

**“Guía Metodológica para Diseño de Enlaces Inalámbricos para Zonas Rurales del
Departamento del Cauca”.**

Deicy Paola Navia Coy

Maryan Natalia Salazar Valenzuela

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnologías e Ingenierías- ECBTI

Ingeniería de Telecomunicaciones

Popayán

2022

“Guía metodológica para diseño de enlaces inalámbricos para zonas rurales del departamento del Cauca”.

Deicy Paola Navia Coy

Maryan Natalia Salazar Valenzuela

Proyecto aplicado para optar por el título en Ingeniería en Telecomunicaciones

Directora

Nancy Amparo Guaca.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnologías e Ingenierías -ECBTI

Ingeniería de Telecomunicaciones

2022

Nota de aceptación

Firma del director de la modalidad de grado

Firma del jurado

Firma del jurado

Dedicatoria

Primero que todo a Dios, el dador de la vida y las oportunidades, a todas aquellas personas que han creído en mí, especialmente a mi madre, esposo y mis hijos que son mi más grande motivación, a la Universidad, porque gracias a sus estrategias metodológicas bajo la virtualidad me han permitido cumplir esta meta, y a la ingeniera Nancy Guaca, quien ha estado pendiente y nos ha motivado a continuar con nuestro proyecto de grado.

Deicy Paola Navia.

A mis padres quienes me han brindado todo su amor y una excelente educación lo que me ha permitido lograr cada meta de mi vida, me debo a ellos y se los agradezco desde lo más profundo de mi ser, pero sobre todo gracias por nunca cortarme las alas.

A mis hermanos que han sido mi motivación para ser mejor cada día y para continuar avanzando en el camino.

Natalia Salazar Valenzuela

Resumen

La UNAD en su misión propende por la inclusión de los estudiantes que habitan en zonas rurales, establece contacto permanente con los gobiernos locales, para el caso del Cauca con comunidades de Sotará y Puracé, en estas localidades se ha identificado el limitante del acceso a internet, adicionalmente debido a la pandemia por COVID-19, esta problemática se ha hecho más notable.

Es por eso que el proyecto que se presenta a continuación, pretende dar solución a esas necesidades mediante la investigación y el diseño, teniendo en cuenta las necesidades del estudiante Unadista en cuanto al uso de herramientas (internet, plataformas e-learning, audios, videos, libros de investigación, entre otros) necesarias para realizar sus actividades académicas, por ese motivo, se investigar el espectro disponible, tecnologías, requerimientos de los estudiantes, entre otros aspectos importantes que permitan analizar y diseñar la propuesta que solucione esta necesidad, así mismo contribuir en la línea de investigación y desarrollo de las tecnologías inalmblicas aplicadas a zonas rurales, y aportar el documento de la guía metodológica para diseño de enlaces inalmblicos para zonas rurales.

Palabras Clave:

Radioenlace, dividendo digital, radiofrecuencias, Metodología, Diseño

Abstract

UNAD's mission is to promote the inclusion of students living in rural areas, and establishes permanent contact with local governments, in the case of Cauca with the communities of Sotará and Puracé. In these localities, limited access to the internet has been identified, and due to the covid-19 pandemic, this problem has become more acute or more noticeable.

That is why the project presented below, aims to provide a solution to these needs through research and design, taking into account the needs of Unadista students in terms of the use of tools (internet, e-learning platforms, audio, video, research books, among others) necessary to carry out their academic activities, for that reason, the available spectrum, technologies will be investigated, For this reason, we will investigate the available spectrum, technologies, requirements of Unadista students, among other important aspects that will allow us to analyze and design the proposal that solves this need, as well as contribute to the lines of research and development of wireless technologies applied to rural areas, and contribute the document of the methodological guide for the design and implementation of wireless links for rural areas.

Key words:

Radio link, digital dividend, radio frequencies, Methodology, Design

Tabla de Contenido

Lista de Acrónimos	11
Lista de Figuras	14
Lista de Tablas	18
Introducción	19
Justificación	21
Objetivos	23
General	23
Específicos	23
Generalidades del Proyecto.....	24
Planteamiento del Problema.....	24
Antecedentes	25
Metodología	26
Fase de Planeación	28
Fase del Hacer	28
Fase de Verificar.....	28
Fase de Actuar	29
Marco Teórico	29
Radiocomunicaciones	29
Teoría de Radioenlaces.....	30
Tipos de Radioenlaces.....	31

WLAN.....	33
WMAN.....	34
WWAN.....	35
Requerimientos de Usuario	37
Componentes de un Radioenlace	39
Cálculo del Presupuesto de Enlace	41
Ecuación de Radioenlace	42
Diseño e implementación de radioenlace Municipio de Sotará.....	44
Simulación con Xirio	46
Simulación con Radio Mobile.....	51
Elección del Trayecto.....	52
Perfiles topográficos.....	52
Enlace Directo entre Transmisor y Receptor	52
Ubicación Trasmisor de Rosas.....	53
Perfil de Elevación	54
Coordenadas de los Emplazamientos.....	54
Simulación.....	55
Análisis del Resultado.....	64
Espacios en blanco	65
Características de la Antena y Equipos	66
Análisis Matemático.....	67
PIRE (Potencia isotrópica radiada equivalente).....	67

Pérdida en el Espacio Libre.....	68
Zona Fresnel.....	69
Red de Distribución.....	69
Diseño Omnidireccional.....	70
Diseño direccional.....	71
Antenas direccionales.....	72
Diseño de WLAN y LAN.....	74
Establecer el diseño de la red.....	75
Calcular materiales.....	76
Instalación.....	76
Puesta en Servicio.....	77
Prueba.....	77
Guía Metodológica para el Diseño de Enlaces Inalámbricos en Zonas Rurales.....	80
Identificación de la Necesidad.....	80
Estudio de Zona.....	81
Prueba Mediante Simuladores y Equipos Reales.....	81
Diseño WLAN.....	95
Selección del Access Point o Router Inalámbrico.....	95
Diseño LAN.....	98
El Cableado Vertical o Backbone.....	99
Cuarto de Telecomunicaciones.....	99
Conexión.....	100
Conexión del Switch al Patch Panel.....	100

	10
Área de trabajo	101
Identificación de los Puntos de Red	101
Rotulación para la Identificación de Extremo a Extremo	102
Tendido del Cable.....	102
Ponchado del Cable.....	102
Pruebas de Red.....	103
Análisis de Costos	108
Conclusiones y Recomendaciones.....	111
Conclusiones:	111
Recomendaciones.....	113
Anexo A: Tecnologías Futuras.....	115
Tecnología GPON y EPON.....	119
El Dividendo Digital	123
Bibliografía	126

Lista de Acrónimos

ANE	Agencia Nacional del Espectro
ANSI	<i>American National Standards Institute</i> / Instituto Nacional Estadounidense de Estándares
CNABF	Cuadro Nacional de Atribución de Banda de Frecuencias
CRC	Comisión de Regulación de Comunicaciones
EIA	<i>Electronic Industries Alliance</i> - Asociación de Industrias Electrónicas
EPON	<i>Ethernet Passive Optical Network</i> - Red óptica pasiva Ethernet
FFTH	<i>Fiber To The Home</i> – Fibra Hasta el Hogar
FTP	<i>Foiled Twisted Pair</i> - par trenzado con pantalla global
GPON	<i>Gigabit Passive Optical Network</i> - Red óptica pasiva Gigabit
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i> – Servicio General de Paquetes Vía Radio
GSM	<i>Global System For Mobile Communication</i> - Sistema Global Para Comunicaciones Móviles
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> - Instituto Nacional Estadounidense de Estándares
IP	<i>Internet Protocol</i> - Protocolo de Internet
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> - Organización Internacional de Estándares
ISP	<i>Internet Service Provider</i> - Proveedor de Servicios de Internet
LAN	<i>Local Area Network</i> - Red de Área Local
LTE	<i>Long Term Evolution</i> - evolución a largo plazo

MAC	<i>Media Access Control Address</i> - Contro de Acceso al Medio
NEXT	<i>Near- End Crosstalk</i> - Intermodulación en el extremo cercano
ODN	<i>Optical Distribution Network</i> - Red de Distribución Óptica
OFDM	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i> / Modulación por División ortogonal de frecuencia
OLT	<i>Optical Line Termination</i> - Terminación De Línea Óptica
ONU/ONT	<i>Optical Network Unit/ Optical Node Terminal</i>
PIRE	<i>Effective Isotropic Radiated Power</i> - Potencia isotrópica radiada equivalente
PON	<i>Passive Optical Network</i> - Red Óptica Pasiva
PSNEXT	<i>Power Sum NEXT</i> - Suma de potencias de NEXT
PTMP	Punto a Multipunto
PTP	Punto a punto
SDR/CR	<i>Software Defined Radio/Cognitive Radio</i> – Radio Definida por Software / Radio Cognitiva
STP	<i>Shielded Twisted Pair</i> - Par trenzado apantallado
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i> - Acceso múltiple por División de Tiempo
TIA	<i>Telecommunications Industry Association</i> - Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones
TIC	Tecnologías de la Información y Comunicación
UHF	<i>Ultra High Frequencies</i> - Ultra Altas Frecuencias
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunication System</i> - Sistema Universal De Telecomunicaciones Móviles

UTP	<i>Unshielded twisted pair</i> - Par Trenzado sin Apantallamiento
VHF	<i>Very High Frequency</i> - Muy Altas Frecuencias
VLAN	<i>Virtual Local Area Network</i> - Red de Área Local Virtual
WAN	<i>Wide Area Network</i> - Red de Área Extensa
WEP	<i>Wired Equivalent Privacy</i> - Privacidad equivalente a cableado
WiFi	<i>Wireless Fidelity</i> / Fidelidad Inalámbrica
WIMAX	<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i> / Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i> - Red de Área Local Inalámbrica
WMAN	<i>Wireless Metropolitan Area Network</i> - Red de Área Extensa Inalámbrica
WPA	<i>Wi-Fi Protected Access</i> / Acceso Protegido a Wi-Fi
WPAN	<i>Wireless Personal Area Network</i> - Red de Área Personal Inalámbrica
WRAN	<i>Wireless Rural Area Network</i> / Red de Área Rural inalámbrica

Lista de Figuras

Figura 1. Metodología del Proyecto	27
Figura 2. Zonas de Fresnel en un Radioenlace	31
Figura 3. Radio enlace PTP.	32
Figura 4. Enlaces Inalámbricos Punto a Multipunto,.....	33
Figura 5. Características de los Estándares IEEE 802.11	34
Figura 6. Tecnologías Inalámbricas para la Comunicación.....	36
Figura 7. Diagramas de Radiación.....	40
Figura 8. Elementos de un Radioenlace.....	42
Figura 9. Vista Satelital del Radioenlace.....	47
Figura 10. Vista Mapa del Radioenlace.....	47
Figura 11. Propiedades del Estudio de Enlace.....	48
Figura 12. Propiedades del Receptor	49
Figura 13. Propiedades del Transmisor	50
Figura 14. Información Gráfica del Enlace	51
Figura 15. Imagen posición Antenas en Google Earth	52
Figura 16. Imagen Posición Antena Transmisora en Google Earth	53
Figura 17. Imagen Posición Antena Receptora en Google Earth	53
Figura 18. Perfil de Elevación entre Transmisor y Receptor.....	54
Figura 19. Propiedades del Mapa en Radio Mobile.....	56
Figura 20. Mapa de Popayán en Radio Mobile	56
Figura 21. Creación de las Unidades de Red (antenas)	57
Figura 22. Posición de las Antenas en el Mapa	58

Figura 23. Configuración Parámetros de la Red.....	59
Figura 24. Configuración de Topología de la Red.....	60
Figura 25. Configuración como Miembro de la Red Antena Transmisora	61
Figura 26. Configuración como Miembro de la Red Antena Receptora	61
Figura 27. Configuración del Sistema de Red	62
Figura 28. Simulación Radioenlace	63
Figura 29. Detalles Simulación Radioenlace	64
Figura 30. Antena Logarítmica Epcom cr-dlp-0727-11	66
Figura 31. Detalle Potencia de Transmisión.....	68
Figura 32. Diseño General de la Red con Distribución Omnidireccional	70
Figura 33. Diseño de la Red con Distribución Direccional	71
Figura 34. Diseño Lógico de una LAN y WLAN.....	75
Figura 35. Test de Velocidad.....	79
Figura 36. Interfaz Xirio Online	82
Figura 37. Estudio de Enlace en Xirio.....	83
Figura 38. Cobertura en Xirio.....	84
Figura 39. Cobertura de Interior	84
Figura 40. Cobertura Multitransmisión	85
Figura 41. Red de Transporte	85
Figura 42. Propiedades del Estudio de Enlaces	86
Figura 43. Menú Principal Xirio Online.....	87
Figura 44. Propiedades del Transmisor	88
Figura 45. Referencia de Alturas de Antenas	88

Figura 46. Menú principal Xirio Online - Transmisor.....	89
Figura 47. Propiedades del Receptor	90
Figura 48. Menú Ordenar Propiedad del Receptor	90
Figura 49. Posición Nueva y Posición Antigua	91
Figura 50. Calcular Estudio del Radioenlace.....	92
Figura 51. Cálculo del Estudio	93
Figura 52. Gráfica de Enlace	94
Figura 53. Línea de Vista del Radioenlace	94
Figura 54. Orientar Antenas de Forma Automática.....	95
Figura 55. Adoptado de Canales 802.11 b/g/n.....	97
Figura 56. Jack para RJ-45	102
Figura 57. Face Plate Doble.....	103
Figura 58. Patch Panel de 24 Puertos Categoría 6.....	103
Figura 59. Probador de Red	104
Figura 60. Cláusula 6 Estándar ISO/IEC 11801 2. ^a Edición Categoría 6.....	106
Figura 61. Cláusula 6 Estándar ISO/IEC 11801 2. ^a Edición Categoría 6a	107
Figura 62. Resultado Certificación - Manual OmnicScanner	108
Figura 63. Atribución de Frecuencias por Zonas y Regiones.....	116
Figura 64. CNABF.....	117
Figura 65. Asignación de Frecuencia Servicios Móviles Terrestres Banda de 700	118
Figura 66. Asignación del Espectro Subasta Año 2019.....	118
Figura 67. Diagrama PON	121
Figura 68. Diferencia entre EPON y GPON.....	122

Figura 69. Estándares BPON, EPON, GPON, XGPON y 10G-EPON	123
---	-----

Lista de Tablas

Tabla 1. Requerimientos de Aplicaciones y Contenidos	38
Tabla 2. Coordenadas Geográficas del Municipio de Sotará.....	45
Tabla 3. Coordenadas de los Emplazamientos Sotará- Rosas	54
Tabla 4. Enlace PTP Rosas- Alcaldía de Sotará	58
Tabla 5. Especificaciones Técnicas Antena EPCOM cr-dlp-0727-11	66
Tabla 6. Materiales para LAN.....	76
Tabla 7. Código de Colores 568A y 568B	100
Tabla 8. Materiales para Instalación de una WLAN.....	109
Tabla 9. Materiales para la Instalación de una LAN.....	110

Introducción

Gracias a las redes de telecomunicaciones y los avances en materia de tecnología y ciencia, de los últimos 20 años, la comunicación hoy en día ha evolucionado a pasos agigantados, lo cual ha permitido interconexión con lugares de cualquier parte del mundo, permitiendo información instantánea, intercambio cultural, acceso a literaturas, multimedia, software, servicios, entre otros.

La conexión a la red de datos es fundamental en el crecimiento cultural, económico, político, educativo de cualquier zona del país, por eso es importante investigar para obtener las posibles formas para lograr el acceso a internet en las zonas rurales, las cuales debido a sus condiciones geográficas han quedado detenidas en el tiempo en función del desarrollo tecnológico.

La nueva realidad debido a la pandemia por COVID -19 ha expuesto las necesidades de invertir, investigar y mejorar las redes de telecomunicaciones, ya que la modalidad virtual ha sido la solución para seguir avanzando en los contenidos académicos y contribuir en la protección y disminución de contagios a nivel mundial, los docentes, estudiantes y administrativos de los diferentes niveles académicos y profesionales, se han visto obligados a usar herramientas y plataformas tecnológicas, para el intercambio de contenidos, actividades y evaluaciones académicos. Ante esta nueva normalidad se han hecho visibles muchas problemáticas en el país, dentro de las que compete al área de telecomunicaciones, se encuentra el difícil acceso a internet en zonas rurales.

En este proyecto, se pretende realizar una guía metodológica para el diseño de una red, donde se evalúan varios aspectos, dentro de los cuales se encuentran: espectro radioeléctrico,

tecnologías existentes, factores políticos y culturales, recursos, usuarios finales, análisis de la zona geográfica, limitaciones, evaluación de condiciones actuales, entre otros.

El diseño de la guía metodológica significa contribuir en el desarrollo de las regiones para que puedan tener acceso a internet, por medio del cual se brinda un estudio base que permita a las diferentes zonas del país plantear la mejor solución de acuerdo a sus necesidades y recursos.

Este proyecto tiene un impacto trascendental ya que es la base para estudios futuros, aportando en el diseño y herramientas que permitan brindar soluciones a necesidades de conectividad, lo que impacta positivamente en la comunidad.

Justificación

Una guía metodológica describe el conjunto de normas técnicas, para realizar un proceso de instalación, teniendo en cuenta los parámetros de calidad, cálculos y procedimientos, para realizar una conexión por medio de enlaces inalámbricos o cableados, tener una guía permite contar con un estudio que garantice las conexiones de este tipo de enlaces, en la actualidad no se encuentra ninguna guía metodológica para el diseño de enlaces inalámbricos en zonas rurales, lo que representaría un aporte significativo al área de las telecomunicaciones.

Proponer alternativas de diseño que brinden conectividad en zonas rurales, representa avanzar, brindar progreso a zonas que por muchos años han estado apartadas de la tecnología, y por lo tanto el acceso a la información ha sido tardío en esas regiones, el proyecto de grado busca fortalecer el conocimiento en el diseño de enlaces que brinden conectividad en las zonas de difícil acceso y se enfoca en proponer una guía metodológica para dar solución de conectividad inalámbricas en las zonas rurales del departamentos del Cauca ocasionada por lo limitación en los servicios de internet, esta guía metodológica para diseño de redes inalámbricas favorecerá a los estudiantes Unadista y comunidad en general que habitan en zonas rurales como el municipio de Sotará donde no existe una oferta de servicio y servirá como una base para la implementación de conectividad inalámbrica en el resto de zonas rurales del Cauca, donde se caracterizará las necesidades de conexión y se alinearán con las tecnologías existentes aplicables a dicha zona, donde se contribuye al buen desempeño de los estudiantes Unadista y comunidad general, permitiendo que encuentren una motivación para comenzar los estudios de educación superior en la UNAD, y aportar en la economía de la región mediante el acceso a la información, evitando hacer grandes desplazamientos.

Es importante analizar todos los factores que se pueden presentar, a nivel tecnológico, la aparición de nuevas tecnologías que han ido desplazando dispositivos y frecuencias, las cuales pueden tener utilidad, el estudio de los diferentes servicios que se prestan en determinadas bandas de frecuencia, la red móvil como una de las grandes revoluciones en conectividad, la transición de 3G a 4G, las necesidades y factores en zonas rurales, ventajas y desventajas de la tecnología IEEE 802.16, entre otros aspectos importantes que serán de análisis.

Objetivos

General

Proponer una guía metodológica para el diseño de enlaces inalámbricos que responda a las necesidades de conectividad de estudiantes Unadistas, ubicados el municipio de Sotará departamento del Cauca.

Específicos

Investigar los requerimientos del estudiante Unadista, respecto a las necesidades de conectividad.

Analizar los componentes de un radioenlace con tecnologías existentes, aplicables para el municipio de Sotará.

Diseñar e implementar mediante software de simulación, una solución de conectividad para el municipio de Sotará.

Estructurar una guía metodológica para el diseño de enlaces inalámbricos en zonas rurales.

Generalidades del Proyecto

Planteamiento del Problema

La propuesta de investigación “Guía metodológica para diseño de enlaces inalámbricos para zonas rurales del Cauca” dará respuesta a la problemática sobre ¿Qué tecnologías son aplicables y qué condiciones se deben tener en cuenta para brindar conectividad a internet a los estudiantes Unadista de zonas rurales del Cauca? La pregunta de investigación pretende aportar una serie de pautas para algunas zonas rurales del departamento que no cuentan con la tecnología suficiente, la cual les permita el acceso a internet a los estudiantes, para octubre de 2020 “se registraron 161.075 accesos de internet fijo más, comparados con los del último trimestre de 2019; así, el país llegó a 7,13 millones de accesos totales”. (MinTic, 2018), sin embargo, la brecha de conexión en los lugares apartados sigue siendo grande.

En la actualidad existen diferentes escenarios tecnológicos, como 24 zonas Wifi gratis en el departamento del Cauca, lideradas por el gobierno mediante el MinTic, (MinTic, 2018) puntos y kioscos vive digital donde se aplica el internet satelital, haciendo uso de antenas, dispositivos amplificadores de señal, puntos de acceso y bandas de frecuencias libres de televisión, las cuales pueden ser planteados como posibles soluciones a aquellas zonas de difícil acceso, este proyecto se enfoca en cubrir una necesidad institucional y municipal, ya que la UNAD, con el fin de fortalecer la educación, realiza alianzas (convenios), con los diferentes municipios del Cauca, para beneficiar a la comunidad, se busca facilitar a los estudiantes el acceso a la plataforma y diferentes herramientas necesarias para el aprendizaje, sin que se limiten a un desplazamiento, lugar u horario, es por eso que la propuesta se enfoca a la realización de una guía metodológica para diseño de enlaces inalámbricos para zonas rurales, que permita al municipio la

implementación de tecnologías existentes para brindar una cobertura total o a gran escala al municipio, relacionada a las necesidades de los estudiantes Unadista.

Antecedentes

A continuación, se presentan los antecedentes de trabajos que han sido referencias útiles para el objeto de estudio que es: proponer una guía metodológica para el diseño de implementación que integre las necesidades de conectividad de estudiantes Unadista, ubicados geográficamente en zona rural del departamento del Cauca.

En primer lugar, se tiene que, en el 2019 fue presentado en la Universidad del Cauca, el trabajo de práctica profesional para grado, “implementación de un radio enlace para proveer servicio de conectividad a internet a sedes educativas urbanas de la ciudad de Buga” (Naranjo,2019).

“La práctica profesional se realizó en una empresa con el objetivo de implementar un radio enlace en 13 colegios de la ciudad de Buga ubicados en zona urbana y basado en el protocolo 802.11 Wifi este trabajo ayudó en la comprensión desde el proceso del cálculo de un radio enlace hasta la elección de los equipos a utilizar además que el apoyo en herramientas informáticas aporta una guía de ¿qué herramientas son adecuadas para el proyecto de grado?” (Naranjo, 2019)

Por la misma línea de trabajo, en el 2018 fue presentado en área de integración de redes telemáticas de la Universidad Abierta de Cataluña, el trabajo de grado “diseño de una red inalámbrica de banda ancha para un entorno rural” (Gonzalez, 2018), para optar por el título de tecnologías de telecomunicaciones (telemática), en este trabajo de grado se realizó una implementación de una red inalámbrica en zona rural del municipio de Valdeavellano mediante

un radio enlace basado en el protocolo 802.16 WIMAX, este trabajo realiza un estudio de tecnologías inalámbricas y aplica la más adecuada para su escenario, lo que ayudó en los criterios de selección de la tecnología basado en requerimientos del objetivo y aportó más conocimientos para el cálculo de radio enlaces, desde la elección de los dispositivos a implementar y el apoyo software de aplicaciones especializadas, Gonzales (2018).

El trabajo de grado presentado en el 2014, titulado “estudio de la viabilidad técnica para integrar los planes de fibra óptica con accesos inalámbricos de banda ancha en zonas rurales en las bandas de 450-470 MHz y dividendo digital, se analiza la implementación de las bandas de frecuencia 450 MHz y 700 MHz, útiles para llevar servicios móviles a zonas rurales” (Soacha Garay, 2014) , a través de fibra óptica y acceso inalámbrico de banda ancha , el estudio aporta al proyecto de grado, desde el impacto social económico hasta el beneficio de la población con el acceso y uso de las TICS; para explotar las ventajas de cada región, Garay (2014).

Por último en el “modelo de trabajo para el diseño e implementación de redes en malla Wifi como una solución para el acceso a banda ancha en áreas rurales” (Solarte, 2009) el proyecto en el cual está basado el artículo es un despliegue de redes inalámbricas en malla para zonas rurales se muestra como una tecnología viable y competitiva con otras tecnologías rentable para los ISP's, así mismo el modelo implementado basado en 3 etapas: planeación, diseño e implementación permite al desarrollo de la investigación, la definición de variables para la red inalámbrica en zona rural de Sotará.

Metodología

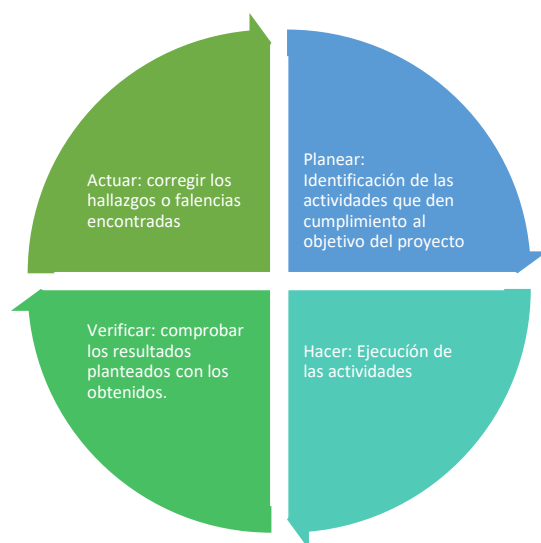
Para dar solución al proyecto, se plantea trabajar con el ciclo PHVA esta es una herramienta presentada por, Deming(1989) a partir del año 1950, está basada en un período de 4 pasos o 4 fases: planificar (Plan), hacer (Do), verificar (Check) y actuar (Do). Es una

metodología muy común en los sistemas de gestión de la calidad, y permite mejorar de forma integral los productos, servicios y procesos empresariales, logrando que se optimice la productividad, aumento de la intervención en el mercado y solidez de la empresa (Deming, 1989).

En este caso, la metodología seleccionada, permite abarcar los objetivos del proyecto, y garantiza el seguimiento y control de las actividades, recursos, y resultados, el ciclo PHVA es muy usado en proyectos similares desde la ingeniería y la gestión de proyectos, ya que parte de la planeación, se realiza una verificación constante, hasta lograr el cumplimiento de los objetivos trazados, subsanando las falencias identificadas, y se sigue una mejora continua aportando en la calidad del proceso, diseño y/o resultados, existen otras metodologías, las cuales se enfocan en “principios, procesos y pasos para elaborar un proyecto, como Prince2. Algunos son una lista extensa de estándares con algún proceso, como PMBOK o XP de PMI y algunos son muy ligeros, y simplemente definen el proceso, como Scrum.” (Aston, 2022).

Figura 1.

Metodología del Proyecto



Nota: En el Diagrama se indican las fases del proyecto y características principales. Fuente: Elaboración propia

Fase de Planeación

En esta fase se realiza un análisis inicial del problema, y propone una serie de pasos para solucionarlo, se verifican los recursos, y se plantean actividades en función de los objetivos del proyecto.

Las actividades planteadas son:

1. Investigación de las necesidades del estudiante Unadistas.
2. Investigación de los componentes de un radio enlace.
3. Análisis del diferente software de simulación de radioenlaces.
4. Selección de la tecnología para la implementación de la solución.

Fase del Hacer

Corresponde a la ejecución de las actividades planteadas en la fase anterior, lo cual corresponde a:

1. Diseño e implementación mediante software de simulación de un radio enlace, que brinde conectividad al municipio de Sotará.
2. Diseño de la conexión de los diferentes dispositivos desde el radioenlace, hasta el usuario final.
3. Selección de las diferentes antenas y dispositivos que correspondan al diseño planteado.
4. Diseño de una guía metodológica, desde el radioenlace, hasta el usuario final.

Fase de Verificar

Esta fase es muy importante, ya que es el punto donde se toman decisiones que le dan continuidad al diseño planteado, de acuerdo con la recepción de la señal en relación a los parámetros de calidad, corresponde a:

1. Realizar pruebas
2. Analizar los resultados
3. Corregir las posibles falencias

Fase de Actuar

De acuerdo con lo hallado en la verificación, se realizan las mejoras respectivas cumpliendo con:

1. El radioenlace debe funcionar de acuerdo con los criterios de calidad.
2. Elaboración del documento guía metodológica para diseño e implementación de enlaces inalámbricos para zonas rurales.

Marco Teórico

Las redes inalámbricas hacen parte fundamental de los avances en las comunicaciones, ya que día a día se encuentran estándares y tecnologías que optimizan la calidad del servicio, para estudiar más a fondo su funcionalidad es importante comprender varios criterios: estándares, espectro de frecuencia, tecnología de transmisión y recepción, topologías, compatibilidad entre dispositivos, modulaciones, protocolos de seguridad, entre otros.

En este proyecto se ahondará sobre las redes de área local (LAN), redes de área local inalámbricas (WLAN) y la teoría de radioenlaces necesaria para profundizar en los criterios mencionados anteriormente.

Radiocomunicaciones

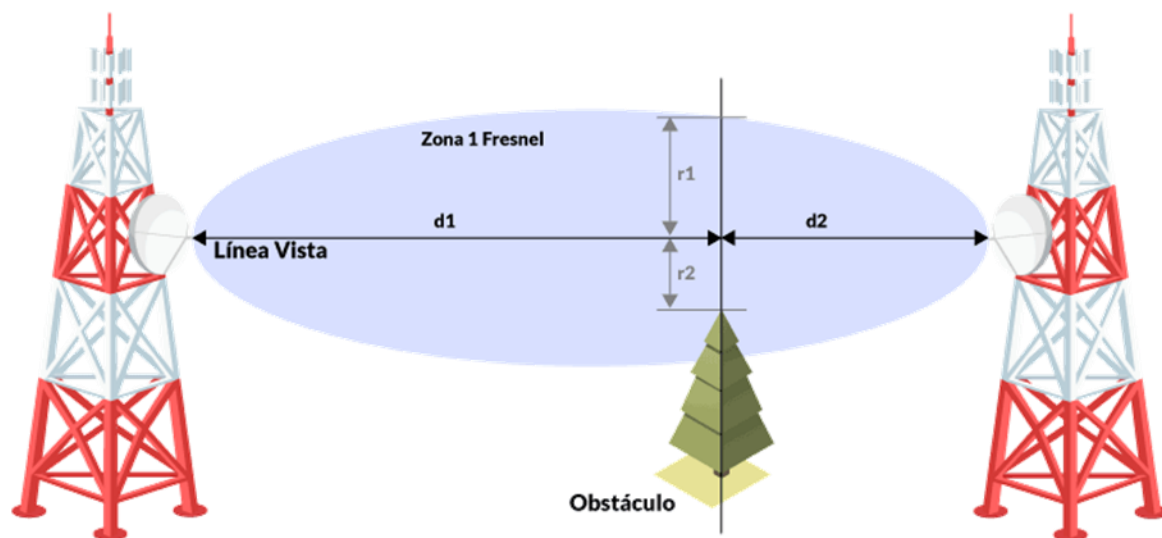
Se puede entender “Como toda telecomunicación producida por medio de ondas electromagnéticas comprendidas entre 10 kHz y 3.000 GHz. Hoy día se utilizan masivamente ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias para la transmisión de información por medios guiados (par trenzado, cable coaxial, fibra óptica, etc.) Y por medios no guiados (el aire o el

vacío). Las frecuencias utilizadas en cada caso dependen del comportamiento de las mismas en los diferentes materiales utilizados como medios de transmisión, así como de la velocidad de transmisión deseada” (Ordoñez , 2017).

“En el caso particular de que la propagación de ondas electromagnéticas se realice por medios no guiados, a esta forma de telecomunicación se le denomina radiocomunicación o comunicación inalámbrica. Así, se denomina espectro radioeléctrico a la parte del espectro electromagnético utilizada principalmente para radiocomunicaciones” (Ordoñez , 2017).

Teoría de Radioenlaces

Un radioenlace es una interconexión entre dos o más terminales de telecomunicación que facilitan la transmisión de información efectuada por medio de ondas electromagnéticas que viajan por el aire, este radioenlace, establece una comunicación de líneas directa, basado en comunicación dúplex y son sistemas de comunicación “en serie”. El radioenlace está formado por varias partes y presenta tiene varias características según la necesidad y el servicio que se preste. Por ello el radioenlace debe estar dotado de un buen sistema de redundancia de equipos para mantener la continuidad frente a los desvanecimientos.

Figura 2.*Zonas de Fresnel en un Radioenlace*

Nota: Radio enlace con línea de vista y zona Fresnel. Fuente: Martínez JL 2018

Tipos de Radioenlaces**Enlace punto a punto (PTP):**

El enlace PPT se usa, cuando es la mejor opción, debido a la dificultad de realizar un tendido de red por cable coaxial o fibra óptica, normalmente este tipo de conexión cableada implica más tiempo. El enlace PTP es la conexión entre dos antenas, una emisora y otra receptora, la conexión permitirá el acceso a internet a la antena receptora, que posteriormente distribuirá la señal a los diferentes dispositivos.

Para que la conexión funcione, se requiere el estudio de las diferentes ubicaciones de las antenas, frecuencias y ancho de banda, y que estas dos antenas tengan una línea de vista.

Figura 3.*Radio enlace PTP.*

Nota: Radioenlace PTP, se comparte la conexión a internet y red local. Fuente: Grupo Desta 2018

Enlace punto a multipunto (PTMP)

Es el enlace más común y es cuando varios nodos se conectan a un nodo central mediante una línea en común, la cual es de uso compartido por todos los terminales de la red, este enlace presenta desventajas en la baja velocidad de transmisión y en el diseño de implementación ya que todos los terminales comparten el mismo recurso de red, lo que afecta directamente la velocidad en la transmisión de la información, Naranjo (2019).

Figura 4.

Enlaces Inalámbricos Punto a Multipunto,



Nota: Mediante una antena omnidireccional se establece conexión con los diferentes puntos remotos

Fuente: Writel. (2017)

WLAN

El estándar usado para las WLAN es el 802.11, el cual opera en el rango de frecuencias de 2,4 GHz y 5 GHz respectivamente, de los estándares que componen el 802.11, se encuentra algunos compatibles como el 802.11 b/g/n, los cuales operan en 2,4 GHz y 5 GHz, la diferencia de cada estándar está en la modulación usada, que brinda mayor velocidad de transferencia, o mejor calidad de la información, traducida a una mejor experiencia para el usuario, Torres (2022).

Los últimos dispositivos bajo el estándar 802.11 son fáciles de configurar, ya que trae instrucciones sencillas que puede realizar cualquier persona sin conocimientos en redes. Pues se basa en la asignación del SSID de la red, y la respectiva seguridad de acceso.

A continuación, se indican los estándares más usados, frecuencias, ancho del canal, modulación, entre otros aspectos respectivamente:

Figura 5.*Características de los Estándares IEEE 802.11*

TABLE 1: IEEE 802.11 COMMON WIFI STANDARDS BREAKDOWN							
Standard	Frequency Band	Bandwidth	Modulation Scheme	Channel Arch.	Maximum Data Rate	Range	Max Transmit Power
802.11	2.4 GHz	20 MHz	BPSK to 256-QAM	DSSS, FHSS	2 Mbps	20 m	100 mW
b	2.4 GHz	21 MHz	BPSK to 256-QAM	CCK, DSSS	11 Mbps	35 m	100 mW
a	5 GHz	22 MHz	BPSK to 256-QAM	OFDM	54 Mbps	35 m	100 mW
g	2.4 GHz	23 MHz	BPSK to 256-QAM	DSSS, OFDM	54 Mbps	70 m	100 mW
n	2.4 GHz, 5 GHz	24 MHz and 40 MHz	BPSK to 256-QAM	OFDM	600 Mbps	70 m	100 mW
ac	5 GHz	20, 40, 80, 80+80=160 MHz	BPSK to 256-QAM	OFDM	6.93 Gbps	35 m	160 mW
ad	60 GHz	2.16 GHz	BPSK to 64-QAM	SC, OFDM	6.76 Gbps	10 m	10 mW
af	54-790 MHz	6, 7, and 8 MHz	BPSK to 256-QAM	SC, OFDM	26.7 Mbps	>1km ?	100 mW
ah	900 MHz	1, 2, 4, 8, and 16 MHz	BPSK to 256-QAM	SC, OFDM	40 Mbps	1 km	100 mW

Nota: Se muestran las características de los diferentes estándares 802.11

Fuente: Alcocer (2016)

De acuerdo a la gráfica anterior, se puede interpretar que los dispositivos fabricados bajo el estándar 802.11ac, trabajan con frecuencias de 5 GHz, alcanzan velocidades hasta de 6,93 GBPS (en la teoría), y tiene un alcance aproximado de 35 metros, el estándar 802.11 n, y el 802.11 b/g son compatibles, debido a la frecuencia en la que operan y la modulación, alcanzando velocidades hasta 600 Mbps en un alcance aproximado de 70 m, dicho esto, es importante analizar el factor que más relevancia tenga, al momento de elegir el dispositivo a usar.

WMAN

Esta red abarca un alcance superior a los 10 Km de distancia, lo que supone tecnologías que permitan este tipo de conexiones, las WMAN se basa en el estándar IEEE 802.16, donde se

encuentra la base de las redes Worldwide Interoperability For Microwave Access (WIMAX), dentro de las características más sobresalientes se encuentra:

La capa física se puede basar en una sola portadora, OFDM, OFDMA. Así mismo, en la capa de acceso al medio MAC, tiene varias arquitecturas, duplexación, bandas de frecuencia de operación, entre otras.

WIMAX se fundamenta en el estándar IEEE 802.16d-2004/IEEE 802.16e-2005, entre las características que lo convierten en el candidato ideal para ser la red de acceso para sistemas de tercera y cuarta generación

WIMAX es capaz de soportar altas tasas de datos pico haciendo uso de sistemas de modulación QAM con tasa de codificación de corrección de error de 5/6

Soporte de ancho de banda y tasas de datos escalables, la escalabilidad es soportada en el modo OFDMA, donde el ancho de la FFT puede ser escalado basado en la disponibilidad de ancho de banda (Torres, 2010, p.14).

Es de fácil instalación y bajo costo, ya que los requerimientos en mantenimiento están enfocados en la dirección de las antenas y configuración de los dispositivos.

Son usadas normalmente para la conexión entre edificios u oficinas ubicadas en la misma ciudad o municipios aledaños y campus universitarios.

WMAN utiliza ondas de radio o luz infrarroja para transmitir los datos y pueden interconectar unas WLAN con otras.

WWAN

Se denomina la red de redes o internet, ya que está compuesta por múltiples conexiones y dispositivos basados en una estructura cliente/servidor y conecta los continentes mediante conexiones satelitales, fibra óptica, coaxial, redes Wifi, WIMAX, entre otras tecnologías.

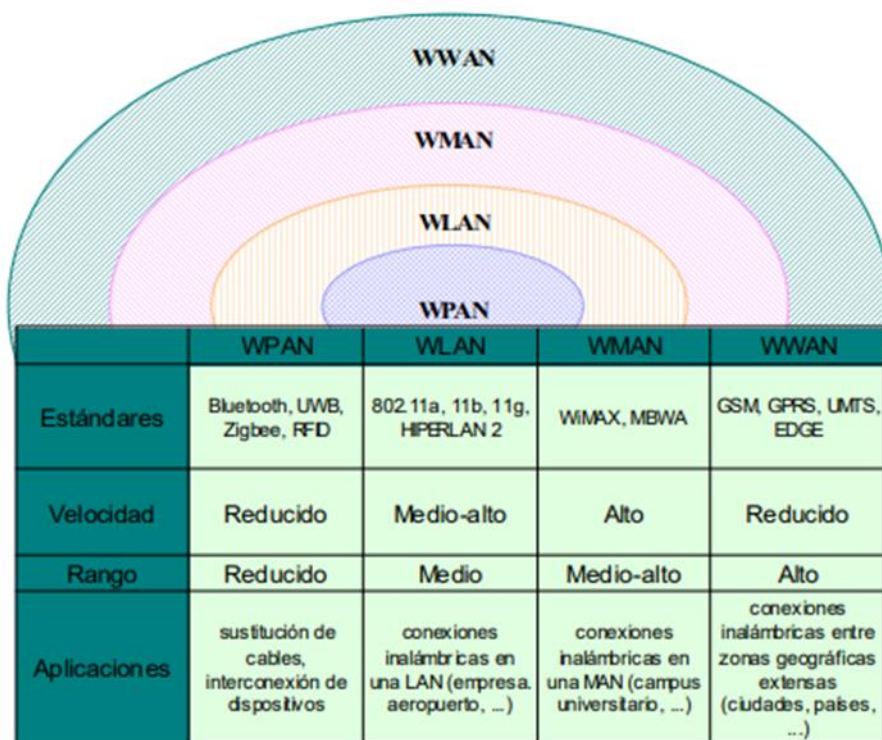
Desde tiempo atrás, las tecnologías basadas en WWAN han venido evolucionando, mejorando la calidad en la comunicación como relación señal/ruido, y calidad en la transmisión.

En este caso, las principales tecnologías son:

- GSM: *Global System For Mobile Communication*- Sistema Global Para Comunicaciones Móviles
- GPRS: *General Packet Radio Service* – Servicio General De Paquetes Vía Radio
- UMTS: *Universal Mobile Telecommunication System*- Sistema Universal De Telecomunicaciones Móviles.

Figura 6.

Tecnologías Inalámbricas para la Comunicación



Nota: Se muestran las comparaciones entre las redes WPAN, WLAN, WMAN y WWAN de acuerdo el estándar, la velocidad, el rango y aplicación de acuerdo a la tecnología inalámbrica. Fuente: Santos (2009)

Requerimientos de Usuario

La UNAD ofrece programas tecnológicos, profesionales, especializaciones, maestrías, diplomados, formación en alfabetización de primaria y bachillerato, entre otros, esto permite dimensionar las necesidades que se pueden presentar de acuerdo con el programa de formación que curse el estudiante Unadista, de acuerdo a algunas necesidades, “Para reproducir vídeo en Streaming y HD se debe contar al menos con una velocidad de 5 Mbps” (Ros, 2019)

Debido a las actividades de trabajo colaborativo, y el auge de la web 3.0, las herramientas online y de trabajo colaborativo, contribuyen significativamente en la presentación de informes y trabajos grupales, adicionalmente el manejo de la información es óptimo, comparado con el almacenamiento físico al que estaba limitada la tecnología, como memorias y CD’S.

En la actualidad, no existe un requisito mínimo como limitante para acceder a la plataforma de la UNAD, pero si es de conocerse que el estudiante requiere una buena experiencia en la conexión, por lo tanto, la velocidad de subida y bajada debe ser de buena capacidad.

Básicamente el éxito de una buena conexión está limitado por dos elementos, uno viene siendo el servidor que para este caso es el campus donde se almacena la plataforma y se prestan los servicios educativos, y el cliente será entonces el dispositivo del estudiante, desde ambos puntos de vista un factor determinante es la capacidad y velocidad contratadas por ISP, conociendo esta relación, la UNAD cuenta con buena capacidad para soportar la conexión de los usuarios, es recomendable que el estudiante se asegure de tener una óptima velocidad a internet desde el lugar donde accede al Campus, dentro de otros requisitos como aplicaciones: Google Chrome, Mozilla Firefox, Skype, y aplicaciones ofimáticas, UNAD (2022)

A continuación, se indican las principales aplicaciones y actividades que se generan en el ejercicio de educación

Tabla 1.

Requerimientos de Aplicaciones y Contenidos

Aplicaciones	
	Google Chrome v 68.0.3440.106 o superior
Navegadores	Mozilla Firefox Quantum o superior
	Safari 3.2.1 o superior
Atención Síncrona	Skype versión actualizada
	Adobe connect pro
Encuentros Síncronos	Zoom
Correo institucional	Está relacionado al navegador y velocidad de internet.
Descarga y carga de archivos	Está relacionado a la velocidad de internet y tamaño del archivo, a mayor peso, requiere mayor velocidad de descarga para disminuir el tiempo de espera.
Tutoriales de youtube	Está relacionado a la velocidad de internet

Fuente: Elaboración Propia

Componentes de un Radioenlace

Un radioenlace está compuesto por los siguientes elementos:

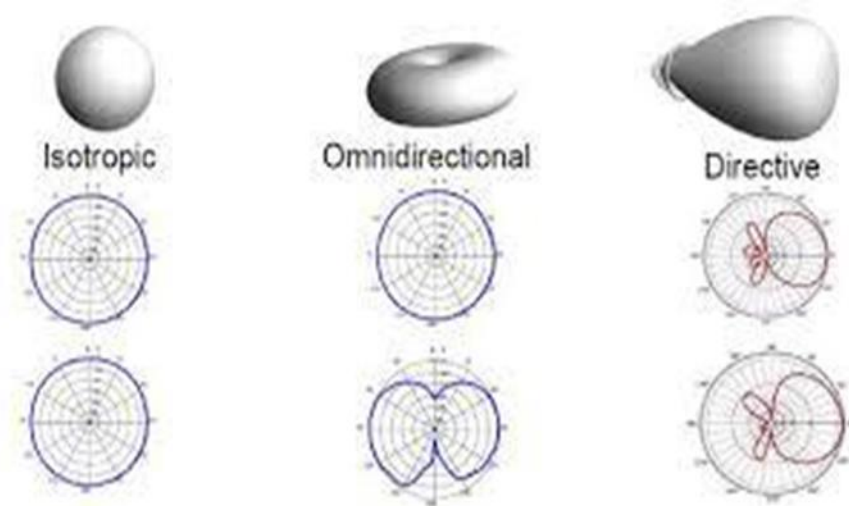
- Antenas de transmisión y recepción
- Dispositivos de apoyo
- Propagación de la señal

Antena Transmisora / Receptora: es un dispositivo de metal, cuya función es transmitir y recibir ondas electromagnéticas las cuales viajan entre la ionosfera y el suelo (espacio libre), para transmitir la antena convierte la energía eléctrica en energía electromagnética y para la recepción la señal se convierte de energía electromagnética a energía eléctrica. Es de suma importancia definir las condiciones del lugar del radioenlace para definir los parámetros adecuados para la selección de la antena:

Parámetros para la elección de la antena para el radioenlace:

Directividad: es la medida del patrón de "dirección" de radiación de una antena y son de la siguiente manera:

- Direccional: concentran su energía de radiación en una dirección
- Omnidireccional: concentran su energía de radiación en todas las direcciones
- Bidireccional: concentran su energía de radiación en dos direcciones
- Ganancia: es la potencia de amplificación de la señal en la dirección de la radiación, el valor estándar está entre 6-24 dB
- Diagrama de radiación: es la representación gráfica de las radiaciones emitidas o recibidas por la antena y varía en función del modelo de la misma, Betancor (2017)

Figura 7.*Diagramas de Radiación*

Nota: Se muestra el diagrama de radiación de los diferentes tipos de antena

Fuente: (Bouchti, 2016)

- Ancho de banda: es el rango de frecuencias con el que la antena funciona de manera óptima, la velocidad depende del ancho de banda. (Naranjo, 2019)
- Frecuencia de trabajo: es la frecuencia de funcionamiento de la antena, cada antena trabaja en una frecuencia definida por el fabricante
- Polarización: figura geométrica creada por una determinada dirección e indica la orientación de los campos electromagnéticos que emite o recibe una antena y existen 4 tipos:

Vertical: cuando el campo eléctrico es perpendicular a la tierra

Horizontal: cuando el campo eléctrico es paralelo a la tierra.

Circular: cuando el campo eléctrico generado por la antena gira de vertical a horizontal y viceversa, generando movimientos en forma de círculo en todas las direcciones, Betancor (2017).

“Elíptica: cuando el campo eléctrico se mueve igual que en caso anterior, pero con desigual fuerza en cada dirección” (Otoño, 2020).

Dispositivos de apoyo: los dispositivos como repetidoras se consideran estaciones intermedias entre las antenas Transmisora y Receptora cuando la señal se ve afectada por falta de línea de vista entre ellas, ya sea por algún obstáculo.

Propagación de la señal:

Para la adecuada propagación de la señal, se debe cumplir ciertas condiciones mínimas para la transmisión exitosa desde la elección del terreno hasta la configuración de los equipos implementados, es por eso que se realiza un presupuesto del enlace que permita calcular las ganancias y pérdidas desde el transmisor hasta el receptor, para realizar el mejor diseño y elegir los equipos adecuados.

Cálculo del Presupuesto de Enlace

El cálculo se puede dividir en 3 partes principales:

- “1. Transmisión: potencia de transmisión, pérdidas en el cable, ganancia de antena
2. Propagación: pérdida del espacio libre, zona de Fresnel
3. Recepción: ganancia de antena, pérdidas en el cable, sensibilidad del receptor”,

(Buettrich, 2007).

Figura 8.

Elementos de un Radioenlace



Nota: Se muestra el sistema de un radioenlace, desde el transmisor hasta el receptor, Fuente: (Buettrich, 2007)

Ecuación de Radioenlace

“+ Potencia del transmisor [dbm]- pérdidas en el cable tx y conectores [db]+ ganancia de antena tx [dbi]-pérdidas en la trayectoria en el espacio libre[db]+ ganancia de antena rx [dbi]- pérdidas en el cable rx y conectores [db]= margen – sensibilidad del receptor [dbm]” (Buettrich, 2007).

Pérdida en el cable: el valor estándar está dado por: 0.05 a 1db

Pérdida en los conectores: el valor estándar está dado por: 0.25db

Perdida en el espacio libre: mide la potencia que se pierde sin ninguna clase de obstáculo.

Donde d es la distancia entre las antenas y f la frecuencia del radio

$$L=32,4+20 \log(d/Km) +20 \log (f/MHz)$$

Zona de Fresnel: es el radio en la zona de la línea de vista entre transmisor y receptor donde el 60% debe estar despejado sin obstáculos para tener un enlace exitoso evitando la interferencia de la reflexión de las ondas electromagnéticas y objetos cercanos.

Fórmula calcula la primera zona de Fresnel: $r = 17,32 + ((d1 * d2)/(d * f))$

d1= distancia al obstáculo desde el transmisor [Km]

d2 = distancia al obstáculo desde el receptor [Km]

d = distancia entre transmisor y receptor [Km]

f = frecuencia [Ghz]

r = radio [m]

Diseño e implementación de radioenlace Municipio de Sotar

A continuación, se plantea un caso relacionado a la conectividad en un municipio de difícil acceso a internet, para este caso se hace este estudio por el convenio que se tiene entre el CEAD Popayán y el Municipio de Sotar. Para realizar la simulación y configuración del enlace se hará uso de software libre primero con Google Earth que aporta información para el perfil topográfico y línea de vista después con radio Mobile y Xirio, el cual a partir de las configuraciones de la zona a trabajar simula la recepción y transmisión de las antenas al mismo tiempo que facilita otros parámetros de apoyo al diseño y simulación de los enlaces.

Sotar es un Municipio ubicado en el departamento de Cauca, aproximadamente a 20.4 Km de la ciudad de Popayán, la cabecera municipal recibe el nombre de Paispamba y está localizada a los 2°19' de latitud norte y 76°34' de longitud oeste. Es un territorio en su mayoría montañoso y el relieve pertenece a la cordillera central, cuenca del río Patía. Con una población aproximada de 11.958, Municipio de Sotar (2018) de los que se pretenden que cuenten con un punto de acceso municipal a internet gratuito que estará instalado en un lugar común y frecuente como salones comunales, colegios y escuelas, donde puedan acceder a servicios de internet con fines educativos mediante un radioenlace basado en una tecnología vigente.

Para plantear un diseño metodológico, se tiene en cuenta los siguientes criterios:

1. Topografía y altura
2. Diseño
3. Estructura de un radioenlace
4. Supervisión.

De acuerdo con los criterios mencionados anteriormente, se tendrá en cuenta el uso de simuladores, que brindará una aproximación de los resultados de acuerdo a parámetros establecidos.

Tabla 2.

Coordenadas geográficas del municipio de Sotará

Coordenadas Geográficas del municipio de Sotará	
Altitud	2 433 metros
Latitud:	2.25
Longitud:	-76.617
Latitud:	2° 15' 0" norte
Longitud:	76° 37' 1" oeste

Fuente: (Municipio de Sotará, 2022)

Se tiene en cuenta las características propias de la zona y los municipios aledaños, para identificar sus características.

Municipios Vecinos de Sotará

- Timbío 13.3 Km Rosas 14.9 Km Puracé 17.1 Km
- La Sierra 18.3 Km Popayán 20.4 Km La Vega 25 Km
- El tambo 31.5 Km Totoró 36.8 Km Cajibío 41.2 Km
- Sucre 41.6 Km Patía 43.3 Km Piendamó 44.6 Km
- Almaguer 46.3 Km Silvia 48.4 Km San Sebastián 48.9 Km

Dentro de este estudio se deben tener en cuenta los siguientes criterios de acuerdo con el documento radioenlaces

Línea de vista: implica que la antena en un extremo del radio enlace debe poder “ver” la antena del otro extremo.

Elección del sitio

Relevamiento del perfil del terreno y cálculo de la altura del mástil para la antena

Cálculo completo del radioenlace, estudio de la trayectoria del mismo y los efectos a los que se encuentra expuesto.

Prueba posterior a la instalación del radio enlace, y su posterior puesta en servicio con tráfico real (López, 2017, p.8)

Simuladores: para la realización de las pruebas se investigan los principales simuladores de radio enlaces:

- Radio Mobile
- Xirio

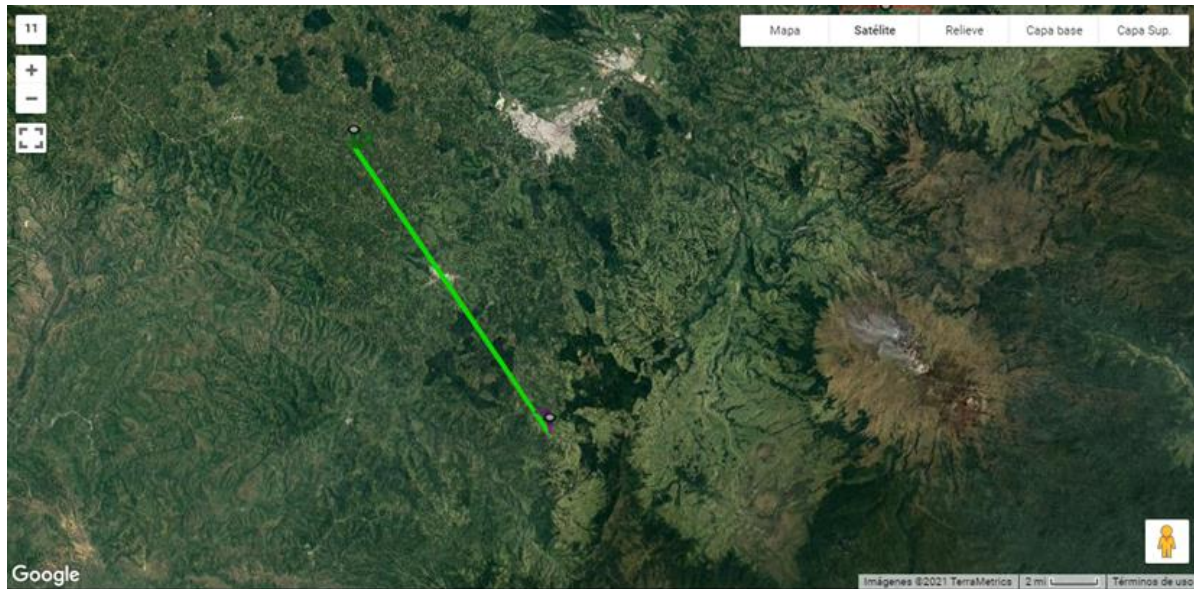
Para tener una mayor precisión se usan las coordenadas usadas por la empresa Doble Click para el radioenlace que provee servicios de internet al municipio de Sotará.

Simulación con Xirio

Xirio es un simulador online que permite realizar el estudio radioeléctrico en zonas rurales y urbanas, la cartografía de alta resolución permite calcular información importante en un radioenlace, como las coordenadas de las antenas transmisora y receptora, altura de las antenas, tipo de antena, polarización, latitud, longitud, latitud y longitud, inclinación y optimización de enlace.

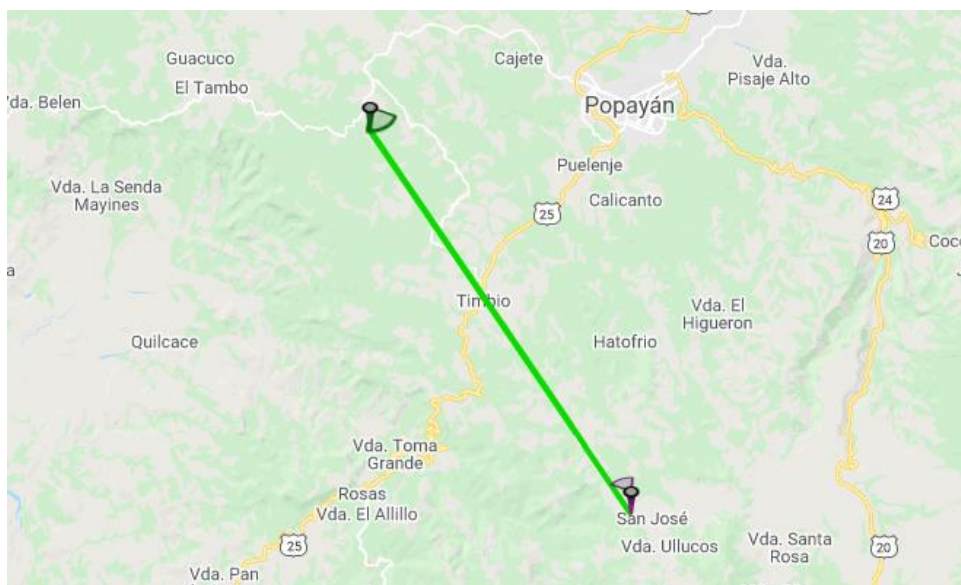
Para dicha simulación se puede crear una cuenta gratuita en: <https://www.xirio-online.com/web/secure/loginxirio.aspx>

De acuerdo con las coordenadas dadas, en el simulador se encuentra que la línea de vista es de color verde, lo que indica que no hay obstrucción y daría viabilidad a la implementación.

Figura 9.*Vista Satelital del Radioenlace*

Nota: Vista satelital del radioenlace mediante Google Earth

Fuente: Google Earth

Figura 10.*Vista Mapa del Radioenlace*

Nota: Vista de mapa del radioenlace mediante Xirio online

Fuente: Xirio online

En la imagen se muestran los parámetros de configuración del software Xirio, para el radio enlace, en este caso el servicio utilizado es WIMAX fijo de 10 MHz, los cuales son usados para el servicio de internet, cuenta con un transmisor y un receptor, ubicado de acuerdo con las coordenadas investigadas.

Figura 11.

Propiedades del Estudio de Enlace

Propiedades del estudio de Enlace

Estudio

Nombre:

Grupo:

Servicio: WIMAX fijo 10 MHz

Banda: + ?

Descripción:

Fecha de última puesta en servicio/apagado: 31

Enlace agregado

Agregación:

Estado:

Extremos

Transmisor: ☑ ✖ 📄 ?

Receptor: ☑ ✖ 📄 ?

Parámetros de cálculo

Método de calculo: ☑ ✖ 📄 ?

📄 Método empírico válido para frecuencias menores de 11 GHz. Recomendado para el servicios móviles y de acceso a banda ancha (especialmente WIMAX) cuando no se dispone de cartografía urbana con edificios (MDE).

Nota: Propiedades de configuración de Xirio online para el estudio del radioenlace

Fuente: Xirio online

Figura 12.

Propiedades del Receptor

The figure displays two screenshots from the Xirio online interface. The left screenshot shows the 'Propiedades del Receptor' configuration form, which is divided into three sections: 'Receptor', 'Emplazamiento', and 'Parámetros de radio'. The 'Receptor' section includes a 'Nombre' field with the value 'Rx Sotará'. The 'Emplazamiento' section includes an 'Emplazamiento' field and 'Coordenadas' fields for 'Latitud' (02°15'10.66"N) and 'Longitud' (076°36'51.09"W). The 'Parámetros de radio' section includes fields for 'Antena' (WIMAX 12 dBi 65°), 'Altura antena' (10 m), 'Orientación' (325.533965928202 °), 'Inclinación mecánica' (1.8921222517039 °), and 'Polarización' (Vertical).

The right screenshot shows a map view with an 'Información' popup window. The popup window displays the following information for the 'Receptor':

- Nombre: Rx Sotará
- Latitud: 02°15'10.66"N
- Longitud: 076°36'51.09"W
- Tipo sistema: Estándar
- Altura de la antena: 10.00 m
- Polarización: Vertical
- Antena: WIMAX 12 dBi 65°
- Pérdidas del feeder: 0.00 dB
- Pérdidas pasivos: 0.00 dB
- Azimut: 325.53°
- Inclinación: 1.89°

Nota: Propiedades de configuración del receptor en Xirio online para el estudio del radioenlace

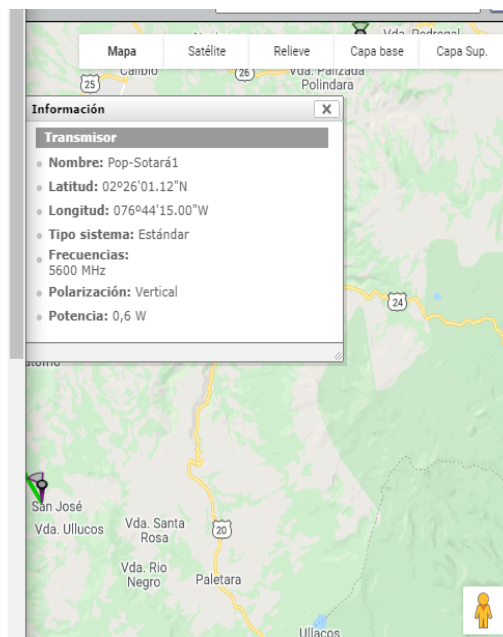
Fuente: Xirio online

Características del receptor: de acuerdo con el estudio, se encuentra la ubicación exacta del receptor, latitud, longitud, orientación, inclinación, polarización, altura de la antena, pérdidas del feeder, pérdidas pasivas, azimut, entre otras características importantes relacionadas a la instalación y configuración de los parámetros de la antena receptora.

Figura 13.*Propiedades del Transmisor*

Propiedades del transmisor

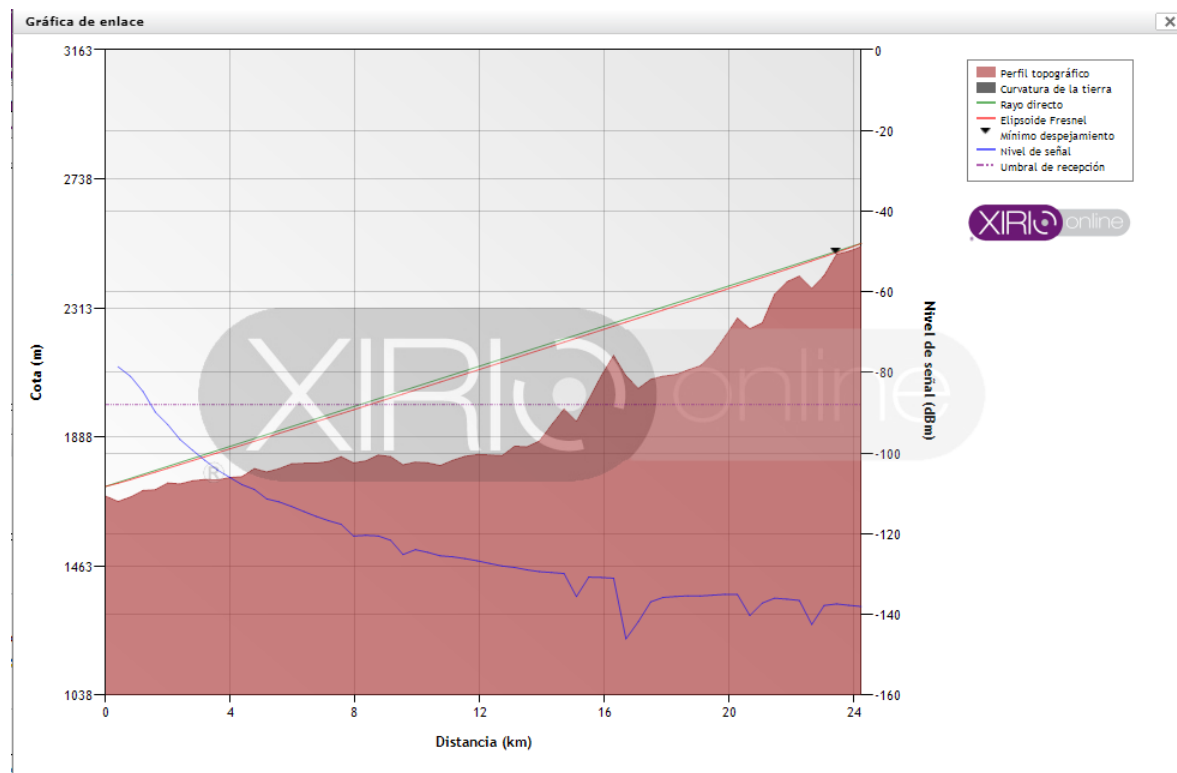
Transmisor	
Nombre:	Pop-Sotará1
Emplazamiento	
Emplazamiento:	<input type="text"/>
Coordenadas	
Latitud:	02°26'01.12"N
Longitud:	076°44'15.00"W
Parámetros de radio	
Antena:	WIMAX 17,3 dBi 65°
Altura antena:	32 m
Orientación:	145.528924218704 °
Inclinación mecánica:	-1.8921222517039 °
Inclinación eléctrica:	0 °



Nota: Propiedades de configuración del transmisor en Xirio online para el estudio del radioenlace

Fuente: Xirio online

Características del transmisor: el simulador nos brinda información de la antena transmisora, relacionada a: ubicación exacta del receptor, latitud, longitud, orientación, inclinación, polarización y altura de la antena y potencia como los valores más sobresalientes del transmisor.

Figura 14.*Información Gráfica del Enlace*

Nota: Gráfica del enlace entre Sotará y Rosas, donde se evidencia la línea de vista acorde a la curvatura de la tierra, sin obstrucción

Fuente: Xirio online

De acuerdo con la simulación, puede observarse que las coordenadas seleccionadas para las antenas transmisora y receptora, en relación al perfil topográfico y curvatura de la tierra, permite una línea de vista directa, lo que hace posible la instalación y confirma el estudio para el proyecto.

Simulación con Radio Mobile

Radio Mobile es un programa de computador de distribución libre para la realización de las diferentes simulaciones de radio enlaces utilizando perfiles geográficos e información como potencia, sensibilidad del receptor, características de las antenas, pérdidas, etc.

Elección del Trayecto

El emplazamiento de la estación terminal estará ubicado en rosas (antena transmisora), y en Paispamba estará la antena receptora se instala en el centro de datos de la alcaldía. Así se tiene una red primaria que es el radioenlace con la tecnología del dividendo digital y una red interna con tecnología Wifi con el estándar 802.11b/g/n.

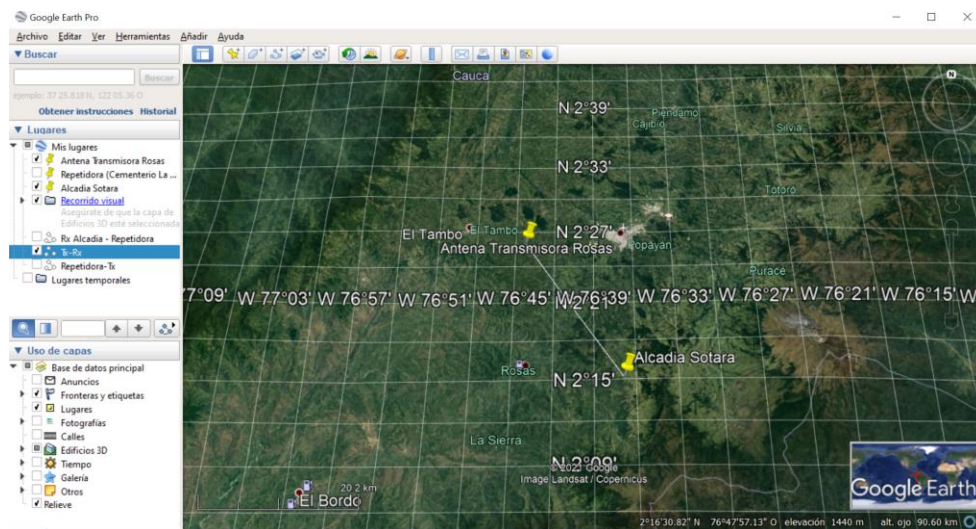
Perfiles topográficos

Con el programa Google Earth pro se puede conocer los desniveles para establecer como es el terreno, la topografía y a esto se le llama perfil de elevación el cual será proporcionado por la ruta de los trayectos del radioenlace.

Enlace Directo entre Transmisor y Receptor

Figura 15.

Imagen posición Antenas en Google Earth



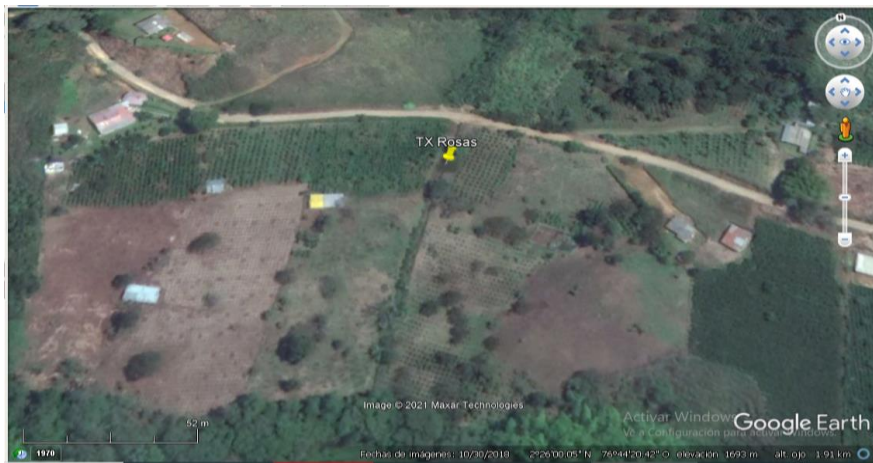
Nota: Posición de las antenas, vista desde Google Earth.

Fuente: Google Earth

Ubicación Trasmisor de Rosas

Figura 16.

Imagen Posición Antena Transmisora en Google Earth

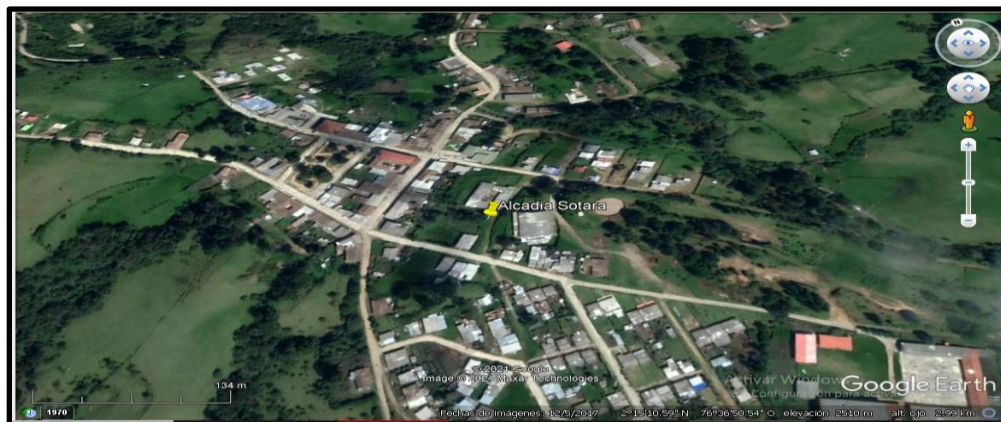


Nota: Vista satelital de la Antena Transmisora desde Google Eart

Fuente: Google Earth

Figura 17.

Imagen Posición Antena Receptora en Google Earth



Nota: Vista satelital de la antena receptora desde Google Earth

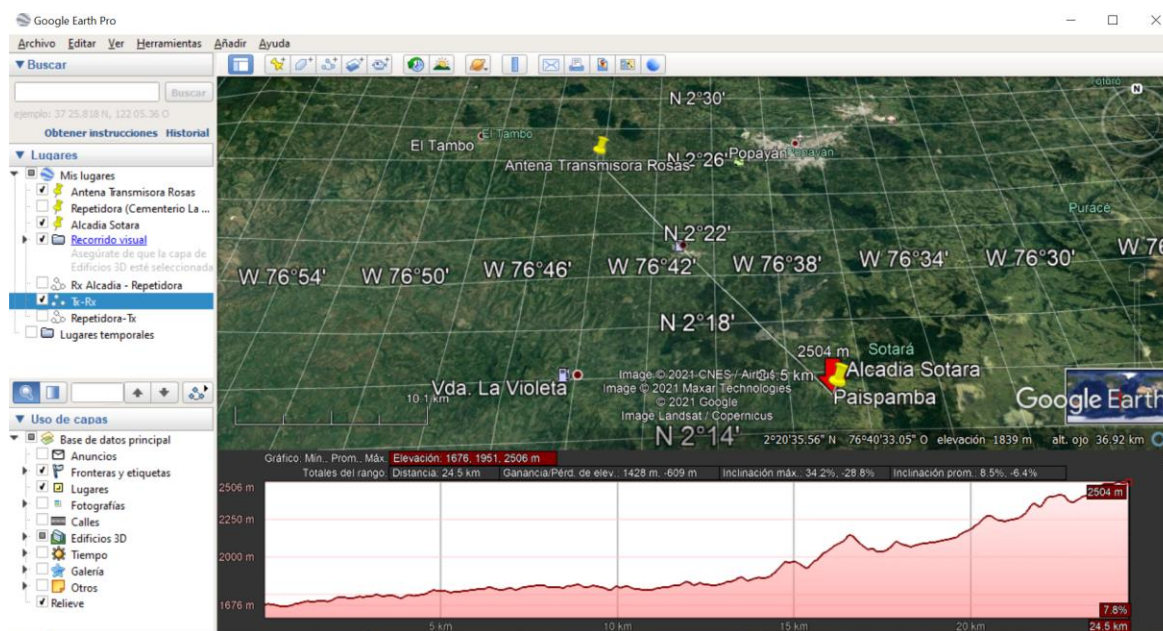
Fuente: Google Earth

Perfil de Elevación

Como se puede observar en el perfil de elevación entre transmisor y receptor el trayecto antena transmisora en rosas y antena receptora en la alcaldía de Sotará, si es posible enlazar los dos puntos directamente debido a que no hay obstáculos que obstruyan la línea de vista.

Figura 18.

Perfil de Elevación entre Transmisor y Receptor



Nota: Vista satelital del perfil de elevación entre la Antena transmisora y receptora

Fuente: Google Earth

Coordenadas de los Emplazamientos

Tabla 3.

Coordenadas de los emplazamientos Sotará- Rosas

Nombre nodo	Latitud	Longitud	Altitud
Alcaldía, Sotará, Cauca	02°15'10.66"n	076°36'51.09"o	1689,8m

Antena transmisora Rosas	2°26'01.12"n	076°44'15.00"o	2512,8m
--------------------------	--------------	----------------	---------

Fuente: Elaboración propia

Los parámetros a introducir para realizar la simulación permitirán mostrar los equipos reales que se pueden seleccionar e implementar en la instalación para la que serían propuestos. Este software permite configurar frecuencias entre los 20 MHz y 40 GHz y longitudes entre 1 y 2000 Km de trayecto, trabaja con el modelo de propagación Long Ley-Rice, el cual es conveniente para el cálculo de coberturas en entornos rurales. El modelo se basa en la teoría electromagnética, el análisis estadístico del terreno y las medidas radioeléctricas tomadas, por tal razón se considera un modelo empírico-estadístico semi-empírico, es significativo resaltar, que este estudio se realiza con el objetivo de brindar acceso a internet, en el municipio de Rosas, en función del Convenio entre la UNAD y el municipio, adicionalmente el estudio busca estrategias basadas en radio frecuencias y se analizan espectros del dividendo digital.

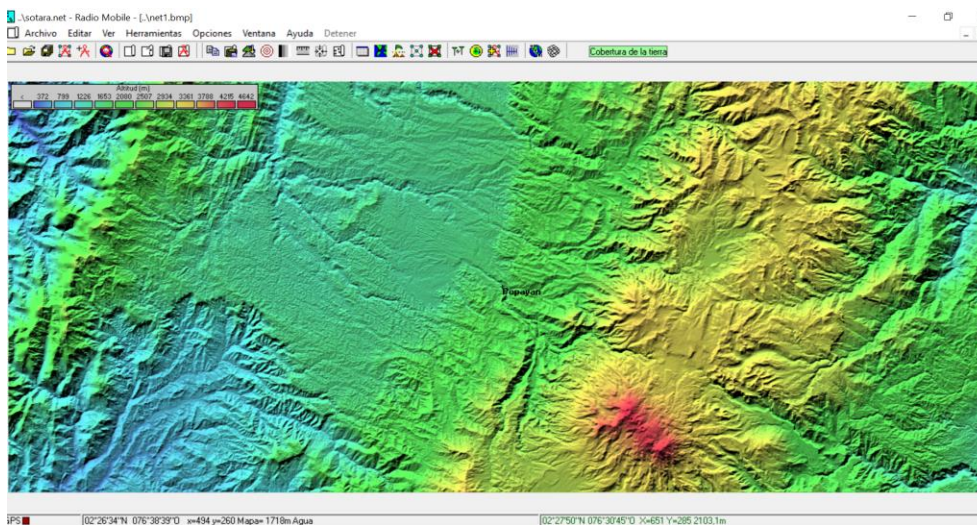
Simulación

1. Se Ubica la Zona Geográfica para Extraer el Mapa Deseado, en este Caso se selecciona Popayán.

Figura 19.*Propiedades del Mapa en Radio Mobile*

Nota: propiedades de configuración para el radioenlace entre Sotará y Rosas desde Radio Mobile

Fuente: Radio Mobile

Figura 20.*Mapa de Popayán en Radio Mobile*

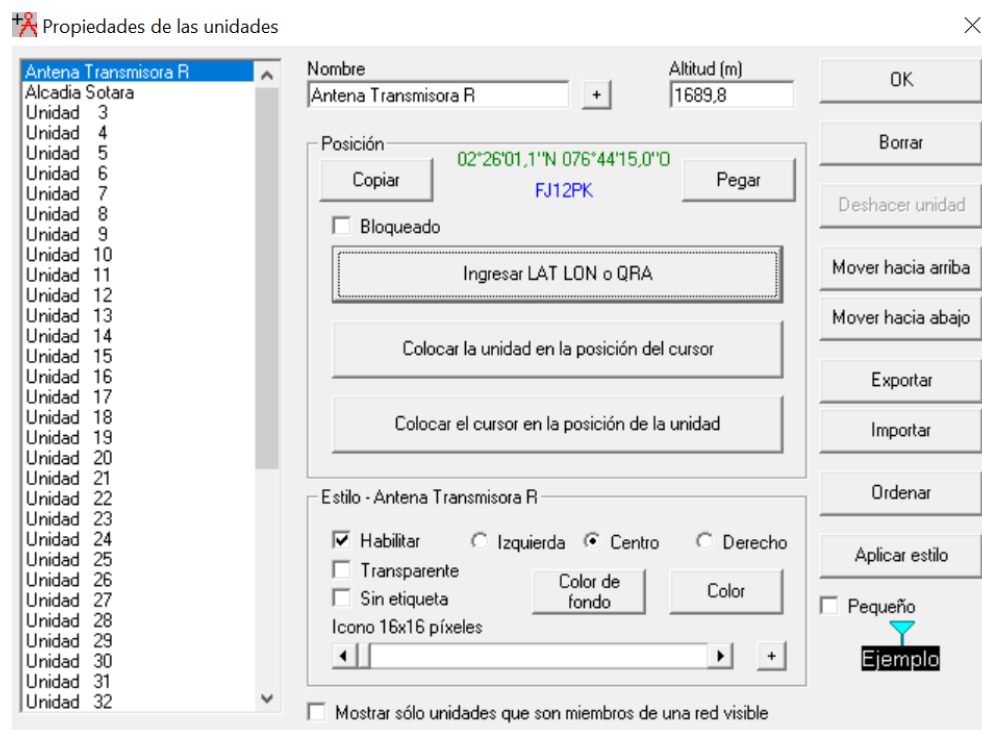
Nota: Relieve del Popayán

Fuente: Radio Mobile

2. Se crean las unidades que son los emplazamientos, en este caso la antena de transmisión en rosas y la recepción en la alcaldía de Sotará.

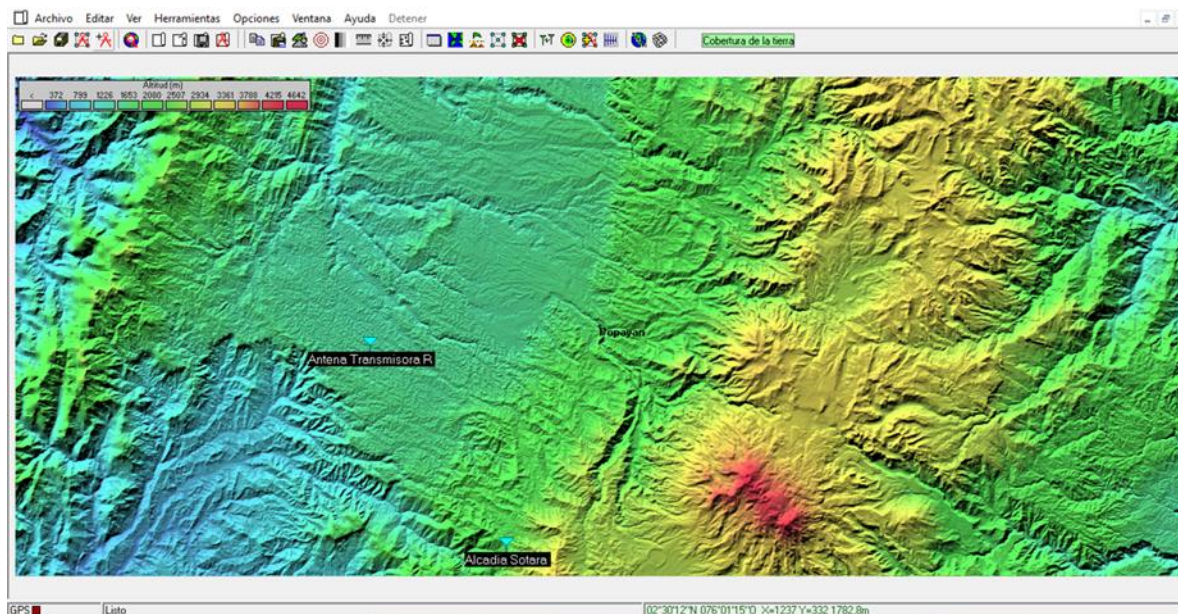
Figura 21.

Creación de las Unidades de Red (antenas)



Nota: Configuración de la antena transmisora, altitud, posición y estilo

Fuente: Radio Mobile

Figura 22.*Posición de las Antenas en el Mapa*

Nota: se muestra la posición de las antenas transmisora y receptora, vistas desde el relieve de Radio Mobile

Fuente: Radio Mobile

3. Una vez extraído el mapa y creadas las unidades se puede crear la red principal o el radio enlace, para ello se configura con los siguientes datos principales:

Tabla 4.*Enlace PTP Rosas- Alcaldía de Sotará*

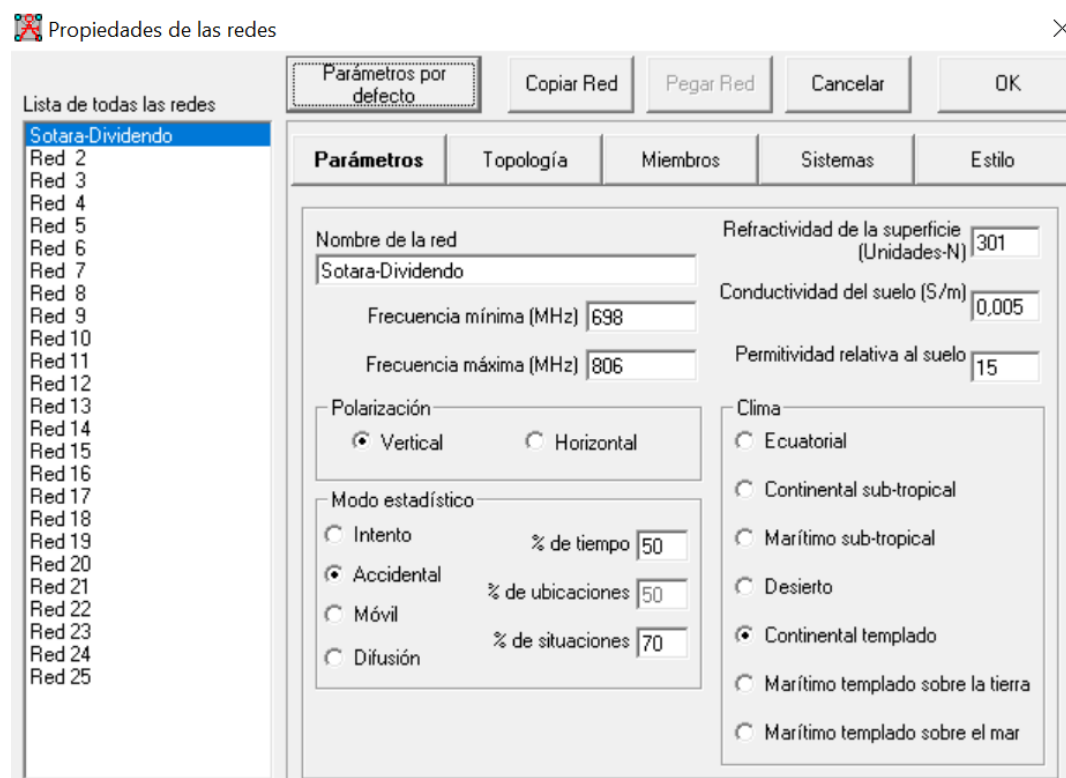
Enlace PTP Rosas- Alcaldía de Sotará			
Datos		Parámetros	
Frecuencia mínima	698 MHz	Polarización	Vertical
Frecuencia máxima	806 MHz	Potencia	50w
Distancia	24,30 Km	Ganancia	10dbi

Fuente: Elaboración propia

En los parámetros se denominó a la red Sotará-dividendo, las frecuencias mínima y máxima son las manejadas en el dividendo digital en Colombia como se mencionó en la sección componentes de un radioenlace, la polarización está determinada por la forma en que se monta la antena, dado a las especificaciones de la antena seleccionada será vertical en ambos extremos. En el modo estadístico se selecciona accidental para evaluar interferencias, los otros parámetros se dejan por defecto.

Figura 23.

Configuración Parámetros de la Red



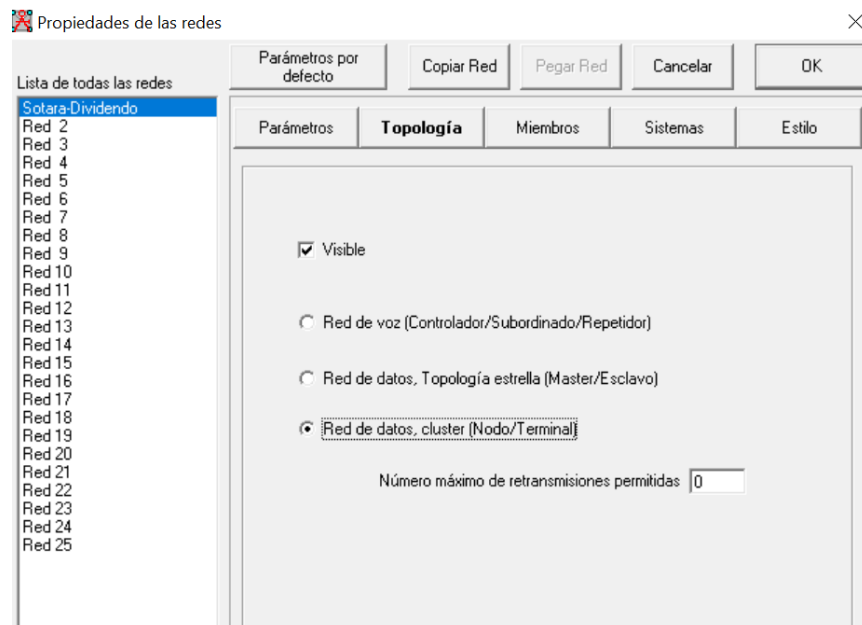
Nota: Se configuran los parámetros de frecuencia, polarización, clima, modo estadístico de la red.

Fuente: Radio Mobile

En la topología se selecciona una red de datos modo nodo/terminal

Figura 24.

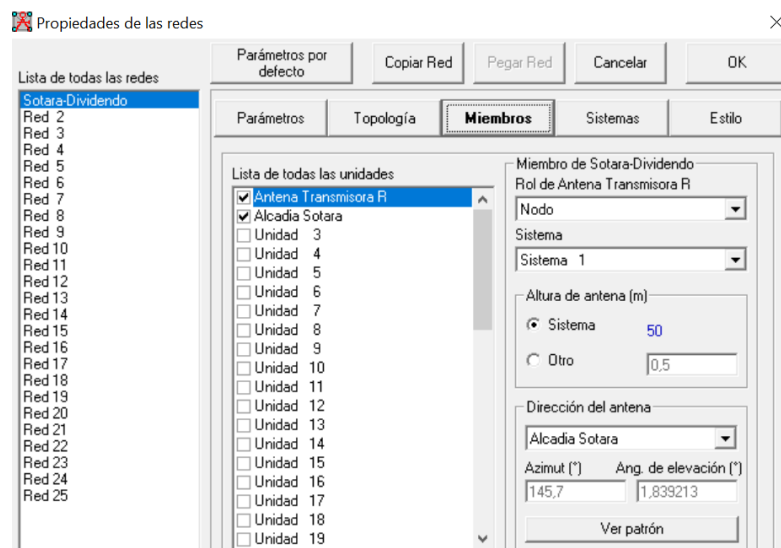
Configuración de Topología de la Red



Nota: se selecciona la topología a implementar, en este caso Red de datos, clúster (Nodo/Termina)

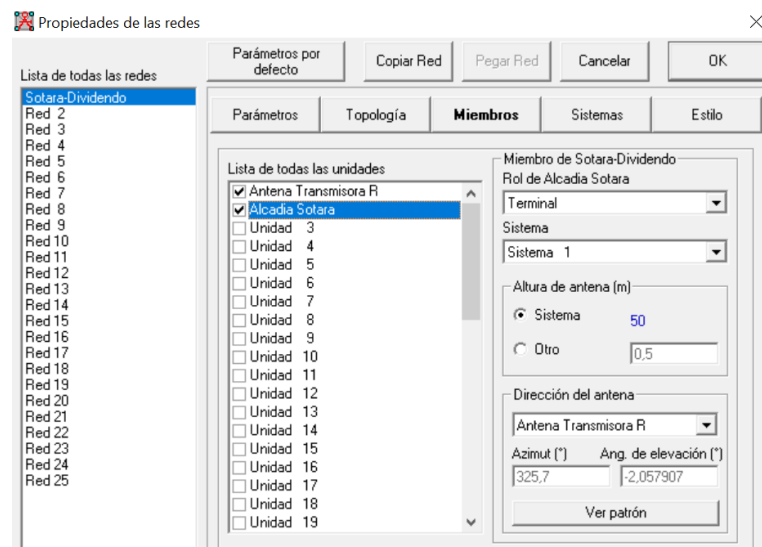
Fuente: Radio Mobile

Los miembros de la red son las redes creadas en este caso el receptor y el transmisor, lo que se configura en este apartado es quien será el nodo (antena transmisora) con dirección hacia Alcaldía Sotará y la respectiva altura. Y el terminal (Alcaldía de Sotará) con dirección a el nodo.

Figura 25.*Configuración como Miembro de la Red Antena Transmisora*

Nota: Se configura en Miembros la antena transmisora, rol Nodo, altura de antena 50, dirección Alcaldía Sotará.

Fuente: Radio Mobile

Figura 26.*Configuración como Miembro de la Red Antena Receptora*

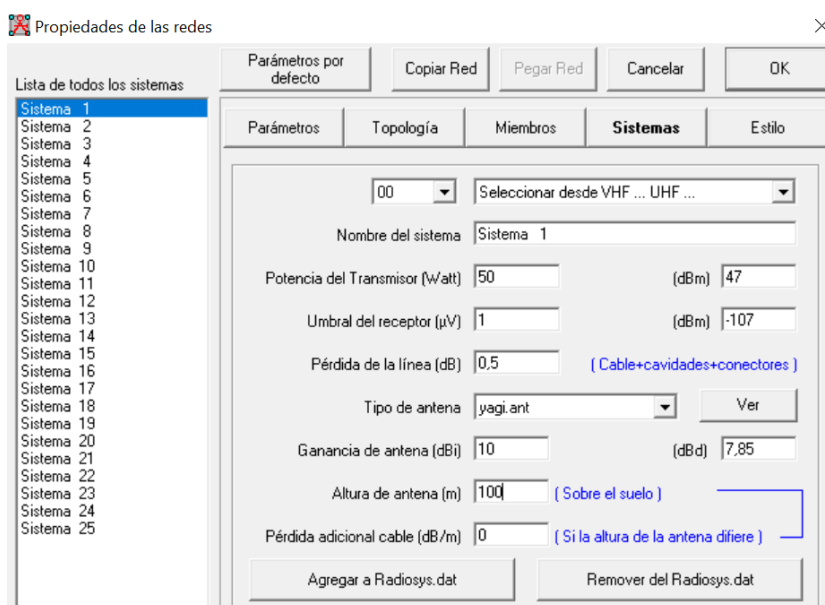
Nota: Se configura en Miembros la antena receptora, rol Terminal, altura de antena 50m, dirección Antena transmisora. Fuente: Radio Mobile.

En la configuración del sistema se requieren los datos de todos los equipos que integran la red “Sotará-dividendo digital” nuestro radioenlace es bidireccional, lo que permite tener un sólo tipo de equipo en los dos sitios funcionando como transmisor y receptor. Los datos que se requieren en el sistema están dados por la hoja de especificaciones de la antena, excepto por:

- Pérdidas de línea: inherentes a la naturaleza del material semiconductor, por radiación debido a la presencia de un conductor cercano, por calentamiento dieléctrico entre 2 líneas con una diferencia de potencial o por acoplamiento $\pm 0,5$ db.
- Altura antena: se considera que la altura de las antenas no puede ser de más de 50m

Figura 27.

Configuración del Sistema de Red

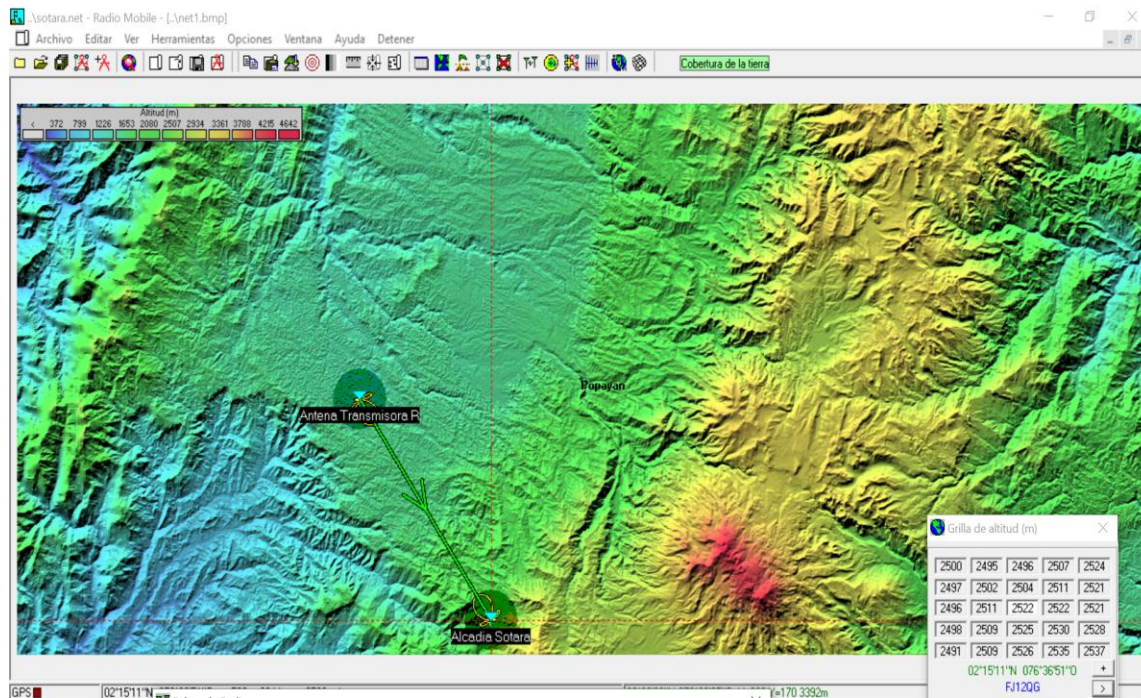


Nota: Se configura el sistema 1 en VHF-UHF, potencia de transmisor, pérdida de línea, tipo de antena, ganancia, altura. Fuente: Radio Mobile

En esta imagen se puede visualizar en radio enlace en color verde donde las antenas están direccionadas entre sí para empezar a transmitir información.

Figura 28.

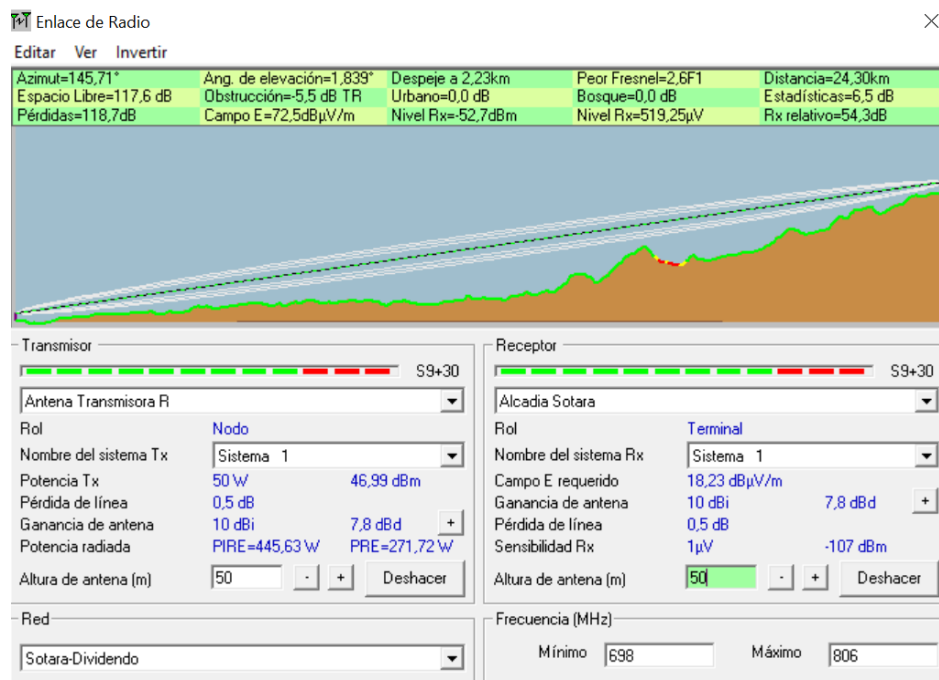
Simulación Radioenlace



Nota: se visualiza el radioenlace entre la antena transmisora y receptora en vista relieve de Radio Mobile.

Fuente: Radio Mobile

Este es el resultado de la simulación:

Figura 29.*Detalles Simulación Radioenlace*

Nota: en el resultado de la simulación se observa la distancia del radioenlace, nivel de Recepción, Peor Fresnel, espacio libre, pérdidas entre otros, que indican la viabilidad del radioenlace.

Fuente: Radio Mobile

Análisis del Resultado

En la imagen detalles simulación radio enlace se puede observar el perfil terrestre del enlace directo, además los datos de configuraciones del transmisor y el receptor y en la parte superior de la gráfica están todos los resultados para analizar la viabilidad del enlace como la distancia entre los terminal y nodo, pérdidas, ángulo de elevación, azimut, Fresnel, entre otros, todos los resultados son importantes, un aspecto clave es que indica si la señal que llega al receptor es suficiente para dar cobertura.

En la imagen se puede observar una línea de color verde, indica que no hay obstáculos, es decir hay una línea de vista directa, el nivel de señal es de 52,7dBm que será la señal que llegará

al receptor, al igual que el peor Fresnel es de 2,6 partiendo de que siempre debe estar por encima de 0,6, el receptor relativo es de 54,3dB y debe ser superior a la sensibilidad, entre más alto sea el número se asegura la recepción de la señal y si está en rojo no es viable.

Teniendo en cuenta la resolución no 000105 de 27-03-2020 de para la banda del 698 se debe tener en cuenta:

Espacios en blanco

Frecuencias de la banda comprendida entre 470 MHz y 698 MHz que no están asignadas en un área específica y que pueden ser usadas por aplicaciones de radiocomunicaciones en dicha área sin causar interferencias perjudiciales a las estaciones de un servicio primario o secundario a las que se le hayan asignado o se le asignen frecuencias en el futuro (Min Tic, 2019).

La potencia que un dispositivo de espacios en blanco entrega a su antena no podrá superar 12,6 dBm medidos en cualquier segmento de 100 KHz.

La ganancia máxima de la antena conectada a un dispositivo de espacios en blanco no deberá superar 14 dB referidos a un dipolo de media onda

La altura de la antena por encima del nivel del terreno de los dispositivos de espacios en blanco no podrá superar 50 metros.

Características de la Antena y Equipos

Figura 30.

Antena Logarítmica Epcom cr-dlp-0727-11



Nota: vista real de una antena Logarítmica que opera en el espectro de frecuencia de UHF.

Fuente: EPCOM

Especificaciones Técnicas.

Tabla 5.

Especificaciones Técnicas Antena EPCOM cr-dlp-0727-11

Frequency	698-960Mhz
Gain	10dbi 11dbi
Beam width	65°/horizontal 50°/ vertical50°/horizontal 40°/vertical
Polarization	Vertical
Vswr	≤ 1.8 @698-800MHz, ≤ 1.5 @800-2700MHz
Port impedance	50 Ω
Front-to-back ratio	>20db
Maximum input power	50W
Lighting protection	Dc

Fuente: (EPCOM)

Análisis Matemático

Los cálculos matemáticos para un radioenlace permitirán especificar las características que debe tener los elementos que lo componen para así asegurar una conexión adecuada y además se debe tener en cuenta las diferentes atenuaciones que pueden afectar un sistema de radioenlace.

PIRE (Potencia isotrópica radiada equivalente)

El PIRE se utiliza para evaluar el área en el que la antena puede dar servicio, con el PIRE y la ganancia de la antena real es posible calcular la potencia real y los valores del campo electromagnético (Min Tic, 2019).

$$PIRE = PT - Lc + Ga$$

PT= Potencia de salida del transmisor

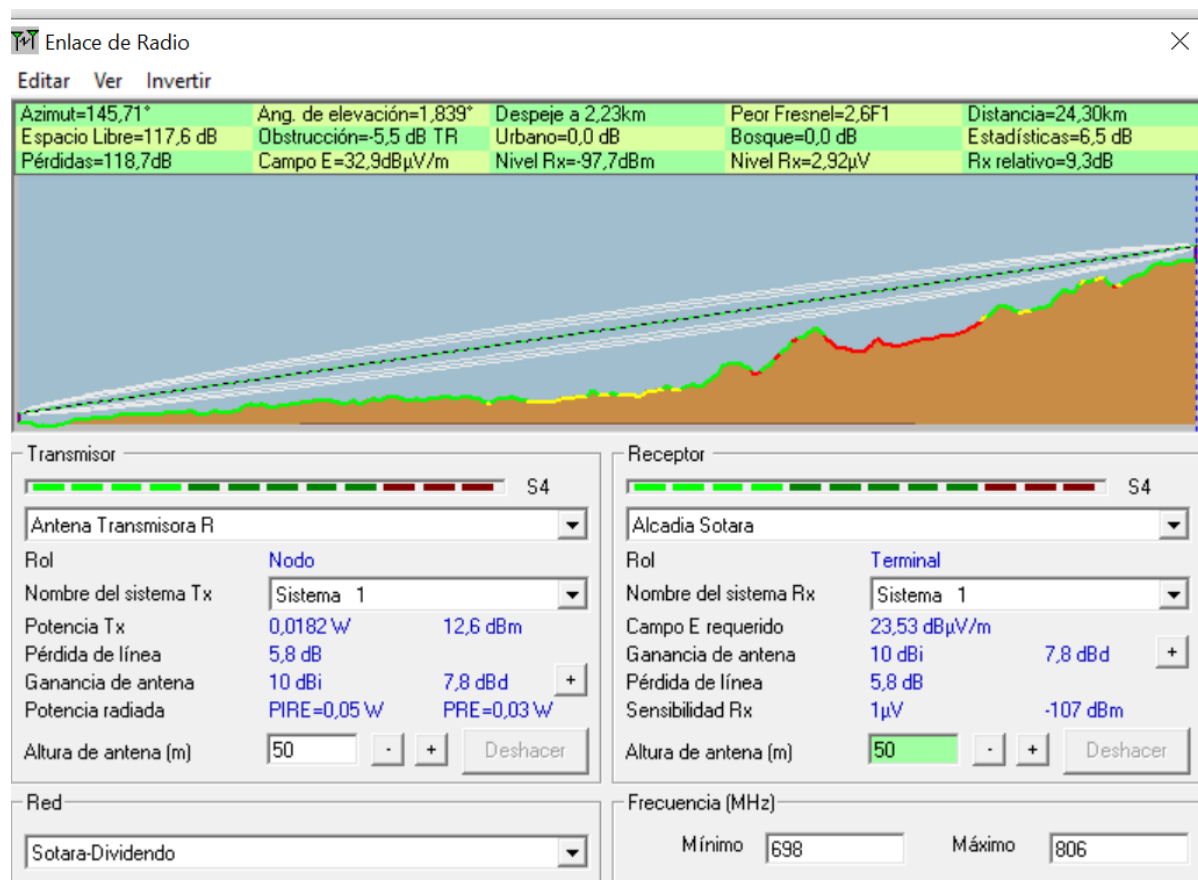
Lc = pérdida en el cable (0,05 a 1 db por metro para cable coaxial en el rango de frecuencias de trabajo de la antena cada 50m) antena de 50m =5,80Db

Ga= ganancia

$$PIRE = 47DBm - 5,80DB + 10DBi = 51,2DBm = 131.8W$$

Como la potencia de la antena transmisora es de 40w lo que equivale a 47dbm, se puede apreciar que se excede en la potencia PIRE permitida en la resolución, basado en eso se deberá ajustar el valor de la potencia del transmisor a 12,6 Dbm, y se tendría que el PIRE sería:

$$PIRE = 12,6 Dbm - 5,80DB + 10DBi = 16,8DBm = 47.8W$$

Figura 31.*Detalle Potencia de Transmisión*

Nota: ajuste de las potencias transmisora.

Fuente: Radio Mobile

Pérdida en el Espacio Libre

Este fenómeno depende de la distancia de las antenas y se ve afectado por factores de la atmósfera. Y con esta se obtiene la propagación ideal de la señal del radioenlace, en este caso se usará una frecuencia que este dentro del rango que se configuró.

$$L_{fsl} = 32,45 + 20 * \log_{10}(D) + 20 * \log_{10}(F)$$

$$L_{fsl} = 32,45 + 20 * \log(24,30 \text{ Km}) + 20 * \log(700 \text{ Mhz}) = 117 \text{ dB}$$

Se obtiene el mismo valor que obtiene en la simulación de radio Mobile.

Zona Fresnel

Para analizar los obstáculos situados entre las antenas, se debe hallar el valor de la primera zona de Fresnel, la cual debe estar despejada mínimo en un 60% para garantizar la transmisión del radioenlace.

$$F_1 = 17,3 \sqrt{\frac{D \text{ Km}}{f \text{ MHz}}}$$

Donde

R: 17,3 es el radio del área de Fresnel expresada en metros.

D: Distancia del obstáculo a las antenas o del enlace expresada en metros

f: Frecuencia de la señal expresada en Mhz

$$F_1 = 17,3 \sqrt{\frac{24,30 \text{ Km}}{700 \text{ MHz}}}$$

$$F_1 = 3,2$$

Se tiene que 3,2 es el Fresnel que nos da con toda la distancia del enlace, que es un número aproximado al que resulta en la simulación.

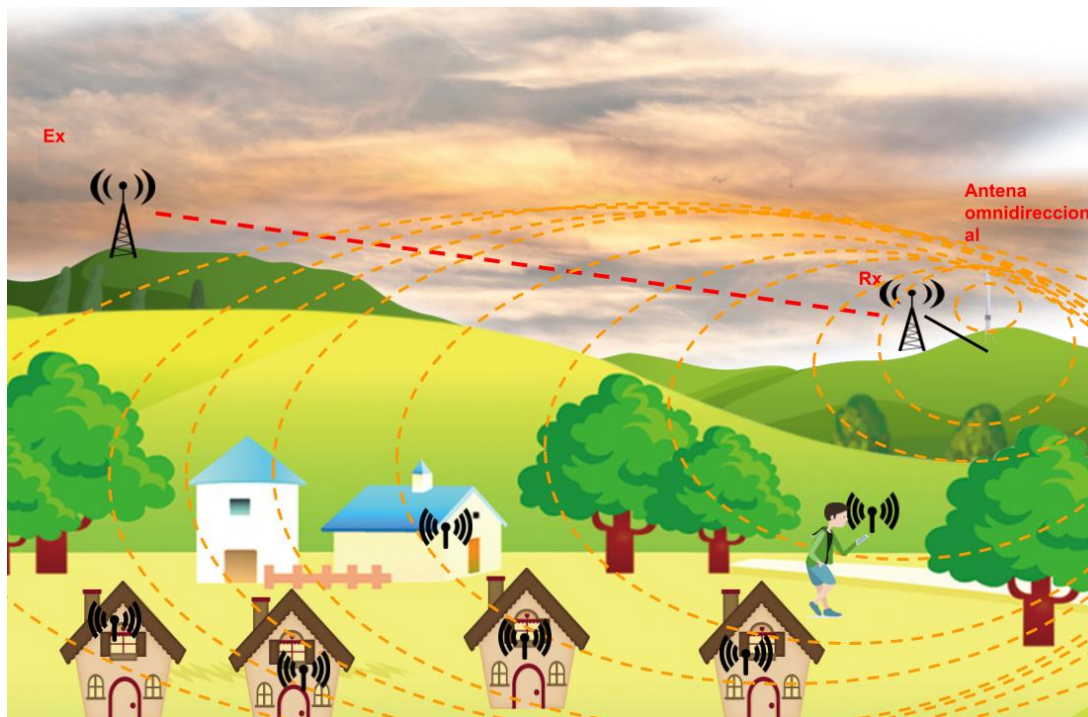
Red de Distribución

Una vez establecido el radioenlace hasta la cabecera municipal, se debe establecer la red de distribución que dará acceso a internet al municipio de Sotará, para la distribución de la señal, se tomará como referente dos formas, teniendo en cuenta las antenas omnidireccionales y direccional.

Diseño Omnidireccional

Figura 32.

Diseño General de la Red con Distribución Omnidireccional



Nota: Radiación de una antena omnidireccional y conexión multipunto. Fuente: Elaboración propia

Como el objetivo es proveer acceso a internet sin depender de un lugar, horario y espacio determinado, una de las características de la antena omnidireccional, será el alcance, para ello se plantea el uso de una antena omnidireccional, que opere en una frecuencia de los 2,4 GHz y los 5 GHz, ya que muchos de los dispositivos inalámbricos, sean portátiles, tabletas, dispositivos móviles, están diseñados con este espectro de frecuencia.

Dentro de las antenas omnidireccionales, se encuentran:

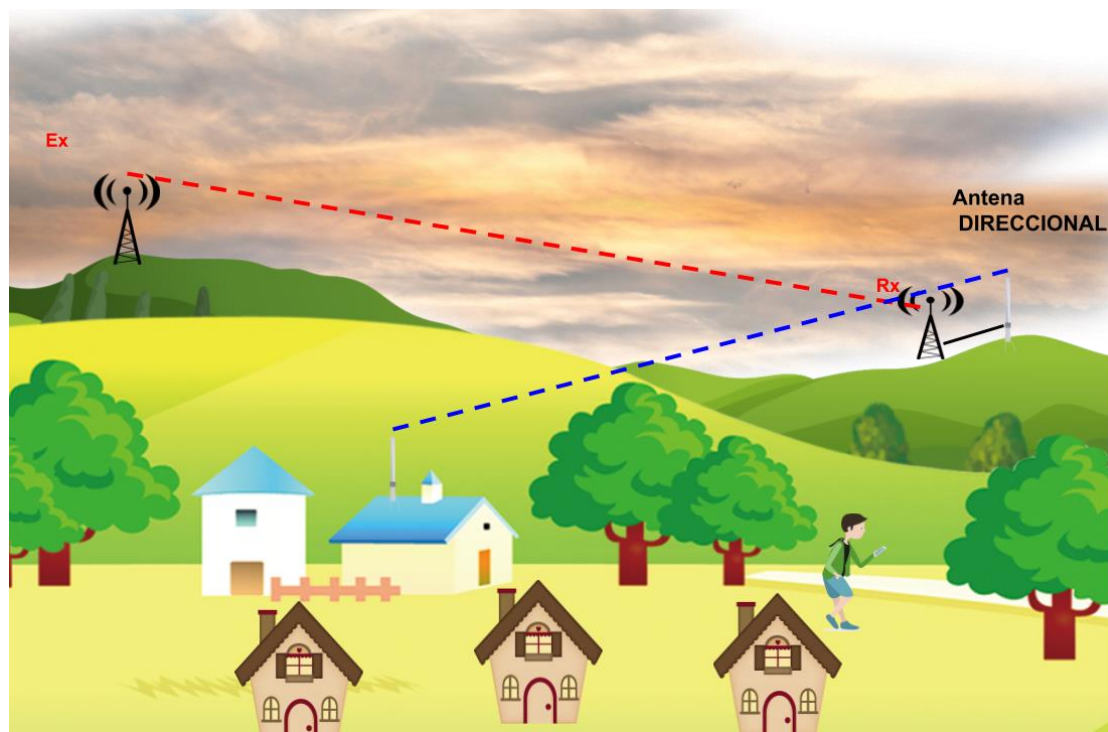
1. Ubiquiti Airmax amo-2g13 antena omni-direccional Airmax 2.35-2.55 GHz 13dBi mimo con doble polarización.
2. Ubiquiti Airmax amo-5g13

Diseño direccional

Dadas las circunstancias de conectividad, se puede establecer la distribución de la señal en sentido bidireccional, buscando un punto concreto, de acceso público y con equipos de cómputo para que se puedan brindar acceso a internet.

Figura 33.

Diseño de la Red con Distribución Direccional



Nota: Conexión direccional a un punto determinado del municipio. Fuente: Elaboración propia

Para este caso, como ya se cuenta con un punto principal en la alcaldía, se puede establecer un enlace direccional con un sitio público que cuente con equipos de cómputo o se pueda adaptar con equipos de cómputo y que cuente con un horario establecido para el acceso, dado el caso, puede estar definido por la alcaldía, se estima que la distancia del enlace es inferior a un kilómetro, y se establecen algunas antenas para el enlace direccional.

Antenas direccionales.

- “Antena direccional Rocketdish Airmax, ideal para enlaces PTP, frecuencia 5 GHZ (5.1 - 5.9 GHZ) de 30 dBi (Syscom)

Características de la Antena.

Rango de frecuencia: 5.1 - 5.9 GHz.

Polarización: dual.

Ganancia: 30 dBi.

Dimensiones: 650 x 650 x 386 mm.

Peso: 7.4 Kg.

F/b ratio: 30 dB.” (Syscom)

Características del Radio de la Antena 5 GHz.

- “radio estación base Airmax rocket-m5, hasta 150 Mbps, 5 GHz (5150-5875 MHz)

Puertos:

1 puerto 10/100 Mbps.

Modos de Operación:

Access Point.

Estación.

Características

Anchos de canal ajustable 5/8/10/20/30/40 MHz.

Polaridad dual (vertical y horizontal) mimo 2x2.

Seguridad: WPA2.

Señalización propietaria: Airmax (TDMA).

Fácil de instalar.

Diseño versátil y compacto.

Características físicas y eléctricas:

Alimentación: 24 v, 1 a.

Dimensiones: 160 x 80 x 30 mm.

Peso: 500 g.

Temperatura de operación: -30 a 75° c.” (SYSCOM)

- “Antena direccional Rocketdish Airmax, ideal para enlaces PTP, frecuencia 2 GHz (2.3 - 2.7 GHz) de 24 dBi (Syscom)

Características de la Antena

Rango de frecuencia: 2.3 - 2.7 GHz.

Polarización: dual.

Ganancia: 24 dBi.

Dimensiones: 650 x 650 x 295 mm.

Peso: 9.8 Kg.

F/b ratio: 28 dB.

Características del radio de la antena 2 GHz

Puertos:

1 puertos 10/100 Mbps.

Sistema operativo:

Airos® 6

Modos de Operación:

Access Point.

Estación.

Características:

Anchos de canal ajustable 5/8/10/20/30/40 MHz.

Polaridad dual (vertical y horizontal) mimo 2x2.

Seguridad: WEP, WPA, WPA2 y MAC ACL.

Señalización propietaria: Airmax (TDMA).

Fácil de instalar.

Diseño versátil y compacto.

Características físicas y eléctricas:

Alimentación: 24 v, 1 a.

Dimensiones: 160 x 80 x 30mm.

Peso: 500 g.

Temperatura de operación: -30°C a 75°C. (Syscom)

Diseño de WLAN y LAN

Una vez se establece un punto de conexión con servicio a internet, se puede implementar la instalación del cableado estructurado y red inalámbrica, cumpliendo con estándares internacionales vigentes, para ello se debe tener en cuenta:

1. Establece el diseño de la red.
2. Calcular materiales
3. Realizar la instalación
4. Poner en servicio
5. Pruebas.

Establecer el diseño de la red

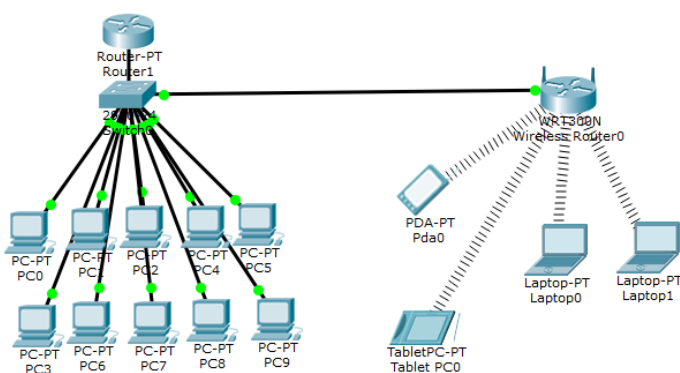
Para realizar el diseño de la red, se tiene en cuenta el diseño lógico y físico, el diseño lógico determina los dispositivos y forma de conexión, en cambio el diseño físico determina la ubicación exacta y conexión real de los diferentes dispositivos y medios físicos.

A continuación, se plantea el diseño lógico de una red LAN, teniendo como referente una red pequeña, de pocos usuarios.

Se cuantifican los dispositivos y materiales necesarios para su implementación, para el diseño se usa el software Cisco Packet Tracert.

Figura 34.

Diseño Lógico de una LAN y WLAN



Nota: Simulación de una LAN y WLAN mediante Cisco Packet Tracert

Fuente: Cisco Packet Tracert

Para el diseño físico de la red se requieren valores reales del lugar, en este caso no es posible, ya que no se cuenta con un lugar específico.

Calcular materiales

Teniendo como referencia el diseño lógico de la red se pueden establecer los siguientes materiales.

Tabla 6.

Materiales para LAN.

Descripción	Unidad de medida.	Cantidad
Router	Unidad	1
Switch x 24 puertos	Unidad	1
Cable de par trenzado, mínimo categoría 6.	Metros	No especificado
Canaleta plástica de 60x40x200	Unidad	No especificada
Router inalámbrico rompemuros.	Unidad	1
Patch panel de 24 puertos	Unidad	1
Jack para rj45	Unidad	15
Chazos y tornillos de ¼"	Docena	No especificado

Fuente: Elaboración propia

Instalación

Para la realización de la instalación se debe aclarar que se realiza sobre un supuesto, ya que, por la pandemia y los desplazamientos, este análisis del lugar no se pudo realizar. El plan de trabajo incluye:

- Cantidad de personas
- Horarios
- Herramientas necesarias para la instalación
- Certificados técnicos de cumplimiento obligatorio.

Este tipo de instalación puede ser realizado entre 2 personas, las herramientas necesarias para la instalación son:

- Juego de destornilladores
- Nivel
- Taladro
- Juego de brocas para pared, madera, y otros que se consideren
- Segueta
- Decámetro
- Casco de seguridad
- Monogafas
- Guantes con recubrimiento de nitrilo.

Puesta en Servicio

Una vez realizada la instalación de la red cableada e inalámbrica, se realizan las respectivas conexiones de los dispositivos, se verifican los indicadores led de los routers, switches y dispositivos finales, y se comprueba que exista acceso a internet.

Prueba

La prueba consiste en dos factores, el primero probar el correcto funcionamiento de la red WLAN y LAN, y el segundo factor a probar es la velocidad de la conexión WAN.

Para probar la estabilidad de la conexión WLAN y LAN, se recomienda el uso de los siguientes comandos:

- *ipconfig*: permite identificar la IP privada del host.
- *ping 192.168.x.x*: hacer ping a la puerta de enlace permite conocer la conexión con el router y su estabilidad.
- *ping -n 32 192.168.x.x*: hacer ping – n e indicar un número (32) a la puerta de enlace (192.168.x.x) de la red que se ha creado, nos permite probar la estabilidad de la red y tiempo de respuesta.
- *tracert www.dominio.com*: realizar tracert permite conocer los saltos por donde pasa nuestra solicitud, hasta llegar al dominio destino indicado.

Para probar la velocidad de la conexión WAN, se recomienda el uso del test de velocidad, a continuación, se mencionan algunos de los más usados:

- Claro: <https://www.claro.com.co/personas/servicios/servicios-moviles/internet-movil/test-de-velocidad/>
- Speedtest: <https://www.speedtest.net/es>
- Movistar: <https://www.movistar.co/informacion/test-de-velocidad>

Una vez se realiza el test de velocidad, se conoce la velocidad de subida y bajada, lo cual permitirá distribuir el ancho de banda de acuerdo a la cantidad de equipos proyectados.

Figura 35.*Test de Velocidad*

Nota: test de velocidad mediante la red Tigo, donde se evidencia la velocidad asimétrica de carga y descarga

Fuente: Tigo

En esta imagen, se representa la velocidad de subida y bajada, está velocidad es a modo de ejemplo, ya que sólo pretende contextualizar al lector sobre el procedimiento, por lo general la velocidad de subida y bajada son asimétricas, siendo mayor la velocidad de bajada, puesto que se parte del supuesto que el usuario requiere más descargar que subir.

Guía Metodológica para el Diseño de Enlaces Inalámbricos en Zonas Rurales

Teniendo como referencia lo investigado, se sugieren los siguientes criterios como guía metodológica para el diseño e implementación de soluciones de conectividad en zonas rurales.:

- Identificación de las necesidades: indicar los requerimientos del usuario para la conexión, es decir la velocidad y ancho de banda.
- Estudio de la zona: si no existe línea de vista entre las antenas transmisora y receptora, debe considerarse el uso de repetidoras.
- Prueba mediante simuladores y equipos reales: esta simulación permite verificar que se cumplan los requisitos mínimos de calidad y la selección de los equipos de acuerdo a las características de la tecnología correspondiente.
- Diseño de Lan y Wlan: Se selecciona la red que se ajuste de acuerdo a la infraestructura del lugar.
- Pruebas de red: Permite garantizar la calidad en la transmisión de la red.

Identificación de la Necesidad

El primer criterio a tener en cuenta es identificar la zona donde se presenta la necesidad de conectividad.

Es importante la descripción geográfica, características climatológicas, temperaturas máximas y mínimas y proveedores de internet.

De acuerdo con la experiencia en este proyecto, es importante identificar los medios de transmisión por donde se ofertan los servicios de internet de la zona a estudiar, es habitual encontrar tres alternativas: conexión por cable, conexión WIMAX, y conexión inalámbrica.

Si la conexión a realizar se encuentra en una zona rural de difícil acceso, lo más común es plantear soluciones por medios inalámbricos, lo que implica el diseño de radioenlaces, donde se

deben definir diferentes factores como la frecuencia, potencia, elevación, tipo de antena ubicación, entre otros.

Para esta guía metodológica se tendrá como propuesta las conexiones por medio de radioenlace, debido a que por pandemia no se pudo profundizar en las soluciones cableadas.

Es importante tener en cuenta:

- Saturación del espectro
- Tipo de antena y frecuencia
- Verificación de la potencia y rango de frecuencia
- El fenómeno de ROE sea lo menor posible aproximadamente a cero
- Elementos de radiación
- Relación frente a espalda debe aproximarse de 25 a 65

Estudio de Zona

Consiste en evaluar la altura, líneas de vista, puntos de radio enlaces, posibles puntos clave de conexión.

Para esto se realiza la selección de puntos estratégicos de acuerdo con la necesidad, se toma como ejemplo las necesidades de conexión en el municipio de Sotará (Cauca), y se estudia la zona geográfica con herramientas de Google Earth

Prueba Mediante Simuladores y Equipos Reales

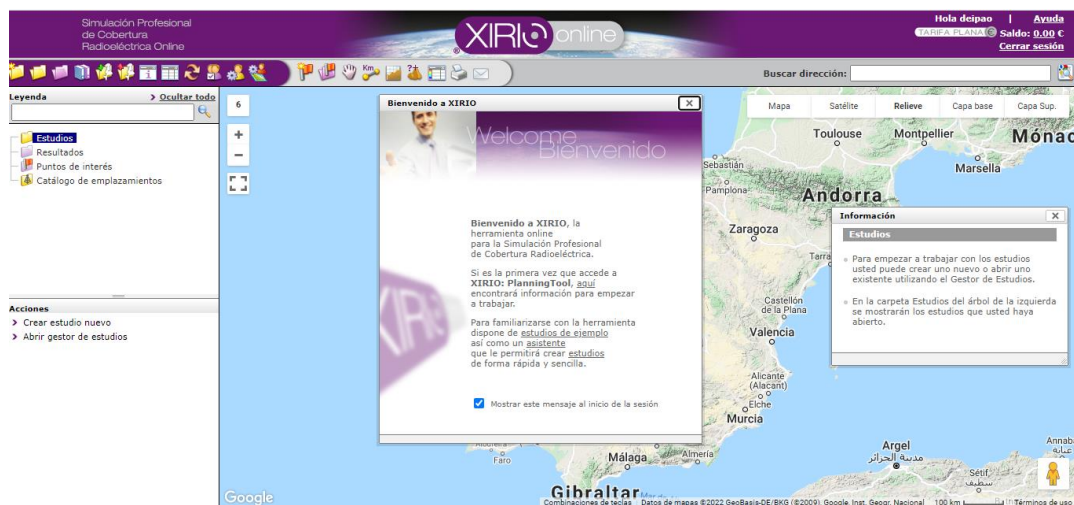
En este punto se puede realizar la simulación del radio enlace por medio de algunos simuladores, los propuestos son Radio Mobile y Xirio, la explicación se realizará con el programa Xirio online, debido a su fácil manejo, accesibilidad y gratuidad limitada, que son suficientes para el estudio requerido.

Para el uso de Xirio se deben realizar los siguientes pasos:

- 1- Ingresar en <https://www.xirio-online.com/web>, seleccionar la opción herramienta de planificación radioeléctrica (planningtool).
- 2- Si es usuario nuevo, en la opción registrarse como usuario nuevo (clic aquí).
- 3- Diligencie los campos del nuevo usuario y acepte los términos y condiciones.
- 4- Deberá llegar una confirmación al correo electrónico.
- 5- Una vez confirme los datos de su cuenta, puede ingresar a su cuenta, volviendo al paso 1.
- 6- Ingrese los datos de usuario y contraseña creados.
- 7- Encontrará la siguiente ventana:

Figura 36.

Interfaz Xirio Online



Nota: Interfaz inicial de Xirio online para la simulación de radioenlace

Fuente: Xirio Online

- 8 Realice clic en crear estudio nuevo
- 9 Se mostrará la siguiente ventana:

Figura 37.*Estudio de Enlace en Xirio*

Crear nuevo estudio - Google Chrome
xirio-online.com/web/CreateNewStudy.aspx?twizard=true

Simulación Profesional de Cobertura Radioeléctrica Online

Crear nuevo estudio Ayuda ?

Crear nuevo estudio

Seleccione un tipo de estudio

- Enlace
- Cobertura
- Cobertura de interior
- Cobertura multitransmisor
- Red de transporte

Estudio de enlace:
Un enlace es un estudio radioeléctrico que analiza la disminución de la señal eléctrica en una línea que une un transmisor con un receptor.
[Leer más](#)

Seleccione un servicio o tecnología

Categoría: Banda Ancha Inalámbrica

Subcategoría: WIMAX Fijo 3,5 GHz

Servicio: WIMAX fijo 5 MHz

Aceptar

Nota: interfaz para crear un nuevo estudio en Xirio Online

Fuente: Xirio Online

Seleccione el tipo de estudio y servicios o tecnologías a usar, dependiendo del tipo de estudio encontrará diferentes opciones.

Figura 38.*Cobertura en Xirio*

The screenshot shows a web browser window titled "Crear nuevo estudio - Google Chrome" with the URL "xirio-online.com/web/CreateNewStudy.aspx?&wizard=true". The page header includes "Simulación Profesional de Cobertura Radioeléctrica Online" and the "XIRIO online" logo. The main heading is "Crear nuevo estudio" with an "Ayuda ?" link. Below this, there are two sections: "Seleccione un tipo de estudio" and "Seleccione un servicio o tecnología".

Seleccione un tipo de estudio

- Enlace
- Cobertura**
- Cobertura de interior
- Cobertura multitransmisor
- Red de transporte

Estudio de cobertura:
Este estudio representa valores de la señal impuesta por un transmisor, en términos de campo eléctrico o potencia, en todos los puntos dentro del área seleccionada por el usuario. [Leer más](#)

Seleccione un servicio o tecnología

Categoría: Banda Ancha Inalámbrica
Subcategoría: WIMAX Fijo 3,5 GHz
Servicio: WIMAX fijo 5 MHz

Modo asistente | Aceptar

Utilizando el modo asistente podrá crear de forma sencilla estudios de cobertura. También le permitirá crear múltiples sectores en un mismo emplazamiento.

Nota: interfaz para crear un nuevo estudio en Xirio Online tipo cobertura

Fuente: Xirio Online

Figura 39.*Cobertura de Interior*

The screenshot shows the same web browser window as Figure 38, but with the "Cobertura de interior" option selected in the "Seleccione un tipo de estudio" section.

Seleccione un tipo de estudio

- Enlace
- Cobertura
- Cobertura de interior**
- Cobertura multitransmisor
- Red de transporte

Estudio de cobertura de interior:
Este estudio representa valores de la señal impuesta por un transmisor en un escenario de interior.

Seleccione un servicio o tecnología

Categoría: Banda Ancha Inalámbrica
Subcategoría: WIMAX Fijo 3,5 GHz
Servicio: WIMAX fijo 5 MHz

Modo asistente | Aceptar

Utilizando el modo asistente podrá crear de forma sencilla estudios de cobertura. También le permitirá crear múltiples sectores en un mismo emplazamiento.

Nota: interfaz para crear un nuevo estudio en Xirio Online tipo cobertura de interior

Fuente: Xirio Online

Figura 40.

Cobertura Multitransmisión

Crear nuevo estudio - Google Chrome
xirio-online.com/web/CreateNewStudy.aspx?wizard=true

Simulación Profesional de Cobertura Radioeléctrica Online

Crear nuevo estudio Ayuda ?

Crear nuevo estudio

Seleccione un tipo de estudio

- Enlace
- Cobertura
- Cobertura de interior
- Cobertura multitransmisor**
- Red de transporte

Estudio de cobertura multitransmisor:
Este estudio permite determinar la cobertura radioeléctrica que alcanza una red de estaciones. Consiste en una combinación de estudios de coberturas simples. [Leer más](#)

Seleccione un servicio o tecnología

Categoría: Banda Ancha Inalámbrica

Subcategoría: WIMAX Fijo 3,5 GHz

Servicio: WIMAX Fijo 5 MHz

Aceptar

Nota: interfaz para crear un nuevo estudio en Xirio Online tipo cobertura multitransmisor

Fuente: Xirio Online

Figura 41.

Red de Transporte

Crear nuevo estudio - Google Chrome
xirio-online.com/web/CreateNewStudy.aspx?wizard=true

Simulación Profesional de Cobertura Radioeléctrica Online

Crear nuevo estudio Ayuda ?

Crear nuevo estudio

Seleccione un tipo de estudio

- Enlace
- Cobertura
- Cobertura de interior
- Cobertura multitransmisor
- Red de transporte**

Estudio de red de transporte:
Este estudio analiza el comportamiento de una red de transporte inalámbrica permitiendo diseñar su topología, analizar la viabilidad de los enlaces y estudiar la interferencia conjunta. [Leer más](#)

Seleccione un servicio o tecnología

Categoría: Servicio Fijo

Subcategoría: Banda 3600-4200 MHz

Servicio: Punto-Punto -3,6 GHz

Aceptar

Nota: interfaz para crear un nuevo estudio en Xirio Online tipo red de transporte

Fuente: Xirio Online

Para este caso se va a seleccionar un enlace de servicio móvil en el rango de frecuencias de VHF para servicios 4G.

Los parámetros de configuración que se muestran para el estudio son:

Figura 42.

Propiedades del Estudio de Enlaces

ace - Google Chrome
 /profile.aspx?id=2070869&clientId=11&wizard=true&isNew=true

Propiedades del estudio de Enlace

3

Estudio

Nombre: Enlace Sotará

Grupo:

Servicio: PR4G

Banda:

Descripción: Estudio de enlace para la conexión a internet del municipio de sotará

Fecha de última puesta en servicio/apagado: 31

Enlace agregado

Agregación:

Estado:

Extremos

Sector:

Terminal:

Parámetros de cálculo

Método de cálculo: Nuevo Met526_15

Método determinístico basado en difracción. Válido para frecuencias mayores de 30 MHz. Empleado en todos los servicios radioeléctricos en entornos rurales y mixtos siempre que se disponga de cartografía de media o alta resolución.

Capas de cartografía:

Tipo	Nombre	Año	Res. (m)	Proveedor
MDT	Altimetría mundial	2006	100.00	Aplica

Aceptar Aplicar Recargar Cancelar

Nota: se configuran los parámetros iniciales, para identificar el radioenlace.

Fuente: Xirio Online

Se configura el nombre, la descripción, el sector y terminal desde una plantilla, clic en aplicar y aceptar.

Se muestra la siguiente ventana:

Figura 43.

Menú Principal Xirio Online



Nota: Se observa que el estudio ha sido creado, y se muestra una serie de opciones que dan continuidad a la simulación.

Fuente: Xirio online

Se debe seleccionar la opción configurar transmisor, donde se encuentran los siguientes parámetros de configuración.

Figura 44.*Propiedades del Transmisor*

Propiedades del transmisor

Transmisor

Nombre:

Emplazamiento

Emplazamiento:

Coordenadas

Latitud:

Longitud:

Parámetros de radio

Antena:

Altura antena: m

Orientación: °

Inclinación mecánica: °

Inclinación eléctrica: °

Nota: se configuran los parámetros del transmisor, como nombre, coordenadas y parámetros de radio.

Fuente: Xirio online

Figura 45.*Referencia de Alturas de Antenas*

Referencia de alturas de antenas

Alturas respecto a:

Usar altura de edificio:

Altura edificio: m

Frecuencias de transmisión

Frecuencias
3500.000 MHz

Polarización:

Feeder:

Longitud del feeder: m

Pérdidas del feeder: dB

Pérdidas pasivos: dB

Potencia: dBm

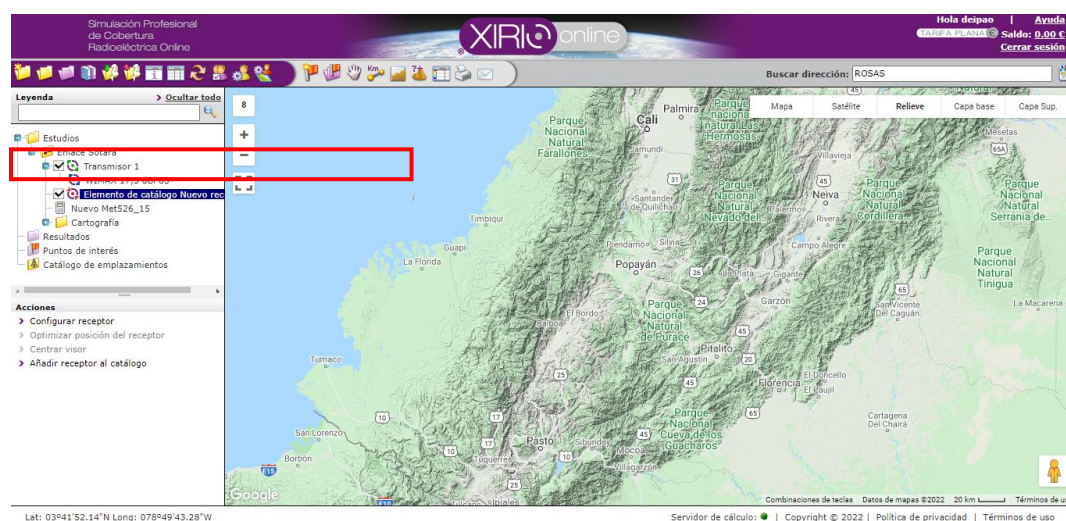
Nota: se configura la frecuencia de transmisión, polarización y potencia

Fuente: Xirio online

Se asigna un nombre descriptivo al transmisor, si se conocen las coordenadas, se agregan o se usa la opción del visor, se configuran los parámetros de radio, para los valores asignados, se trabajan con los valores máximos como la altura 50 metros y la potencia de 12.6 dBm, se configura la polarización y la frecuencia y demás datos que se consideren, clic en aplicar y aceptar, y se cierra la ventana.

Figura 46.

Menú principal Xirio Online - Transmisor



Nota: se visualiza la creación de transmisor Fuente: Xirio online

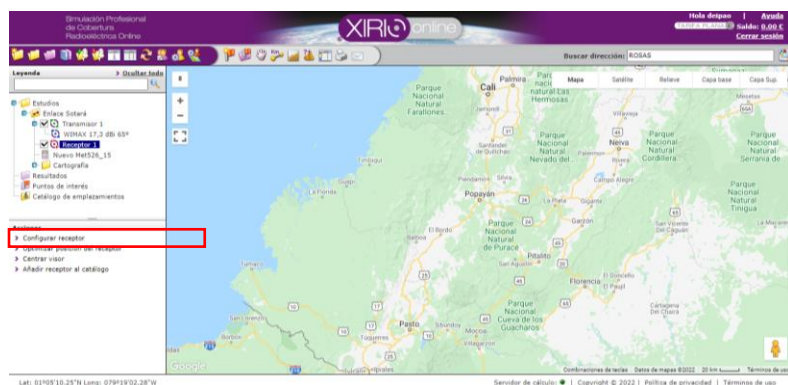
Para configurar los parámetros del receptor, se hace clic en configurar receptor, se muestra una ventana similar a la del transmisor

Figura 47.*Propiedades del Receptor*

Nota: Se configuran los parámetros de la antena receptora, coordenadas, parámetros de radio, polarización, y umbral de recepción.

Fuente: Xirio online

Pueden estudiar diferentes puntos de acuerdo al proyecto a desarrollar, para este caso, las coordenadas fueron consultadas previamente. Una vez se configuren los valores requeridos, se realiza clic en aplicar y luego en aceptar.

Figura 48.*Menú Ordenar Propiedad del Receptor*

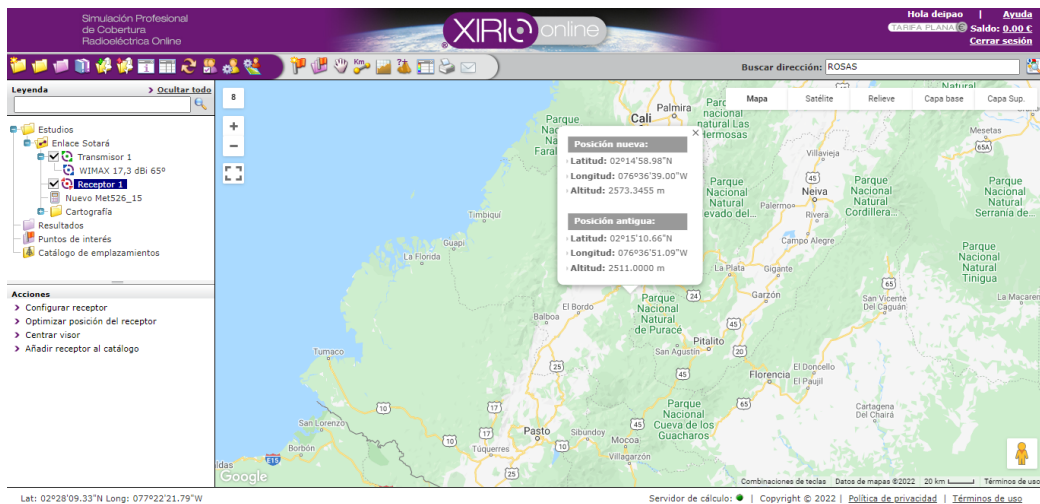
Nota: configurado el receptor, se puede optimizar la posición del receptor, de acuerdo con la imagen.

Fuente: Xirio online

Ya se han configurado los parámetros del transmisor y receptor, se puede optimizar la posición del receptor, lo que genera una nueva altitud, latitud y longitud automáticamente.

Figura 49.

Posición Nueva y Posición Antigua



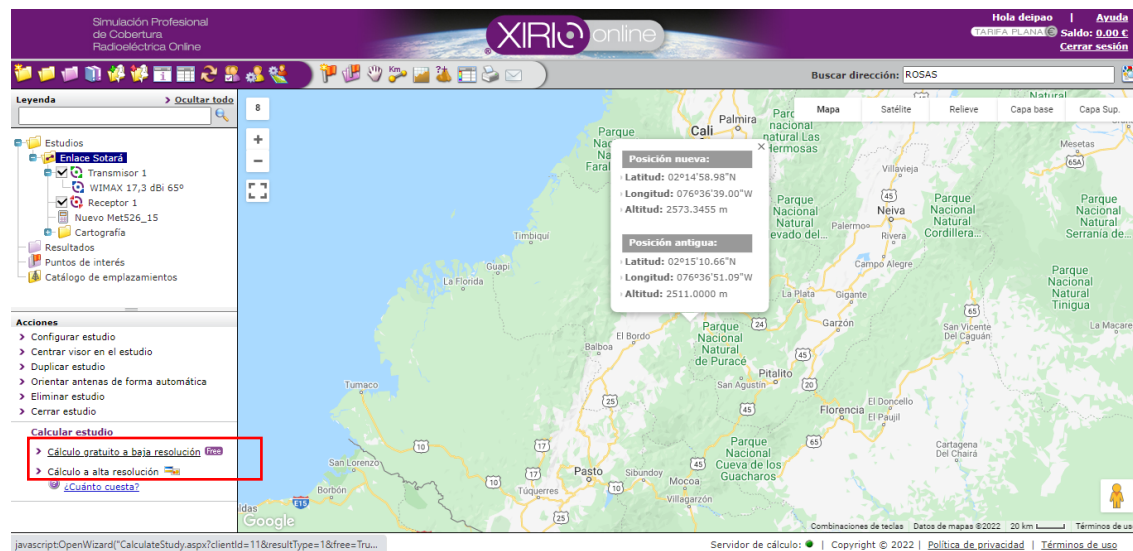
Nota: se visualizan las posiciones antiguas y nuevas, de acuerdo con la optimización realizada.

Fuente: Xirio online

Para realizar el cálculo de los parámetros y línea de vista del enlace, se selecciona el estudio, se hace clic en calcular estudio, cálculo gratuito a baja resolución.

Figura 50.

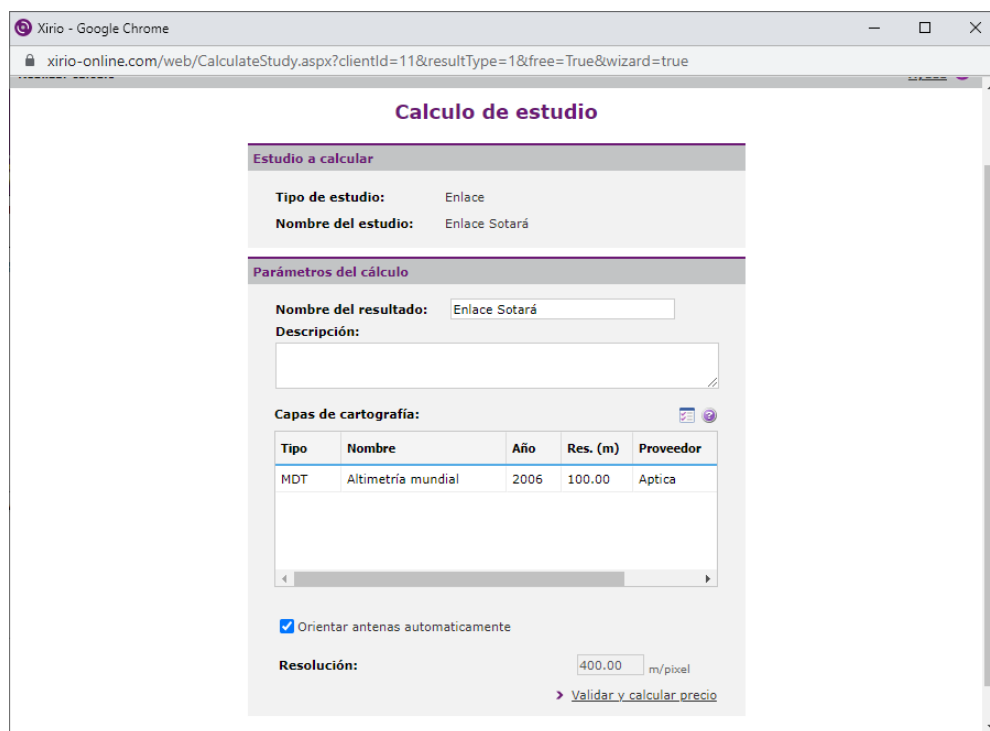
Calcular Estudio del Radioenlace



Nota: permite calcular estudio del radioenlace de acuerdo con los parámetros configurados en la antena receptora y transmisora.

Fuente: Xirio online

Se muestra la siguiente ventana, clic en validar y calcular precio.

Figura 51.*Cálculo del Estudio*

The screenshot shows a web browser window titled "Xirio - Google Chrome" with the URL "xirio-online.com/web/CalculateStudy.aspx?clientId=11&resultType=1&free=True&wizard=true". The page content is titled "Cálculo de estudio" and is divided into several sections:

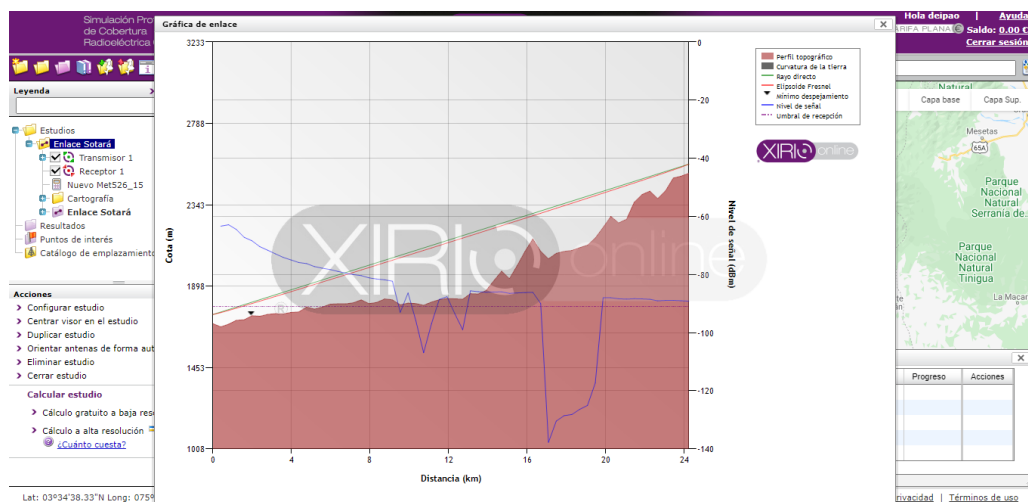
- Estudio a calcular:** Contains two fields: "Tipo de estudio:" with the value "Enlace" and "Nombre del estudio:" with the value "Enlace Sotará".
- Parámetros del cálculo:** Contains a "Nombre del resultado:" field with the value "Enlace Sotará" and a "Descripción:" text area.
- Capas de cartografía:** Contains a table with the following data:

Tipo	Nombre	Año	Res. (m)	Proveedor
MDT	Altimetría mundial	2006	100.00	Aptica
- Below the table, there is a checkbox labeled "Orientar antenas automáticamente" which is checked.
- At the bottom, there is a "Resolución:" field with the value "400.00" and the unit "m/píxel".
- A button labeled "Validar y calcular precio" is located at the bottom right of the form.

Nota: Validar y calcular el estudio de radioenlace

Fuente: Xirio Online

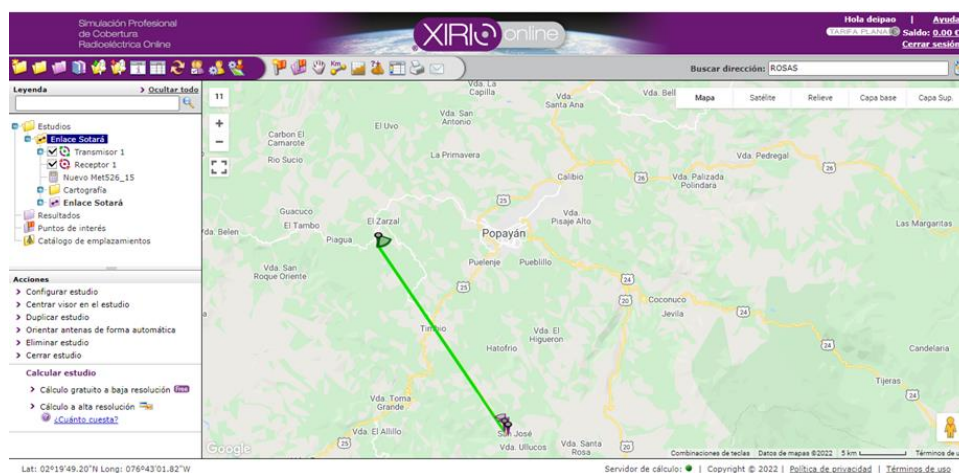
De acuerdo con el cálculo, en la gráfica de enlace se pueden observar valores importantes, como la distancia entre el receptor y transmisor, nivel de la señal en dBm, rayo o línea directa, curvatura de la tierra y perfil topográfico.

Figura 52.*Gráfica de Enlace*

Nota: Resultado del radioenlace

Fuente: Xirio Online

En la siguiente imagen, seleccionando la vista de mapa, se puede observar que el enlace está tiene una línea de vista correcta de acuerdo con los parámetros configurados,

Figura 53.*Línea de Vista del Radioenlace*

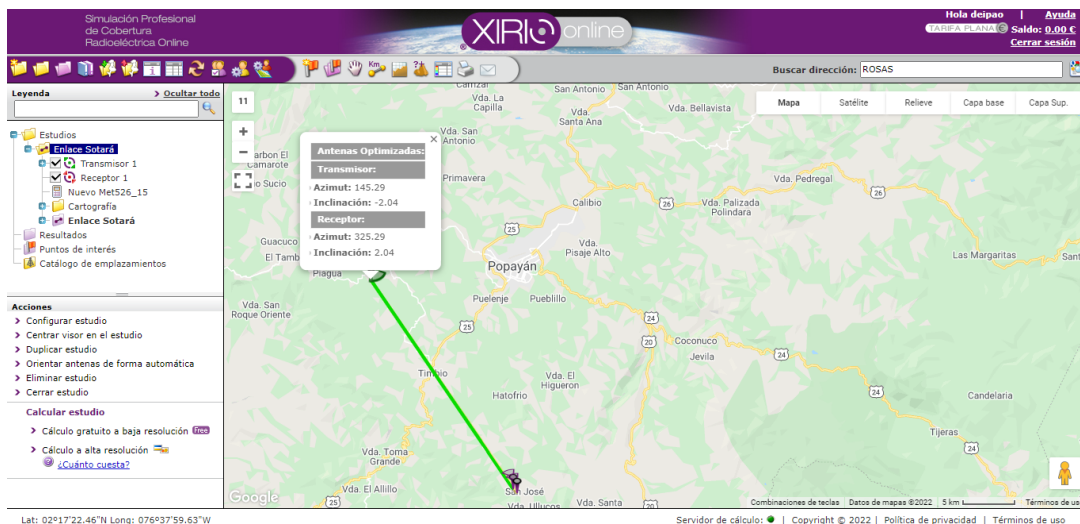
Nota: Línea de vista del radioenlace, el color verde indica que no hay obstáculos

Fuente: Xirio online

Se puede volver a orientar antenas de forma automática, esto con el fin de mejorar la línea de vista y ubicación de las antenas, para ello se realiza clic en la opción, orientar antenas de forma automática, como se indica en la siguiente imagen:

Figura 54.

Orientar Antenas de Forma Automática



Nota: Inclinación y Azimut de las antenas receptoras y transmisoras.

Fuente: Xirio Online

Como resultado de la optimización, se evidencia un mensaje de Antenas optimizadas para transmisor y receptor.

Diseño WLAN

Selección del Access Point o Router Inalámbrico

Cómo saber si elegir un Access Point o un router inalámbrico, la diferencia entre estos dos dispositivos es que el Access Point, sólo permite la conexión inalámbrica, y no tiene parámetros de direccionamiento IP, en cambio el router permite asignar direcciones IP diferentes a las direcciones IP de la LAN, lo que garantiza la disponibilidad de direcciones IP e independencia en la asignación.

Dependiendo del área de cobertura requerida es importante seleccionar un router, que brinde potencia suficiente, alcance y modulaciones que optimicen la calidad del servicio, por lo general las redes que manejan routers con tecnología 802.11n y 802.11ac son compatibles con las frecuencias de 2,4 GHz y 5 GHz, lo que brinda compatibilidad con los dispositivos b/g/n/ac.

Dentro de las tecnologías encontradas y routers más destacados, se encuentran aquellos fabricados bajo el estándar 802.11 ac, denominado Wifi 6, los cuales presentan buena cobertura, mejora en la capacidad y rendimiento de la red.

Ubicación del Router Wifi.

para la ubicación del router, se debe analizar los diferentes puntos posibles de ubicación, es decir comprobar que efectivamente los puntos que se consideran a simple vista permiten la mayor cobertura, en la actualidad se encuentran diferentes aplicaciones que permiten realizar este análisis, dentro de las cuales se encuentran:

- Wifi analyzer
- Analizador Wifi
- Wifi monitor
- Fing
- Netspot

Una vez identificada la ubicación del punto donde brinda la mayor cobertura en la zona y evita al máximo los puntos ciegos, se procede a instalarlo.

Parámetros de configuración.

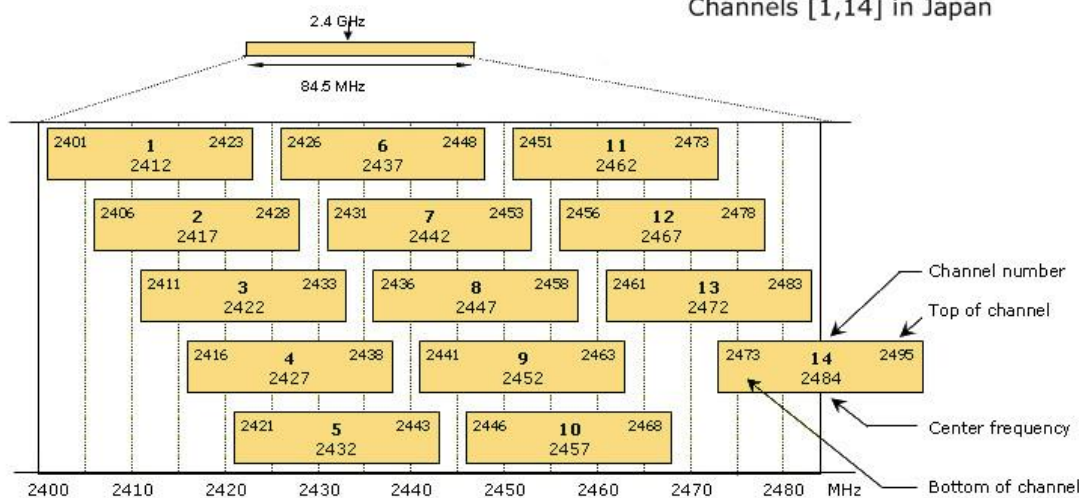
Es importante identificar los parámetros básicos y fundamentales en la configuración Wifi, ya que una mala configuración puede afectar significativamente el comportamiento de la red.

Se debe realizar un estudio de las redes Wifi que se detectan en la zona, con el objetivo de conocer los canales disponibles o menos ocupados, se debe entender que de acuerdo con los estándares 802.11b/g/n el ancho de banda de cada canal es de 22 MHz, pero los canales óptimos a configurar son el 1, 6 y 11, para la frecuencia de 2,4 GHz, debido a que estos canales no se interponen entre sí.

Figura 55.

Adoptado de Canales 802.11 b/g/n

2.4 GHz ISM Band: Channels [1,11] in North America; Channels [1,13] in Europe
Channels [1,14] in Japan



Nota: Distribución de canales del espectro de 2.4 GHz

Fuente: http://www.reydes.com/d/?Q=canales_802_11_b_g

Identificado el canal menos ocupado, se configuran los parámetros inalámbricos, como nombre de red, canal, visibilidad de la red, modo, ancho de canal, parámetros LAN, WAN, DHCP y seguridad Wifi.

Redes Wifi Seguras.

Si se pretende configurar una red con buena seguridad, se recomienda configurar los siguientes parámetros:

- **Difusión Wifi (SSID broadcast):** desactivar esta opción permitirá que el nombre de red no se muestre en los dispositivos inalámbricos, generando una red llamada “otra red”, y sólo aquellos que tengan el nombre de la red pueden ingresar.
- **LAN:** por defecto los router inalámbricos tienen valores por defecto, se recomienda cambiar la dirección IP, y desactivar el DHCP si lo que se busca es garantizar que sólo ciertos usuarios se puedan conectar, en caso contrario se debe dejar activo, para facilitar la conexión.
- **WAN:** la configuración WAN está limitada por la administración de la red a la cual se conecta el internet, si se conecta directamente al proveedor de servicios de internet, esta opción por lo general debe estar configurada en DHCP, de lo contrario es probable que se deba configurar una dirección IP estática.
- **Seguridad Wifi:** para tener una clave más segura, se recomienda usar el tipo de seguridad WPA2/PERSONAL, el cual permite configurar una red usando diferentes caracteres y con buena longitud, se recomienda que se alterne el uso de mayúsculas, minúsculas, número y símbolos.

Diseño LAN

Para la respectiva instalación de la red LAN, debe identificarse el punto de conexión de internet, y la distribución de la red, teniendo en cuenta las normas y estándares internacionales que rigen el cableado estructurado, (ANSI/TIA/EIA/568-b: alcance y requisitos mínimos de instalación del cableado estructurado en entornos comerciales, ANSI/TIA/EIA/569-a: ductos y

rutas del cableado, y la ANSI/TIA/EIA-606-A: establece los sistemas de administración), el cual está compuesto de acuerdo a la norma ANSI/TIA/EIA/568-A por:

- Cableado vertical- backbone
- Cuarto de telecomunicaciones
- Cableado horizontal
- Área de trabajo

El Cableado Vertical o Backbone

Es la columna vertebral que permite interconectar edificios o diferentes pisos del mismo edificio, este cableado vertical se encarga del tráfico de toda la red, por lo tanto, debe usarse un medio de transmisión que permita altas velocidades, si así lo requiere la red a instalar, es decir cuando se estime el uso de más de 20 equipos de cómputo puede optar por usar fibra óptica, en condiciones inferiores, basta con usar cable UTP categoría 6 o superior.

Cuarto de Telecomunicaciones

El cuarto de telecomunicaciones debe ser un lugar que cumpla con condiciones ambientales, seguras, y de acceso a personal autorizado, para garantizar que los equipos y dispositivos que se ubiquen ahí estén en óptimas condiciones de funcionamiento.

En el cuarto de telecomunicaciones se debe disponer de un armario rack, las dimensiones del armario varían dependiendo del tamaño de la red a instalar, por lo general el armario se mide en unidades o pulgadas, cada unidad es un dispositivo que se puede ubicar dentro del armario, por lo general se encuentran los siguientes dispositivos o elementos:

- Router
- Switch
- Patch panel

Cada uno de ellos es una unidad, siempre y cuando la cantidad de puertos no supere los 24.

La conexión del backbone puede llegar mediante fibra óptica al router, o mediante cable UTP, STP O FTP si se realiza un radioenlace con la red de acceso a internet.

Conexión

La conexión del router se conecta un cable UTP o fibra óptica al switch, si la red es de gran tamaño, tanto el router como el switch deben tener puertos de fibra óptica para su respectiva conexión, si es una red básica, no requiere tanta inversión, aunque es mejor hacer la instalación pensando a futuro en el crecimiento exponencial de las necesidades de la red.

Conexión del Switch al Patch Panel

Se realiza la conexión de los puertos del switch al patch panel, mediante un patch cord (cable UTP con los respectivos conectores RJ-45) la medida máxima de este cable es de aproximadamente 3 a 7 metros, en este punto de la instalación es importante dos factores, el código con el cual se va a realizar la instalación y la rotulación de los diferentes puntos de la red.

Para los códigos de colores se tienen los siguiente:

Tabla 7.

Código de colores 568A y 568B

568 a	568 b
Blanco verde	Blanco naranja
Verde	Naranja
Blanco naranja	Blanco verde
Azul	Azul
Blanco azul	Blanco azul

Naranja	Verde
Blanco café	Blanco café
Café	Café

Fuente: Instituto Nacional Estadounidense de Estándares

La instalación en la red se trabaja con un solo código, por lo general es de preferencia la elección.

En casos específicos se trabajan ambas normas, para la construcción de los diferentes cables cruzados, requeridos para conexiones específicas.

Área de trabajo

La instalación del área de trabajo está compuesta por varios procedimientos:

1. Identificación de los puntos de red (puesto de trabajo)
2. Medición de la distancia del punto de usuario (Face Plate) al patch panel.
3. Rotulación para la identificación de extremo a extremo
4. Tendido del cable
5. Ponchado del cable
6. Pruebas
7. Certificación si es requerido.

Identificación de los Puntos de Red

Hace relación a los puntos de datos, dentro de las oficinas o ambiente de trabajo, es importante identificarlo y rotularlo, la rotulación por lo general puede variar dependiendo de la numeración de los ambientes, pisos, o puntos, por lo general se indica D01, cuando la cantidad de puntos a instalar es inferior a 99 y la D se usa para indicar que es datos, pero esto no es una camisa de fuerza.

Medición de la distancia de la toma de usuario (Face Plate) al patch panel: esta medición comprende la ruta del cable desde el punto del usuario hasta el patch panel, se debe tener en cuenta que la norma indica que la distancia no exceda los 100 metros, adicionalmente a la medida realizada se le aumenta una tolerancia del 10% como margen de error.

Rotulación para la Identificación de Extremo a Extremo

Una vez medida la distancia mencionada anteriormente, debe rotularse los extremos del cable, para identificarlos antes de realizar el tendido, es importante realizar la rotulación, debido a la cantidad de cables que llegan al rack, y de esta forma se logra una correcta identificación del punto de datos, evitando así reprocesos y dilatación en la instalación.

Tendido del Cable

Una vez rotulado el cable, se procede a realizar el tendido, usando las rutas determinadas, ya sean canaletas, cielo falso, piso falso o ductos.

Ponchado del Cable

Teniendo en cuenta el código de colores predilecto, se realiza el ponchado en el punto del usuario en el Jack para rj-45, teniendo en cuenta que el cable UTP usado para la instalación mínimo debe ser categoría 6, el Jack debe ser de la misma categoría, una vez ponchado en este extremo, se ajusta el respectivo Face Plate para proteger y fijar la conexión.

Figura 56.

Jack para RJ-45



Nota: Jack para RJ-45 categoría 6. Fuente: Amp -mercadolibre

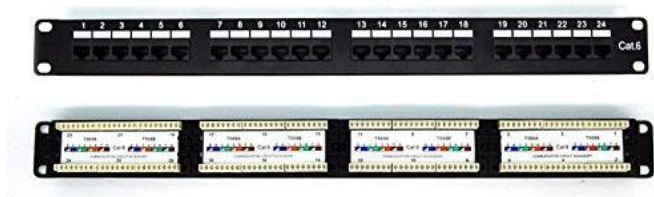
Figura 57.*Face Plate Doble*

Nota: Face Plate de 2 puertos

Fuente: Redcables

En el otro extremo, se poncha en el patch panel de acuerdo a la rotulación indicada, importante tener en cuenta que el patch panel debe ser categoría 6, debido a algunas características físicas del cable, esto permite que la conexión sea más cómoda, práctica y sencilla de realizar.

En el patch panel debe interpretarse el código de colores a ponchar, de acuerdo con la marca la distribución de los pines puede variar.

Figura 58.*Patch Panel de 24 Puertos Categoría 6*

Nota: vista delantera y trasera de un patch panel de 24 puertos

Fuente: Amazon

Pruebas de Red

Hay dos tipos de pruebas que se pueden realizar, una es mediante un probador de red, el cual permite identificar la continuidad de los pines de cada punto de datos, y la otra prueba es mediante un certificador de red, el certificador aparte de identificar la continuidad de cada pin

del cable, también mide otros parámetros importantes que determinan la calidad de la conexión y funcionamiento de la red en condiciones de alta transmisión.

Probador de Red.

La función del probador de red es verificar la conexión de cada hilo conductor del cable de red de extremo a extremo, indicando si hay conectividad, está abierto o hay un cortocircuito.

Una vez se termina de hacer la instalación y el respectivo pochado, se usa el probador de cable para garantizar que los cables estén bien terminados, es decir que la continuidad se muestre pin 1 con pin 1, pin 2 con pin 2, y así sucesivamente hasta llegar al pin 8.

Figura 59.

Probador de Red



Nota: probador de red y probador de tono, permite verificar la continuidad y ubicación del cable de extremo a extremo

Fuente: Mercado libre

Certificación de Red.

El certificador de red es un equipo que permite evaluar unos parámetros de acuerdo con la ISO/IEC 11801 2.^a edición para indicar si la red cumple con estándares de calidad,

normalmente el certificador puede medir parámetros de cable de par trenzado y fibra óptica, los parámetros que se miden son:

La longitud del Enlace.

Permite medir la longitud de cada punto de datos, teniendo en cuenta que el rango máximo permitido es 90 metros.

Mapa del cableado.

Realiza un diagrama de cada par de cable y su respectiva longitud.

Atenuación.

Hace referencia a la pérdida de la señal que se presenta debido a la longitud del cable y una mala conexión, existen valores mínimos permitidos por el certificador de acuerdo con la categoría a certificar, este parámetro se mide por cada par del cable y de acuerdo a una frecuencia establecida.

NEXT (Near- End Crosstalk) Intermodulación en el extremo cercano

Mide la diafonía o ruido inducido por un par transmisor a otro par receptor cercano.

PSNEXT (Power Sum NEXT) Suma de potencias de NEXT

Calcula los efectos del NEXT individual por par sobre los tres pares restantes, para calificar los cables cuando realizan cuatro transmisiones simultáneas, de acuerdo con lo exigido en el esquema Gigabit Ethernet. (Perez, 2005)

Esta prueba garantiza el funcionamiento en redes de transmisión simultánea en más de un par para un enlace.

Pérdida de retorno (Return Lost)

Mide la diferencia entre la señal transmitida y reflejada, la energía reflejada es causada por la desadaptación de impedancia en el cable, el certificador inyecta una señal con la cual realiza el cálculo de la energía reflejada vs la transmitida, Perez(2005).

Resistencia de bucle.

“Está determinada por la sección transversal y conductividad de los hilos de cobre de los pares. Esta medida se da en variables de ohmios, y varía de acuerdo con la categoría del cable. Los límites de la máxima resistencia de lazo admisible han sido fijados en función de los requerimientos de las aplicaciones de red” (Lucero, 2018).

ACR (*Attenuation To Crosstalk Loss Ratio*): es la relación entre la señal útil y el nivel de interferencia, está ligado a los resultados del NEXT, los cuales están relacionados al trenzado de los pares (Lucero, 2018).

Figura 60.

Cláusula 6 Estándar ISO/IEC 11801 2.ª Edición Categoría 6

Class E:

Frequency MHz	Attenuation	PS NEXT	PS ACR-N	PS ACR-F	Return Loss	Coupling Attenuation	PS ANEXT	PS AACR-F	Propagation delay	Delay Skew	Unbalance Attenuation
MHz	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	us	us	dB
1	4,0	62,0	58,0	60,3	19,0	NA	-	-	0,580	0,050	40,0
4	4,2	60,5	56,4	48,2	19,0	NA	-	-	0,562	0,050	40,0
10	6,6	54,0	47,4	40,3	19,0	NA	-	-	0,555	0,050	38,0
16	8,3	50,6	42,3	36,2	18,0	NA	-	-	0,553	0,050	34,9
20	9,3	49,0	39,7	34,2	17,5	NA	-	-	0,552	0,050	33,5
31	11,7	45,8	34,1	30,4	16,5	50,2	-	-	0,550	0,050	30,5
62	16,8	40,6	23,8	24,4	14,1	44,2	-	-	0,549	0,050	24,5
100	21,7	37,1	15,4	20,3	12,0	40,0	-	-	0,548	0,050	20,3
125	24,5	35,4	10,9	18,3	11,0	38,1	-	-	0,547	0,050	18,4
155	27,6	33,8	6,2	16,5	10,1	36,2	-	-	0,547	0,050	16,5
175	29,5	32,9	3,4	15,4	9,6	35,1	-	-	0,547	0,050	15,4
200	31,7	31,9	0,1	14,2	9,0	34,0	-	-	0,547	0,050	14,3
250	35,9	30,2	-5,8	12,3	8,0	32,0	-	-	0,546	0,050	12,3

Nota: Parámetros de calidad del cable categoría E de acuerdo con la frecuencia de operación

Fuente: Documento Estándar ISO/IEC 11801 2

Figura 61.

Cláusula 6 Estándar ISO/IEC 11801 2.ª Edición Categoría 6a

Class E_A:

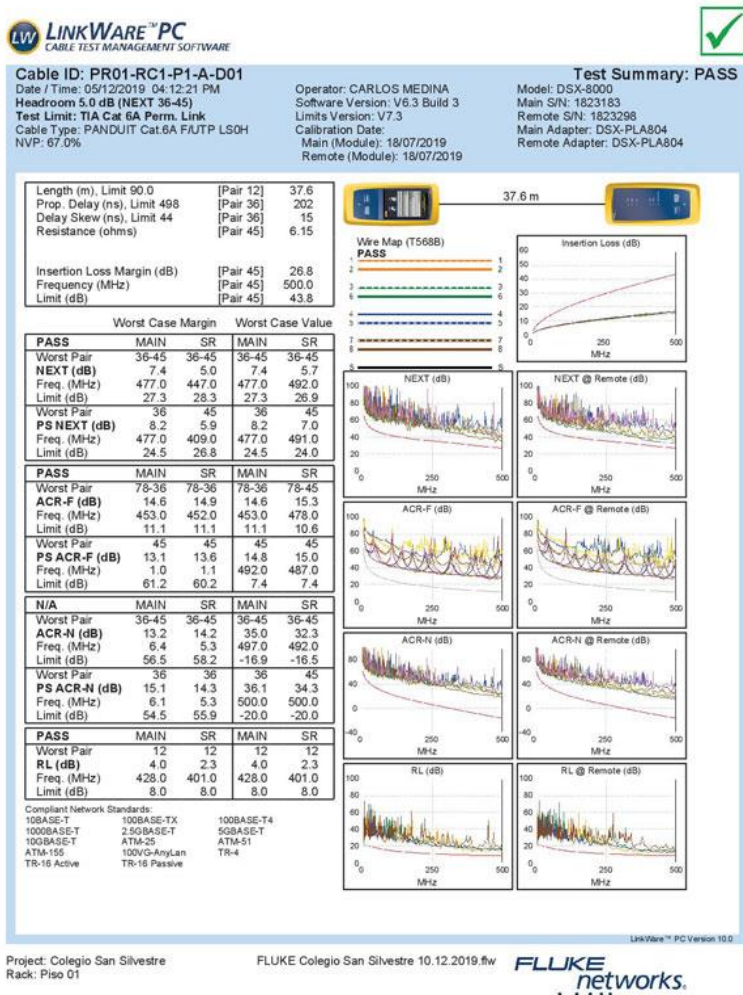
Frequency MHz	Attenuation	PS NEXT	PS ACR-N	PS ACR-F	Return Loss	Coupling Attenuation	PS ANEXT	PS AACR-F	Propagation delay	Delay Skew	Unbalance Attenuation
MHz	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	us	us	dB
1	4,0	62,0	58,0	60,3	19,0	NA	67,0	67,0	0,580	0,050	40,0
4	4,2	60,5	56,4	48,2	19,0	NA	67,0	65,0	0,562	0,050	40,0
10	6,5	54,0	47,5	40,3	19,0	NA	67,0	57,0	0,555	0,050	38,0
16	8,2	50,6	42,4	36,2	18,0	NA	67,0	52,9	0,553	0,050	34,9
20	9,2	49,0	39,8	34,2	17,5	NA	67,0	51,0	0,552	0,050	33,5
31	11,4	45,8	34,3	30,4	16,5	50,2	65,1	47,2	0,550	0,050	30,5
62	16,3	40,6	24,3	24,4	14,1	44,2	62,1	41,2	0,549	0,050	24,5
100	20,9	37,1	16,2	20,3	12,0	40,0	60,0	37,0	0,548	0,050	20,3
125	23,5	35,4	11,9	18,3	11,0	38,1	58,5	35,1	0,547	0,050	18,4
155	26,3	33,8	7,5	16,5	10,1	36,2	57,1	33,2	0,547	0,050	16,5
175	28,0	32,9	4,8	15,4	9,6	35,1	56,4	32,1	0,547	0,050	15,4
200	30,1	31,9	1,8	14,2	9,0	34,0	55,5	31,0	0,547	0,050	14,3
250	33,9	30,2	-3,7	12,3	8,0	32,0	54,0	29,0	0,546	0,050	12,3
300	37,4	28,8	-8,6	10,7	7,2	30,5	52,8	27,5	0,546	0,050	FFS
400	43,7	26,6	-17,1	8,2	6,0	28,0	51,0	25,0	0,546	0,050	FFS
500	49,3	24,8	-24,5	6,3	6,0	26,0	49,5	23,0	0,546	0,050	FFS

Nota: Parámetros de calidad del cable categoría E_A de acuerdo con la frecuencia de operación

Fuente: Documento Estándar ISO/IEC 11801 2

Figura 62.

Resultado Certificación - Manual Omniscanner



Nota: se observa que en todos los parámetros se cumplen con los límites. Fuente: Fluke networks

Análisis de Costos

Si bien es cierto que la instalación por medio de radioenlaces facilita el proceso de

implementación, también surge una serie de incrementos en los costos, dependiendo del espectro de frecuencia, se debe verificar que esté disponible por la CRC (Comisión de Regulación de Comunicaciones), MinTIC (Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones) y hacer un proceso de concesión, el cual implica: De conformidad

con la ley 1341 de 2009, modificada por la ley 1978 de 2019, el uso del espectro radioeléctrico, requiere permiso previo y expreso del ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones, que debe ser otorgado mediante mecanismos de selección objetiva, previa convocatoria pública , con la cual se determine si existe un número plural de interesados, con excepción del uso de frecuencias destinadas a la defensa nacional, la atención y prevención de situaciones de emergencia y seguridad pública, casos en los que prime la continuidad del servicio⁷ o aquellos permisos que se conceden para la realización de pruebas técnicas. Este permiso puede ser otorgado hasta por 20 años y su uso da lugar a una contraprestación económica a favor del fondo único de tecnologías de la información y las comunicaciones (MinTic, 2020, p.14).

En cuanto a los costos en la instalación de la WLAN y LAN se estima:

WLAN: los cálculos se basan en un supuesto para una red de 10 equipos de cómputo

Tabla 8.

Materiales para Instalación de una WLAN

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Router inalámbrico	1	600.000	600.000
Tarjeta inalámbrica PCI	10	50.000	500.000
Total			1.100.000

Fuente: Elaboración propia

LAN: los cálculos se basan en un supuesto para una red de 10 equipos de cómputo

Tabla 9.*Materiales para la Instalación de una LAN*

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Switch de 12 puertos	1	450.000	450.000
Rack gabinete 5ru pared con bandeja y multitoma	1	204.000	204.000
Patch panel cat. 6 x 24 puertos	1	189.000	189.000
Patch cord cat. 6 x 2 metros	11	7.500	82.500
Jack para rj45 cat. 6	10	5.000	50.000
Cable UTP cat. 6 promedio de 25 metros	10	50.000	500.000
Canaleta Dexson 60x40 pieza de 2mts	* depende del diseño	39.100	
Face Plate	* depende del diseño	5.000	
Caja externa Dexson 60x40	* depende del diseño	6.000	
Total			1.475.500

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones y Recomendaciones

En este proyecto aplicado se propuso como objetivo principal el realizar una guía metodológica para el diseño de enlaces inalámbricos que integre las necesidades de conectividad de estudiantes Unadistas, ubicados en el Municipio de Sotará (Cauca), de esta manera se procedió a realizar un estudio de diferentes aspectos que involucran el poder diseñar una guía que abarque la necesidad de los estudiantes Unadistas y se pudo llegar a las siguientes

Conclusiones:

Si bien prestar un servicio por medios inalámbricos facilita el la instalación y funcionamiento del servicio, el trámite inicial para el permiso del uso de frecuencias y costos de dichos permisos puede llevar más tiempo de lo esperado, ya que depende de factores de regulación nacional.

Los costos en las redes WLAN comparados con los costos de una LAN son más económicos y fácil de instalar, pero se debe tener en cuenta factores de estabilidad, calidad y seguridad, ya dependerá de la alcaldía u organismo destinado a la administración del acceso a internet cual es el factor primordial para dicha implementación.

Los radioenlaces y su diseño involucra desde dispositivos como las antenas transmisora y receptora hasta el espectro radioeléctrico para la propagación de la señal, donde los parámetros de configuración que se le brinden a dichos elementos determinan el funcionamiento del radioenlace, es decir que para la elección de una antena se debe tener en cuenta aspectos como la directividad, ganancia, potencia y para la propagación de la información entre esas antenas se debe elegir una tecnología la cual trabajará bajo algún rango de bandas de frecuencia. En el caso del Municipio de Sotará que es una zona

de difícil acceso se evalúa la opción de una tecnología que trabaje en el rango de frecuencias del dividendo digital.

El dividendo digital cuenta con características de propagación que permitirán ofrecer una mejor cobertura en áreas rurales de difícil acceso lo cual contribuirá a la reducción de la brecha digital en la que hasta el año 2020 sólo el 40% de la población mundial tienen acceso o hace uso de las TIC's, demostrando un escenario nacional de condiciones de desigualdad, así mismo la implementación del dividendo digital contribuye al crecimiento económico, la generación de empleo y beneficios que surgen del uso de las tecnologías.

La topología seleccionada ofrece cobertura hacia la alcaldía de Sotará desde un nodo transmisor en Rosas en donde existe una distancia de 24 ,5 Km donde a la fecha no cuenta con cobertura de fibra óptica ni cable coaxial y acceden a servicios de internet por medio de un enlace PTP en las frecuencias 4900 -6100 MHz, por medio de la cual se evidencia el alcance para este tipo de conexiones, demostrando que se pueden mejorar las condiciones de acceso y calidad del servicio.

Con el uso de software de simulación de radioenlaces como Xirio, Radio Mobile y el apoyo de Google Earth, se permite crear un ejemplo de diseño basado en un trayecto con coordenadas reales, donde principalmente se debe tener un perfil de elevación con el que se evalúan los obstáculos del trayecto y si existe línea de vista (teniendo en cuenta los parámetros ya indicados anteriormente) entre las antena transmisora y la antena receptora, una vez se configuraron todos los datos de la antena elegida, la cual debe trabajar en el rango de frecuencias del dividendo digital (698- 806 MHz) y a su vez contar con un rango de cobertura que abarque la distancia de antena

transmisora a receptora, se procede a analizar los resultados del software que permiten diagnosticar si el nivel de señal relativo es similar a la nivel del receptor para dar cobertura y una primera zona de Fresnel no obstruida, donde normalmente es suficiente despejar el 60% del radio de la primera zona para tener un enlace dentro de los parámetros de calidad (un radio enlace se garantiza con el 0,6 del Fresnel), en este caso en particular no es necesario la implementación de repetidoras ya que los enlaces entre antenas tienen línea de vista directa.

En la presente guía se han considerado los principales aspectos metodológicos que involucran en el proceso de diseño de un radioenlace para zona rural de Sotará Cauca, estableciendo una serie de pasos técnicos y de teoría básica para la implementación de una red de transmisión de datos mediante el uso de simuladores, incluyendo el análisis de resultados del ejemplo donde se logra con éxito la comunicación entre las estaciones simuladas, lo que permite ser un referente en las telecomunicaciones y áreas afines para implementar otros sistemas de comunicación.

Una vez se presentan las tecnologías futuras aplicables al diseño del radioenlace en zonas rurales del Cauca se expone la propuesta de integrar las tecnologías que involucran el uso de fibra óptica y sus respectivos dispositivos, debido a la reducción en los costos que este medio representa en la actualidad y la calidad en la transmisión de banda ancha.

Recomendaciones

El funcionamiento de cualquier enlace depende del presupuesto de potencia, es decir del cálculo de ganancias y pérdidas, donde se debe asegurar como mínimo la primera zona de Fresnel en un 60% y la calidad de los equipos a implementar de acuerdo

con las fichas técnicas de los equipos y materiales (Universidad de Aquino Bolivia Microondas, 2022).

Se debe tener en cuenta la normatividad y restricciones de las tecnologías aplicables para la implementación de las diferentes tecnologías inalámbricas para los radioenlaces al igual que identificar las entidades de gestión y control del espectro radioeléctrico en Colombia las cuales permiten facilitar la implementación de los radioenlaces bajo las normas que regulan el uso del espectro.

Actualmente y gracias a la tecnología se sugiere apoyarse y según el requerimiento en los distintos simuladores para el cálculo de radioenlaces los cuales facilitan la predicción de la propagación de las señales y la evaluación de las diferentes opciones para brindar una o varias soluciones a un diseño que involucra variables y cálculos dependiendo de la zona geográfica.

Anexo A: Tecnologías Futuras

Debido a la liberación del espectro de frecuencia, utilizado para la televisión análoga, se han realizado estudios sobre el reuso de este espectro de frecuencia, encontrando la oportunidad de aplicación en redes rurales, por esta razón, a continuación, se describen los principales factores que se deben tener en cuenta en relación con el espectro radioeléctrico libre y su concesión.

El MinTIC es el encargado de otorgar la autorización para el uso del espectro radioeléctrico, razón por la cual la asignación está sujeta a proyectos alineados a las políticas de gobierno que propenden a mejorar la prestación de servicios de internet en el territorio nacional.

La ANE (Agencia Nacional Del Espectro), es quien cumple la función de actualizar el CNABF donde se encuentra la información concerniente con la atribución del espectro radioeléctrico en Colombia.

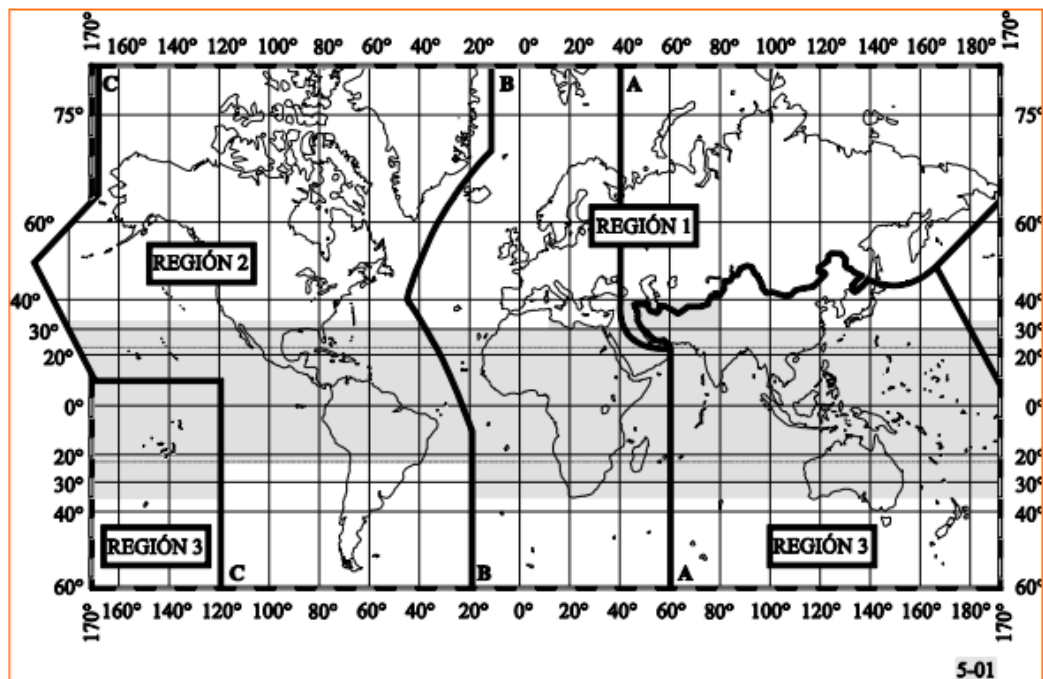
“atribución de frecuencias

3.1 regiones y zonas

3.1.1 desde el punto de vista de la atribución de las bandas de frecuencias, se ha dividido el Mundo en tres regiones1 indicadas en el siguiente mapa, Colombia pertenece a la región 2.”

Figura 63.

Atribución de Frecuencias por Zonas y Regiones



Nota: Regiones asignadas a nivel mundial, para la atribución de frecuencias.

Fuente: CNABF

El cuadro consta de cuatro columnas, la columna uno (1) expresada en unidad de frecuencias, la columna dos (2) es la atribución recomendada para la región 2 por la UIT, la tercera columna, es la atribución determinada en Colombia y la columna cuatro (4) es el listado de las notas nacionales.

La interpretación de las notas nacionales, pueden observar en el documento “cuadro nacional de atribuciones de bandas de frecuencias versión 2022”. (CNABF, 2022, pág. 87)

Figura 64.

CNABF

Unidad	Región 2	Colombia	Notas nacionales
MHz	455 - 456 FIJO MÓVIL 5.286AA MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.209 5.286A 5.286B 5.286C	455 - 456 FIJO MÓVIL 5.286AA MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.209 5.286A 5.286B 5.286C	CLM 3 CLM 17 CLM 18 CLM 21 CLM 24
MHz	456 - 459 FIJO MÓVIL 5.286AA 5.271 5.287 5.288	456 - 459 FIJO MÓVIL 5.286AA 5.271 5.287 5.288	CLM 3 CLM 17 CLM 18 CLM 19 CLM 21 CLM 24
MHz	459 - 460 FIJO MÓVIL 5.286AA MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.209 5.286A 5.286B 5.286C	459 - 460 FIJO MÓVIL 5.286AA MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.209 5.286A 5.286B 5.286C	CLM 3 CLM 17 CLM 24
MHz	460 - 470 FIJO MÓVIL 5.286AA Meteorología por satélite (espacio-Tierra) 5.287 5.288 5.289 5.290	460 - 470 FIJO MÓVIL 5.286AA Meteorología por satélite (espacio-Tierra) 5.287 5.288 5.289 5.290	CLM 3 CLM 17 CLM 18 CLM 21 CLM 24
MHz	470 - 512 RADIODIFUSIÓN Fijo Móvil 5.292 5.293 5.295	470 - 512 RADIODIFUSIÓN 5.292 5.293 5.295	CLM 3 CLM 11 CLM 24
MHz	512 - 608 RADIODIFUSIÓN 5.295 5.297	512 - 608 RADIODIFUSIÓN 5.295 5.297	CLM 3 CLM 11 CLM 24
MHz	608 - 614 RADIOASTRONOMÍA Móvil por satélite salvo móvil aeronáutico por satélite (Tierra-espacio)	608 - 614 RADIOASTRONOMÍA Móvil por satélite salvo móvil aeronáutico por satélite (Tierra-espacio)	CLM 3 CLM 24
MHz	614 - 698 RADIODIFUSIÓN Fijo Móvil 5.293 5.308 5.308A 5.309	614 - 698 MÓVIL RADIODIFUSIÓN 5.293 5.308 5.308A 5.309	CLM 3 CLM 11 CLM 24
MHz	698 - 806 MÓVIL 5.317A RADIODIFUSIÓN Fijo 5.293 5.309	698 - 806 MÓVIL 5.317A 5.293 5.309	CLM 3 CLM 21 CLM 24
MHz	806 - 890 FIJO MÓVIL 5.317A RADIODIFUSIÓN 5.317 5.318	806 - 821 MÓVIL 5.317A 5.317 821 - 824 MÓVIL 5.317A 5.317 824 - 849 FIJO MÓVIL 5.317A 5.317	CLM 3 CLM 17 CLM 24 CLM 3 CLM 17 CLM 24 CLM 3 CLM 21 CLM 24
MHz	450 - 455 FIJO MÓVIL 5.286AA 5.209 5.271 5.286 5.286A 5.286B 5.286C 5.286D 5.286E	450 - 455 FIJO MÓVIL 5.286AA 5.209 5.271 5.286 5.286A 5.286B 5.286C 5.286D 5.286E	CLM 3 CLM 17 CLM 18 CLM 19 CLM 21 CLM 24

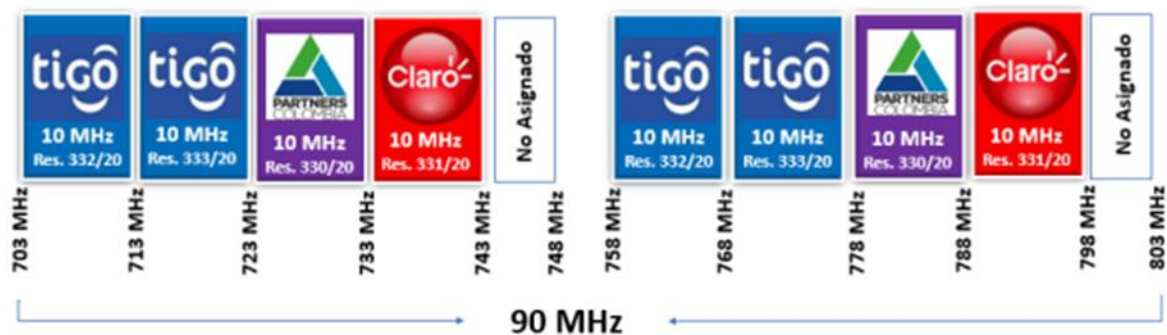
Nota: atribución de bandas de UHF, proveedores y sus usos.

Fuente: CNABF

La ANE, en su publicación tendencias del uso del espectro radioeléctrico banda de 700 MHz – 2020, hace pública la asignación de segmentos de frecuencias

Figura 65.

Asignación de Frecuencia Servicios Móviles Terrestres Banda de 700



Nota: asignación del espectro de frecuencia a los Proveedores de telefonía móvil.

Fuente: Agencia Nacional del espectro

Costos relacionados a la asignación

Figura 66.

Asignación del Espectro Subasta Año 2019

	Frecuencias			Asignatarios		
	Upload (MHz)	Download (MHz)	Cantidad de espectro (MHz)	Proveedor	Región	Valor Asignación por bloque a 20 años (Valores COP para año 2019) – contraprestación económica
700 MHz	703-713	758-768	20	Colombia Móvil S.A. ESP (Tigo)	Nacional	950.000.000.000
700 MHz	713-723	768-778	20	Colombia Móvil S.A. ESP (Tigo)	Nacional	1.500.000.000.000
700 MHz	723-733	778-788	20	Partners Telecom Colombia S.A.S WOM	Nacional	950.000.000.000
700 MHz	733-743	788-798	20	Comunicación Celular S.A. (Claro)	Nacional	949.257.348.108

Nota: costos relacionados a la adquisición de un espectro de frecuencia por los diferentes proveedores de telefonía móvil. Fuente: (MIN TIC, 2019)

“En Colombia la asignación de permisos de uso del espectro radioeléctrico no ha sido uniforme ni a lo largo del tiempo, ni para las diferentes bandas de frecuencia. Esto ha generado limitaciones para el acceso oportuno a este recurso escaso de la nación que derivan en ineficiencias en cuanto a su utilización al impedir su aprovechamiento para la provisión de servicios a los habitantes del territorio nacional. Esta situación se ilustra con tres ejemplos: (i) en las bandas usadas para el servicio móvil, hoy denominadas bandas IMT (sigla por su nombre en inglés *International Mobile Telecommunications*), pasaron más de 25 años para que se diera una asignación de permisos de uso en las bandas bajas, es decir, las que se encuentran en el rango de 698 MHz – 960 MHz; (ii) en las bandas altas, es decir las que se encuentran en el rango de 1710 MHz – 2690 MHz, han pasado hasta 6 años entre una asignación y la siguiente; (III) para el caso del servicio de radiodifusión sonora se desarrolló un proceso de selección en 2019, transcurridos más de 10 años desde el último proceso” (MinTic, 2020).

Todos estos procesos han generado retraso en el acceso a la información en las zonas más vulnerables, se espera que, con la reorganización de los procesos y asignaciones respectivas, se puedan mejorar y seguir haciendo estudios relacionados a la prestación de servicios en las diferentes bandas aplicadas al dividendo digital.

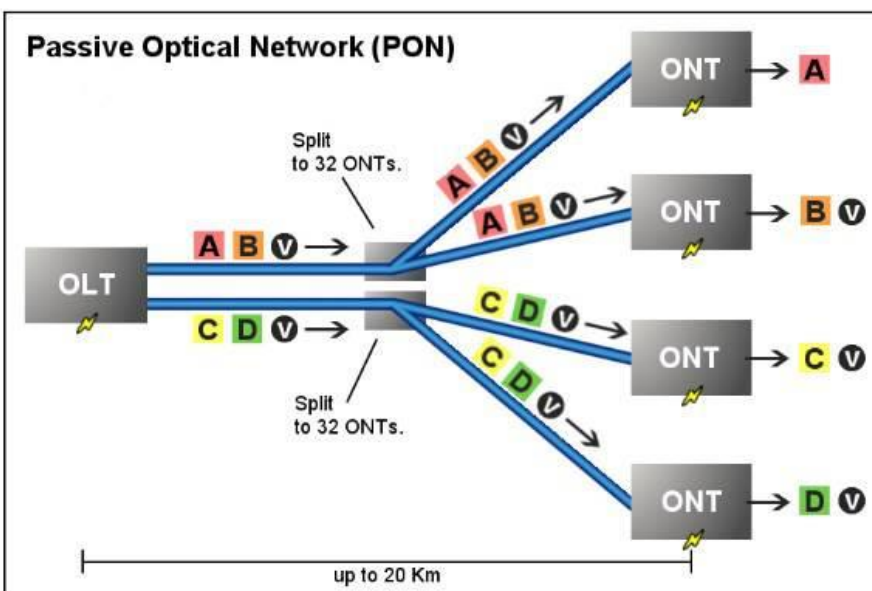
Tecnología GPON y EPON

Debido al proceso de concesión o licitación de un rango de frecuencias, y los costos que se pueden generar, empieza a tomar fuerza el uso de medios guiados como la fibra óptica, mediante soluciones que incluyen tecnologías GPON (*Gigabit Passive Optical Network*- Red óptica pasiva Gigabit) y EPON (*Ethernet Passive Optical Network* - Red óptica pasiva Ethernet).

En la actualidad estas tecnologías buscan garantizar la calidad del servicio en función de estabilidad, costos, velocidad y ancho de banda, hace más de 10 años los costos relacionados a instalaciones de fibra óptica eran elevados, pero el aumento en el uso de este tipo de instalación ha generado una mayor demanda, lo que ha permitido que los costos en la adquisición de ciertos materiales para la instalación disminuyan, se puede comparar que anteriormente el metro de fibra óptica estaba alrededor de \$100.000, en la actualidad está alrededor de los \$30.000, (Netsystem, 2018)

La tecnología PON (Passive Optical Network- Red Óptica Pasiva) basada en servicios FFTH (*Fiber To The Home* – Fibra Hasta El Hogar), presta diversos servicios de banda ancha, es considerada una red de punto a multipunto, y aprovecha todas las cualidades de la fibra óptica, está conformada por:

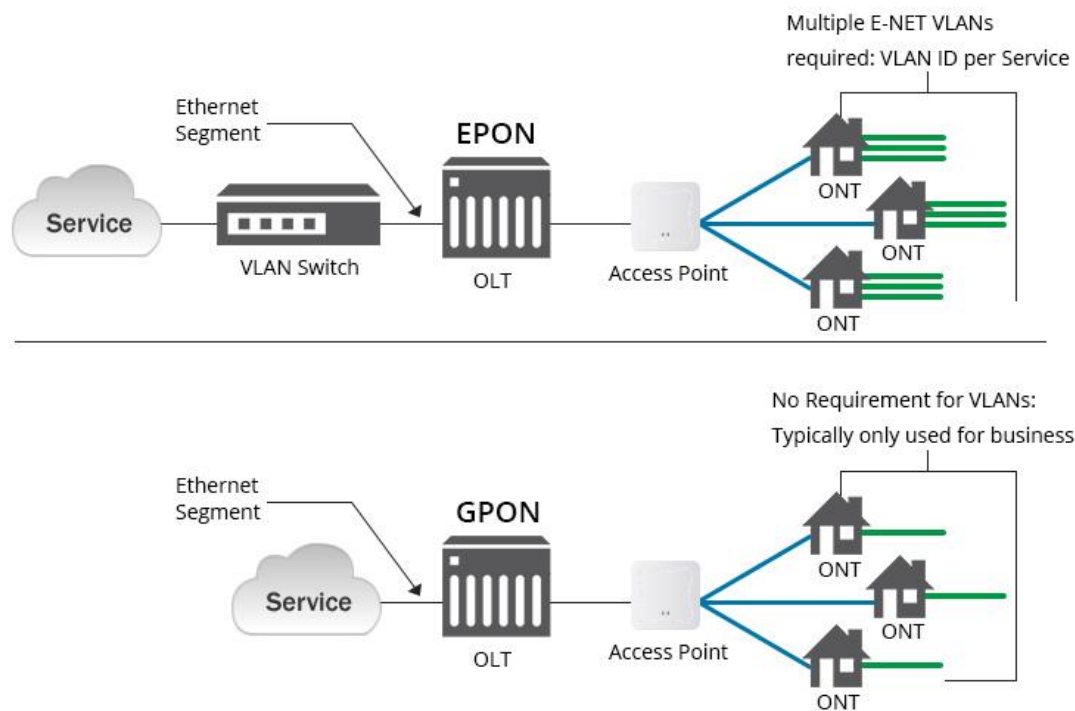
- OLT (*Optical Line Termination*- Terminación De Línea Óptica).
- ODN (*Optical Distribution Network*- Red De Distribución Óptica).
- ONU/ONT, (*Optical Network Unit/ Optical Node Terminal*).

Figura 67.*Diagrama PON*

Nota: Diagrama de una red PON a una distancia de 20 km, funcionamiento del OLT. Fuente: (Netsystem, 2018)

La tecnología pon ha sido la base para evolucionar a otras tecnologías que permiten mejorar la prestación de los servicios a grandes distancias, especialmente en zonas de difícil acceso como las zonas rurales, donde la implementación de servicios de internet por medios inalámbricos puede ser costosos o tomar más tiempo de lo esperado.

Dentro de las mejoras de la tecnología PON, se encuentra la GPON y EPON, desarrollados por IEEE e ITU-T respectivamente brindando servicios ethernet e IP que alcancen velocidades superiores a 1 GBPS, la velocidad para EPON es simétrica, lo que permite la misma velocidad de subida y bajada, para GPON la velocidad de subida y bajada dependerá de las necesidades del usuario.

Figura 68.*Diferencia entre EPON y GPON*

Nota: Diferencias del funcionamiento entre GPON y EPON, EPON usa VLANS. Fuente: (Community, 2021)

Para habilitar la calidad del servicio (GOS), la tecnología EPON usa VLAN (red de área local virtual), lo que implica mayores costos, en cambio GPON tiene integrado GOV y no requiere de VLAN.

“EPON y GPON tienen sus propias ventajas y desventajas respectivamente. En comparación de rendimiento, GPON es mejor que EPON, mientras que EPON tiene muchas ventajas en cuanto a tiempo y costo de implementación. A estas alturas, EPON sigue siendo la corriente principal, mientras que GPON se está poniendo al día. De cara al mercado de acceso de banda ancha, es más probable que coexistan para complementarse. Para los usuarios que tienen demandas de servicios múltiples, alta GOS y seguridad, así como una red troncal de cajeros

automáticos, GPON parece ser ideal. Y para aquellos que se preocupan mucho por el costo y tienen menos requisitos de seguridad, EPON puede ser mejor.” (EPON vs GPON , 2021).

En la siguiente tabla se muestran las diferentes tecnologías PON y algunas características como estándar, datos de subida y de bajada.

Figura 69.

Estándares BPON, EPON, GPON, XGPON y 10G-EPON

Parámetros	BPON	EPON	GPON	XGPON	10G-EPON
Estándar	ITU-T G.983	IEEE 802.3 ah	ITU-T G.984	ITU-T G. 987	IEEE 802.3 av
Promedio de datos de Subida	622 Mbps	1.25 Gbps	2.5 Gbps	10 Gbps	10 Gbps
Promedio de datos de bajada	155 Mbps	1.25 Gbps	1.25 Gbps	2.5 Gbps	10 Gbps – Simétrico 1 Gbps – Asimétrico

Nota: Estándares que regulan la tecnología BPON, EPON, GPON, XGPON y 10G-EPON

Fuente: (Cortes, 2019)

Este tipo de redes puede implementarse mediante simuladores virtuales, para ello se encontraron los siguientes:

- Optisystem
- Simulador multiplataformas opensimimpls
- Matlab- guide (<https://core.ac.uk/download/pdf/12414314.pdf>)

El Dividendo Digital

La ANE atribuye la banda de banda de 700 MHz (698-806 MHz) como el Dividendo Digital, para uso exclusivo de servicios de telecomunicaciones móviles terrestres 4G, como resultado del cambio de la televisión analógica/digital, y una de sus características esenciales es

la extensa propagación de señal, cubriendo un área específica con menos radio bases que en frecuencias más altas. “La banda de 700 MHz es la más adecuada, por sus características de propagación de señal, para satisfacer las necesidades de zonas suburbanas y rurales. Así, el problema económico incorpora también una dimensión social” (5G Américas, 2019).

Las bandas inferiores a 1 GHz, por tener una longitud de onda aproximada en metros, “tienen una mayor penetración en estos espacios. En el caso de la banda de 700 MHz, la pérdida de potencia (dB) puede ser 10 dB menor que la de la banda de 2.600 MHz, utilizada para 4G LTE en muchos mercados de América Latina” (5G Américas, 2019).

Los beneficios de esta asignación “no sólo responden a la necesidad de acomodar de manera eficiente el tráfico de datos, sino que, dadas las características de mejor propagación de la señal en 700 MHz, permitirá promover el despliegue de redes de banda ancha en zonas rurales del continente” (GSMA Latin America, 2013), con el consiguiente impacto social positivo

“El 20 de febrero, el Ministerio de Tecnologías de la información y comunicación (MinTic) Expedió 9 resoluciones cediendo permisos en los espectros de banda de 700 MHz y 2500 MHz, con los operadores de Claro y Tigo respectivamente, lo que permite ampliar la cobertura de telefonía e Internet móvil 4G en 3.658 localidades de zonas rurales en los 32 departamentos del país. MinTIC expidió las resoluciones que asignan los permisos de uso de los bloques de cuadro” (MinTic, 2020).

“La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) identificó en la Región 29 la banda del Dividendo Digital, que va de 698 a 806 MHz, y corresponde a los canales UHF del 52 al 69, con un total de 108 MHz de espectro, para el uso en las Telecomunicaciones Móviles Internacionales – IMT.” (Agencia nacional del espectro, 2020).

“WRAN y LTE como propuesta de conectividad rural de alta velocidad

Por su parte, el Estándar 802.22 del IEEE [20,21] conocido como WRAN (Wireless Regional Area Network), nace como una solución para prestar servicios de banda ancha inalámbrica a suscriptores fijos en zonas rurales. Es el primer estándar inalámbrico comercial basado en tecnologías de SDR/CR (Software Defined Radio/Cognitive Radio) para prestar servicios de acceso banda ancha operando en la banda de UHF bajo un principio de no interferencia con los servicios/redes incumbentes, que en este caso son las de TV [22-24]. Esta interferencia se evita” (Cardenas, Rivera, & Herrera, 2017)

“2008, Verizon Wireless planeó adoptar LTE en las bandas de 700 MHz y posteriormente otros operadores como AT&T y T-Mobile optaron por esta tecnología. Esto indica que un porcentaje muy alto de operadores en todo el mundo migrará sus infraestructuras hacia LTE-A en un ambiente tecnológico” (Cardenas, Rivera, & Herrera, 2017).

Bibliografía

- 5G Américas. (2019). *La Banda De 700 Mhz En América Latina*. https://brechacero.com/wp-content/uploads/dlm_uploads/2020/06/BANDA-DE-700-MHZ-esp-correccion-ok.pdf
- 5G Américas. (2019). *Espectro en América latina y el Caribe para 5G: bandas medias y alta*. <https://brechacero.com/wp-content/uploads/2019/05/Bandas-medias-y-altas-ES-FINAL.pdf>
- Agredo-Mendez, G., Solarte-Muñoz, V., y Solarte-Varney, P. (2009). *Modelo de trabajo para el diseño e implementación de redes en malla Wifi como una solución para el acceso a banda ancha en áreas rurales*. 59-73.
<https://biblat.unam.mx/hevila/Gerenciatecnologicainformatica/2010/vol19/no23/5.pdf>
- Aston, B. (2022). *9 Ejemplos de Metodología de un Proyecto, Simplificados*.
<https://thedigitalprojectmanager.com/es/metodologias-gestion-proyectos-simplificadas/>
- Betancor, E. (2017). *Diseño y estudio de una antena de polarización circular para la banda Ka*.
<https://core.ac.uk/download/pdf/154933677.pdf>
- Bouchti, M (2016). *Diseño y Medición de una Antena Wearable*.
https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/106668/mohamed.el.bouchti_119201.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bravo, J. (2010). *Wimax Móvil*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5972777.pdf>
- Buettrich. (2007). *Calculo de Radioenlace*.
<https://www.analfatecnicos.net/archivos/24.CalculoDeRadioenlace.pdf>
- Cardenas, F, Sáenz, C y Bedoya, Ó. (2017). *WRAN y LTE en la banda de 700 MHz para Colombia*.

https://www.researchgate.net/publication/319958686_wran_y_lte_en_la_banda_de_700_mhz_para_colombia

CNABF. (2022). *El Cuadro Nacional de Atribución de Bandas version 2022*.

<https://portalespectro.ane.gov.co:10253/JsonConfigAne/CNABF.pdf>

Community, F. (2021). *EPON vs GPON: ¿Cuáles son las diferencias?*.

<https://community.fs.com/es/blog/comparison-of-epon-and-gpon.html>

Cortes, A. (2019). *Planificación de las topologías de las redes de acceso Fiber to the Home con tecnologías Gigabit Passive Optical Network: un caso de estudio*.

<https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/2165/3109>

Deming, W. (1989). *Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis*.

<https://books.google.com.pe/books?id=d9WL4BMVHi8C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

EPCOM. (s.f.). *Especificaciones antena CR-DLP-0727-11*.

<https://ftp3.syscom.mx/usuarios/ftp/2018/01/17/ae1ed/CR-DLP-0727-11.pdf>

FS community. (2021). *EPON vs GPON: ¿Cuáles son las diferencias?*.

<https://community.fs.com/es/blog/comparison-of-epon-and-gpon.html>

Gonzalez, A. (2018). *Diseño de una red inalámbrica de banda ancha para un entorno rural*.

<http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/80705/3/agonzalezcalvTFG0618memoria.pdf>

GSMA Latin America. (2013). *El Dividendo Digital en América Latina*.

[https://www.gsma.com/latinamerica/es/el-dividendo-digital-en-america-](https://www.gsma.com/latinamerica/es/el-dividendo-digital-en-america-latina/#:~:text=Pero%20los%20beneficios%20de%20la,de%20banda%20ancha%20en%20Ozonas)

[latina/#:~:text=Pero%20los%20beneficios%20de%20la,de%20banda%20ancha%20en%20](https://www.gsma.com/latinamerica/es/el-dividendo-digital-en-america-latina/#:~:text=Pero%20los%20beneficios%20de%20la,de%20banda%20ancha%20en%20Ozonas)

[Ozonas](https://www.gsma.com/latinamerica/es/el-dividendo-digital-en-america-latina/#:~:text=Pero%20los%20beneficios%20de%20la,de%20banda%20ancha%20en%20Ozonas)

- Lucero, F. (2018). *Parámetros de transmisión*. <https://docplayer.es/61119954-Los-parametros-de-transmision-definen-la-calidad-y-las-prestaciones-que-tiene-un-enlace-de-cableado-estructurado.html>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicación. (2019). *Plan marco de asignación de permisos de uso del espectro 2020 - 2022*. https://mintic.gov.co/portal/715/articulos-161074_recurso_1.pdf
- Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicación. (2019). *Resolución 181 de 2019*. https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/resolucion_ane_0181_2019.htm
- Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicación. (2018). *24 Zonas WiFi Gratis ya están en funcionamiento en el Cauca*. <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/73447:24-Zonas-WiFi-Gratis-ya-estan-en-funcionamiento-en-el-Cauca#:~:text=Los%20municipios%20del%20departamento%20que,Morales%2C%20Timb%C3%ADo%20y%20Villa%20Rica>
- Municipios de Colombia. (2022). *El municipio de Sotará*. <https://www.municipio.com.co/municipio-sotara.html#distance>
- Municipio de Sotará. (2018). *Conformación del diagnóstico*. https://nanopdf.com/download/conformacion-del-diagnostico_pdf
- Naranjo, S. (2019). *Implementación de una red por radioenlaces para proveer servicio de conectividad a internet a sedes educativas urbanas en la ciudad de Buga*. <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/handle/123456789/1794>
- Netsystem. (2018). *¿Qué es la tecnología PON?*. <https://netsystemvn.com/goc-tu-van-cap-quang/cong-nghe-pon-la-gi.html>

Ordoñez, J. (2017). *Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico* .

https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/062017.pdf

Course Hero, Inc. (2020). *Tipos de antenas*. <https://www.coursehero.com/file/73786153/antenas-definitivopptx/>

Perez, P (2005). *Arquitectura de redes*.

http://www1.frm.utn.edu.ar/medidase2/varios/parametros_redes1.pdf

Ros, I. (2019). *¿Que velocidad a Internet necesito ? todo lo que debes saber*.

<https://www.muycomputer.com/2019/04/25/que-velocidad-de-conexion-a-internet-necesito/>

Soacha Garay, A. (2014). *Estudio de la viabilidad técnica para integrar los planes de fibra óptica con accesos inalámbricos de banda ancha en zonas rurales en las bandas de 450-470MHz y dividendo digital*. <https://docplayer.es/5276270-ing-adriana-lizeth-soacha-garay.html>

Syscom. (s.f.). *Antena Direccional RocketDish airMAX, ideal para enlaces Punto a Punto (PtP), frecuencia 5 GHz (5.1 - 5.9 GHz) de 30 dBi*.

<https://www.syscomcolombia.com/producto/rd-5g30-lw-ubiquiti-networks-75251.html>

Torres, A. (2022). *Características y diferencias entre Estándares Inalámbricos WiFi 802.11*.

<https://soporte.syscom.mx/es/articles/1690312-caracteristicas-y-diferencias-entre-estandares-inalambricos-wifi-802->

[11#:~:text=Canales%20de%2040%20MHz%20%2D%20El,40%20MHz%20en%20802.11n.](https://soporte.syscom.mx/es/articles/1690312-caracteristicas-y-diferencias-entre-estandares-inalambricos-wifi-802-11#:~:text=Canales%20de%2040%20MHz%20%2D%20El,40%20MHz%20en%20802.11n.)

UNAD. (2022). *Requerimientos tecnológicos mínimos para los cursos en la UNAD*.

<https://gaf.unad.edu.co/requerimientos-tecnologicos-minimos-para-los-cursos-en-la-unad>

Universidad de Aquino Bolivia Microondas. (2022) *Calculo de Radio Enlace*.

<https://zdocs.mx/doc/radio-enlace-4gpdgz0dedp7>