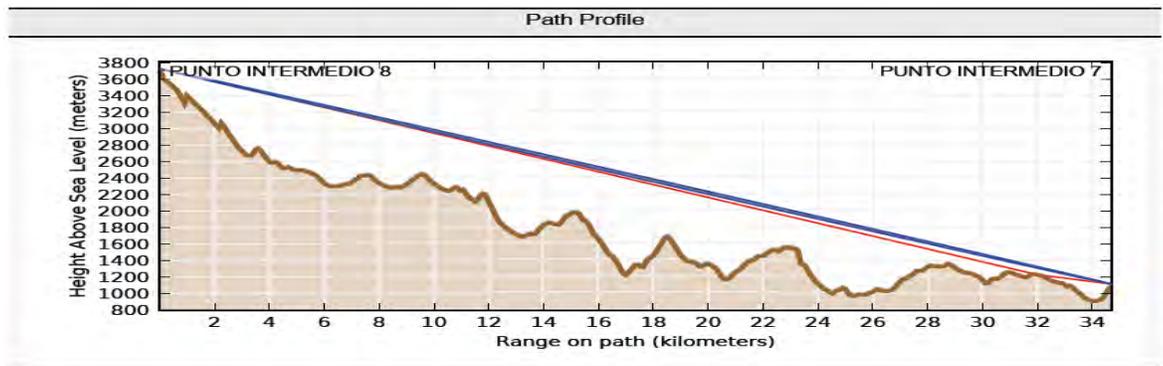


Figura 34. Perfil topográfico del enlace PI8-PI7

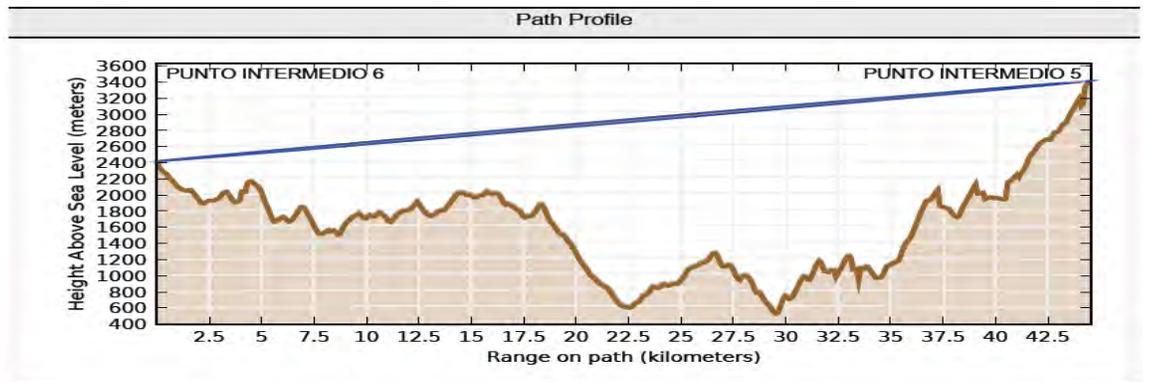


Figura 35. Perfil topográfico del enlace PI6-PI5

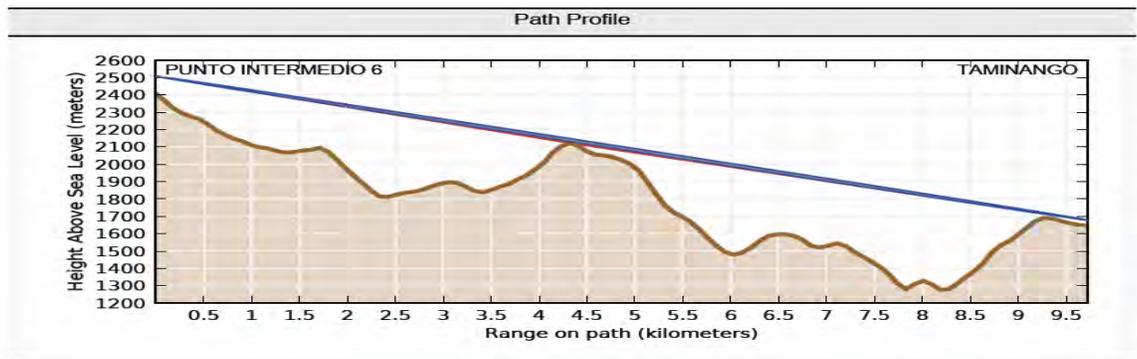


Figura 36. Perfil topográfico del enlace PI6 – Taminango

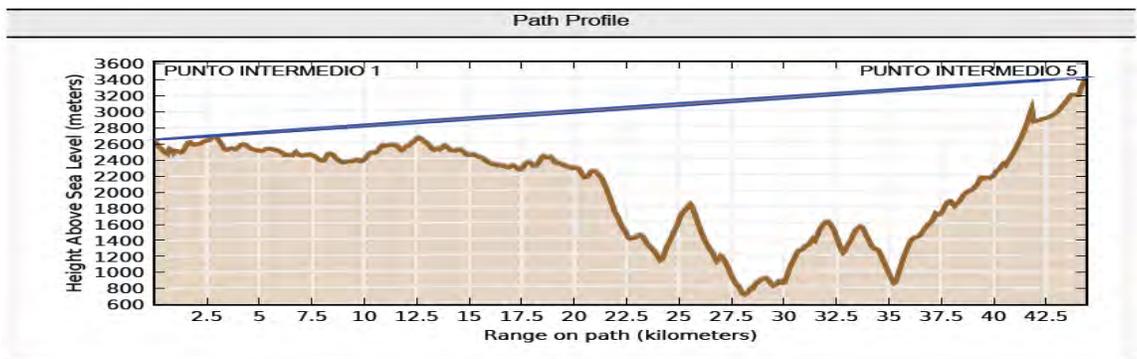


Figura 37. Perfil topográfico del enlace PI1–PI5

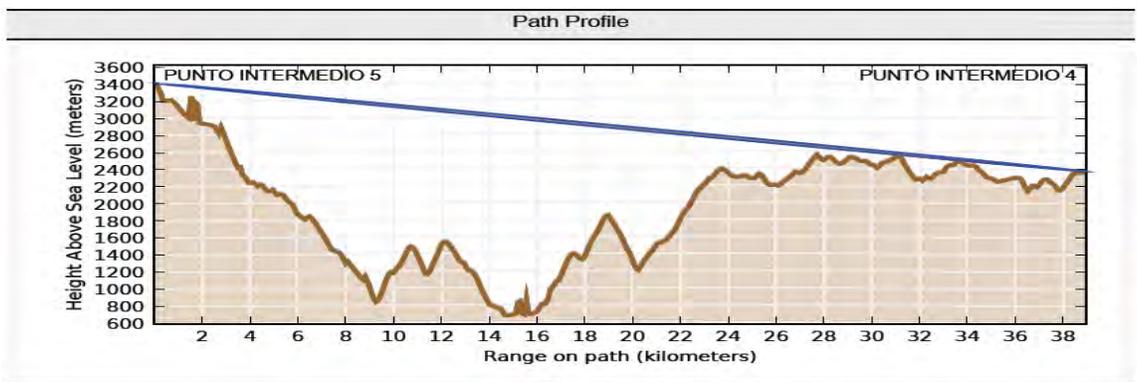


Figura 38. Perfil topográfico del enlace PI5–PI4

- **Calculo de parámetros de los enlaces de las subestaciones**

Para realizar cada enlace fue necesario hacer uso de las ecuaciones vistas anteriormente (ecuaciones 2.1, 2.2, 2.3) con las que se logró los siguientes resultados (ver tablas).

Enlace 1

SUBESTACIONES PASTO – PI1		
DATOS DE ENLACE	Distancia desde el punto de inicio al obstáculo más evidente [Km]	1,99
	Distancia del obstáculo más evidente al final [Km]	0
	Altura de la antena Tx [m]	10
	Altura de la antena Rx [m]	10
	Altura de elevación más evidente [m]	2651
	Altura del primer punto [m]	2495
	Altura segundo punto [m]	2651
	Frecuencia del enlace [MHz]	5800
	Distancia total [Km]	1,99
	CALCULOS DE ENLACE	Curvatura de la tierra [m]
Radio de la primera zona fresnel [m]		0
Despeje [m]		10

Tabla 5. Calculo de curvatura de la tierra, radio de la primera zona fresnel y despeje de PASTO – PI1.

Enlace 2

SUBESTACIONES PI1 - PI2		
DATOS DE ENLACE	Distancia desde el punto de inicio al obstáculo más evidente [Km]	
	Distancia del obstáculo más evidente al final [Km]	2,75
	Altura de la antena Tx [m]	10
	Altura de la antena Rx [m]	10
	Altura de elevación más evidente [m]	2448
	Altura del primer punto [m]	2624
	Altura segundo punto [m]	2225
	Frecuencia del enlace [MHz]	5800
	Distancia total [Km]	4,63
	CALCULOS DE ENLACE	Curvatura de la tierra [m]
Radio de la primera zona fresnel [m]		7,631386839
Despeje [m]		23,68292339

Tabla 6. Calculo de curvatura de la tierra, radio de la primera zona fresnel y despeje de PI1 - PI2.

Enlace 3

SUBESTACIONES PI2 - PI3		
DATOS DE ENLACE	Distancia desde el punto de inicio al obstáculo más evidente [Km]	35,1
	Distancia del obstáculo más evidente al final [Km]	1,69
	Frecuencia del enlace [MHz]	5800
	Altura de la antena Tx [m]	10
	Altura de la antena Rx [m]	10
	Altura de elevación más evidente [m]	3104
	Altura del primer punto [m]	2492
	Altura segundo punto [m]	3403
	Distancia total [Km]	36,79
	CÁLCULOS DE ENLACE	Curvatura de la tierra [m]
Radio de la primera zona fresnel [m]		9,170240155
Despeje [m]		263,6625905

Tabla 7. *Calculo de curvatura de la tierra, radio de la primera zona fresnel y despeje de PI2 - PI3.*

Enlace 4

4SUBESTACIONES PI3 - PI4		
DATOS DE ENLACE	Distancia desde el punto de inicio al obstáculo más evidente [Km]	41,9
	Distancia del obstáculo más evidente al final [Km]	4,8
	Frecuencia del enlace [MHz]	5800
	Altura de la antena Tx [m]	10
	Altura de la antena Rx [m]	10
	Altura de elevación más evidente [m]	2164
	Altura del primer punto [m]	3403
	Altura segundo punto [m]	2435
	Distancia total [Km]	46,7
	CÁLCULOS DE ENLACE	Curvatura de la tierra [m]
Radio de la primera zona fresnel [m]		14,98710958
Despeje [m]		368,6640584

Tabla 8. *Calculo de curvatura de la tierra, radio de la primera zona fresnel y despeje de PI3 - PI4.*

Enlace 5

SUBESTACIONES PI4 - PI5		
DATOS DE ENLACE	Distancia desde el punto de inicio al obstáculo más evidente [Km]	5,7
	Distancia del obstáculo más evidente al final [Km]	1,71
	Frecuencia del enlace [MHz]	5800
	Altura de la antena Tx [m]	50
	Altura de la antena Rx [m]	50
	Altura de elevación más evidente (H)	2481
	Altura del primer punto [m]	2176
	Altura segundo punto [m]	2529
	Distancia total [Km]	7,41
	CÁLCULOS DE ENLACE	Curvatura de la tierra [m]
Radio de la primera zona fresnel [m]		8,282759891
Despeje [m]		15,9651086

Tabla 9. *Calculo de curvatura de la tierra, radio de la primera zona fresnel y despeje de PI4 - PI5.*

Enlace 6

SUBESTACIONES PI5 - PI6		
DATOS DE ENLACES	Distancia desde el punto de inicio al obstáculo más evidente [Km]	23,6
	Distancia del obstáculo más evidente al final [Km]	2,2
	Frecuencia del enlace [MHz]	5800
	Altura de la antena Tx [m]	10
	Altura de la antena Rx [m]	10
	Altura de elevación más evidente [m]	989
	Altura del primer punto [m]	1031
	Altura segundo punto [m]	1158
	Distancia total [Km]	25,8
	CÁLCULOS DE ENLACES	Curvatura de la tierra [m]
Radio de la primera zona fresnel [m]		10,24486362
Despeje [m]		165,116425

Tabla 10. *Calculo de curvatura de la tierra, radio de la primera zona fresnel y despeje de PI5 - PI6.*

Enlace 7

SUBESTACIONES PI6 – JUNIN		
DATOS DE ENLACE	Distancia desde el punto de inicio al obstáculo más evidente [Km]	1,9
	Distancia del obstáculo más evidente al final [Km]	44,7
	Altura de la antena Tx [m]	10
	Altura de la antena Rx[m]	10
	Altura de elevación más evidente [m]	551
	Altura del primer punto [m]	1091
	Altura segundo punto [m]	131
	Frecuencia del enlace [MHz]	5800
	Distancia total [Km]	46,6
	CÁLCULOS DE ENLACE	Curvatura de la tierra [m]
Radio de la primera zona fresnel [m]		9,749588737
Despeje [m]		505,8624867

Tabla 11. *Calculo de curvatura de la tierra, radio de la primera zona fresnel y despeje de PI6 – JUNIN.*

Enlace 8.

SUBESTACIONES JUNIN – PI7		
DATOS DE ENLACE	Distancia desde el punto de inicio al obstáculo más evidente [Km]	2,2
	Distancia del obstáculo más evidente al final [Km]	23,4
	Frecuencia del enlace (f [MHz])	5800
	Altura de la antena Tx [m]	30
	Altura de la antena Rx [m]	30
	Altura de elevación más evidente [m]	121
	Altura del primer punto [m]	131
	Altura segundo punto [m]	21
	Distancia total [Km]	25,6
	CÁLCULOS DE ENLACE	Curvatura de la tierra [m]
Radio de la primera zona fresnel [m]		10,24113236
Despeje [m]		27,51863971

Tabla 12. *Calculo de curvatura de la tierra, radio de la primera zona fresnel y despeje de JUNIN – PI7*

Enlace 9.

SUBESTACIONES PI7 – BUCHELY		
DATOS DE ENLACE	Distancia desde el punto de inicio al obstáculo más evidente [Km]	8,3
	Distancia del obstáculo más evidente al final [Km]	10
	Altura de la antena Tx [m]	40
	Altura de la antena Rx [m]	30
	Altura de elevación más evidente [m]	24
	Altura del primer punto [m]	21
	Altura segundo punto [m]	6
	Frecuencia del enlace [MHz]	5800
	Distancia total [Km]	18,3
	CÁLCULOS DE ENLACE	Curvatura de la tierra
Radio de la primera zona fresnel		15,38020748
Despeje		20,77884924

Tabla 13. *Calculo de curvatura de la tierra, radio de la primera zona fresnel y despeje de PI7 – BUCHELY.*

Enlace 10.

SUBESTACIONES BUCHELY – PI8		
DATOS DE ENLACE	Distancia desde el punto de inicio al obstáculo más evidente [Km]	4,14
	Distancia del obstáculo más evidente al final [Km]	11,36
	Frecuencia del enlace [MHz]	5800
	Altura de la antena Tx [m]	30
	Altura de la antena Rx [m]	30
	Altura de elevación más evidente [m]	15
	Altura del primer punto [m]	6
	Altura segundo punto [M]	45
	Distancia total [Km]	15,5
	CÁLCULOS DE ENLACE	Curvatura de la tierra [m]
Radio de la primera zona fresnel [m]		12,57975491
Despeje [m]		28,65028008

Tabla 14. *Calculo de curvatura de la tierra, radio de la primera zona fresnel y despeje de BUCHELY – PI8.*

Enlace 11.

SUBESTACIONES PI9 – TUMACO		
DATOS DE ENLACE	Distancia desde el punto de inicio al obstáculo más evidente [Km]	8
	Distancia del obstáculo más evidente al final [Km]	12,6
	Frecuencia del enlace [MHz]	5800
	Altura de la antena Tx [m]	30
	Altura de la antena Rx [m]	30
	Altura de elevación más evidente [m]	25
	Altura del primer punto [m]	33
	Altura segundo punto [m]	5
	Distancia total [Km]	20,6
CÁLCULOS DE ENLACE	Curvatura de la tierra (C) [m]	5,929411765
	Radio de la primera zona fresnel (Rf1) [m]	15,97516486
	Despeje (D) [m]	21,19680183

Tabla 15. *Calculo de curvatura de la tierra, radio de la primera zona fresnel y despeje de PI9 – TUMACO.*

Las tablas desde la 4 a la 14, permiten establecer que los enlaces son viables puesto que tiene línea de vista y cumplen con la condición $D > Rf1$ (despeje mayor que radio de la primera zona fresnel), esto nos permite saber que el obstáculo más evidente no interfiere en la transmisión de la señal electromagnética. Ver tablas de cálculos.

- **Factores que interviene en la propagación de la señal**

ENLACES UNIDAD DE MEDIDA (dB)											
FACTORES DE PROPAGACION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SISTEMA DE MARGEN DE GANANCIA	26.3	19.15	38.92	9.69	28.11	17.15	14.86	17.18	13.83	14.71	32.08
PERDIDA DE ESPACIO LIBRE	113.59	120.72	123.8	137.47	137.98	135.83	140.96	135.72	132.9	131.5	133.98
PERDIDA DE ABSORCION DE GASES	0.01	0.03	0.04	0.17	0.22	0.22	0.47	0.3	0.22	0.19	0.25
EXCESO DE PERDIDA DEL CAMINO	0	0	3.55	0	0	0	0	0	0	0	0
PERDIDA TOTAL	113.6	120.75	127.39	137.64	138.2	136.05	141.43	136.02	133.12	131.69	134.23

Tabla 16. *Factores de propagación de los enlaces.*

Cada enlace genera una velocidad de transmisión. El primero desde Pasto al primer salto produce una velocidad máxima de 12.83 Mbps, el segundo enlace dirigido desde el primer salto a un segundo salto produce una velocidad máxima de 8.37Mbps, y el tercero realizado desde el segundo salto hasta Julio Bravo da como resultado 12.34 Mbps, cuando solamente requieren de una velocidad máxima de 5Mbps.

También se puede ver que la ruta por donde se dirige la señal electromagnética desde PASTO a TUMACO es la misma que tienen las subestaciones de JUNIN y BUCHELY. Exceptuando ciertos puntos de conexión que para estas no son necesarios.

En el caso de Junín son siete puntos los que se conectan desde Pasto y seis enlaces. Para la comunicación se crearon cinco puntos intermedios por donde se envía la señal.

El presupuesto está dado dependiendo de la extensión y los puntos de conexión de acuerdo a las cinco subestaciones a tener en cuenta que son: Tumaco, Buchely, Junín, Julio Bravo Y Rio Mayo cada una de ellas conectada a Pasto de donde se quiere hacer el control de la información que suministra cada una de las subestaciones.

Ya teniendo comunicación de Pasto a Junín, se puede decir que para comunicar Buchely haría falta tres enlaces y para llegar a Tumaco cinco.

Si la conexión esta desde Buchely, para llegar a Tumaco solo bastaría adicionar dos enlaces.

5.2.11. LINKPLANNER

Motorola proporciona a la aplicación PTP LINKPlanner con el PTP 250, PTP 300, PTP 400, PTP 500, PTP 600 y PTP 800 equipos. Permite el uso de LINKPlanner sin licencia con el fin de ayudar a predecir donde y como el equipo va a funcionar. LINKPlanner PTP es una aplicación que se ejecuta en Windows o Macintosh. Realiza los cálculos de las recomendaciones de UIT UIT-R P.526-10 y UIT-R P.530-12 para predecir trayectorias NLoS y LoS.

5.2.12. MANEJO SE SOFTWARE LINKPLANNER

LINKPlanner es una herramienta personalizada para el diseño y configuración de enlaces inalámbricos. Disponible para apoyar la cercanía de cambium, la aplicación permite a los operadores determinar las características de rendimiento de conexión. El software analiza escenarios basados en la geografía, distancia, altura de la antena, la potencia de transmisión y otros factores, para optimizar el rendimiento del sistema antes de la implementación.

LINKPlanner se caracteriza por ser una herramienta de planificación que brinda buenas alternativas de diseño para interconexiones a distancia, la aplicación se utiliza para el diseño de enlaces microondas con tecnología digital. Permite de forma robusta obtener el modelamiento de conexiones entre dos puntos, generando así, mayor confiabilidad en el diseño de comunicación inalámbrica.

5.2.13. CONCEPTOS DE LINKPLANNER

- **NLoS y LoS.**

Motorola emplea LINKPlanner para el diseño de enlaces sin línea de vista (NLoS, non-line-of-sight) y con línea de vista(LoS, line-of-sight). La herramienta crea un perfil de la trayectoria del enlace, ajusta la potencia de radiofrecuencias, las antenas y la altura a la que deben ir, y a través de ello, predice la velocidad de la señal y la fiabilidad de cada enlace.

- **Arquitectura.**

La aplicación puede ser usada en Windows o Macintosh. Esto cumple con el tratamiento de la información para el cumplimiento de la normativa de la Unión Internacional de las comunicaciones (ITU), sector de radiocomunicaciones (ITU-R), para pronosticar trayectorias con línea o sin línea de vista en cualquier parte del mundo. Los datos pueden ser recolectados de diferentes maneras dependiendo de la localización global, una manera útil, es obtener los mapas utilizando los datos SRTM.

- **Proyecto.**

Conjunto de datos relacionados con los puntos a enlazar en una red inalámbrica.

- **Sitio.**

Ubicación de la salida de la antena.

- **Enlace.**

Interfaz de radio entre los sitios.

- **Datos de entrada.**

Nombre del sitio, posición y la altura máxima de la antena, detalles de los equipos y requerimientos mínimos para el desempeño del enlace (establecidos por el usuario).

El perfil del terreno a lo largo de la trayectoria para cada enlace, detalles de cualquier obstáculo o reflexión que pueda afectar el desempeño del enlace (obtenido de herramientas Motorola y de programas que brinden información geográfica).

- **Datos de salida.**

Resumen de desempeño del enlace que muestra el comportamiento futuro la interconexión de diferentes puntos obtenidos inicialmente y que se usan como base de datos entrada.

5.2.14. PROCEDIMIENTO PARA HACER UN ENLACE MICROONDAS CON LINKPLANNER

Para realizar un enlace microondas mediante LINKPlanner inicialmente se debe instalar el programa PTP LINKPlanner Motorola- Solutions USA, una vez instalado el programa se

abre y muestra una pantalla con especificaciones de Motorola y un menú principal de donde se selecciona

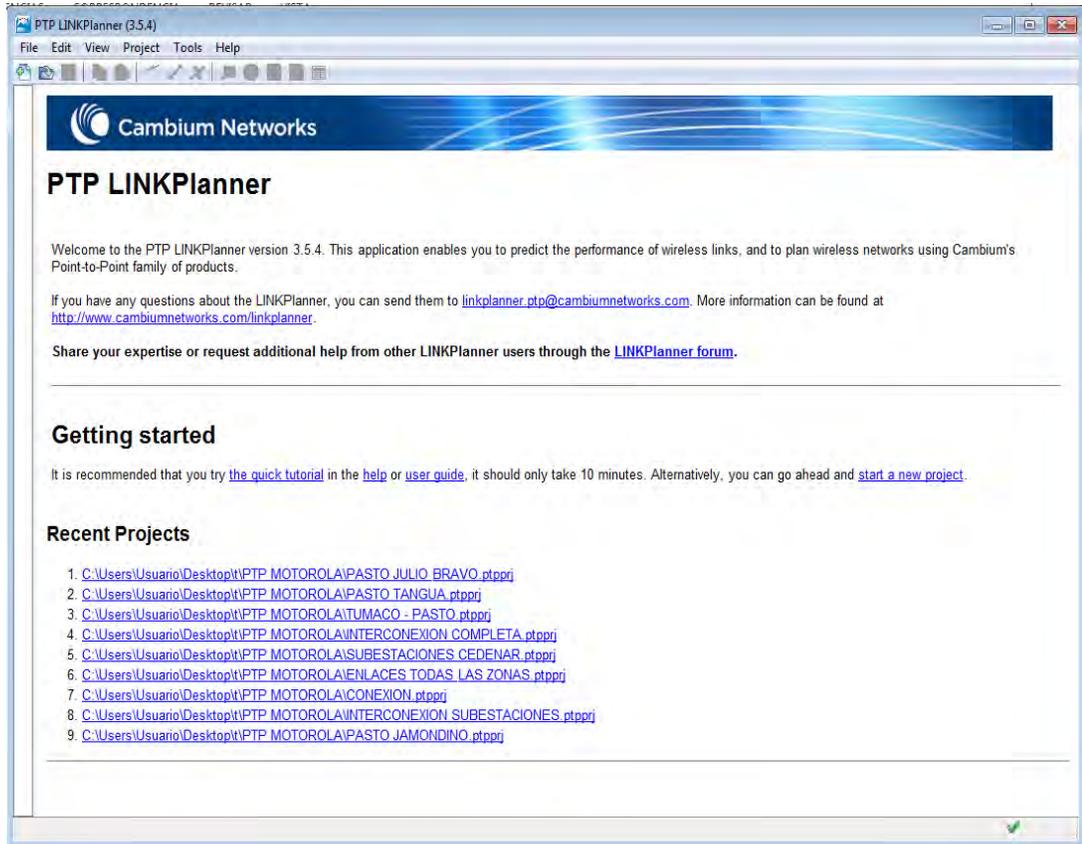


Figura 39. Inicio de LINKPlanner

- **New Project.**

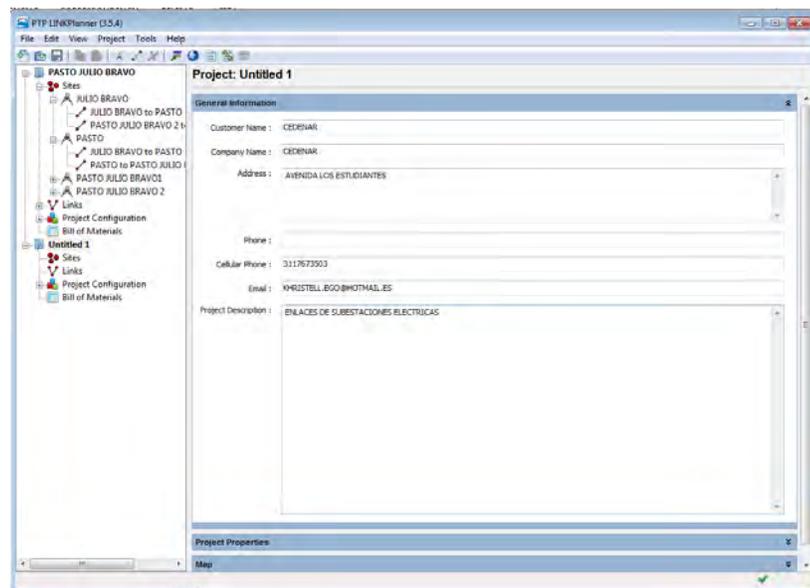


Figura 40. Ventana para la realizacion de un nuevo proyecto en LINKlanner

El cuadro anterior se llena con los datos requeridos.

La opción muestra lo siguiente:

- **New site.**

Figura 41. Ventana de datos de ingreso de LINKlanner

Se ingresan las coordenadas y alturas máximas de la torre correspondiente a los enlaces a realizar, repitiendo el mismo paso por cada punto que se desee conectar.

- **New link.**

Figura 42. Ventana de selección de lugares para hacer enlaces en LINKlanner

Se hace la selección de los lugares que se van a unir.

Una vez elegido los lugares que se conectarán, LINKPlanner arroja la gráfica encontrada en la figura 41.

- **Get Profile.**

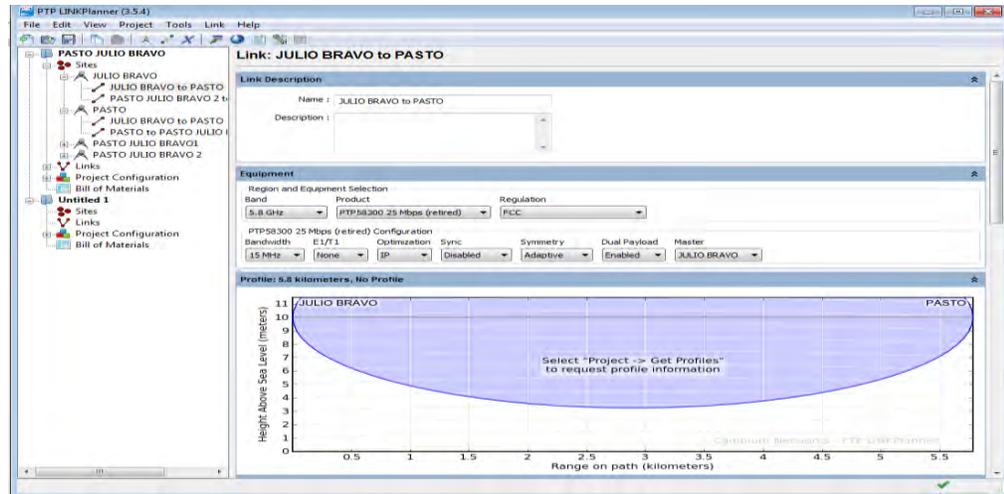


Figura 43. Ventana de selección de lugares a unir de LINKlanner

Se marca el enlace y se acepta para que finalmente MOTOROLA haga él envió de un mail, el cual arrojará los puntos de elevación del enlace mostrado en la figura 42, se configura dependiendo de las necesidades de cada enlace y se hace la descarga respectiva del archivo enviado por MOTOROLA.

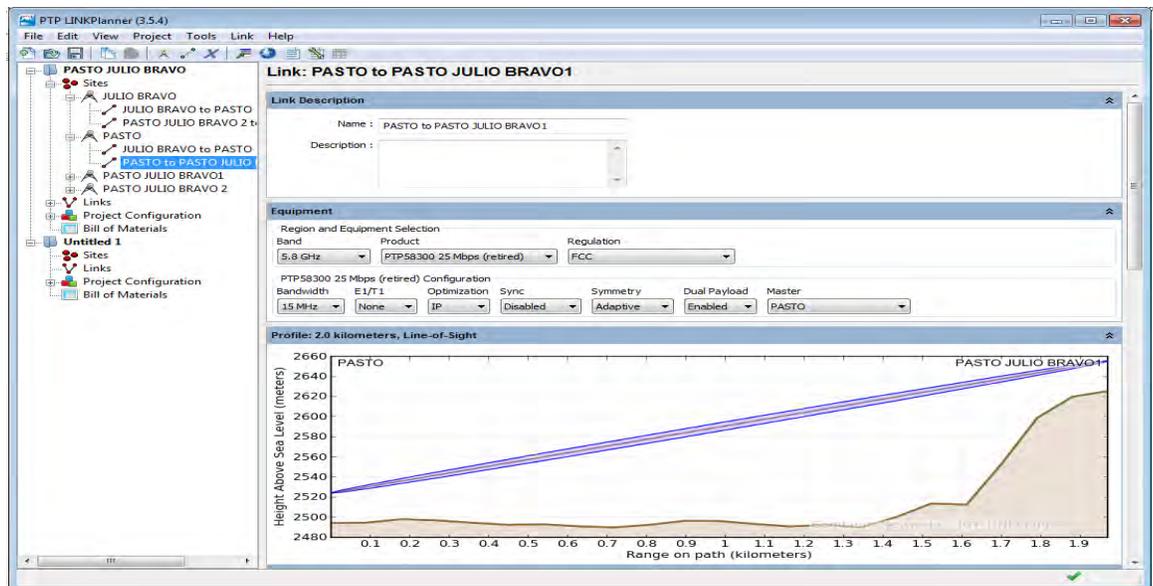


Figura 44. Ventana de elevacion de enlace LINKlanner

- **Resultados arrojados por el simulador LINKPlanner**

Para obtener los resultados fue necesario tener presente los puntos encontrados en la gráfica. Estos puntos permiten generar un análisis de los enlaces realizados.

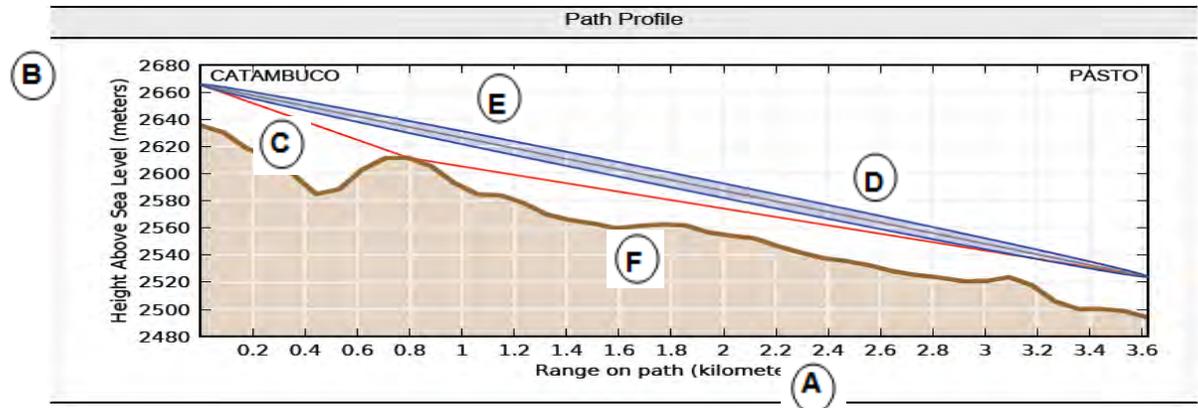


Figura 45. Grafica Simulación en LINKPlanner

A=Distancia

B=Altura a nivel del mar

C=Punto de reflexión

D=Primera zona Fresnel

E=Línea de vista

F=Perfil del terreno

Una vez obtenido los parámetros necesarios para el enlace se hace los cambios de equipos si es necesario, o de las alturas de las antenas para que el enlace sea confiable y tenga la disponibilidad para él envió de la señal del transmisor al receptor.

LINKPlanner genera dos informes de resultados: informe general (figura) e informe técnico (figura).

Para un completo análisis se utiliza la información más relevante y se hace uso de otra herramienta que permita hacer una visualización de la transmisión de la señal que muestre el espacio geográfico donde se establece el enlace.

La herramienta apta es Google Earth, la cual se caracteriza por ser un simulador de vuelo mundial y permite hacer la búsqueda de diferentes lugares ya sea por su nombre o por coordenadas georeferenciadas.

5.2.15. DISEÑO DE ENLACES DE SUBESTACIONES ELECTRICAS MEDIANTE LINKPLANNER

CEDENAR S.A. E.S.P., exige que el desarrollo del proyecto se haga a través del software PTP LINKPlanner Motorola- Solutions USA, el cual se crea para garantizar el cumplimiento de necesidades que aqueje la empresa en aspectos de comunicaciones.

PTP LINKPlanner Motorola- Solutions USA, es una herramienta que cuenta con muchas funciones, que brinda la oportunidad de realizar enlaces simples y complejos de puntos cercanos y lejanos en diferentes zonas sean rurales o urbanas.

La aplicación es utilizada después de obtener los parámetros necesarios de cada sitio de donde se extraen los datos pertinentes para el diseño de enlaces microondas.

Una vez obtenida la información necesaria se plantean diferentes puntos de conexión para encontrar la mejor ruta y crear una topología óptima para la interconexión entre la sede principal y las subestaciones definidas por el Centro Local de control (CLC).

5.2.16. TOPOLOGIA DE LA RED DE COMUNICACIONES PARA LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS DE CEDENAR

De acuerdo a la figura, la red se forma de 12 enlaces, de los cuales se encuentran 9 estaciones repetidoras y una estación de control, todas caracterizadas por ser estaciones fijas. Los sitios de repetición se encargan de recibir la señal, amplificarla y procesarla para luego retransmitirla a los lugares deseados.

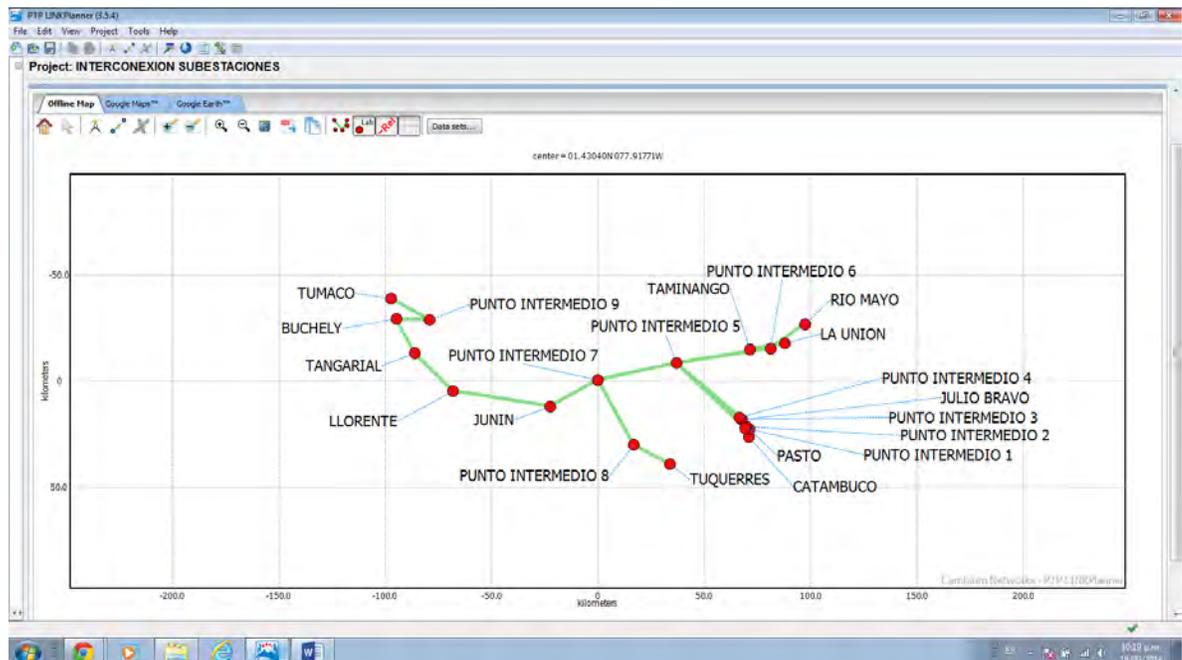


Figura 46. Topografía de los enlaces de las subestaciones en LINKPlanner

Para realizar el diseño de los enlaces en el software de LINKPlanner, se comienza haciendo el ingreso de las coordenadas de los puntos a enlazar, esto se muestra en la figura 44.

El ingreso de coordenadas se repite dependiendo de la cantidad de puntos o nodos de conexión.

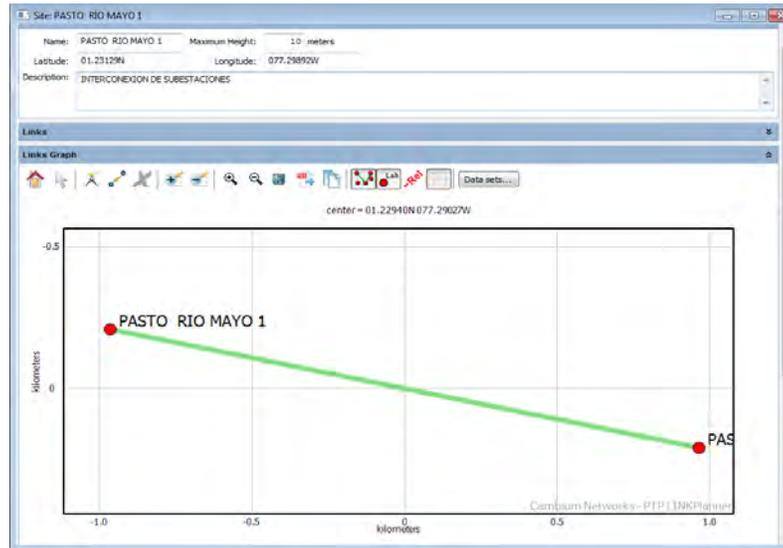


Figura 47. Mapa de red de enlace de subestaciones Pasto - PI1

La línea verde de la figura 45 muestra que el enlace es viable mientras que la línea roja de la figura, nos dice que entre punto y punto existe muchos obstáculos entre ellos y por ende no hay línea de vista.

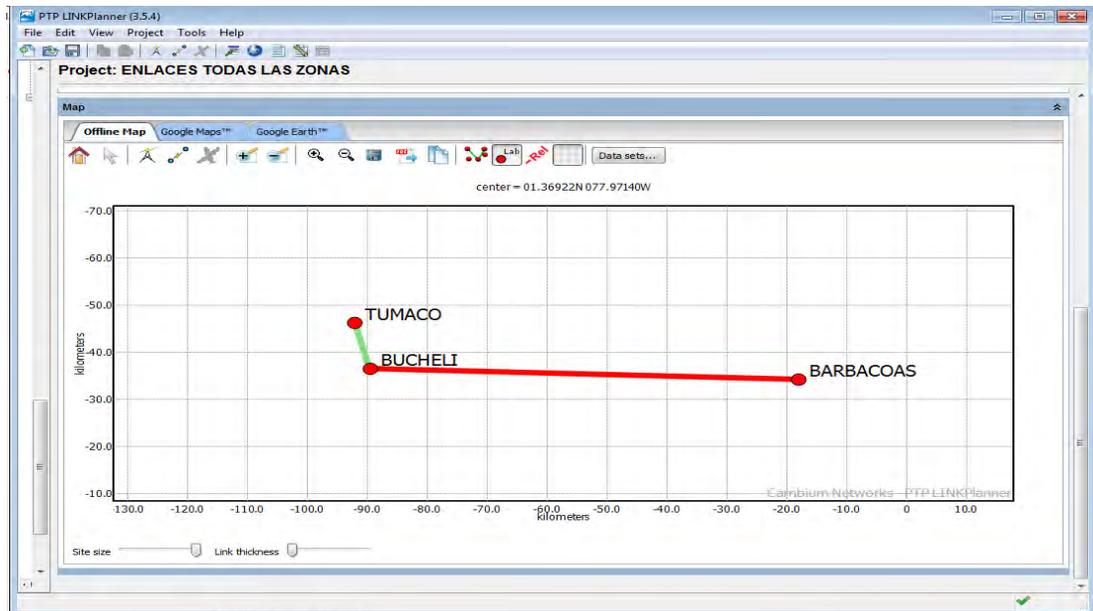


Figura 48. Puntos que no pueden ser enlazados

Después de introducir las coordenadas de los sitios que hacen parte de la red de comunicaciones en el software, se forma un mapa digital de enlace entre los lugares. El programa de linkplanner permite asegurar que las coordenadas se ubicaron bien geográficamente. Como se observa en la figura 46.

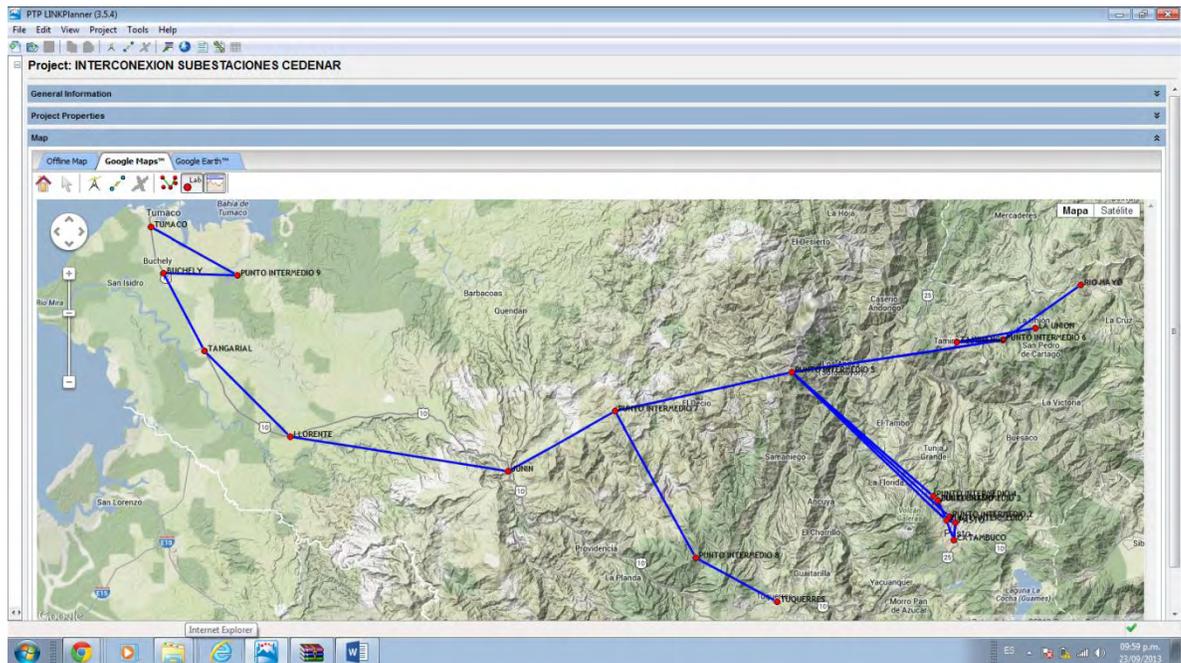


Figura 49. Mapa digital de red general de subestaciones

La figura 49. muestra todos los enlaces que conforman la red de comunicaciones y los puntos que hicieron parte para que pasto pueda comunicarse con las subestaciones elegidas por el Centro Local de Control..

Una vez obtenido la ubicación de los puntos, se prosigue con la parametrización del enlace, para ello se tiene en cuenta los siguientes aspectos:

Tipo de torre: se escoge torres riendadas que tenga una altura de acuerdo al requerimiento de cada enlace.

Antena: se hace uso de antenas parabólicas, puesto que son antenas propias para enlaces microondas debido a que tienen la propiedad de proporcionar grandes ganancias y frecuencias bastante elevadas.

Se escoge una ganancia para las antenas, para los casos particulares, se obtuvo por una ganancia de 23 dB; una potencia de transmisión de al menos 23 dBm; pérdidas de cables y conductores de 2,4 dB estimado, y se considera que los enlaces pueden sufrir interferencias.

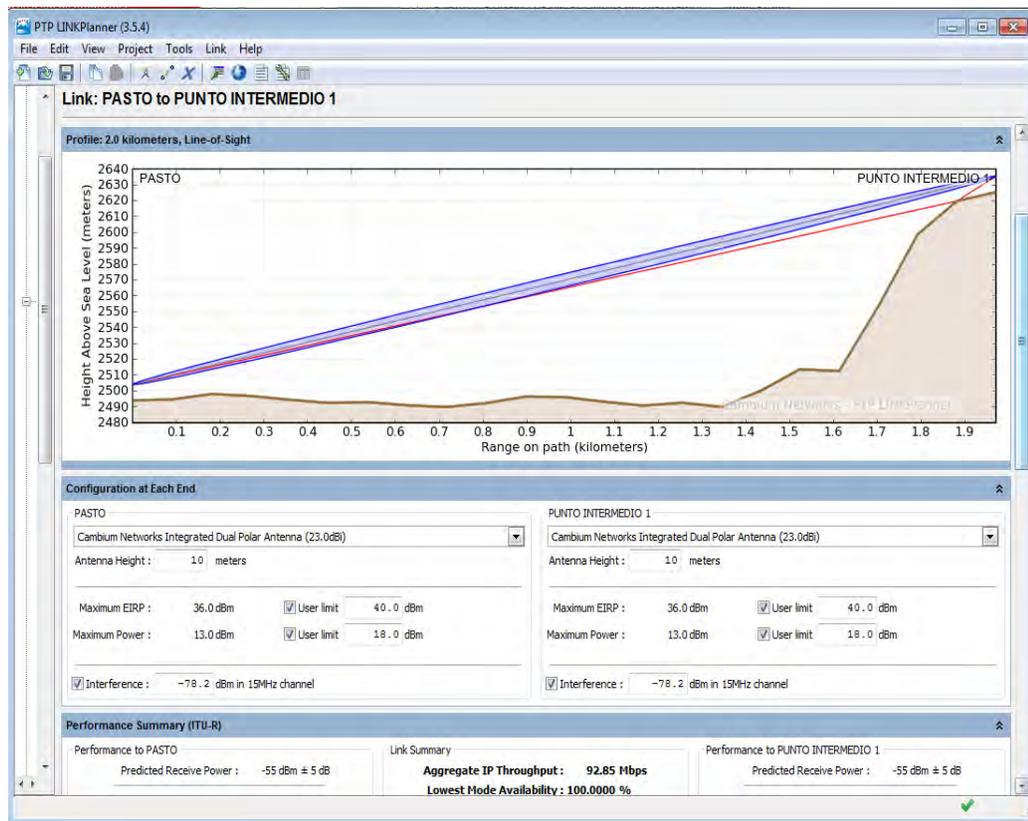
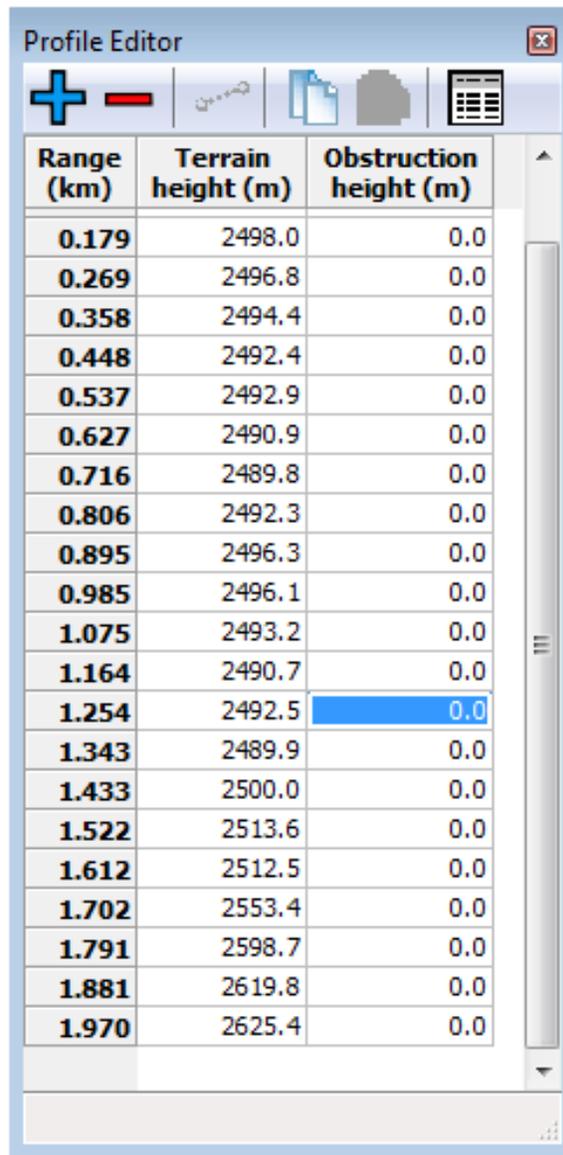


Figura 50. Parametrización del enlace en LINKPlanner

El software LINKPlanner para la realización de los enlaces, toma en cuenta la curvatura de la tierra con un factor de coeficiente de terreno de $K = \frac{1}{2}$ y para $\frac{3}{4}$.

LINKPlanner arroja datos que permite hacer un analisis con relacion a la visibilidad entre los puntos de interconexion. Ver figura 48.



Range (km)	Terrain height (m)	Obstruction height (m)
0.179	2498.0	0.0
0.269	2496.8	0.0
0.358	2494.4	0.0
0.448	2492.4	0.0
0.537	2492.9	0.0
0.627	2490.9	0.0
0.716	2489.8	0.0
0.806	2492.3	0.0
0.895	2496.3	0.0
0.985	2496.1	0.0
1.075	2493.2	0.0
1.164	2490.7	0.0
1.254	2492.5	0.0
1.343	2489.9	0.0
1.433	2500.0	0.0
1.522	2513.6	0.0
1.612	2512.5	0.0
1.702	2553.4	0.0
1.791	2598.7	0.0
1.881	2619.8	0.0
1.970	2625.4	0.0

Figura 51. Datos de perfil de elevacion en LINKPlanner

Los datos nos dicen que entre los nodos no hay obtaculos que interfieran osea que si hay linea de vista, por tanto si hay liberacion de la primera zona fresnel y la señal viaja libre mente.

En la ventana de parametrizacion de LINKPlanner tambien se escoge la frecuencia de operaci3n (ver figura), el ancho de banda que van desde 5MHz a 30Mhz, valores con los que el software simula garantizando el buen funcionamiento de los enlaces.

La figura tambien muestra el perfil topografico del enlace y el trayecto que toma la se1al electromagnetica.

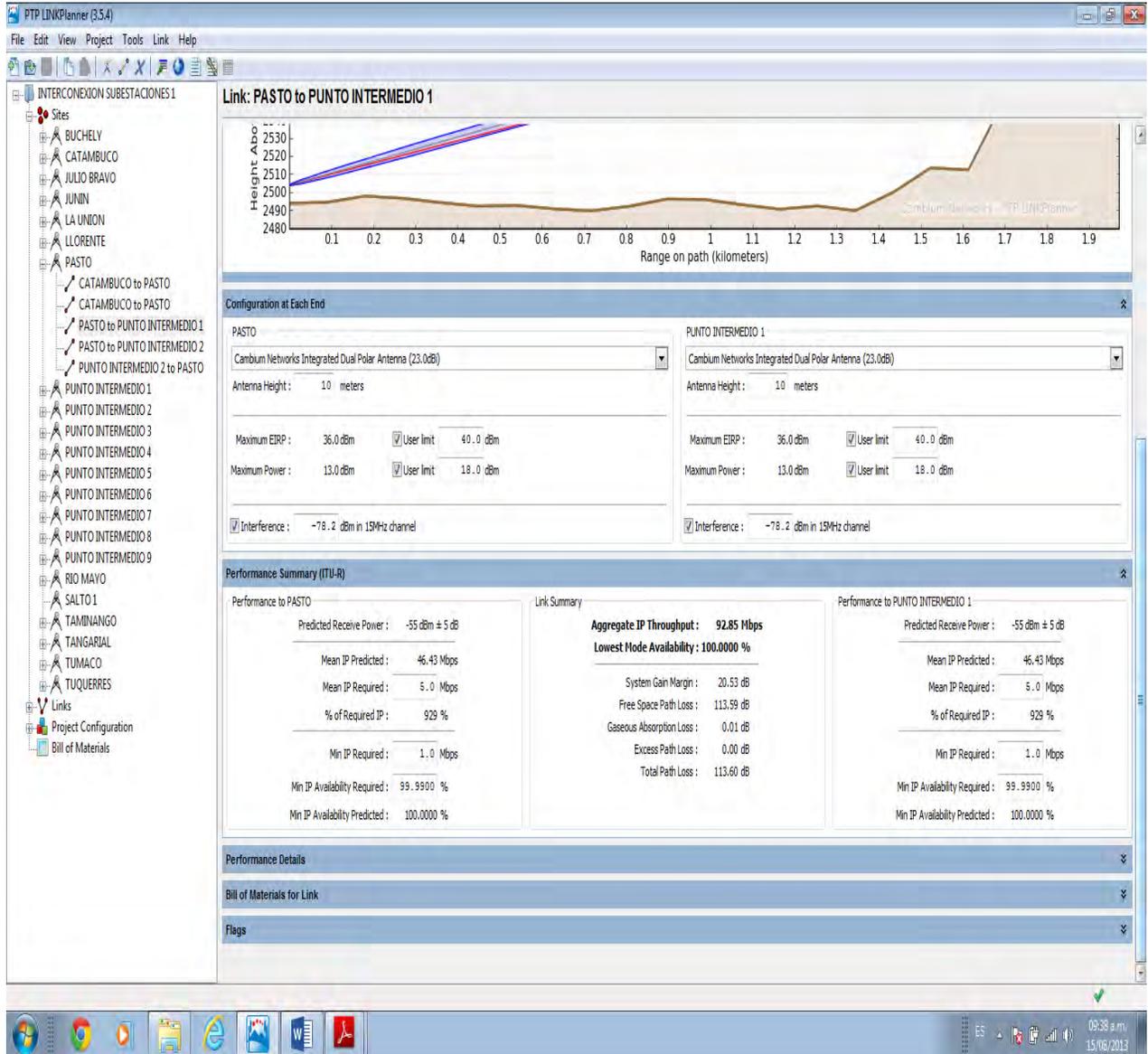


Figura 52. Configuración técnica del enlace Pasto – punto intermedio 1 en LINKPlanner

En la figura 5.8 se tiene la frecuencia de operación de 5,8 GHz la cual ha sido usada para los enlaces propuestos anteriormente debido a que esta frecuencia no es licenciada y muestra que trabaja con un ancho de banda de 15MHz y un tipo de multiplexación TDM (Multiplexación por División de Tiempo), para enlaces digitales.

Una vez analizados los parámetros mediante LINKPlanner, que simulan un correcto diseño de los enlaces de las subestaciones de Pasto, Rio Mayo, Junín, buchely y tumaco, se obtiene resultados correspondientes a la confiabilidad del enlace, porcentajes de tiempos de indisponibilidad, capacidad de transmisión dependiendo del tipo de modulación digital escogido para los enlaces.

A continuación se presentan los resultados del enlace de acuerdo a la parametrización del enlace de Pasto – punto intermedio 1, como se muestra en la figura 50.



Es necesario determinar la confiabilidad o calidad de un radioenlace ya que es el

grado que tiene el sistema de transmisión de proporcionar el servicio, es decir el periodo de tiempo en que no ocurren interrupciones. La confiabilidad se expresa en forma porcentual esto se ve en la anterior figura.

5.2.17. EQUIPOS PARA EL DISEÑO RED DE COMUNICACIONES

Una vez realizados los cálculos, estudios topográficos y determinar la distancia de cada enlace, se hace la elección de los equipos cuyas características cubran las necesidades del proyecto.

Los equipos y accesorios que conforman el diseño de la red de comunicaciones para las subestaciones de cedonar son: repetidores, radio microondas, consola de despacho, torres, cables, conectores.

ESTRUCTURA PARA SOPORTE DE EQUIPOS³⁰

Autosoportadas.

se diseño para utilizarse en sitios celulares y de microondas, la altura maxima es de 96 metros. Fabricada en modulos de 6 metros totalmente armables en terreno, todos sus elementos son unidos con pernos de alta resistencia.



Monopostes.

Ofrece 2 tipos de monopolos, ambos metálicos: tipo escalonado (step) y Plegado embutido (tapered). Especialmente diseñados para los requerimientos específicos de cada cliente, los monopolos AJ son fáciles y rápidos de instalar, son ideales para espacios pequeños y reducen considerablemente el impacto ambiental.



Venteadas

Las Torres Venteadas son más económicas que las Autosoportadas de la misma altura y se instalan cuando no hay limitaciones en el terreno; en general necesita un área que permita inscribir una circunferencia de radio aproximadamente igual a la mitad de la altura de la Torre.



Tabla 17. Estructuras de telecomunicaciones

³⁰ Página web: <http://www.vcm.net.ve/torres.htm>

ANTENAS WAVES³¹

Radio Waves³² diseña y fabrica la serie de antenas ProLine para aplicaciones punto a punto de microondas terrestres. La serie consta de ProLine polarizada parabólica (Serie SP) estándar simple o doble y antenas de alto rendimiento (HP Serie). Con versiones para las bandas de frecuencia estándar de 2 a 40 GHz, los productos Proline incluyen 1 pie (30 cm), 1,5 pies (45 cm), 2 pies (60 cm), 3 pies (90 cm), 4 pies (120 cm) y 6 pies (180 cm) antenas de diámetro.



Como innovador de la industria, las ondas de radio líder en la industria inalámbrica con antenas, ligeros de bajo perfil de alto rendimiento. Para una mayor eficiencia y embalajes personalizados, la serie ProLine ofrece una integración directa de las unidades exteriores de los clientes (ODU) para las antenas.



Tabla 18. Antenas

³¹Archivo PDF disponible en: <http://www.radiowavesinc.com/cgi-bin/index.cgi/Company/>

³²Radio Waves ISM y antenas de banda UNII, ideales para aplicaciones de 802.11 y 802.16. Radio Waves antenas de la serie Proline están certificados por CETECOM ICT Services of Telecommunications Standard Institute (ETSI) estándares. Las antenas Proline cumplen con la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) y la Industria de la normativa Canadá, así, mientras que cumplen o superan EIA-195C y Normas EIA-222E

EQUIPOS RADIOS MOTOROLA ³³

Motorola PTP100

Enlace punto a punto con throughput de 14 Mbps, alcance e 3.2 Km con línea de vista y 56 Km con un reflector adicional, encriptación DES de 56 bits y AES de 128 bits, disponible en las frecuencias de 2.4, 5.2, 5.4 y 5.8 GHz.



Na

Motorola PTP200

Enlace punto a punto con throughput de 21 Mbps, alcance de 8 Km con línea de vista cercana pero el alcance varía dependiendo de las condiciones del entorno, encriptación DES de 56 bits y AES de 128 bits, modulación OFDM, disponibles en las frecuencias de 4.9 GHz.

**Motorola PTP230 y 250**

Enlace punto a punto con un throughput hasta 200 Mbps, alcance de 10 Km con línea de vista, permite línea cercana o sin línea de vista, se puede aumentar el alcance con reflector (depende del modelo), encriptación AES de 128 bits y AES de 256 bits, modulación i-OFDM, disponible en las frecuencias de 5.4 GHz. Capacidad para E1/T1. Todo a precios cómodos.



³³ Página web: http://www.assysltd.com/Productos/Banda_ancha/PTP/PTP2.html

Motorola PTP300 y 500

Enlace punto a punto con throughput de 25 Mbps (PTP300), 50 Mbps (PTP500 lite), 150 Mbps (PTP500 Full), alcance de 250 Km con línea de vista, encriptación AES de 128 bits y AES de 256 bits, modulación i-OFDM, disponible en las frecuencias de 5.4 y 5.8 GHz. Capacidad para E1/T1.

**Motorola PTP600**

Enlace punto a punto con un throughput de 300 Mbps, alcance de 200 Km con línea de vista, 32 Km con línea de vista cercana y 8 Km sin línea de vista, encriptación AES de 128 bits y AES de 256 bits, modulación i-OFDM, disponible en las frecuencias de 2.5, 4.5, 4.8, 4.9, 5.4, 5.8 y 5.9 GHz. Capacidad para E1/T1.

Fuente LPU

Evita la pérdida de datos en el ordenador si sufre un corto eléctrico. El primer paso a tomar es tener una fuente de alimentación adecuada para el suministro de energía. El segundo paso es asegurar tu ordenador con un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI).

**Antena parabólica**

Dispositivo que sirve para transmitir y recibir ondas de radio. Convierte las ondas guiadas por la línea de transmisión (guía de onda) en ondas electromagnéticas que se transmiten por el espacio libre



Tabla 19. Equipos Motorola

Estudiando los equipos de comunicación y teniendo en cuenta las sugerencias y requerimientos del CLC, se determinó que la mejor alternativa es utilizar equipos Motorola y Radio Waves, que trabajan con un rango de frecuencia establecido que son: 5.4 y 5.8 GHz. De acuerdo a ello se plantean las siguientes razones.

- Experiencia, la empresa centrales eléctricas de Nariño ya trabaja con este tipo de equipos.
- Garantía y servicio técnico, Motorola Solutions y Radio Waves, tiene representación a través de SICOM, empresa que brinda soluciones integrales de comunicaciones y se ha dedicado a suministrar sus equipos a CEDENAR, es debido a esto que en caso de hacer reclamos, de necesitar servicio técnico, actualizaciones en el firmware de los equipos y asesoría técnica, esta se ejecuta de forma inmediata o en un tiempo prudente sin correr el riesgo de sufrir retrasos en el desarrollo del trabajo.
- Capacidad, todos los modelos PTP como los Radio Waves, ofrecen tamaño de canal seleccionable, variadas velocidades de datos y modo de línea de vista (LOS) opcional, además que también proporcionan equipos que tienen modo de NLOS (sin línea de vista). Esto permite configurar la solución más conveniente según sus requerimientos, condiciones de trayectoria y presupuesto.
- Las inigualables soluciones de redes inalámbricas de Motorola y de Radio Waves redes inalámbrica de exteriores, punto a multipunto y punto a punto, y de microondas, brindan la agilidad y conectividad que necesitan la empresa para mejorar la calidad de servicio, además que generan una buena capacidad de conexión haciendo de las redes, estructuras confiables y de acceso en cualquier lugar.
- Los equipos Motorola tienen las características adecuadas para mantener un enlace estable y con un ancho de banda suficiente para los requerimientos de la empresa. Los equipos Cisco y DLink, tienen características excelentes pero aumenta su costo para la realización del enlace de las subestaciones para CEDENAR, puesto que SICOM le proporciona a un menor costo los equipos Motorola y Radio Waves de lo que le proveen otras empresas que suministran equipos de telecomunicaciones.

5.2.18. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

El presupuesto se realiza dependiendo de la cantidad de sitios y enlaces que conforma la red diseñada para las subestaciones electricas de CEDENAR, y partiendo de ello se determina la cantidad de dispositivos o equipos necesarios para la implementacion futura.

A continuacion se detalla de forma general la cantidad y el precios de dispositivos y componentes requeridos para la implementacion del sistema de comunicaciones para CEDENAR.

ITEM	DETALLE	CANTIDAD	VALOR	TOTAL
1	TORRE DE 30 MT RIENDADA	21	31.725.000	666.225.000
2	Antenas Waves de 2 Pies Dual Polar Ref. HPD2-5.2NS	45	4.030.000	18.1350.000
3	Fuentes LPU para Kit PTP 250/300/500 Ref. WB2978	90	377.000	33.930.000
4	PTP 583005Hz Conecto rizado-Link Completo	21	14.105.000	296.205.000
5	Cable UTP Cat 6 ^a para Exteriores Teldor (Aprox. 150 Mts c/u)	21	540.000	1.1340.000
6	Conector RJ-45 Blindado	252	3.250	819.000
7	Cable 7 Hilos N°. 6	21	570.000	11.970.000
8	Terminales de Ojo para Cable N°. 6	90	6.500	585.000
9	Adicionales (silíca, amarras, tornillos, etc.)	21	650.000	13.650.000
TOTAL DE DISEÑO				1,216.074.000

Tabla 20. Presupuesto de equipos para enlaces de subestaciones.

6. DESARROLLO DE LA PASANTIA DE ACUERDO A LAS ACTIVIDADES PROGRAMADAS EN EL CRONOGRAMAS

Las actividades que se realizaron para dar cumplimiento a la pasantía en la empresa Centrales Eléctricas de Nariño (CEDENAR) S.A. E.S.P Se describen en la TABLA II, en donde se puede observar el tiempo estimado (en meses).

TABLA I. CRONOGRAMA DE DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

Actividades	Meses					
	1	2	3	4	5	6
Etapa de Diagnostico.	■					
Capacitación en conceptos básicos de comunicaciones.	■					
Análisis del diseño existente.			■			
Elaboración de alternativas de diseño de comunicación para subestaciones.			■			
Obtención de coordenadas de puntos de conexión.				■		
Análisis de equipos necesarios para el diseño				■		
Estudio y manejo de software para el diseño de la red de comunicaciones.				■		
Simulación de radio enlaces				■		
Elaboración de presupuesto						■
Construcción de documento	■					

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- Mediante la aplicación de conocimientos adquiridos en la Universidad de Nariño, se desarrollan los objetivos planteados para el apoyo profesional en el diseño de una red de comunicaciones para las subestaciones eléctricas de CEDENAR S.A. E.S.P., es a través de ello y de las actividades realizadas que se logra adquirir experiencia para desenvolverse en el ámbito laboral a partir de relaciones interpersonales con el grupo de trabajo.
- La pasantía, permitió la familiarización con problemas de la vida real, y conocer el desarrollo de actividades en el ambiente de oficina, logrando de esta manera que se apliquen conocimientos propios en el área de comunicaciones.
- A través del trabajo se conoció con más detalle aspectos relacionados con el diseño de una red de comunicaciones, la realización de cálculos y equipos necesarios para su funcionamiento.
- La creación de una red de comunicaciones para las subestaciones eléctricas de CEDENAR resulta de gran importancia para la empresa, ya que permite la integración de puntos distantes con la sede centro, generando grandes ventajas de transmisión y recepción de la información entre la zona urbana y la rural.
- CEDENAR S.A. E.S.P., diseña una red de comunicaciones que integra a las subestaciones eléctricas a través de sistemas inalámbricos garantizando la comunicación de sitios ubicados en diferentes zonas del Departamento de Nariño, zonas a las cuales se hacen difíciles acceder a través de otras tecnologías debido a la geografía del Departamento.
- Los enlaces a través de microondas resultan la forma más económica en telecomunicaciones ya que genera una disminución en el tiempo de realización, implementación y operación comparado con otras tecnologías.
- Realizar el diseño de la red de comunicaciones para CEDENAR, permitió adquirir nuevas experiencias en el manejo de herramientas propias para la creación de enlaces de comunicaciones como son: LINKPlanner y Google Earth, herramientas que ayudaron a determinar puntos de conexión entre las subestaciones y a garantizar una comunicación robusta entre los distintos puntos de conexión fijados inicialmente por el CLC.
- CEDENAR S.A. E.S.P., La empresa al contar con un equipo y una estructura propia obtiene un gran ahorro en el paso del tiempo y grandes ganancias

económicas que se ven reflejadas en el servicio debido a la existencia de un sistema de comunicaciones robusto creado para las subestaciones eléctricas.

7.2. RECOMENDACIONES

- Es bueno documentarse antes de entrar a desarrollar un proyecto, ya que el material teórico nos brinda soporte que nos permite dar una justificación adecuada del desarrollo del mismo.
- Para que el diseño sea óptimo es conveniente seguir a cabalidad todas las condiciones y parámetros que nos proporciona el área de comunicaciones y dar uso de las herramientas de modelado para con ello predecir el comportamiento del enlace.
- En un sistema inalámbrico de banda ancha con bandas exentas de licencia, es crucial que se utilice el mejor diseño posible para combatir los factores que puedan causar inestabilidad en la red. Es por este motivo que el diseño adecuado del producto y despliegue correcto de la red pueden disminuir estas interferencias hasta el punto en que ya no se alteren el rendimiento de la red.

REFERENCIAS

- [1]. Archivo PDF disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3908/1/CD-3444.pdf>
- [2]. Archivo PDF disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3908/1/CD-3444.pdf>, página 81.
- [3]. Archivo PDF disponible en:
http://www.it46.se/courses/wireless/materials/es/06_Calculo-Radioenlace/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v01.pdf
- [4]. Archivo PDF disponible en: <http://www.radiowavesinc.com/cgi-bin/index.cgi/Company/>
- [5]. Archivo PDF:
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11435/fichero/Documentaci%C3%B3n%252F07+-+Capitulo+3+-+La+Norma+IEEE+802.pdf>
- [6]. Cambium Networks PTP Software LINKPlanner Motorola, Documento en línea disponible en: <http://www.cambiumnetworks.com/support/ptp/software/>.
- [7]. “Componentes de un sistema de comunicación”, PDF disponible en:
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4470/1/CD-4085.pdf>
- [8]. David Tse, “Fundamentos-de-la-comunicación-inalámbrica”, Documento en línea disponible en: <http://es.scribd.com/doc/97490234/Fundamentos-de-la-comunicacion-inalambrica>.
- [9]. “Diseño de redes”, libro en línea en: <http://wndw.net/pdf/wndw-es/chapter3-es.pdf>.
- [10]. Figura obtenida del libro de Thomson. “sistemas electrónicos de comunicaciones” Roy Blaker Comunicación de Thomson
- [11]. IEEE corresponde a las siglas en español instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos, asociación técnico – profesional mundial dedicada a la estandarización.

- [12]. IEEE 802.16. Norma de telecomunicaciones que nace para encargarse del desarrollo global de redes locales metropolitanas inalámbricas.
- [13]. Libro en línea “Fundamentos de comunicaciones y redes.”, pagina web: <http://www.eveliux.com/mx/topologias-de-red.php>
- [14]. Libro en línea: “Fundamentos de telecomunicaciones y redes”, Evelio Martínez Martínez y Arturo Serrano Santoyo, documento disponible en: http://www.amazon.com/Fundamentos-Telecomunicaciones-Volume-Spanish-Edition/dp/1456353608/ref=tf_ssw?&linkCode=wss&tag=eveliostealeco-20
- [15]. Libro en línea: “Sistemas electrónicos de comunicaciones”, Roy Blaker, comunicación de Thomson, documento disponible en: <http://books.google.com.co/books?id=53i69LV2ETsC&pg=PA685&dq=que+son+los+enlaces+microondas&hl=es&sa=X&ei=QS35UbvtGoXS9gSZmIGQCQ&ved=OCCwQ6AEwAA#v=onepage&q=que%20son%20los%20enlaces%20microondas&f=false>
- [16]. **LINKPlanner**. Software de diseño de redes inalámbricas, esta es una herramienta proporcionada por Motorola Solutions, la cual se crea para ser usada en Windows o Macintosh.
- [17]. Página web: <http://mediosdetransmisionnoguiados.blogspot.com/>
- [18]. Página web: <http://www.ordenadores-y-portatiles.com/wimax.html>
- [19]. Página web: http://cedenar.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=100&Itemid=125
- [20]. Página web: <http://www.vcm.net.ve/torres.htm>
- [21]. Página web: http://www.assysltd.com/Productos/Banda_ancha/PTP/PTP2.html
- [22]. Propuesta de grado en modalidad pasantía institucional para optar por el título de ingeniero electrónico, presentada ante el comité curricular y de investigaciones el 9 de febrero de 2013.
- [23]. Rappaport Theodore, “Wireless Communication, principles and practice”, IEEE Press, Prentice Hall PTR.
- [24]. Redes de datos <http://ucmcinformatica.wordpress.com/>
- [25]. Redes según el área geográfica <http://esmeyxime.blogspot.com/2011/03/redes-lanman-y-wam.html>

[26]. Tipo de enlaces, documento disponible en: http://centrodeartigos.com/articulos-enciclopedicos/article_92793.html

[27]. Tecnologías inalámbricas, PDF disponible en:
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3908/1/CD-3444.pdf>

[28]. Universidad de Nariño, Consejo Académico, Acuerdo No. 005, “Por el cual se deroga el Acuerdo No. 043 del 30 de abril de 2002 y se adopta la nueva reglamentación del trabajo de grado...”, 26 de enero de 2010.

[29]. Wi-Fi. Mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica.

ANEXOS

Anexo A. Fotos de subestaciones eléctricas.



SUBESTACION TAMINANGO



SUBESTACION TUQUERRES



SUBESTACION TUQUERRES





SUBESTACION RICAURTE



SUBESTACION BUCHELY



SUBESTACION JUNIN



SUBESTACION LLORENTE



SUBSTACION TANGARIA



SUBESTACION RIO MAYO



LA UNION



SUBESTACION PASTO



SUBESTACION CATAMBUCO



SUBESTACION JULIO BRAVO