

**Diseño de una red de telecomunicaciones para la zona rural del corregimiento Cauca,
del municipio de Cartago (Valle del Cauca), utilizando soluciones de última
milla disponibles en la región**

Wilson Andrés Perea Murillo

Director de proyecto:

MSc. Álvaro José Cervelión Bastidas

Universidad Nacional Abierta y a Distancias - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería – ECBTI

Especialización en Redes de Nueva Generación

CCAV Dosquebradas

2022

Tabla de contenido

Introducción.....	8
Planteamiento del problema	10
Justificación	11
Objetivos.....	12
Objetivo general.....	12
Objetivos específicos	12
Marco de referencia	13
Antecedentes	13
Plan vive digital Colombia.....	13
Zonas WiFi gratis para la gente.....	13
Diseño de una red comunitaria libre para la población de la ribera del río Magdalena en la ciudad de Girardot – Cundinamarca. “Yuma Conet”	14
Diseño e implementación de una red Mesh como alternativa de solución para redes comunitarias o rurales	15
Marco conceptual	16
Redes de datos comunitarias.....	16
Redes de acceso	16
Tecnologías de acceso.....	17
Redes de acceso por cableado.....	17
Tecnologías de acceso cableado.....	17
Redes de acceso inalámbrico	18
Tecnologías de acceso inalámbrico.....	19
Redes de acceso móvil.....	20
Tecnologías de acceso móvil.....	20
Localización.....	21
Macro localización.....	21
Micro localización	22
Metodología.....	24

Puntos estratégicos y población que accederá al servicio de internet.....	25
Encuesta a la población beneficiaria del servicio.....	25
Institución académica corregimiento Cauca	26
La iglesia y el centro médico.....	27
La cancha deportiva	29
Residencia de los habitantes.....	30
Ancho de banda necesarios para servicios multimedia.....	32
Operadores de servicios de telecomunicaciones en el municipio de Cartago.....	32
Adquisición de mapa geográfico de la zona	36
Análisis de las rutas de acceso al corregimiento	37
Diseño de la red de distribución para acceso a internet en el corregimiento Cauca	42
Punto de entrega de canal de servicio de internet por parte del operador.....	44
Diseño de la red de acceso	44
Diseño del cableado de fibra óptica para el acceso a la red	44
Estimación de la atenuación del enlace óptico.....	45
Verificación de la atenuación en el simulador	47
Diseño del radio enlace como solución alternativa para el acceso a la red	48
Simulación del radio enlace	51
Análisis y elección de la frecuencia.	51
Cálculo de pérdida de potencia en la trayectoria por el espacio libre dimensional	52
Análisis de la zona de Fresnel	53
Verificación de comportamiento del radio enlace en el simulador	53
Simulación de radio enlace para frecuencia de 2.4GHz.....	54
Simulación de radio enlace para frecuencia de 5GHz.....	56
Simulación de radio enlace para frecuencia de 24GHz.....	58
Diseño de red para el acceso a internet de los usuarios del corregimiento Cauca.....	60
Estructura lógica de la red.....	61
Estructura Física del diseño de la red.....	66
Simulación de coberturas de los puntos de acceso.....	68
Topología para distribución de una red Mesh.....	69
Gestión y monitoreo de equipos mediante software libre.....	72
Máquina virtual de Nagios	72

Análisis del presupuesto para la implementación de conectividad.....	76
Presupuesto para la implementación de conectividad mediante fibra óptica.....	77
Presupuesto para la implementación de conectividad mediante radio enlace.....	78
Análisis costo/beneficio de las alternativas de conectividad para la red.....	80
Conclusiones.....	83
Referencias	86

Lista de figuras

Figura 1. <i>Mapa de localización del municipio de Cartago.</i>	21
Figura 2. <i>Vista del corregimiento Cauca del municipio de Cartago</i>	22
Figura 3. <i>Vista externa del corregimiento</i>	23
Figura 4. <i>Panorama de la institución académica del corregimiento Cauca</i>	27
Figura 5. <i>Panorama de la iglesia</i>	28
Figura 6. <i>Panorama del centro médico</i>	29
Figura 7. <i>Panorama de la cancha deportiva</i>	30
Figura 8. <i>Panorama de lugar de residencia de los habitantes.</i>	31
Figura 9. <i>Mapa de localización del corregimiento Cauca con respecto al municipio de Cartago</i>	37

Figura 10. <i>Ruta de acceso al corregimiento Cauca desde el municipio de Cartago</i>	38
Figura 11. <i>Ruta alternativa para el acceso al corregimiento Cauca desde el municipio de Cartago.</i>	39
Figura 12. <i>Ruta alternativa para el acceso al corregimiento Cauca desde el municipio de Cartago.</i>	40
Figura. 13. <i>Ruta más viable para el acceso al corregimiento Cauca desde el municipio de Cartago.</i>	41
Figura 14. <i>Posible trayectoria para enlace de red mediante ondas de radiofrecuencia.</i> ...	42
Figura 15. <i>Switch Huawei 1720 suministrado por el operador Tigo.</i>	43
Figura 16. <i>Enlace Metro Ethernet del operador Tigo en modalidad de bus.</i>	43
Figura 17. <i>Simulación de los parámetros correspondientes para la transmisión por fibra óptica.</i>	45
Figura 18. <i>Resultado de simulación con respecto a la señal de transmisión.</i>	47
Figura 19. <i>Resultado de simulación con respecto a la señal de recepción</i>	48
Figura 20. <i>Medición de la distancia desde el municipio de Cartago hasta el corregimiento Cauca.</i>	49
Figura 21. <i>Medición de la distancia desde el municipio de Cartago hasta el corregimiento Cauca desde el simulador Radio Mobile.</i>	50
Figura 22. <i>Simulación del radio enlace.</i>	51
Figura 23. <i>Simulación del radio enlace con frecuencia de 2.4 GHz y asegurando 14.84880682m en la zona de fresnel.</i>	54
Figura 24. <i>Simulación del radio enlace con frecuencia de 5GHz y asegurando 23.00367261m en la zona de fresnel.</i>	56
Figura 25. <i>Simulación del radio enlace con frecuencia de 24 GHz y asegurando 33.20294144m en la zona de fresnel.</i>	58
Figura 26. <i>Diseño lógico de la estructura de red.</i>	61
Figura 28. <i>Diseño físico de la red mediante una simulación</i>	67
Figura 29. <i>Diseño físico del acceso a la red mediante una simulación</i>	68
Figura 30. <i>Coberturas de los puntos de acceso direccionado hacia los puntos estrategicos.</i>	69
Figura 31. <i>Diseño físico del acceso a la red mediante una simulación</i>	70

Figura 32. <i>Estructura topológica de la red WiFi Mesh</i>	71
Figura 33. <i>Simulación de la red WiFi Mesh</i>	71
Figura 34. <i>Instalación de Máquina virtual para el servidor Nagios XI</i>	73
Figura 35. <i>Verificación de dirección IP de servidor local de Nagios XI</i>	73
Figura 36. <i>Interfaz web de Nagios XI para acceso</i>	74
Figura 37. <i>Registro de credenciales para acceso a la interfaz</i>	74
Figura 38. <i>Acceso con credenciales registradas para la plataforma de Nagios XI</i>	75
Figura 39. <i>Entorno general de la plataforma de Nagios XI</i>	75
Figura 40. <i>Monitoreo del estado de los equipos agregados a la plataforma</i>	76

Lista de tablas

Tabla 1. Encuesta a la población de corregimiento Cauca	25
Tabla 2. <i>Servicios de consumo en internet</i>	32
Tabla 3. <i>Comparativa de proveedores de servicio de internet</i>	34
Tabla 4. <i>Características de ubicación de terminales</i>	50
Tabla 5. <i>Resultado del estudio del radio enlace con frecuencia en 2.4 GHz y asegurando 14.84880682m en la zona de fresnel.</i>	55
Tabla 6. <i>Resultado del estudio del radio enlace con frecuencia en 5 GHz y asegurando 23.00367261m en la zona de fresnel.</i>	57
Tabla 7. <i>Resultado del estudio del radio enlace con frecuencia en 24GHz y asegurando 33.20294144m en la zona de fresnel.</i>	59
Tabla 8. <i>Direccionamiento IP</i>	62
Tabla 9. <i>Presupuesto de en conectividad mediante fibra óptica</i>	77
Tabla 10. <i>Presupuesto de en conectividad mediante fibra óptica</i>	78

Introducción

El acceso a los servicios multimedia que brinda el internet se convirtió en una necesidad fundamental para el desarrollo socioeconómico y educativo de una población, dando la oportunidad de generar procesos más competitivos en el mercado independientemente del sector laboral en el que se desarrolle.

La falta de acceso a la conectividad ha generado grandes brechas digitales entre las poblaciones que tienen acceso a las tecnologías de la información y comunicaciones y las que no poseen accesos a estas tecnologías, generando una desventaja socioeconómica, cultural y educativa.

En Colombia, muchas de las zonas rurales se han visto afectadas por estas brechas digitales, puesto que la falta de acceso a internet ya sea por falta de conectividad o mala calidad de conectividad en la región ha generado un atraso en el avance del desarrollo socioeconómico.

Una de las zonas rurales más afectadas por la falta de acceso a internet es el corregimiento Cauca del municipio de Cartago ubicado en el departamento del Valle del Cauca, debido a su ubicación geográfica y distancia entre las zonas urbanas, no cuenta con una infraestructura de red que proporcione servicios de conectividad para el acceso de internet.

Este proyecto propone una solución de última milla para proporcionar acceso a los servicios de internet en el corregimiento Cauca del municipio de Cartago ubicado en el departamento del Valle del Cauca, y alternativas de distribución de una red comunitaria en la cual pueda abarcar la mayor cobertura posible para poder reducir las brechas digitales del corregimiento.

Se realiza el análisis de los proveedores de internet disponibles en la zona, las tecnologías de redes de acceso, para determinar la conectividad más viable que se ajuste a las características geográficas según la recolección de información que se tome en el estudio geográfico de la zona rural.

Para la estructura de la red comunitaria se realiza el diseño de estructuras de redes alternativas para la distribución de la cobertura de red para el acceso a los servicios de internet, los procesos de monitoreo de los equipos y servicios, para tomar acciones preventivas y correctivas en caso de fallas. Asimismo, poder determinar el inventario de los equipos, los materiales y los recursos informáticos necesarios para la conectividad, para poder establecer el presupuesto de costos del desarrollo de la red.

Planteamiento del problema

Actualmente el corregimiento Cauca del municipio de Cartago Valle del Cauca cuenta con una red de telecomunicaciones móviles, pero no cuenta con una infraestructura de red de telecomunicaciones fijas, esto implica que solo dependen de la red telefónica celular dificultando la conectividad de muchas personas que no cuentan con los recursos o la tecnología para tener acceso a estos servicios, negando el beneficio que trae acceder a la información que hay en el internet y entorpeciendo el desarrollo económico y sociocultural de la región.

Por esta razón se crea la necesidad de desarrollar el estudio de una infraestructura de telecomunicaciones que suministre el acceso a los servicios de internet de forma gratuita para los ciudadanos de esta zona rural, brindándole la oportunidad de progreso tecnológico y disminuir las brechas digitales y educativas en el corregimiento.

Teniendo en cuenta la ubicación geográfica del corregimiento y la brecha digital que se encuentra en la zona rural que, en comparación con otros corregimientos del municipio de Cartago, se evidencia la desigualdad al acceso a internet y al uso de servicio de comunicación digital, generando el planteamiento de ¿Cómo proporcionar acceso a la red de servicios de internet para el corregimiento de Cauca del municipio de Cartago – Valle?

Justificación

El proyecto tiene como finalidad ayudar a la población de escasos recursos mediante el diseño de una red que permita tener conectividad, que incluya servicios y contenidos digitales de uso gratuito, con el fin de mejorar las condiciones comunicativas, académicas y sociales, entre otras, disminuyendo las brechas digitales que hay en la zona rural del corregimiento Cauca del municipio de Cartago Valle.

Teniendo en cuenta la importancia que han adquirido las TIC'S y el internet, como herramientas tecnológicas, comunicativas, informativas, académicas, entre otros, se propone utilizar estas herramientas con el fin de construir redes comunitarias de internet de acceso gratuito para comunidades de zonas rurales que actualmente no cuentan con posibilidad económica y el conocimiento general para acceder a los beneficios que trae esta tecnología.

Este proyecto de diseño de redes de telecomunicaciones comunitarias para el corregimiento Cauca perteneciente a la zona rural del municipio de Cartago de escasos recursos económicos, tiene el propósito de ofrecer, a estas comunidades, acceso a contenidos digitales como internet, la enciclopedia virtual, la emisora y llamadas de uso gratuito y sin restricción desde sus hogares para que siempre tengan la información al alcance de su mano.

Mediante soluciones de conectividad se pretende realizar un modelo de infraestructura de red, para verificar las conectividades de diferentes proveedores de servicios con diversas tecnologías y topologías de red y realizar un estudio de viabilidad técnica y financiera que determine los costos menores al implementar una red de acceso.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar una red de telecomunicaciones comunitaria en la zona rural del corregimiento Cauca del municipio de Cartago Valle, utilizando las soluciones de última milla disponible en la región.

Objetivos específicos

Establecer los requerimientos de diseño de la conectividad de acuerdo con las necesidades de la población para acceder a internet.

Diseñar la red de conectividad de última milla para que abarque una o varias zonas geográficas para una cobertura completa.

Simular del comportamiento de la red mediante softwares.

Efectuar el estudio económico del presupuesto general del proyecto para la opción más conveniente de financiación del proyecto con el contraste de proveedores de servicios de telecomunicaciones.

Marco de referencia

Antecedentes

El desarrollo del esquema del proyecto se apoya en algunos antecedentes para establecer el planteamiento y formulación del proyecto.

Plan vive digital Colombia

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) planteó la necesidad de masificar el internet en Colombia, ya que es una herramienta esencial para el desarrollo del país. Por ello crean el programa de Vive Digital con el objetivo de promover el acceso, uso y apropiación de los servicios de internet, con el desarrollo de aplicaciones sociales dirigida a los más pobres (MinCiencias, 2015).

El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones mediante el desarrollo del plan Vive Digital Colombia buscó reducir la pobreza, generar empleo y dar solución a las dificultades de los colombianos por medio del uso estratégico de las tecnologías, promoviendo el empleo, la educación, productividad de múltiples sectores, las regiones y el gobierno digital (MinTIC, s. f.).

A pesar de que el plan vive digital aumentó la cobertura y redujo en gran parte del país la brecha digital, muchas zonas y comunidades no cuentan con el acceso a redes de telecomunicaciones actualmente.

Zonas WiFi gratis para la gente

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) también planteo los servicios de banda ancha como un componente fundamental para el desarrollo económico

local, porque podía reducir la pobreza, debido a que brindó acceso a las oportunidades laborales y de negocios, adicionalmente a componentes fundamentales como la educación y la salud, y reducir las condiciones de desigualdad con respecto al uso del internet.

Surge entonces el proyecto de implementación de zonas WiFi de acceso libre, teniendo en cuenta que 96% de los municipios del territorio colombiano se encuentran conectados a la red de fibra óptica, buscan incrementar el despliegue de tecnologías de última milla con el fin de reducir la desigualdad entre las zonas rurales y urbanas con respecto al acceso a las redes de telecomunicaciones (DNP, 2017).

Este proyecto fue referenciado como zona WiFi gratis para la gente, lo cual cuenta con puntos de acceso que proporciona internet gratuito las 24 horas del día para la población y es suministrado y administrado por la alcaldía municipal correspondiente a cada ubicación y en el 2017 ya se contaba con 1.029 zonas WiFi aproximadamente según el reporte del el Ministerio TIC (MinTIC, 2018).

Diseño de una red comunitaria libre para la población de la ribera del río Magdalena en la ciudad de Girardot – Cundinamarca. “Yuma Conet”

En el estudio de Rojas (2015) estableció un proyecto dirigido a la población de la ribera del río Magdalena en la ciudad de Girardot enfocado a las comunas de bajos recursos socioeconómicos y tecnológicos, permitiendo mejorar competitividad educativa, laboral y generar una inclusión, social reduciendo brechas digitales para mejorar la calidad educativa mediante el uso gratuito de servicios y contenidos digitales al acceder a una comunitaria libre.

En el planteamiento del proyecto formulo como problema ¿Cómo diseñar una red comunitaria libre para la población de la ribera del rio Magdalena en la región de Girardot – Cundinamarca?, y genero procesos de topologías del sitio, puntos estratégicos de ubicación de puntos de acceso, servicios útiles para la finalidad del proyecto y equipos tecnológicos para el desarrollo del proyecto (Rojas, 2015)

Diseño e implementación de una red Mesh como alternativa de solución para redes comunitarias o rurales

En el estudio de Cepeda (2014) establece el diseño para la implementación de una red Mesh como solución de redes comunitarias o rurales, enfocando la estructura en malla para generar una cobertura más amplia en la zona rural que desea cubrir por medio de redes de acceso inalámbricas.

En el planteamiento del proyecto formulo como problema la temática ¿Se pueden diseñar redes inalámbricas mediante la utilización de una topología en malla para solucionar problemas de conectividad WiFi en un espacio geográfico de acción?, generando el proceso de la implementación de una red Mesh inalámbrica para verificar la utilidad y el alcance en un escenario real, adicionalmente estableció procesos del estudio de un software que permita la configuración de la comunicación como medio de manejo de la información, además que le permita generar un monitoreo constante de las tecnologías y funcionamiento de los servicios (Cepeda, 2014).

Marco conceptual

Redes de datos comunitarias

El acceso a internet se convirtió en un derecho básico de todos los seres humanos, según lo estableció la Organización de la Naciones Unidas (ONU) en el 2016, debido a que la red de internet se convirtió en una necesidad a nivel mundial, ya que los servicios que ofrece internet brindan la posibilidad de un crecimiento socioeconómico e impulsa el desarrollo metodológico en la industria (Carballo, 2016).

Sin embargo, en muchas regiones del país el acceso al internet está en desventaja con respecto a la conectividad para uso de este recurso, esto ocasiona un limitante en los procesos de aceptación de las tecnologías de la información y la comunicación, puesto que son zonas digitalmente excluidas (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2019).

Por este motivo, las redes comunitarias tienen como finalidad construir una red de acceso a internet para que un colectivo o comunidad de la sociedad civil que no tienen fines de lucro, disfruten de la posibilidad de un acercamiento a las nuevas tecnologías para acceder a recursos digitales (Redes Comunitarias en Colombia, s. f.).

Redes de acceso

Las redes de acceso componen la principal infraestructura para la conectividad y el transporte de los datos mediante conjunto de tecnologías que permiten conectar a los usuarios con los proveedores de servicio, logrando dar acceso a los beneficios que contiene la información (Camargo y Caro, 2012).

Estas redes soportan tecnologías de última milla, lo que implica que dentro de las redes de acceso se pueden utilizar diversas tecnologías y equipos dependiendo el caso o necesidad correspondiente en las redes de nueva generación, debido a que abarca una gama amplia de servicios y aplicaciones que exige un soporte correspondiente a la transmisión de la información (Camargo y Caro, 2012).

Tecnologías de acceso

Las tecnologías de acceso son las encargadas de llevar la información de los datos multimedia del proveedor hasta el usuario y pueden clasificarse según el tipo de acceso:

- **Acceso cableado.**
- **Acceso inalámbrico.**
- **Acceso móvil.**

Redes de acceso por cableado

Son tecnologías que necesitan de un medio físico cableado para transmitir la información desde el proveedor hasta el usuario.

Tecnologías de acceso cableado

DSL (Digital Subscriber Line). Es una tecnología de medio físico cableado basado sobre par trenzado de cobre de la telefonía tradicional y utilizan modulaciones para transmitir información a altas velocidades. Estas redes suelen tener límites en cuanto velocidad máxima de navegación y a la cobertura según la distancia debido a las características de atenuación que la longitud y los elementos de empalme generan en el cable (Traverso, 2010).

Comúnmente las redes DSL brindan un servicio asimétrico de velocidades en los sentidos de enlace de bajada y subida debido a esto es llamado ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line), en otros casos se brinda un servicio simétrico donde las velocidades de enlace en ambos sentidos son iguales y esta tecnología es llamada HDSL (High bit rate Digital Subscriber Line) (Traverso, 2010).

Fibra óptica. La tecnología de fibra óptica se basa en transmitir la información enviando pulsos de rayos de luz por medio de un hilo flexible hecho de materiales como el vidrio o el plástico con una formación similar a un cabello humano, su forma está constituida por un núcleo y un revestimiento, ambos cilindros concéntricos y con diferente índice de refracción, siendo el del exterior inferior al del interior. Actualmente son las redes más rápidas que ofrecen transmisión de datos a altas velocidades y se encuentran sustituyendo a las redes de accesos basadas en cobre (Traverso, 2010).

HFC (Híbrido Fiber – Coaxial). Está basada en cableado coaxial y fibra óptica para soporte de la transmisión de señales, compuesta de cabecera, red troncal, red de distribución y red de acometida de los abonados lo que se conocen como redes híbridas de fibra óptica y cable (Traverso, 2010).

Redes de acceso inalámbrico

No requieren un medio físico cableado para transmitir la información, debido a que la comunicación se transmite de forma inalámbrica por medio de ondas electromagnéticas, estos accesos permiten movilidad al usuario, pero se encuentra limitada a la zona de cobertura concreta del punto de acceso inalámbrico (Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, s. f.).

Tecnologías de acceso inalámbrico

WiFi. Sustituye la conexión por cable desde el router o modem de acceso hasta el equipo terminal del usuario, es una de las tecnologías más populares y realiza la comunicación de forma inalámbrica a través de ondas magnéticas (Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, s. f.).

WiMAX. es una tecnología que, al igual que el WiFi, permite la comunicación inalámbrica entre dispositivos a través de ondas electromagnéticas. WiMax ofrece un rendimiento similar al de WiFi, pero permite una cobertura y calidad de servicio mayores, consiguiendo un alcance teórico de hasta 50 Km para accesos inalámbricos desde una ubicación fija y alrededor de 15 Km para accesos en movilidad (Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, s. f.).

Radio enlace. Sistema de comunicación que utiliza ondas de radio para transportar información de un lugar a otro en forma de señal a través del aire, interconectando terminales de telecomunicación efectuado por ondas electromagnéticas.

El espectro radioeléctrico es una fracción del espectro electromagnético que abarca frecuencias desde 3KHz hasta los 300 GHz que se utilizan en las telecomunicaciones y está regulada por la UIT.

Los radioenlaces se pueden establecer como punto a punto, donde cada canal de datos comunica únicamente dos nodos. También los radio enlaces pueden ser punto a multi punto, donde existe un punto central que se comunica con varios puntos para poder comunicar múltiples nodos.

Satélite. Las comunicaciones por satélite son tecnologías inalámbricas, tienen la capacidad de aprovisionar servicios de telefonía, internet y televisión, con la ventaja de

cobertura geográfica amplia, aunque las velocidades entre las conexiones se pueden ver afectadas por factores geográficos y climáticos entre otros (Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, s. f.).

Red Mesh de área extendida. Son redes WiFi en malla que permiten aumentar la cobertura de la señal utilizando múltiples componentes que permiten repetir la señal bajo el mismo nombre de la red y contraseña, lo cual no limita a una comunicación entre el router y el nodo, por el contrario, los nodos se pueden comunicar entre sí para optimizar los procesos de cobertura (Fernández, 2020).

Redes de acceso móvil

Son accesos inalámbricos que permiten una movilidad al usuario, consiste en una red de múltiples puntos de acceso inalámbrico generando una cobertura geográfica amplia con un solo punto de acceso (Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, s. f.).

Tecnologías de acceso móvil

UMTS (3G – Universal Mobile Telecommunications System). Tecnología móvil llamada tercera generación (3G) y sucesora de la tecnología GSM, tiene acceso a un conjunto de servicios multimedia y acceso a internet, puede soportar velocidades de datos hasta de 2Mgps (Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, s. f.).

LTE (4G – Long Term Evolution). Tecnología móvil llamada cuarta generación de telefonía móvil (4G), genera mejoras en cuanto a la gestión de las conexiones de datos y la eficiencia en la transmisión de la información, tiene alta capacidad para la descarga de datos y con menores costos de operación y mantenimiento (Ministerio de Asuntos

Económicos y Transformación Digital, s. f.).

Redes móviles 5G. Tecnología móvil llamada quinta generación de telefonía móvil (5G), experimenta aumento exponencial en las velocidades de transmisión de la información y soporta aplicaciones como el internet de las cosas, el “Big data”, la robótica, la realidad virtual (Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, s. f.).

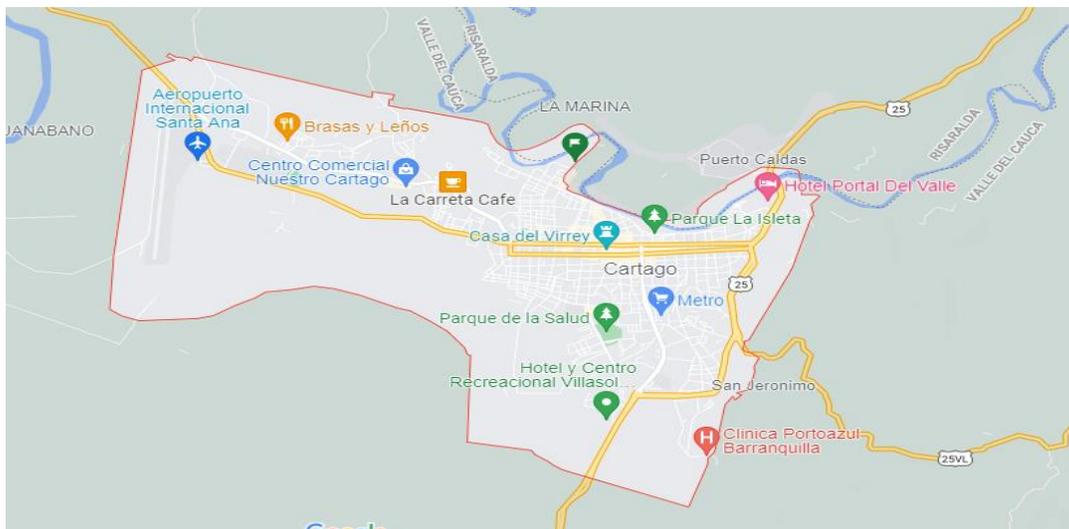
Localización

Macro localización

El municipio de Cartago se encuentra ubicado al norte del departamento del Valle del Cauca a orillas del río de la vieja, cerca de la ciudad de Pereira capital del departamento de Risaralda como se puede verificar en la figura 1.

Figura 1

Mapa de localización del municipio de Cartago.



Nota. Adaptado de [localización del municipio de Cartago], de Google, s.f., Todos los derechos reservados 2021 por Google. Adaptado con permiso del autor.

Micro localización

El corregimiento Cauca del municipio de Cartago Valle se encuentra ubicado a catorce kilómetros de la zona de desarrollo de Cartago, como es el aeropuerto Santa Ana, y es uno de los corregimientos más aislados que tiene el municipio. Cuenta con familias de los 500 habitantes del lugar aproximadamente, pocos visitan el sitio o tan siquiera conocen este rincón rodeado por árboles, río y silencio, pues para llegar a éste hay que un tener vehículo particular o caminar hora y media. Ningún transporte público presta sus servicios a esta zona rural de la Villa. Hasta hace diez años estudiar era una aventura para los jóvenes bachilleres que no tenían cómo salir (Cartago Hoy, 2011).

En la figura 2, se puede apreciar un panorama visual de la estructura del corregimiento, dando una perspectiva de la situación socioeconómica del lugar, en el cual se valida la desventaja con respecto a infraestructura del sitio.

Figura 2

Vista del corregimiento Cauca del municipio de Cartago



Nota: Imagen tomada de Cartago Hoy (El País, 2011).

En la figura 3. Se verifica la vista del corregimiento Cauca a su entrada donde se puede apreciar la estructura de las casas y la ruta de acceso al corregimiento, con el fin de dar una idealización del panorama rural que tiene el lugar.

Figura 3

Vista externa del corregimiento



Nota. Vista externa del corregimiento Cauca, imagen de adquisición propia.

Metodología

Desarrollar el análisis y diseño de una red comunitaria libre, que permita el acceso a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) a los habitantes del corregimiento Cauca del municipio de Cartago Valle con el fin de optimizar la calidad de vida de los habitantes de las zonas descritas anteriormente y minimizar la brecha digital existente.

Para la investigación del proyecto será necesario elaborar un análisis que permita plantear y diseñar una red, definiendo aspectos como:

Conocer el número aproximado de usuarios y el tipo de servicio de internet que usaran en la conectividad.

Determinar la conectividad más apropiada, la velocidad adecuada y la capacidad de usuarios por red.

Realizar un estudio geográfico que establezca puntos estratégicos para el diseño de la red comunitaria libre.

Determinar la ruta más factible para el cableado de la infraestructura de la red.

Identificar características del sitio que incluya las dimensiones y el lugar donde se instalará la tecnología para generar la red correspondiente.

Establecer los equipos necesarios para implementar la red comunitaria y la forma de acceso a la red, esto implica el direccionamiento IP y la asignación por DHCP.

Requerimientos para el diseño.

Puntos estratégicos y población que accederá al servicio de internet

En el corregimiento Cauca, hay cuatro puntos estratégicos que generan aglomeraciones de personas constantemente, adicionalmente se encuentran ubicados en zonas distribuidas de forma que pueden generar una cobertura de red que abarque gran parte del corregimiento de Cauca. Estos puntos estratégicos son: el Centro médico, la cancha deportiva, la institución académica y conjunto residencial.

El fin de suministrar el servicio de internet a la comunidad, es brindarle la oportunidad de que puedan acceder desde dispositivos móviles y computadores que cuenten con servicio WiFi a los beneficios que trae el poder navegar en internet, esto implica que puedan acceder a contenido multimedia como lo es el video, la música y todo tipo de consulta que requiera el usuario.

Encuesta a la población beneficiaria del servicio

Se realiza una encuesta a 20 personas del corregimiento Cauca de edades de rango 14 años a los 27 años, para determinar un aproximado de personas que posiblemente puedan usar el servicio, enfocando las siguientes preguntas dependiendo del sitio estratégico.

Tabla 1. *Encuesta a la población de corregimiento Cauca*

Preguntas	Respuestas		
¿Cuenta con internet?	Si: 9 personas	No: 11 personas	
¿Usa internet fijo o móvil?	Fijo; 3 personas	Móvil: 6 personas	
¿Mediante qué equipo accede a internet?	Celular: 6 personas	Tablet: 1 persona	Computador: 2 personas

¿Número de personas que tienen la posibilidad de acceder al servicio de conectividad dependiendo del punto estratégico?	Institución académica: 15 personas aprox. Centro médico: 30 personas aprox. Cancha deportiva: 20 personas aprox. Sector residencial: 50 personas aprox.
¿Qué servicio multimedia utilizarían en internet??	Redes sociales, video, música, videoconferencias, juegos en línea.

Según el resultado del promedio de respuestas para los puntos estratégicos se establece la siguiente estimación.

Institución académica corregimiento Cauca

Aproximadamente 15 personas tendrían acceso al servicio de conectividad y utilizarían servicios de navegación web general, email, redes sociales, visualización de video y streaming de música.

En la figura 4, se aprecia una vista panorámica de la institución académica del corregimiento Cauca como punto estratégico para la cobertura de la conectividad

Figura 4

Panorama de la institución académica del corregimiento Cauca



Nota. Foto panorámica de la institución académica, adquisición propia.

La iglesia y el centro médico

La iglesia y el centro médico se encuentran ubicados en la misma zona, como estrategia se puede direccionar el punto de red WiFi de acceso al servicio de internet, de forma que la cobertura abarque para los dos sitios y pueda cubrir la mayor zona posible.

Aproximadamente 30 personas tendrían acceso al servicio de conectividad y utilizarían servicios de navegación web general, email, redes sociales, visualización de video y streaming de música.

En la figura 5, se aprecia el panorama de la iglesia como punto estratégico para la cobertura de la conectividad.

Figura 5

Panorama de la iglesia



Nota. Foto panorámica de la iglesia, adquisición propia.

En la figura 6 se puede verificar el panorama del centro médico como punto estratégico para la cobertura de la conectividad.

Figura 6

Panorama del centro médico



Nota. Foto panorámica del centro médico, adquisición propia.

La cancha deportiva

Aproximadamente 20 personas tendrían acceso al servicio de conectividad, pero depende de los eventos deportivos, debido a que normalmente las personas están en sus hogares, en este sitio utilizarían servicios de navegación web general, email, redes sociales, visualización de video y streaming de música.

En la figura 7, se verifica el panorama de la cancha deportiva en el corregimiento Cauca como punto estratégico para la cobertura de la conectividad.

Figura 7

Panorama de la cancha deportiva



Nota. Foto panorámica de la cancha deportiva, adquisición propia.

Residencia de los habitantes

Aproximadamente 50 personas tendrían acceso al servicio de conectividad y utilizarían servicios de navegación web general, email, redes sociales, visualización de video, streaming de música Chat de video personal en HD y Juegos en línea.

En la figura 8, se verifica el panorama del lugar de residencia de los habitantes como punto estratégico para la cobertura de la conectividad.

Figura 8

Panorama de lugar de residencia de los habitantes.



Nota. Foto panorámica del lugar de residencias de los habitantes, adquisición propia.

Según la encuesta realizada en el corregimiento Cauca, aproximadamente 120 usuarios tendrían acceso a servicios de internet, en la cual harían uso de las aplicaciones correspondientes según sus necesidades.

Ancho de banda necesarios para servicios multimedia

Dependiendo del servicio que el usuario genera en el uso de internet, se establece el ancho de banda necesario para el funcionamiento de correcto del servicio (Centurylink, s. f.).

En la siguiente tabla se relaciona los servicios multimedia que la población del corregimiento Cauca usaran en internet y se establece el ancho de banda necesario para un buen funcionamiento del respectivo servicio.

Tabla 2. *Servicios de consumo en internet*

Actividad en línea	Ancho de banda necesario
Video en calidad SD: 360 p	0.7 Mbps
Streaming de música	1 Mbps
Video en calidad SD: 480 p	1.1 Mbps
Navegación web general, email, redes sociales	1.5 Mbps
Chat de video personal en HD (Skype, FaceTime, Zoom, etc.)	3 Mbps
Juegos en línea (multijugador)	4 Mbps

Nota. Tabla de relación de servicios y consumo de ancho de banda.

Operadores de servicios de telecomunicaciones en el municipio de Cartago

Se realiza comparación de los operadores de telecomunicaciones y los servicios ofrecidos para la conectividad en la ciudad de Cartago, mediante consultas acerca de los servicios prestados, y el alcance con respecto a la cobertura que cada operador puede

brindar para generar una red de acceso.

Con base a la necesidad de suministrar acceso a internet al corregimiento Cauca del municipio de Cartago Valle, se presupuesta la conectividad para 120 usuarios de las aproximadas 500 familias que se encuentran en el corregimiento Cauca, ubicando sitios estratégicos como prioridad, como la institución académica, el centro de salud, y la cancha deportiva, adicional cobertura hacia las posiciones de los hogares donde se pueda alcanzar un rango de cobertura amplio.

Con base la estimación de posibles usuarios que podrían usar el servicio de conectividad se prevé aproximadamente 120 habitantes accedan al servicio de internet, estimando según los posibles servicios multimedia que puedan usar, se podría asignar una capacidad de navegación de 3 Mbps para cada persona, esto genera la necesidad de obtener el siguiente ancho de banda.

$$Bw = 3 \text{ Mbps} \times 1024 = 3072 \text{ Kbps}$$

$$Bw = 3072 \text{ Kbps} \times 120 \text{ usuarios} = 368640 \text{ Kbps}$$

Se necesita un canal de 360 Mbps aproximadamente, en el caso de cubrir los 120 usuarios conectándose al mismo tiempo con el consumo del servicio de internet.

En la tabla 2, se hace una relación de los operadores de telecomunicaciones que prestan servicio de internet y se realiza una relación de comparativa de características de los servicios que puede prestar cada operador, para determinar la opción que mejor se ajuste a la estructura del diseño.

Tabla 3. *Comparativa de proveedores de servicio de internet*

Operador	Red de acceso	Cobertura	Velocidad
Hughes net	Satelital	Provee el servicio	10 Mbps bajada / 1 Mbps subida
TuCable	Fibra Óptica para hogar	No provee el servicio	
Claro	Fibra Óptica redes 4G, Satelital.	Provee servicio satelital	100 Mbps bajada / 10 Mbps subida
DIRECTV	Satelital, Fibra óptica	Provee el servicio satelital	30 Mbps bajada / 3 Mbps subida
Tigo	Fibra Óptica, Radio enlace redes, 4G	Provee el servicio	300Mbps simétrico 300 Mbps bajada /150 Mbps subida

Nota. Tabla comparativa de la relación de operador y servicios del municipio de Cartago.

Las velocidades de navegación de bajada y de subida influyen drásticamente en la calidad de servicio percibida por los usuarios que se benefician del servicio, al igual que la estabilidad del servicio de internet, en otras palabras, se enfoca en como el servicio puede mantener la constante transmisión de los datos, sin pérdidas ni retrasos en la información, también dependiendo del tipo de actividades en el uso del internet.

En este orden de ideas las conectividades por fibra óptica ofrecen el beneficio de entregar canales dedicados de capacidades de navegación amplias y canales que ofrecen porcentajes de navegación en el 100% de bajada y con el 50% de subida, ajustándose a una calidad de servicio mejor adaptadas para las necesidades del usuario.

Se puede verificar en la información recopilada en la tabla 2, una comparativa de los servicios de conectividad que ofrecen los operadores de la zona, en el cual se puede determinar las características de los servicios, para determinar cuál es el operador que brinda el servicio más acorde a los detalles de conectividad entre el corregimiento Cauca y el municipio de Cartago.

En el análisis de los servicios de conectividad de cada uno de los operadores se evalúan las características para tomar la decisión del operador adecuado.

El operador Hughes net posee la ventaja de llevar el servicio hasta el corregimiento Cauca, con velocidades de navegación de 10 Mbps bajada y 1 Mbps subida, en términos de requerimientos no sería suficiente para abastecer de internet la cantidad de 120 usuarios que se desea abarcar, caso similar sucede con el operador DIRECTV con velocidades de navegación de 30 Mbps bajada y 3 Mbps subida.

El operador claro no provee el servicio fibra hasta el corregimiento Cauca, pero lo provee hasta un punto cercano ofreciendo 100 Mbps bajada / 50 Mbps subida, de forma satelital y por redes 4 G ofrece 10 Mbps Bajada / 1 Mbps subida, el operador Tigo es un caso similar solo tiene conectividad hasta el corregimiento de forma satelital y red de 4G, y hasta el municipio de Cartago mediante fibra óptica, ofrece un canal dedicado de máximo 300 megas y da la alternativa de un canal banda ancha de 300 Mbps bajada /150 Mbps subida.

Teniendo en cuenta la información recopilada en la tabla 2 y el análisis de las características de navegación de cada operador, también teniendo en cuenta que a cada uno de los 120 usuarios que accederán al servicio se le va a suministrar aproximadamente 3 megas simétricas, decide que el operador Tigo se ajusta a las necesidades del requerimiento, porque tiene la ventaja de ofrecer una capacidad de navegación 300 Mbps simétrico y así poder administrar mejor servicio en la calidad percibida por los usuarios, adicionalmente es un canal dedicado por lo que da la ventaja de que no comparte la red con otros usuarios.

Con base a la capacidad de navegación seleccionada podemos estimar el cálculo de la capacidad de navegación de un promedio de 120 usuarios que tengan la posibilidad de acceder al servicio.

$$\text{Internet Dedicado} = 300 \text{ Mbps} \times 1024 = 307200 \text{ Kbps}$$

$$\begin{aligned} \text{Capacidad de navegacion por usuario} &= 307200 \text{ Kbps} \div 120 \text{ usuarios} \\ &= 2560 \text{ Kbps/usuario} \end{aligned}$$

Cada usuario tendría una capacidad de navegación aproximada de 2.5 Mbps en el caso de que se complete el cupo de 120 usuarios

Adquisición de mapa geográfico de la zona

Mediante plataforma de servicios de ubicación de zonas geográficas se verifica el mapa de la zona y las vías de acceso que comunica al corregimiento de Cauca con el municipio de Cartago, con el fin de evaluar, reconocer las rutas que permiten el ingreso y comparar el camino con mejor opción para el diseño de la red según la tecnología más efectiva para el servicio de conectividad en la zona.

En la figura 9, se localiza el municipio de Cartago dando una referencia de la ubicación del corregimiento Cauca para verificar la distancia entre los dos sitios y poder determinar la ruta de acceso desde el municipio de Cartago hasta el corregimiento Cauca.

Figura 9

Mapa de localización del corregimiento Cauca con respecto al municipio de Cartago



Nota. Adaptado de [localización del corregimiento Cauca con respecto al municipio de Cartago], de Google, s.f., Todos los derechos reservados 2021 por Google. Adaptado con permiso del autor.

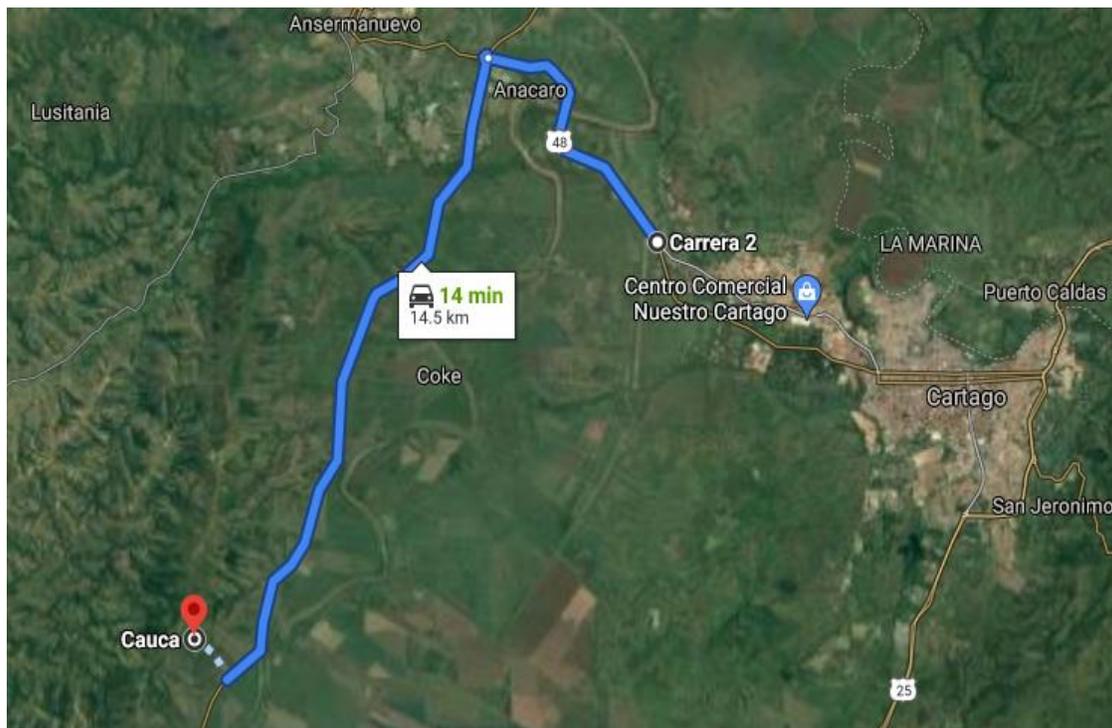
Análisis de las rutas de acceso al corregimiento

Múltiples rutas de acceso se encuentran para llegar al corregimiento deseado, en las siguientes imágenes se muestran las trayectorias de dichas rutas lo cual permite evaluar el trayecto más viable para el tendido de cableado.

En la figura 10, se verifica el recorrido de la vía de acceso al corregimiento Cauca lo cual toma un recorrido aproximado de 14 minutos en automóvil por medio de una vía sin pavimentar.

Figura 10

Ruta de acceso al corregimiento Cauca desde el municipio de Cartago

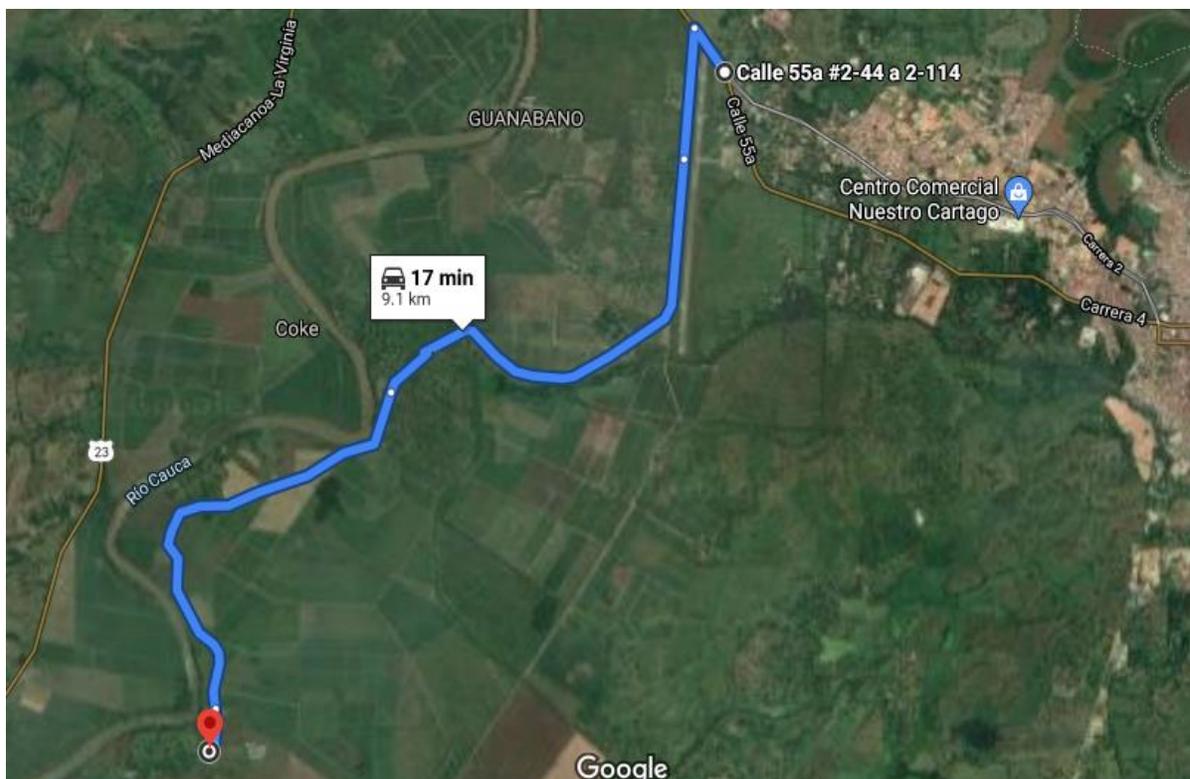


Nota. Adaptado de [Ruta de acceso al corregimiento Cauca desde el municipio de Cartago], de Google, s.f., Todos los derechos reservados 2021 por Google. Adaptado con permiso del autor.

En la figura 11, se verifica una ruta alternativa para el recorrido de la vía de acceso al corregimiento Cauca lo cual toma un recorrido aproximado de 17 minutos en automóvil por medio de una vía sin pavimentar

Figura 11

Ruta alternativa para el acceso al corregimiento Cauca desde el municipio de Cartago.



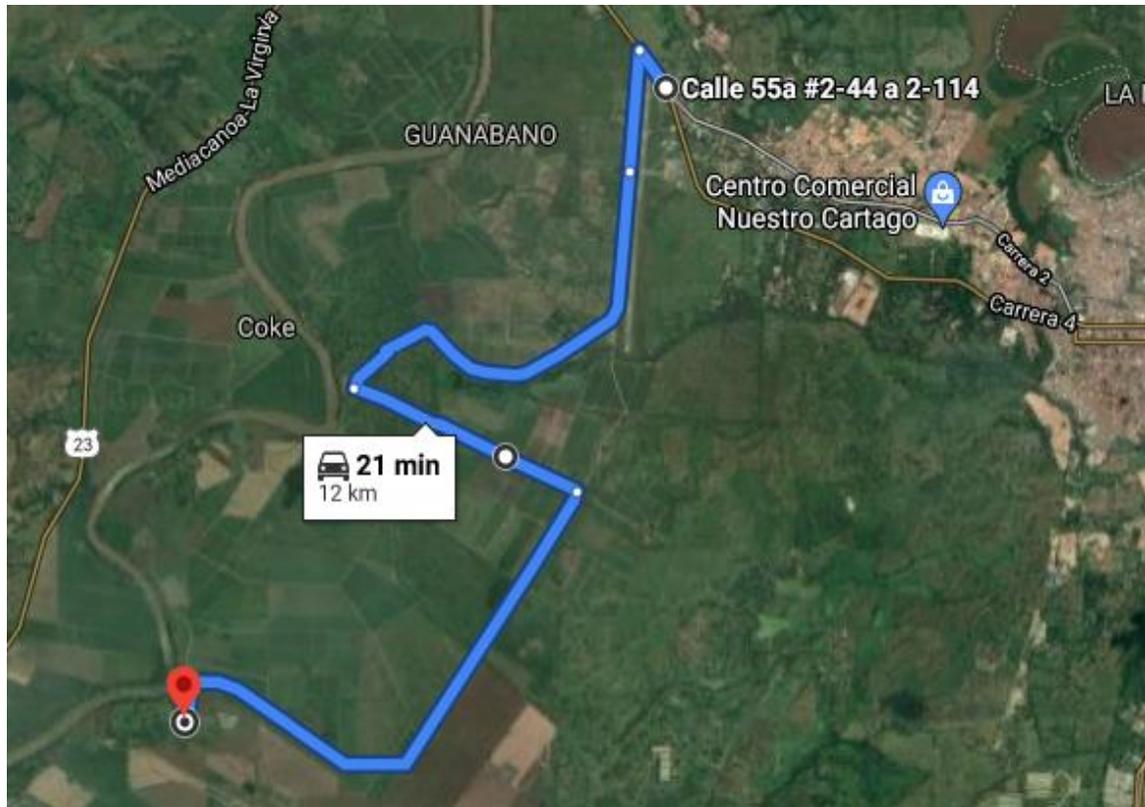
Nota. Adaptado de [Ruta alternativa para el acceso al corregimiento Cauca desde el municipio de Cartago.], de Google, s.f., Todos los derechos reservados 2021 por Google.

Adaptado con permiso del autor.

En la figura 12, se observa una ruta alternativa que toma una desviación para llegar al destino, pero el trayecto y el tiempo de recorrido es mayor, además de que el acceso es más complejo por motivos geográficos.

Figura 12

Ruta alternativa para el acceso al corregimiento Cauca desde el municipio de Cartago.

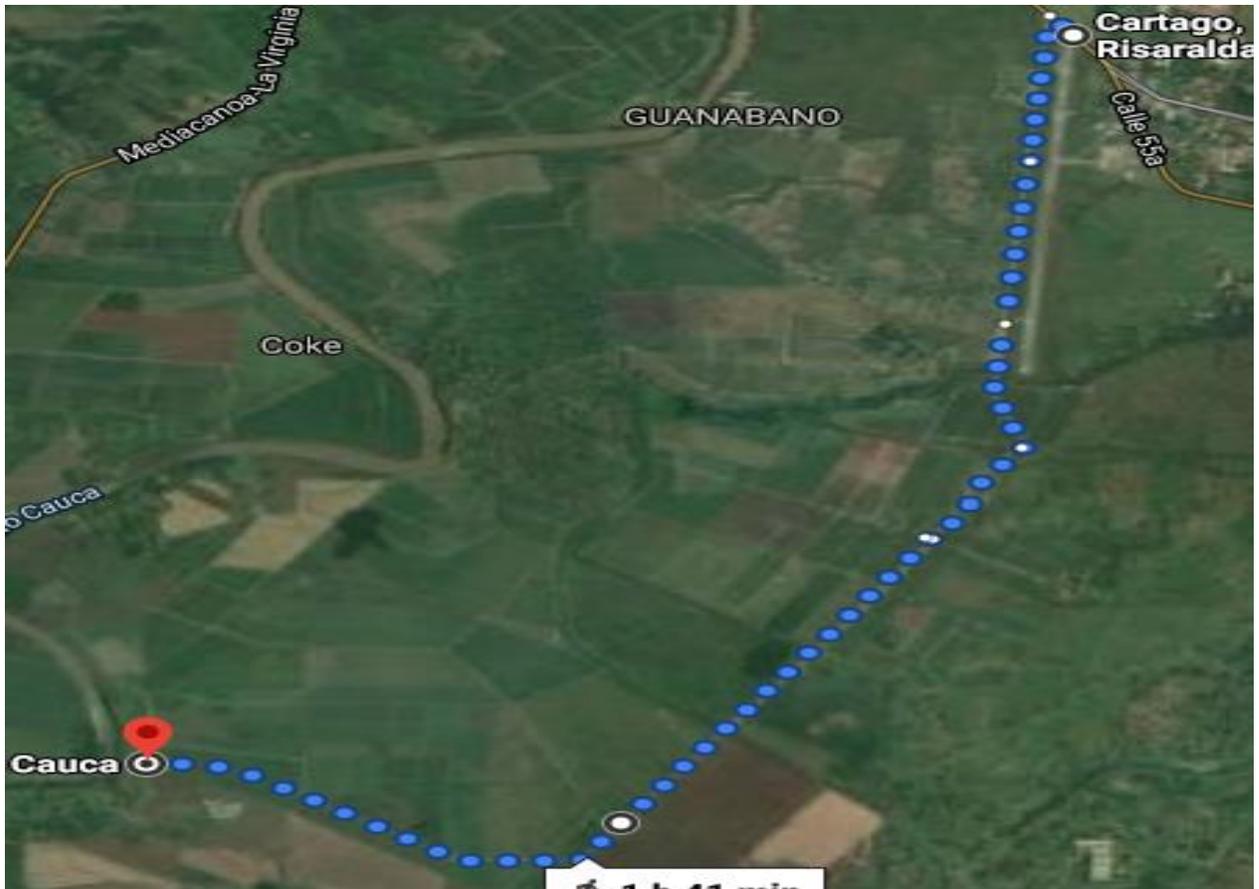


Nota. Adaptado de [Ruta alternativa para el acceso al corregimiento Cauca desde el municipio de Cartago], de Google, s.f., Todos los derechos reservados 2021 por Google. Adaptado con permiso del autor.

En la figura 13, se verifica la ruta más adecuada para el diseño de la tecnología de acceso mediante cableado, dando una ventaja más directa y de menor desviaciones en la trayectoria para la instalación del servicio, a pesar de que el recorrido es de 11 km aproximadamente.

Figura 13

Ruta más viable para el acceso al corregimiento Cauca desde el municipio de Cartago.



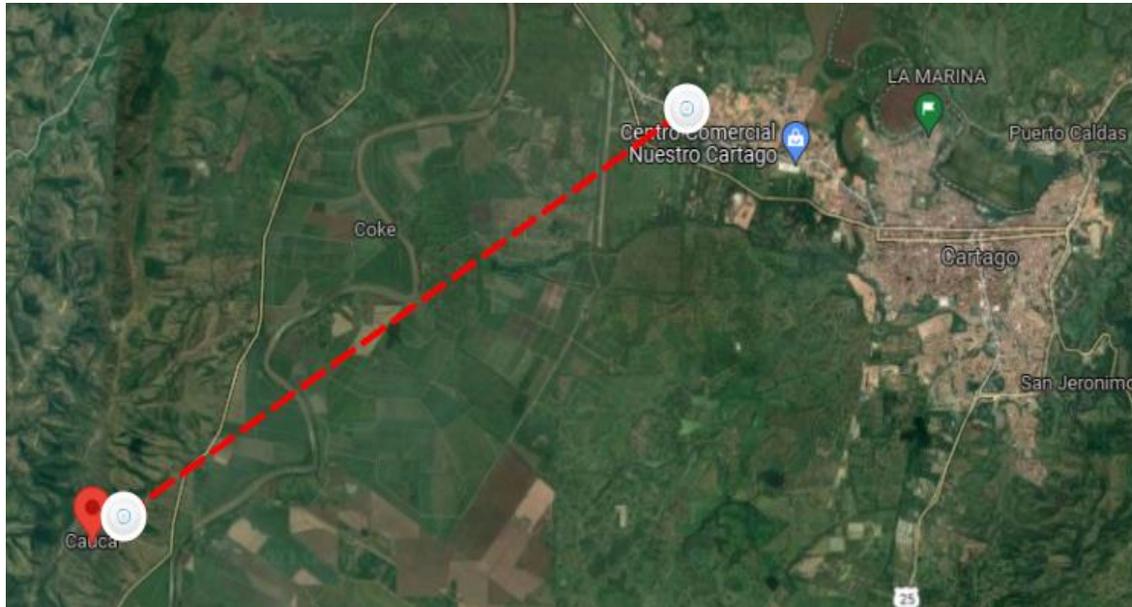
Nota. Adaptado de [Ruta más viable para el acceso al corregimiento Cauca desde el municipio de Cartago], de Google, s.f., Todos los derechos reservados 2021 por Google.

Adaptado con permiso del autor.

En la figura 14, se verifica la ruta correspondiente al posible caso de enlace de red mediante radio enlace, para explorar múltiples formas de transportar los servicios de conectividad desde el municipio de Cartago hasta el corregimiento Cauca.

Figura 14

Posible trayectoria para enlace de red mediante ondas de radiofrecuencia.



Nota. Adaptado de [Posible trayectoria para enlace de red mediante ondas de radiofrecuencia.], de Google, s.f., Todos los derechos reservados 2021 por Google.

Adaptado con permiso del autor.

Diseño de la red de distribución para acceso a internet en el corregimiento Cauca

El operador Tigo al entregar el servicio de internet en el municipio de Cartago por medio de una red de fibra óptica metro ethernet y asigna un swich de acceso marca Huawei de referencia S1720 de 8 puerto Giga ethernet Rj45 y 2 puertos Giga Ethernet HWIC-1GE-SF como se muestra en la figura 15, con la asignación de un pool de IPs mediante una Vlan de servicio, configurado en el puerto Giga ethernet HWIC-1GE-SFP número 10, a partir de este punto se desarrolla la red de fibra óptica diseñada anteriormente hasta llegar al corregimiento Cauca.

En la figura 15, se muestra el equipo que suministra el proveedor Tigo, para entregar el servicio de internet, este switch de acceso es el encargado de entregar el pool de IPs asignado por el proveedor para posteriormente ser conectado al router que autentica el servicio de internet, y así levantar la capa 3 mediante la configuración correspondiente.

Figura 15

Switch Huawei 1720 suministrado por el operador Tigo.



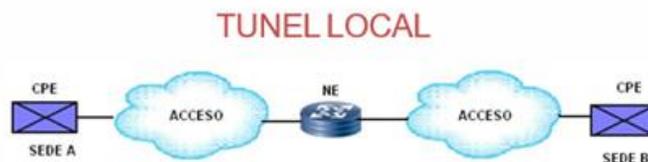
Nota. Switch Huawei 1720, imagen suministrada por asesor de Tigo.

Tigo usa la transmisión mediante una VPN capa 2 de punto a punto en lo que establece conexiones punto a punto, protocolo LDP para señalizaciones de Vlan a Vlan.

En la figura 16, se verifica el diagrama de red de acceso del modelo del túnel local que usa el operador Tigo para la red de enlace Metro Ethernet.

Figura 16

Enlace Metro Ethernet del operador Tigo en modalidad de bus.



Nota. Red de enlace Metro Ethernet del operador Tigo.

Punto de entrega de canal de servicio de internet por parte del operador

Debido a que el operador Tigo no tiene cobertura de red hasta el corregimiento Cauca, entrega el servicio hasta el municipio de Cartago hasta la distancia más cercana del corregimiento Cauca.

Diseño de la red de acceso

A partir de la ubicación desde el punto de inicio en el municipio de Cartago que se establece para el diseño correspondiente para el cableado hasta el corregimiento Cauca como se mostró en la figura 9, se mide una distancia aproximadamente de 14 km, se propone el uso de fibra óptica para el cableado en el diseño de la red de conectividad y adicional se propone el diseño de una red de radio enlace como segunda alternativa para la red de acceso.

Diseño del cableado de fibra óptica para el acceso a la red

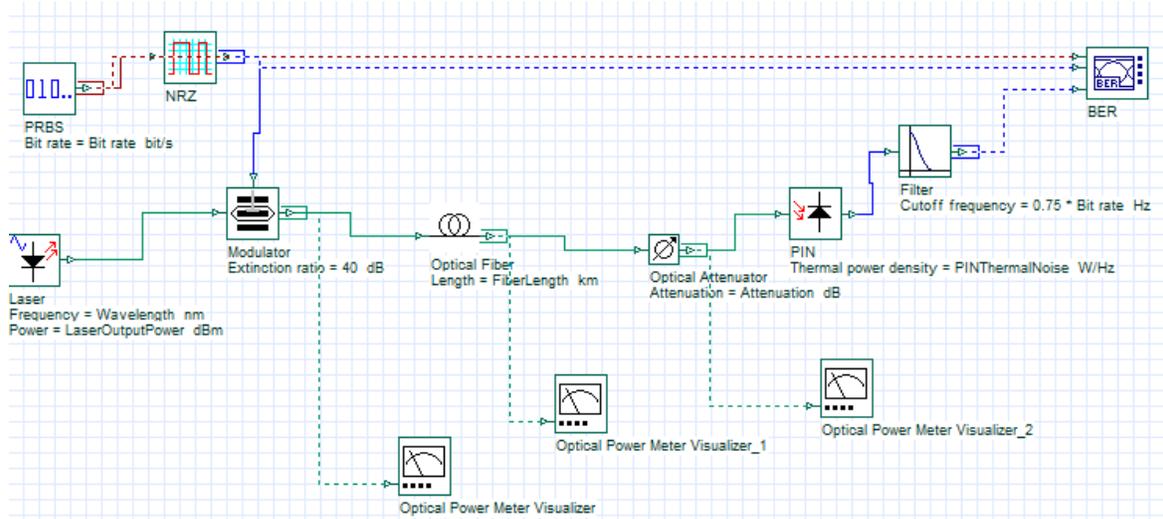
La plataforma Optiperformance estructura el cableado de fibra óptica para verificar el comportamiento de la transmisión con respecto a la distancia desde el punto en que el operador proveedor ofrece el servicio hasta el punto final que en este caso es el corregimiento Cauca.

Para el diseño se propone el uso de fibras monomodo para el enlace entre Cartago y el corregimiento Cauca, debido a que la fibra monomodo supone un menor costo de implementación y monetario.

En la figura 17, se analiza el comportamiento de la fibra óptica y se calcula la atenuación de la potencia de la señal de fibra óptica con el software Optiperfomer v. 18.0, para determina la viabilidad del diseño de la red de conectividad en fibra óptica.

Figura 17

Simulación de los parámetros correspondientes para la transmisión por fibra óptica.



Nota. Imagen adaptada de Optiperfomer v. 18.0 (Optiwave Systems, 2021).

Estimación de la atenuación del enlace óptico

Se realiza el cálculo de la atenuación del enlace óptico para conocer la atenuación total (TA) de la sección de cables teniendo en cuenta las siguiente formula:

$$TA = n \times C + c \times J + L \times a + M$$

Donde:

- n: cantidad de conectores.
- C: atenuación de un conector óptico (dB).

- c : cantidad de empalmes en sección de cable básica.
- J : atenuación de un empalme (dB).
- M : margen del sistema (los cables de conexión, las curvas de los cables, los eventos de atenuación óptica impredecibles representan alrededor de 3 dB).
- a : atenuación de cable óptico (dB/km).
- L : longitud total del cable óptico (Cisco, 2021).

Al aplicar esta fórmula a la estimación del diseño, se supone ciertos valores para las tarjetas ópticas, se obtienen estos resultados:

Para longitud de onda de 1310 nm: Normal.

$$TA = 2 \times 0.6 \text{ dB} + 4 \times 0.1 \text{ dB} + 15 \text{ km} \times 0.38 \text{ dB/Km} + 3 \text{ dB} = 10.3 \text{ dB}.$$

Para longitud de onda de 1310 nm: La peor situación.

$$TA = 2 \times 1 \text{ dB} + 4 \times 0.2 \text{ dB} + 15 \text{ km} \times 0.5 \text{ dB/km} + 3 \text{ dB} = 13.3 \text{ dB}.$$

Para longitud de onda de 1550 nm: Normal.

$$TA = 2 \times 0.35 \text{ dB} + 4 \times 0.05 \text{ dB} + 15 \text{ km} \times 0.22 \text{ dB/Km} + 3 \text{ dB} = 7.2 \text{ dB}.$$

Para longitud de onda de 1550 nm: La peor situación.

$$TA = 2 \times 0.7 \text{ dB} + 4 \times 0.1 \text{ dB} + 15 \text{ km} \times 0.4 \text{ dB/km} + 3 \text{ dB} = 10.8 \text{ dB}.$$

Especificaciones para la tarjeta óptica:

$$Tx = -3 \text{ dB a } 0 \text{ dB con } 1310 \text{ nm}$$

$$Rx = -27 \text{ dB a } -20 \text{ dB con } 1310 \text{ nm}.$$

En este caso, el presupuesto de alimentación está entre 27 y 17 dB.

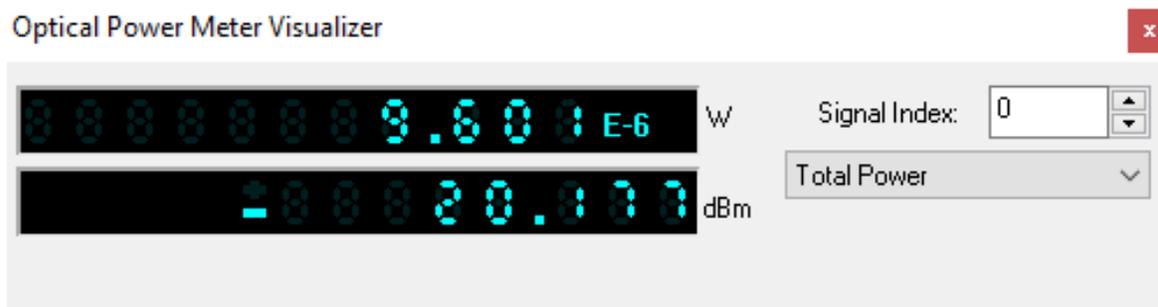
Se considera la peor tarjeta, que tiene un presupuesto de alimentación de 17 dB a 1310 nm, y se considera que la peor situación para el enlace óptico sería 15,8 dB a 1310 nm, se estima que enlace óptico funcionará sin problemas.

Verificación de la atenuación en el simulador

En la figura 18, Se verifica que la señal de transmisión está dentro de los parámetros óptimos para el funcionamiento del canal de datos, debido a que la potencia de la señal está en -20.177 dBm lo que implica que se encuentra en el rango de potencia de -.20 dBm a -27dBm, como parámetros óptimos para el funcionamiento del enlace de fibra óptica.

Figura 18

Resultado de simulación con respecto a la señal de transmisión.



Nota. Resultado de atenuación del simulador con respecto a la señal de transmisión.

En la figura 19, se verifica que la señal de recepción está dentro de los parámetros óptimos para el funcionamiento del canal de datos, debido a que la potencia de la señal está en -2.873 dBm lo que implica que se encuentra en el rango de potencia de -.3 dBm a 0 dBm, como parámetros óptimos para el funcionamiento del enlace de fibra óptica

Figura 19

Resultado de simulación con respecto a la señal de recepción



Nota. Resultado de atenuación del simulador con respecto a la señal de Recepción.

Diseño del radio enlace como solución alternativa para el acceso a la red

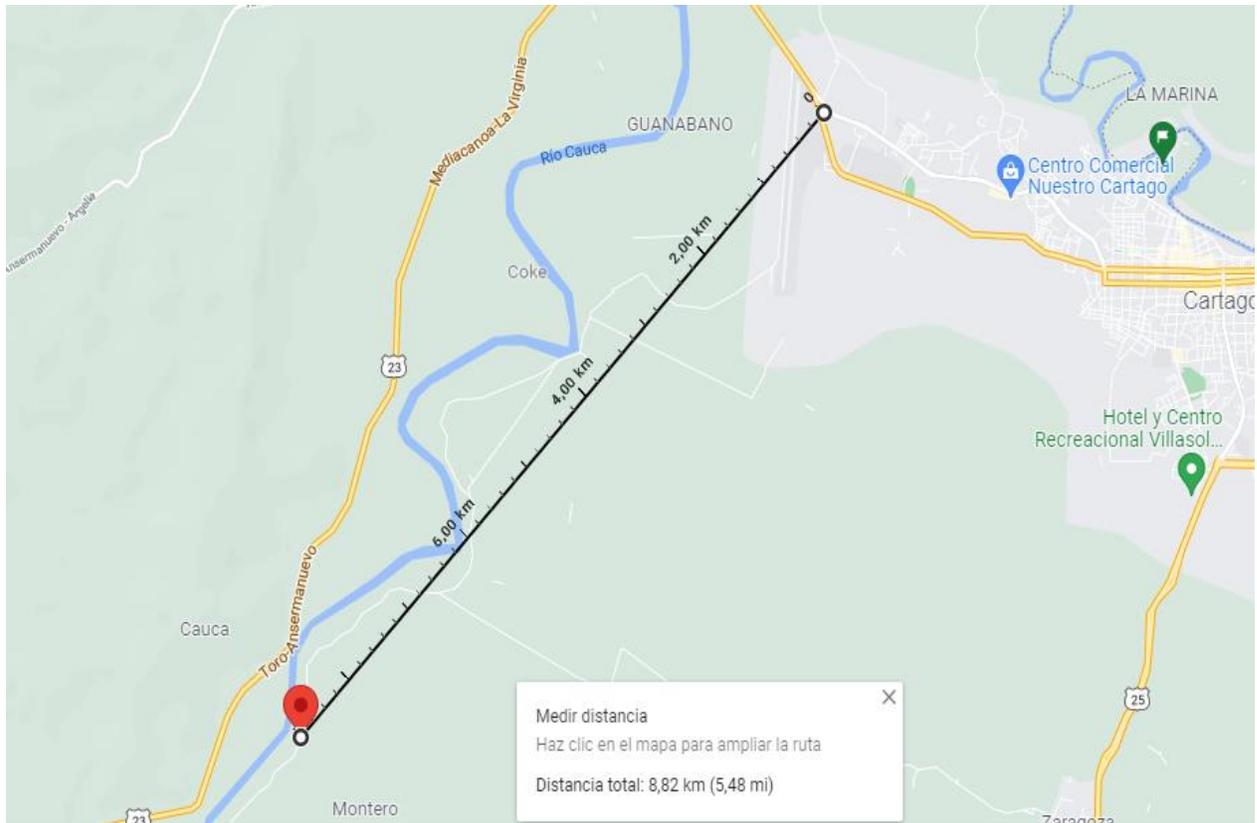
Para el diseño de la red de radio enlace es necesario calcular el presupuesto de potencia para un enlace punto a punto, teniendo en cuenta las ganancias y pérdidas desde el radio transmisor a través de cables, conectores y espacio libre hasta el receptor, además estimar el valor de potencia del radio enlace necesarias para el diseño y elección del equipamiento correcto.

La trayectoria del enlace de red por medio de radio frecuencia es un enlace punto a punto directo, se calcula la distancia correspondiente desde el punto inicial en el municipio de Cartago hasta el punto final que corresponde al corregimiento Cauca.

En la figura 20, establece una distancia aproximadamente de 8.82 km como recorrido total que realizará el enlace de radio.

Figura 20

Medición de la distancia desde el municipio de Cartago hasta el corregimiento Cauca.



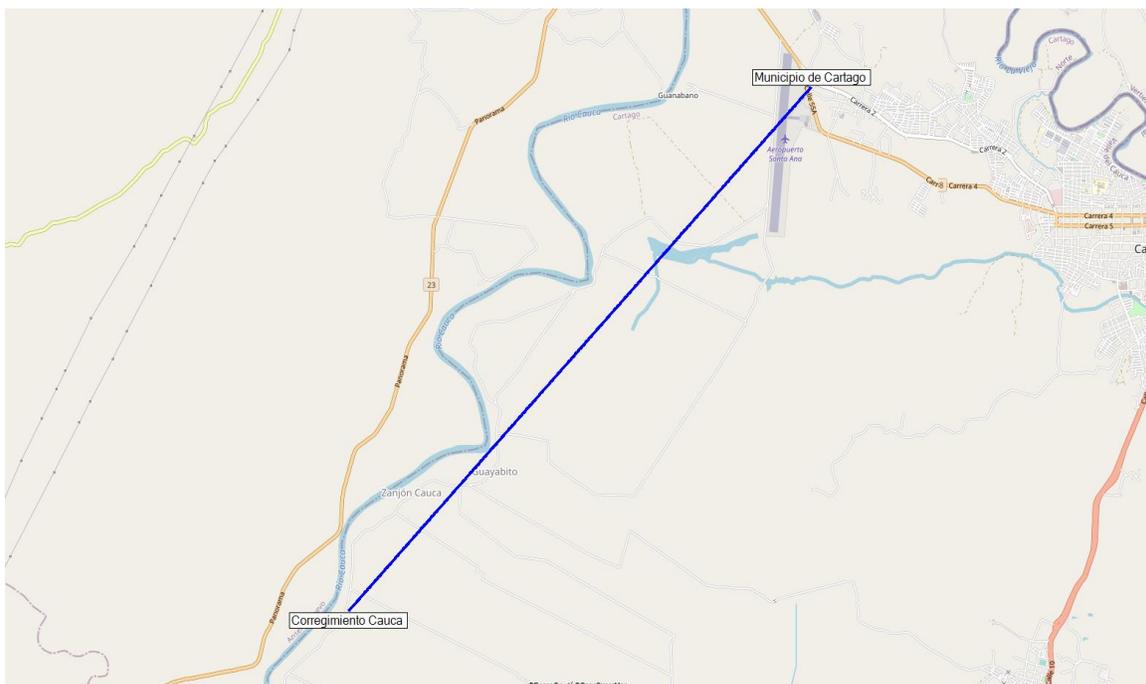
Nota. Nota. Adaptado de [Posible trayectoria para enlace de red mediante ondas de radiofrecuencia.], de Google, s.f., Todos los derechos reservados 2021 por Google.

Adaptado con permiso del autor.

En la figura 21, se ubican las posiciones de las antenas para verificar la trayectoria del enlace y mediante el simulador Radio Mobile se estiman las coordenadas y el direccionamiento del azimut para ubicación de las terminales.

Figura 21

Medición de la distancia desde el municipio de Cartago hasta el corregimiento Cauca desde el simulador Radio Mobile.



Nota. Trayectoria en simulación Radio Mobile, imagen tomada del simulador.

Tabla 4. *Características de ubicación de terminales*

	Municipio de Cartago	Corregimiento Cauca
Latitud (°)	4.764561	4.706356
Longitud (°)	-75.952370	-76.006617
Elevación del Terreno (m)	906.1	906.6
Azimut (°)	222.89 TN 229.05 MG	42.88 TN 49.00 MG
Distancia (km)	8.82	

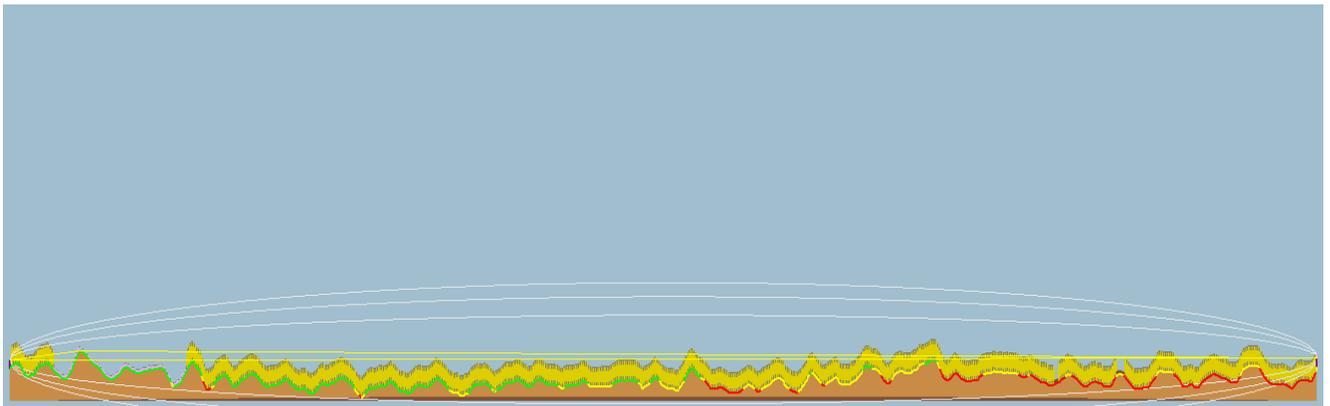
Nota. Tabla de detalles de ubicación de las terminales.

Simulación del radio enlace

En la figura 22, se verifica la condición del radio enlace sin determinar la altura de las antenas y la frecuencia de transmisión de las ondas de radiofrecuencia.

Figura 22

Simulación del radio enlace.



Nota. Verificación del enlace de radiofrecuencia en el simulador Radio Mobile.

Análisis y elección de la frecuencia.

Según la Resolución 711 de 2016 de la Agencia Nacional del Espectro estableció las bandas frecuencia de libre uso dentro del territorio nacional, también la resolución, se determina el límite de potencia o intensidad de campo para cada rango de frecuencias. Las bandas de 2400 a 2483.5 MHz denominada como banda de 2.4GHz, de 5725 a 5850 MHz denominada como banda de 5.8GHz y 24.05 a 24.25 GHz denominada como banda de 24GHz, con uso más común en el territorio nacional (Avance Jurídico, 2019).

Teniendo en cuenta la distancia del recorrido del enlace lo cual es de 8.82 km, las bandas 2,4 GHz, 5GHz y 24GHz tienen buen rendimiento para distancias inferiores a 50 km

Cálculo de pérdida de potencia en la trayectoria por el espacio libre dimensional

La pérdida de potencia en la trayectoria por el espacio libre se estima mediante la siguiente fórmula:

$$L_p = 4\pi D \lambda^2 = 4\pi f D c^2$$

Donde

L_p = Pérdida en la trayectoria por el espacio libre.

D = Distancia (Kilómetros)

f = frecuencia (Hertz)

λ = Longitud de onda (metros)

c = Velocidad de la luz en el espacio libre (3 X 10⁸ metros por segundo)

Se pasa a dB y se obtiene:

$$L_p \text{ (dB)} = 10 \log 4\pi f D c^2$$

$$L_p \text{ (dB)} = 20 \log 4\pi f D c = 20 \log 4\pi c + 20 \log f + 20 \log D$$

Cálculo cuando la frecuencia está en MHz y la distancia en Km

$$\begin{aligned} L_p \text{ (dB)} &= 20 \log 4\pi \cdot 10^3 \cdot 3 \times 10^8 + 20 \log f \text{ (MHz)} + 20 \log D \text{ km} \\ &= 32.4 + 20 \log f \text{ (MHz)} + 20 \log D \text{ km} \end{aligned}$$

Cálculo cuando la frecuencia está en 2.4GHz y la distancia en 2.82Km

$$L_p \text{ (dB)} = 32.4 + 20 \log 2400 \text{ (MHz)} + 20 \log 2.82 \text{ km} = 118.9135965 \text{ dB}$$

Cálculo cuando la frecuencia está en 5GHz y la distancia en 2.82Km

$$L_p \text{ (dB)} = 32.4 + 20\log 5650(\text{MHz}) + 20\log 8.82\text{km} = 126.3503407 \text{ dB}$$

Cálculo cuando la frecuencia está en 24GHz y la distancia en 2.82Km

$$L_p \text{ (dB)} = 32.4 + 20\log 24000(\text{MHz}) + 20\log 8.82\text{km} = 138.9135965 \text{ dB}$$

Análisis de la zona de Fresnel

La zona de Fresnel determina que la máxima obstrucción permitida es de un 40%, también recomienda que la obstrucción sea de un 20% o menor, además la reflexión o desviación que altere el refuerzo de la zona uno reduce la señal recibida, por último, establece que al menos el 60% de la zona de Fresnel debe estar libre de obstáculos para tener una señal adecuada (ABC Xperts, 2022).

Cálculo de la zona de Fresnel para radio enlace con frecuencia = 2.4GHz

$$r = 17.32 \times \sqrt{\frac{D}{4f}}$$

Donde

- r = radio primera zona de Fresnel en metros (m).
- D = distancia en kilómetros (km).
- f = frecuencia de la transmisión en Gigahercios (GHz).

Verificación de comportamiento del radio enlace en el simulador

Mediante el simulador Radio Mobile se verifica el comportamiento del enlace en las diferentes frecuencias mencionadas anteriormente, para elegir la opción que mejor vaya acorde con el requerimiento del enlace basados en los conceptos de la zona de Fresnel,

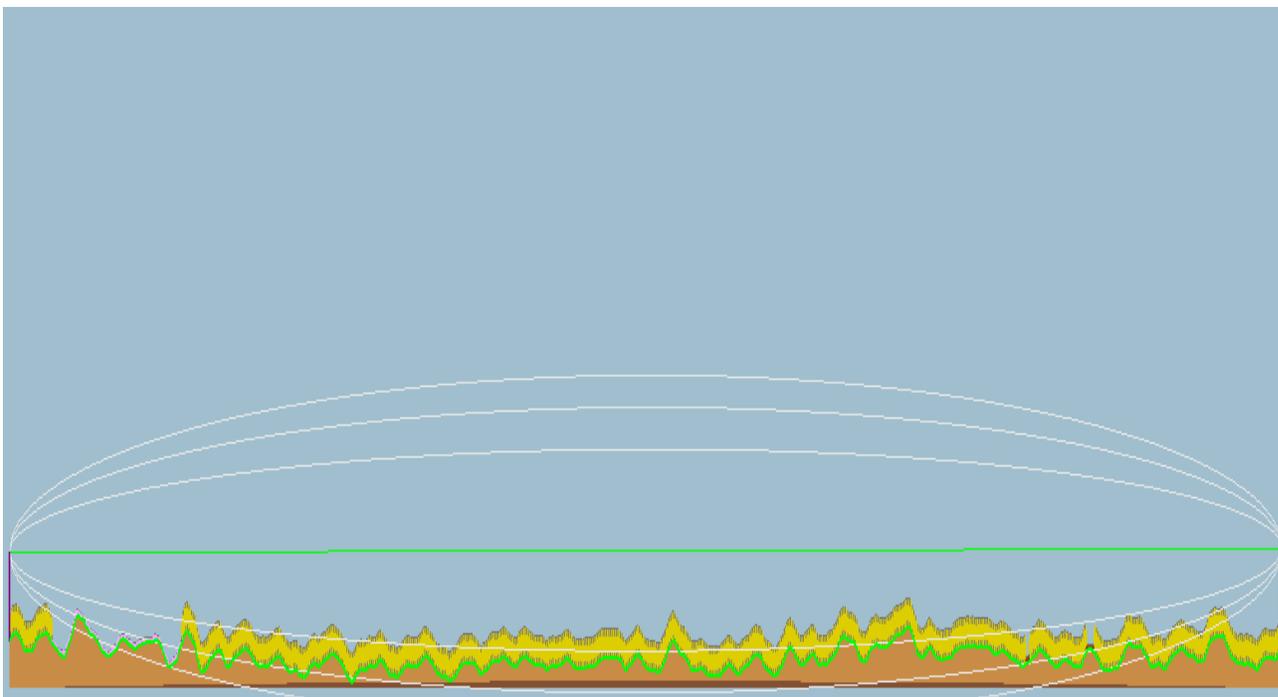
teniendo en cuenta la distancia de 8.82 km desde el municipio de Cartago hasta el corregimiento Cauca.

Simulación de radio enlace para frecuencia de 2.4GHz

$$r = 17.32 \times \sqrt{\frac{8.82km}{2.4GHz}} = 14.84880682m$$

Figura 23

*Simulación del radio enlace con frecuencia de 2.4 GHz y asegurando **14.84880682m** en la zona de fresnel*



Nota. Simulación del radio enlace con frecuencia de 2.4GHz.

Tabla 5. Resultado del estudio del radio enlace con frecuencia en 2.4 GHz y asegurando 14.84880682m en la zona de fresnel.

Estudio del radio enlace a 2.4 GHz			
Municipio de Cartago (1)		(2) Corregimiento Cauca	
Latitud	4.764561 °	Latitud	4.706356 °
Longitud	-75.952370 °	Longitud	-76.006617 °
Elevación del terreno	906.1 m	Elevación del terreno	906.6 m
Altura de la antena	10.0 m	Altura de la antena	10.0 m
Azimuth	222.89 TN 229.06 ° MG	Azimuth	42.88 TN 49.00 ° MG
Inclinación	-0.04 °	Inclinación	-0.04 °
Sistema de radio		Propagation	
Potencia TX	43.01 dBm	Pérdida en espacio libre	118.59 dB
Pérdida en cable TX	3.00 dB	Pérdida por obstrucción	1.58 dB
Ganancia de antena TX	6.00 dBi	Pérdida por bosque	1.00 dB
Ganancia de antena RX	2.00 dBi	Pérdida por urbanización	0.00 dB
Pérdida en cable RX	0.50 dB	Pérdida estadística	15.75 dB
Sensibilidad RX	-113.02 dBm	Pérdida total	136.93 dB
Performance			
Distance	8.833 km		
Precisión	10.0 m		
Frecuencia	2310.000 MHz		
Potencia de Radiación Isotrópica Equivalente	39.905 W		
Ganancia del sistema	160.53 dB		
Fiabilidad requerida	90.000 %		

Señ recibida	-89.42 dBm
Señ recibida	7.57 μ V
Margen de escucha	23.60 dB

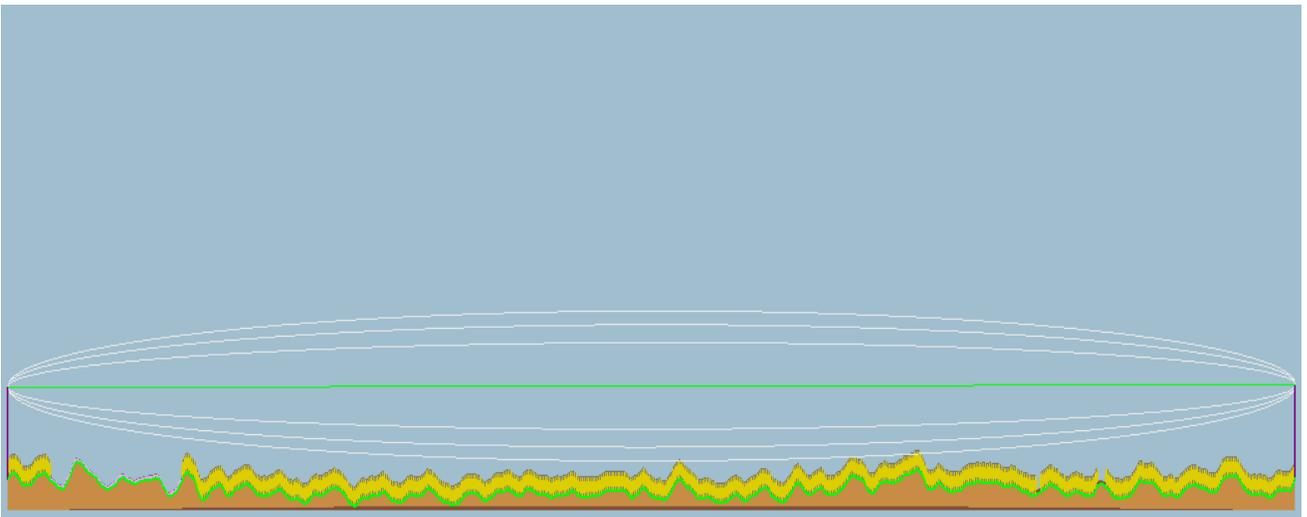
Nota. Resultados de características y parámetros simulados en el aplicativo Radio Mobile.

Simulación de radio enlace para frecuencia de 5GHz

$$r = 17.32 \times \sqrt{\frac{8.82km}{5GHz}} = 23.00367261m$$

Figura 24

*Simulación del radio enlace con frecuencia de 5GHz y asegurando **23.00367261m** en la zona de fresnel*



Nota. Simulación del radio enlace con frecuencia de 5GHz.

Tabla 6. Resultado del estudio del radio enlace con frecuencia en 5 GHz y asegurando **23.00367261m** en la zona de fresnel.

Estudio del radio enlace 5GHZ			
Municipio de Cartago (1)		(2) Corregimiento Cauca	
Latitud	4.764561 °	Latitud	4.706356 °
Longitud	-75.952370 °	Longitud	-76.006617 °
Elevación del terreno	906.1 m	Elevación del terreno	906.6 m
Altura de la antena	10.0 m	Altura de la antena	10.0 m
Azimuth	222.89 TN 229.06 ° MG	Azimuth	42.88 TN 49.00 ° MG
Inclinación	-0.04 °	Inclinación	-0.04 °
Sistema de radio		Propagation	
Potencia TX	43.01 dBm	Pérdida en espacio libre	126.36 dB
Pérdida en cable TX	3.00 dB	Pérdida por obstrucción	-3.86 dB
Ganancia de antena TX	6.00 dBi	Pérdida por bosque	1.00 dB
Ganancia de antena RX	2.00 dBi	Pérdida por urbanización	0.00 dB
Pérdida en cable RX	0.50 dB	Pérdida estadística	16.00 dB
Sensibilidad RX	-113.02 dBm	Pérdida total	139.51 dB
Performance			
Distance			8.833 km
Precisión			10.0 m
Frecuencia			5650.000 MHz
Potencia de Radiación Isotrópica Equivalente			39.905 W
Ganancia del sistema			160.53 dB
Fiabilidad requerida			90.000 %
Señ recibida			-92.00 dBm

Señal recibida	5.63 μ V
Margen de escucha	21.02 dB

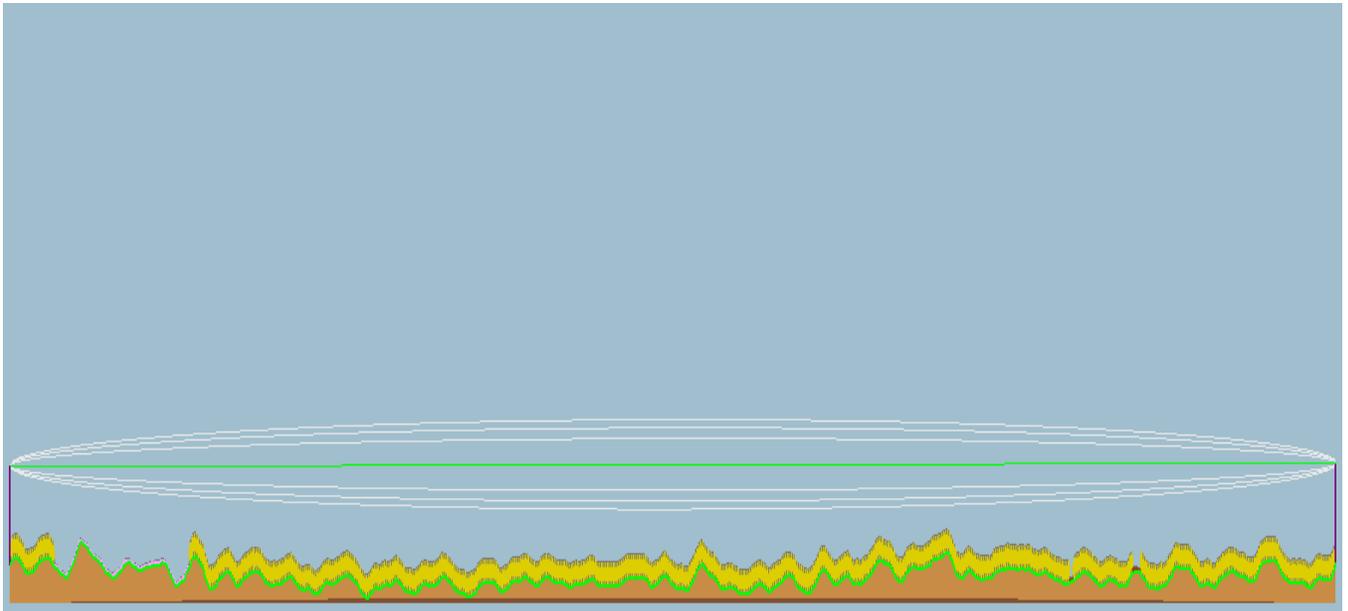
Nota. Resultados de características y parámetros simulados en el aplicativo Radio Mobile.

Simulación de radio enlace para frecuencia de 24GHz

$$r = 17.32 \times \sqrt{\frac{8.82km}{24GHz}} = 33.20294144m$$

Figura 25

*Simulación del radio enlace con frecuencia de 24 GHz y asegurando **33.20294144m** en la zona de fresnel*



Nota. Simulación del radio enlace con frecuencia de 24GHz.

Tabla 7. Resultado del estudio del radio enlace con frecuencia en 24GHz y asegurando 33.20294144m en la zona de fresnel.

Estudio del radio enlace 24 GHz			
Municipio de Cartago (1)		(2) Corregimiento Cauca	
Latitud	4.764561 °	Latitud	4.706356 °
Longitud	-75.952370 °	Longitud	-76.006617 °
Elevación del terreno	906.1 m	Elevación del terreno	906.6 m
Altura de la antena	15.0 m	Altura de la antena	15.0 m
Azimuth	222.89 TN 229.11 ° MG	Azimuth	42.88 TN 49.06 ° MG
Inclinación	-0.04 °	Inclinación	-0.04 °
Sistema de radio		Propagation	
Potencia TX	43.01 dBm	Pérdida en espacio libre	138.93 dB
Pérdida en cable TX	3.00 dB	Pérdida por obstrucción	0.24 dB
Ganancia de antena TX	6.00 dBi	Pérdida por bosque	0.00 dB
Ganancia de antena RX	2.00 dBi	Pérdida por urbanización	0.00 dB
Pérdida en cable RX	0.50 dB	Pérdida estadística	16.16 dB
Sensibilidad RX	-113.02 dBm	Pérdida total	155.33 dB
Performance			
Distance	8.833 km		
Precisión	10.0 m		
Frecuencia	24000.000 MHz		
Potencia de Radiación Isotrópica Equivalente	39.905 W		
Ganancia del sistema	160.53 dB		
Fiabilidad requerida	90.000 %		
Señ recibida	-107.81 dBm		

Señ recibida	0.91 μ V
Margen de escucha	5.21 dB

Nota. Resultados de características y parámetros simulados en el aplicativo Radio Mobile.

Para la elección de la frecuencia para la transmisión de la información mediante radio frecuencia, se establece el posible rango desde frecuencias 2,3GHz a los 5,925GHz dado que las frecuencias bajas son menos susceptibles a las perturbaciones que pueda generar el ambiente, como lo es la lluvia las nubes y posibles obstáculos imprevistos.

Diseño de red para el acceso a internet de los usuarios del corregimiento Cauca.

Por medio del simulador Packet Tracer versión 8.0 se realiza el diseño de la estructura lógica y física para la red de acceso a internet en el corregimiento Cauca, para poder visualizar un modelo de funcionamiento y distribución de direcciones IP a los usuarios que estarían beneficiados del servicio.

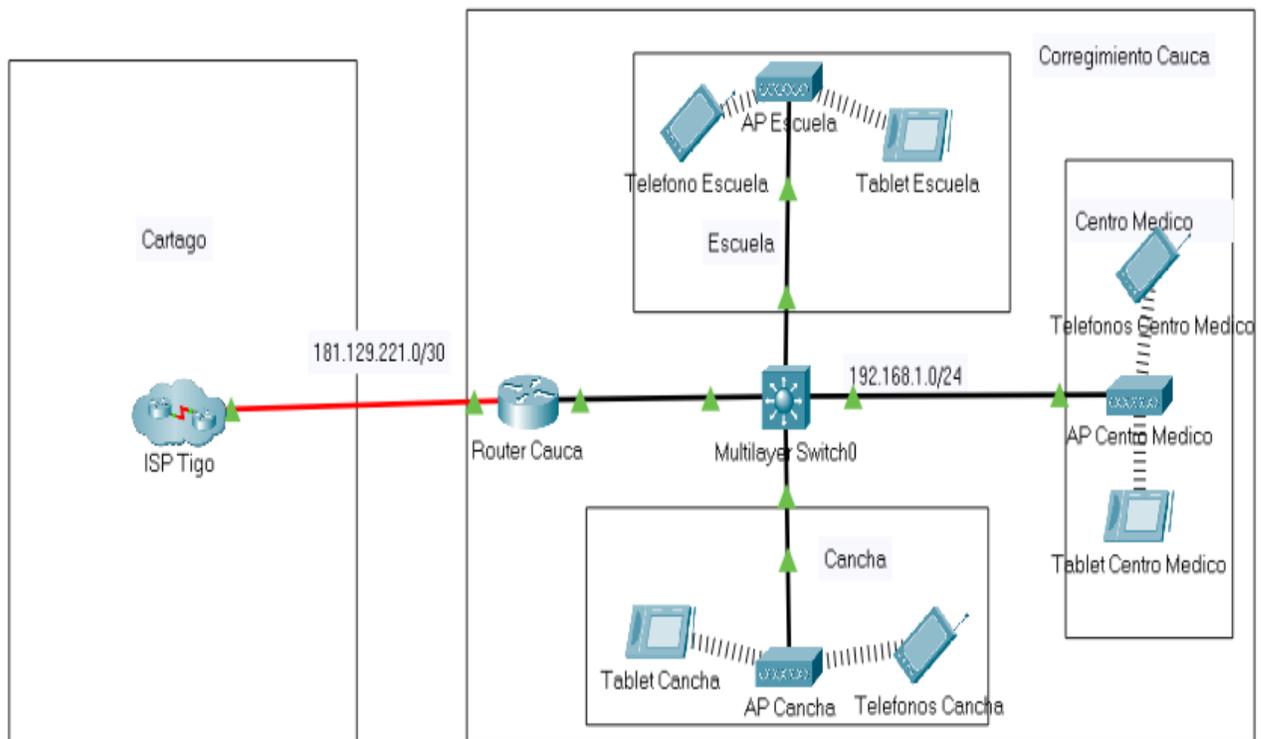
Se establece suministrar servicio de conectividad en puntos específicos que beneficien a la sociedad, estos puntos abarcan la cancha deportiva, el centro educativo y el centro médico, debido a que son puntos comunes donde la sociedad se reúne con mayor frecuencia, adicional se visualiza un sistema flexible para adicionar más puntos que beneficien a la sociedad hacia los hogares.

Estructura lógica de la red

Se realiza el diseño lógico y gráfico de la estructura de la red realizando una simulación, para verificar el comportamiento funcional de la conectividad y la distribución de las direcciones IP hacia los equipos de los usuarios,

Figura 26

Diseño lógico de la estructura de red.



Nota. Diseño lógico de red en simulador Packet Tracer.

El suministro de internet para aproximadamente 120 usuarios como máximo, establece el siguiente diseño para el acceso a la red, con asignación de direcciones IP versión 4 y versión 6.

Tabla 8. Direccionamiento IP

Direccionamiento IP		
Equipo	Puerto / Descripción	Dirección IP /Descripción
Router Cauca	G0/0/0 WAN	181.129.221.2/29 Pool IP
	G0/0 LAN	192.168.1.1 / 24 Gestión
Switch Cauca	G0/0/1 Troncal	192.168.1.10/24 Gestión
	VLAN 1 AP	
	VLAN 2 Gestión	
Puntos de acceso	G0/1 DHCP	192.168.1.10 – 192.168.1.254 2001:db8: acad:1/64

Nota. Asignación de direcciones IP para la red.

El router de Cauca es el encargado de recibir el direccionamiento 181.129.221.2 con máscara 29 del pool IP suministrado por el operador Tigo para el levantamiento de la capa 3 y establecer el enlace de conectividad desde el municipio de Cartago hasta el corregimiento Cauca, para posteriormente generar una subred en un rango IP 192.168.1.0 para distribución de direcciones IP por medio de DHCP, para que los equipos de los usuarios puedan conectarse a los puntos de acceso y recibir las respectivas direcciones IP de forma dinámica.

Se establece el diseño de la configuración del router en el corregimiento Cauca de la siguiente manera:

Router>Enable % Ingreso al modo privilegio EXEC.

Router#Configure terminal %Ingreso al modo configuración de terminal.

```
Router#hostname RCauca    %Asigna nombre al router.

Router#enable secret cisco    %Asigna clave de seguridad al modo privilegio EXEC.

RCauca(config)# line console 0    %Asigna clave de seguridad a la consola.

RCauca(config-line) # password cisco    %Establece como clave cisco

RCauca(config-line) # login local

RCauca(config)#username cisco password cisco    %Crea usuario y contraseña.

RCauca(config)# line vty 0 4

RCauca(config-line) # password cisco

RCauca(config-line) # login

RCauca(config)# service password-encryption    %Encripta las contraseñas.

ip domain-name cisco.com    %Establece un nombre de dominio.

RCauca(config)# banner motd $ Acceso solo a personal autorizado $    %Genera aviso de
seguridad.

RCauca(config)#ip dhcp pool ip1    %Habilita proceso para realizar asignación dhcp en
IPv4

network 192.168.1.0 255.255.255.0

RCauca(config)#default-router 192.168.1.1

RCauca(config)#ipv6 unicast-routing
```

```
RCauca(config)#ipv6 dhcp pool ipv6          %%Habilita proceso para realizar  
asignación dhcp en IPv6
```

```
RCauca(config-dhcpv6) #address prefix 2001:DB8: ACAD: :/64
```

```
RCauca(config)# interface g0/0
```

```
RCauca(config-if) #description LAN-ACCESSO-CAUCA
```

```
RCauca(config-if) # ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
```

```
RCauca(config-if) # ipv6 address 2001:db8: acad:1/64
```

```
RCauca(config-if) # ipv6 address FE80::1 link-local
```

```
RCauca(config-if) # no shutdown
```

```
RCauca(config-if) # exit
```

```
RCauca(config)# interface g0/0/0
```

```
RCauca(config-if) #description WAN-ACCESSO-TIGOUNE
```

```
RCauca(config-if) # ip address 181.129.221.2 255.255.255.252
```

```
RCauca(config-if) # no shutdown
```

```
RCauca(config-if) # exit
```

```
RCauca(config)#ip default-gateway 192.168.1.1
```

```
RCauca(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 181.129.221.1
```

```
RCauca(config)#crypto key generate rsa
```

```
RCauca(config)#ip ssh version 2
```

```
RCauca(config-line) #login local
```

```
RCauca(config)#end
```

```
Router#write
```

Se establece el diseño de la configuración del switch en el corregimiento Cauca de la siguiente manera:

```
Switch>enable
```

```
Switch#Configure terminal
```

```
Switch(config)#hostname SCauca
```

```
SCauca(config)#enable secret cisco
```

```
SCauca(config)#line console 0
```

```
SCauca(config-line) #password cisco
```

```
SCauca(config-line) #login local
```

```
SCauca(config-line) #exi
```

```
SCauca(config)#username cisco password cisco
```

```
SCauca(config)#line vty 0 4
```

```
SCauca(config-line) #password cisco
```

```
SCauca(config-line) #login
```

```
SCauca(config-line) #service password-encryption
```

```
SCauca(config)#ip domain-name cisco.com
```

```
SCauca(config)#interface vlan 1
```

```
SCauca(config-if) #ip address 192.168.1.100 255.255.255.0
```

```
SCauca(config-if) #no shutdown
```

```
SCauca(config)#crypto key generate rsa
```

```
SCauca(config)#ip ssh version 2
```

```
SCauca(config-line) #login local
```

```
SCauca(config-line) #username cisco password cisco
```

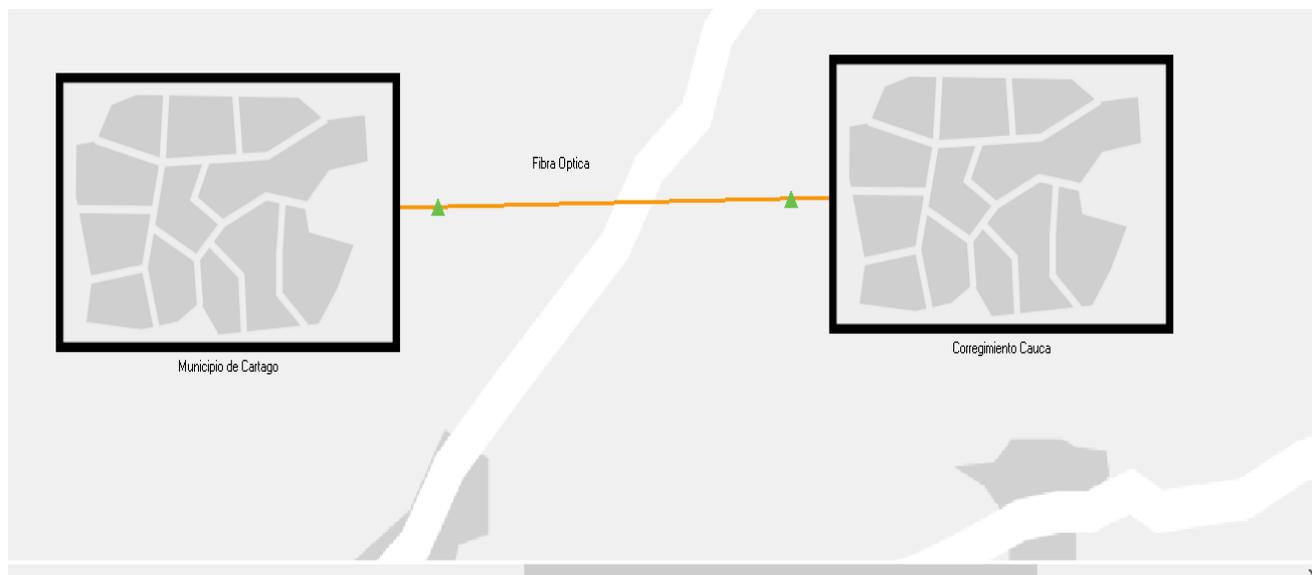
Estructura Física del diseño de la red

Mediante la estructura física del diseño de la red se visualiza una perspectiva del enlace desde el municipio de Cartago hasta el corregimiento Cauca, para verificar la viabilidad del diseño de la red y el comportamiento de los equipos al ser simulados, para la conectividad entre los sitios correspondientes.

En la figura 28, se verifica el enlace óptico entre el municipio Cartago hacia el corregimiento Cauca, para simular el comportamiento de la conectividad de forma general mediante una red de fibra óptica, estableciendo el cableado físico desde el sitio inicio hasta el sitio destino, y verificar la viabilidad del diseño.

Figura 28

Diseño físico de la red mediante una simulación

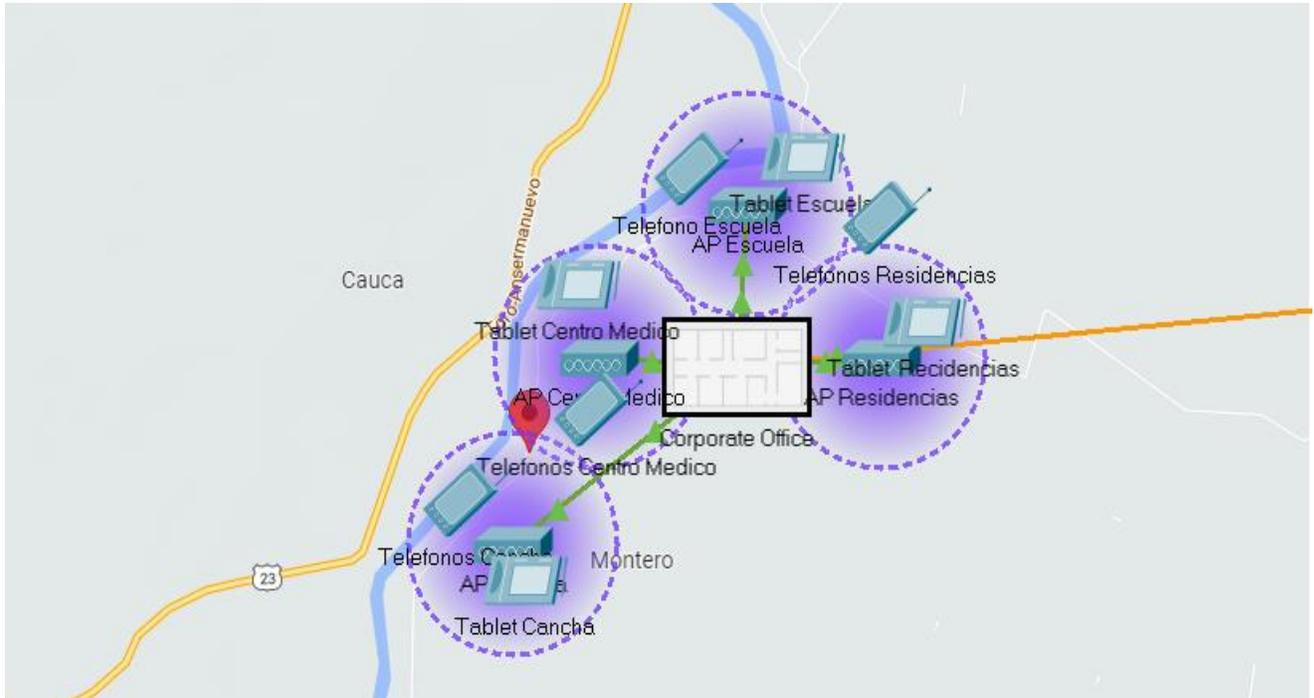


Nota. Diseño físico de la red mediante simulador Packet tracer.

En la figura 29, se verifica la distribución de las redes inalámbricas y el acceso de los equipos de los usuarios en los diferentes puntos estratégicos de la zona, con el objetivo de verificar el comportamiento físico que tienen los equipos en la red de forma ideal.

Figura 29

Diseño físico del acceso a la red mediante una simulación



Nota. Visualización física de la red WiFi distribuida en diferentes zonas en Packet Tracer.

Simulación de coberturas de los puntos de acceso

En la figura 30, se verifica el direccionamiento de la cobertura WiFi hacia las ubicaciones de los puntos estratégicos, para cubrir una mejor cobertura de los lugares objetivos y pueda abarcar una forma más completa las áreas donde la población más se aglomera.

Figura 30

Coberturas de los puntos de acceso direccionado hacia los puntos estrategicos.



Nota. Direccionamiento de la señal WiFi en los puntos estrategicos con el simulador ISP Center Design.

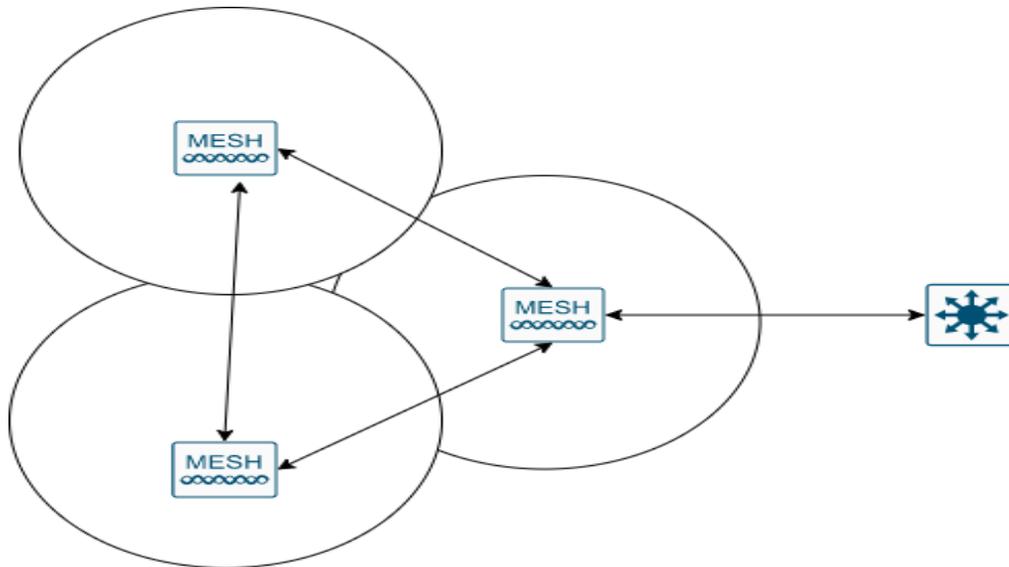
Topología para distribución de una red Mesh

Como alternativa a la distribución de la red inalámbrica, se propone una red mallada con la ventaja de equipos que soporten la tecnología Mesh, con el fin de que la cobertura sea más amplia, reducir la necesidad de utilizar cableado para interconectar el switch con los puntos de acceso, debido a que un solo punto de acceso tiene la capacidad de comunicar a los puntos de accesos e intercambiar información.

En la figura 31, se verifica la estructura del acceso a la red WiFi Mesh donde interactúan los puntos de acceso o nodos, para interconectarse entre sí.

Figura 31

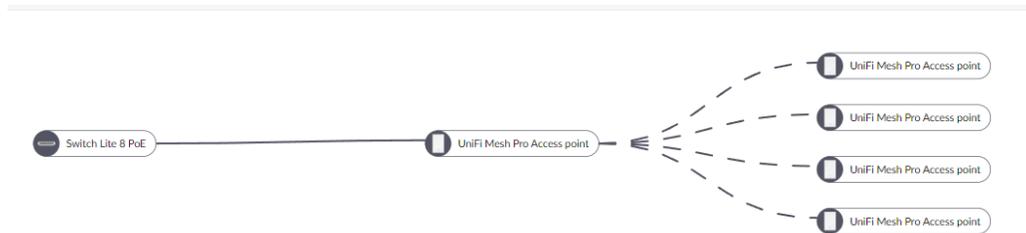
Diseño físico del acceso a la red mediante una simulación



Nota. Diseño físico de una red Mesh

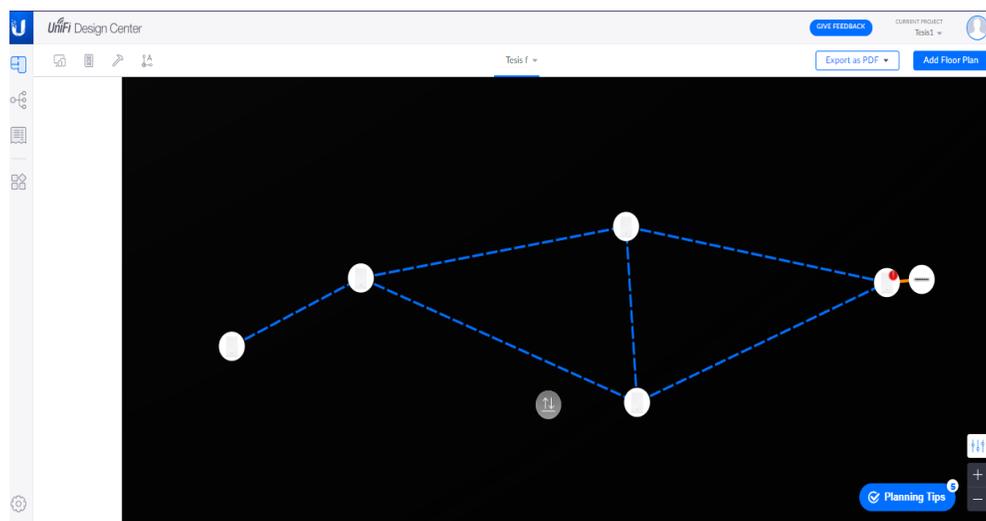
Cada nodo tiene la habilidad de comunicarse con sus nodos más cercanos, esto permite varias vías de transporte para la información y la flexibilidad de agregar más puntos de accesos para ampliar la cobertura de la señal.

En la figura 32, se verifica como un punto de acceso principal tiene la función de controlar a los demás puntos de acceso de forma inalámbrica, esto reduce el uso de cableado utp para interconectar los puntos a un switch, adicionalmente, los demás puntos de acceso se comunican entre sí para poder generar un flujo de información y tomar la decisión de la ruta más acertada para transportar los datos.

Figura 32*Estructura topológica de la red WiFi Mesh*

Nota. Diseño de la estructura de la red Mesh mediante simulador Unifi Design Center

En la figura 33, se visualiza el comportamiento de los puntos de accesos interconectados de forma inalámbrica de forma que generan una red en forma de malla, con la ventaja de que, si en algún momento uno de los puntos de acceso o nodos presente falla, la información pueda tomar una ruta alternativa.

Figura 33*Simulación de la red WiFi Mesh*

Nota. Simulación de la estructura de la red Mesh mediante simulador Unifi Design Center

Gestión y monitoreo de equipos mediante software libre

El modelo de gestión FCAPS permite generar un monitoreo constante del funcionamiento del sistema de la red, con el fin de tomar acciones correspondientes según los eventos que se produzcan en la infraestructura de la red con respecto a los equipos y los servicios.

Mediante herramientas de software se puede monitorear la infraestructura de la red con el fin de recolectar información, modificar la configuración, generar reportes, gestionar cambios y tomar acciones correctivas con respecto a los fallos que se pueden presentar en la red.

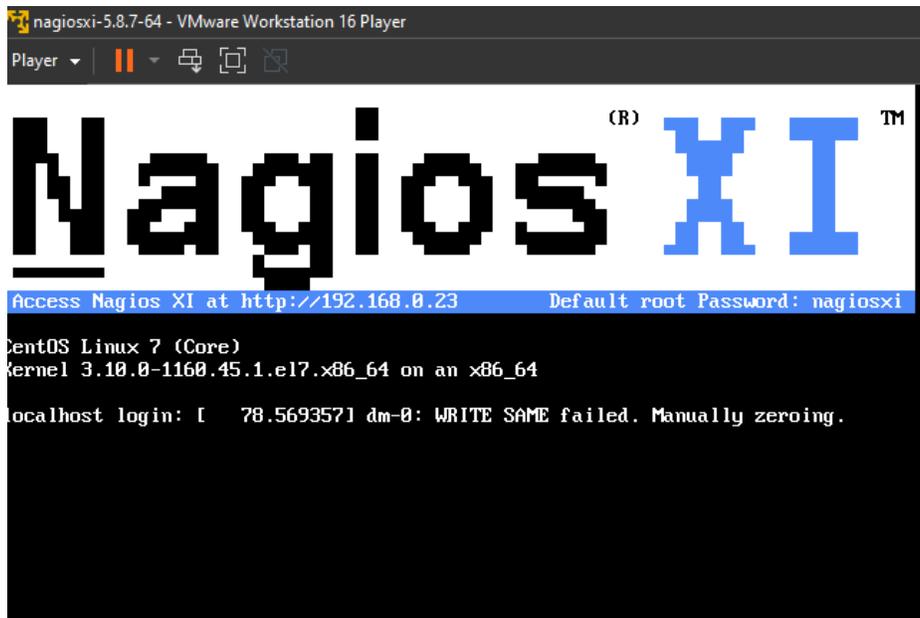
Nagios es un sistema de monitorización de redes, es de código abierto, es usado para verificar el comportamiento de equipos y servicios que se deseen vigilar

Máquina virtual de Nagios

Instalación de software Nagios XI en la máquina virtual de VMware.

Figura 34

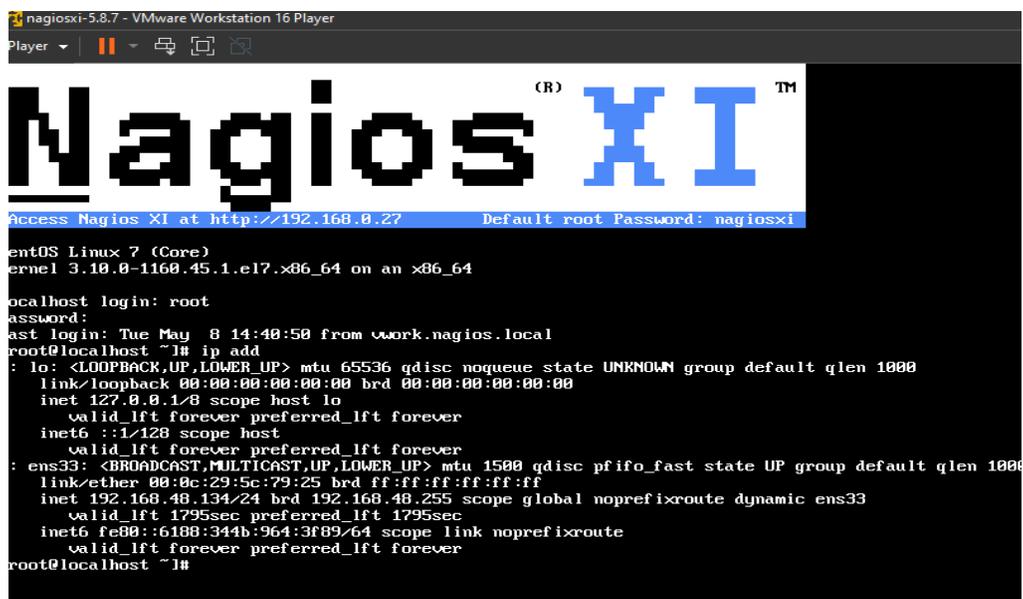
Instalación de Máquina virtual para el servidor Nagios XI.



Se verifica dirección IP asignada desde la tarjeta de red virtual en el programa VMware

Figura 35

Verificación de dirección IP de servidor local de Nagios XI.



Mediante la IP que se asigna al servidor, se ingresa a un navegador web para acceder a la interfaz gráfica de Nagios XI.

Figura 36

Interfaz web de Nagios XI para acceso.

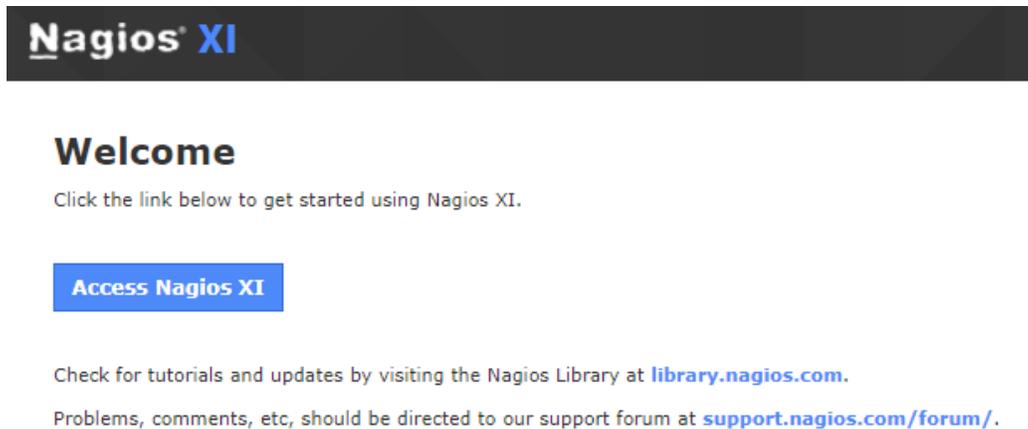


Figura 37

Registro de credenciales para acceso a la interfaz.

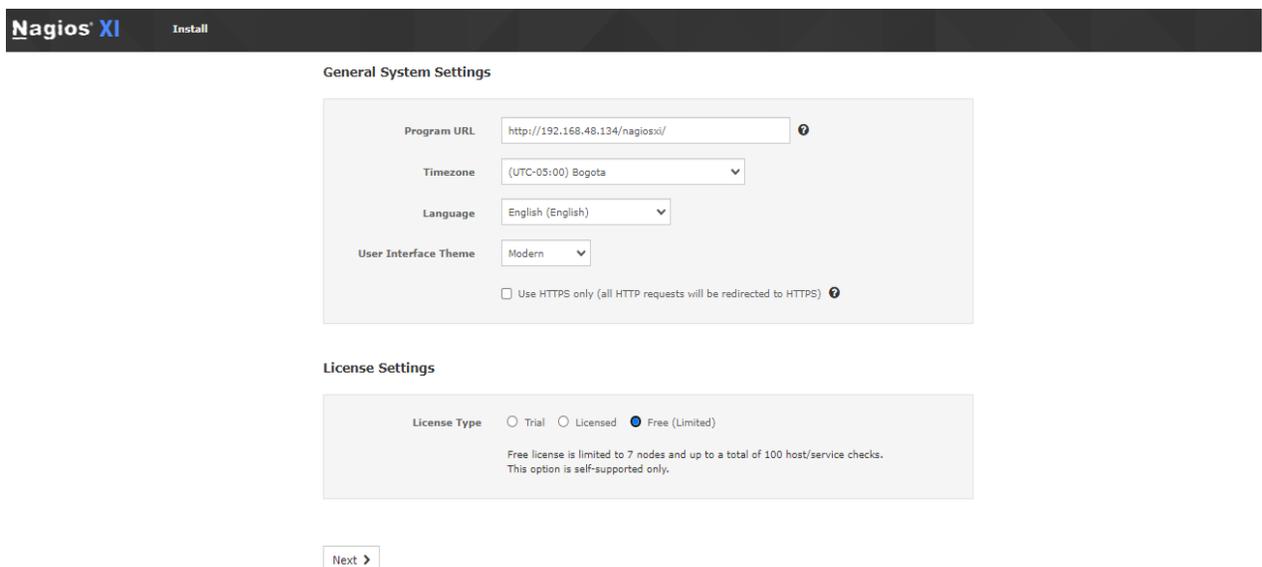


Figura 38

Acceso con credenciales registradas para la plataforma de Nagios XI

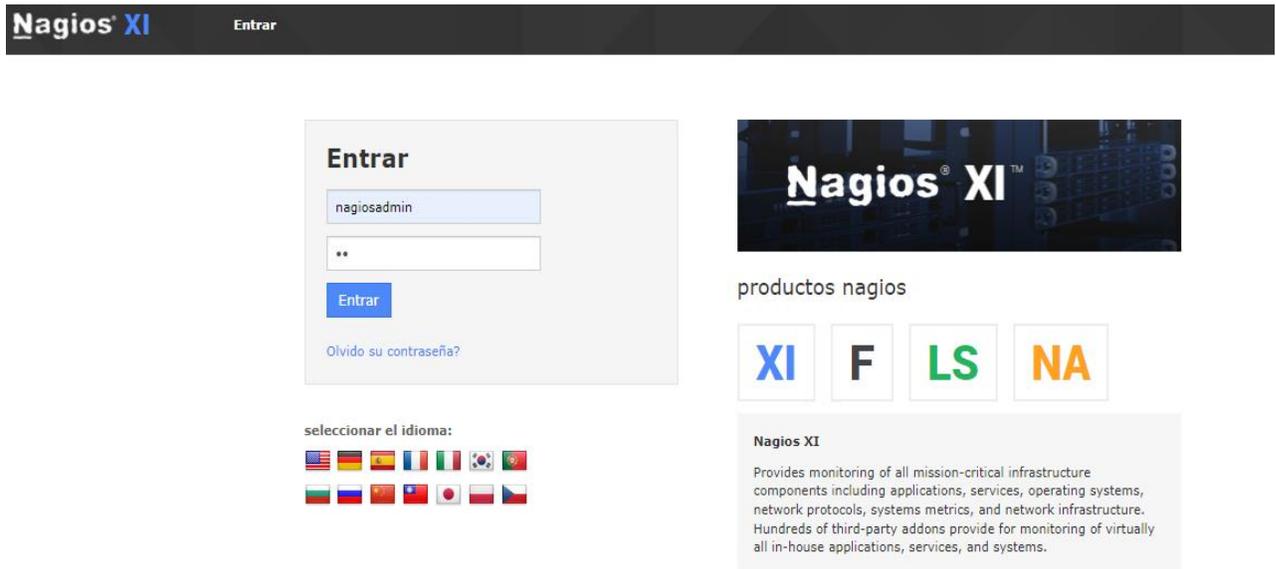


Figura 39

Entorno general de la plataforma de Nagios XI

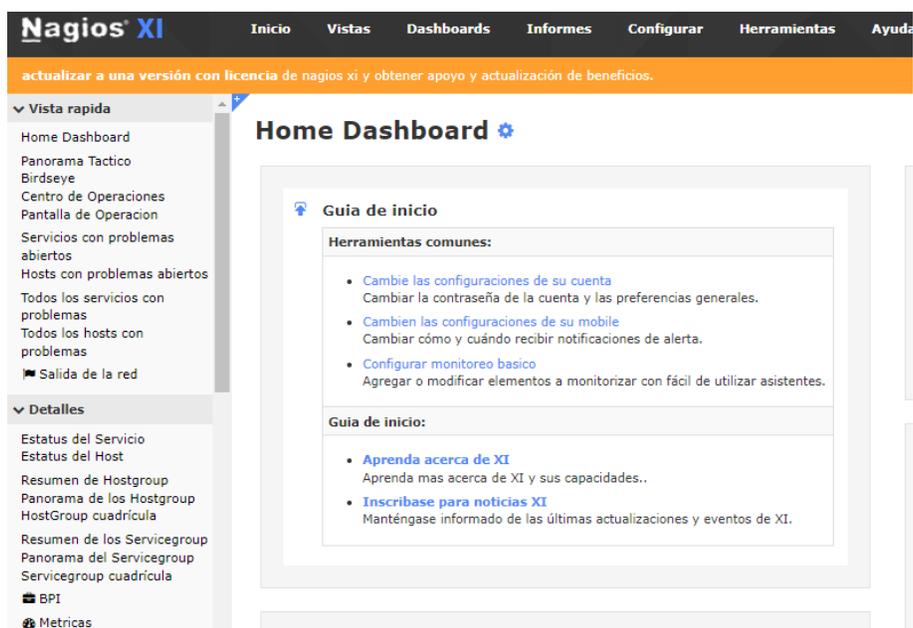


Figura 40

Monitoreo del estado de los equipos agregados a la plataforma.

Estatus del Servicio  Todos los servicios

Arriba	Abajo	Inalcanzable	Pendiente
1	0	0	0
No controlado		Problemas	All
0		0	1

Ok	Advertencia	Desconocido	Critico	Pendiente
12	0	0	0	0
No controlado		Problemas		All
0		0		12

Última actualización: 2021-11-26 20:02:46

Mostrando 1-12 de 12 total de registros

Página 1 of 1 15 Por página Ir Buscar...

Host	Servicio	Estatus	Duración	Intento	Ultimo Chequeo	Informacion de Estatus
localhost	Current Load	Ok	24d 8h 24m 55s	1/4	2021-11-26 19:59:50	OK - load average: 0.62, 0.55, 0.36
	Current Users	Ok	24d 8h 24m 30s	1/4	2021-11-26 20:00:15	USERS OK - 1 users currently logged in
	HTTP	Ok	24d 8h 24m 5s	1/4	2021-11-26 20:00:40	HTTP OK: HTTP/1.1 200 OK - 3470 bytes in 0.002 second response time
	Memory Usage	Ok	24d 8h 23m 40s	1/4	2021-11-26 20:01:05	OK - 1225 / 1828 MB (67%) Free Memory, Used: 576 MB, Shared: 9 MB, Buffers + Cached: 350 MB
	PING	Ok	24d 8h 23m 15s	1/4	2021-11-26 20:01:30	PING OK - Packet loss = 0%, RTA = 0.12 ms
	Root Partition	Ok	10m 51s	1/4	2021-11-26 20:01:55	DISK OK - free space: / 32185 MIB (91.31% inode=96%):
	SSH	Ok	10m 26s	1/4	2021-11-26 20:02:20	SSH OK - OpenSSH_7.4 (protocol 2.0)

En este monitoreo de estados de servicios se verifica el host local donde se encuentra el servidor de Nagios XI

Análisis del presupuesto para la implementación de conectividad

Se genera la investigación de los equipos necesarios para la implementación de la conectividad entre el municipio de Cartago y el corregimiento Cauca, así lograr generar un contraste de las viabilidades de implementar la red por medio de fibra óptica o radio enlace, y así evaluar los pros y los contras que implica implementar cada alternativa para la conectividad.

*Presupuesto para la implementación de conectividad mediante fibra óptica***Tabla 9.** *Presupuesto de en conectividad mediante fibra óptica*

Recurso	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Equipo	Técnicos	3	\$ 1.000.000/mes	\$ 18.000.000
Humano				
Equipos y	Cisco 2911 Router	1	\$ 369.123	\$ 369.123
Software	Switch 8 puertos Gbt POE	1	\$ 252.000	\$ 252.000
	Cisco Aironet 1200 Series AP	4	\$ 764.250	\$ 3.057.000
	Software libre para monitoreo de red (Nagios XI)	1	1	Libre
	Computador	1	\$1.449.000	\$1.449.000
Materiales y	Drop Fibra Óptica	15r km	\$ 430.000/ 1km	\$ 6.450.000
suministros	4 Hilos Con Mensajero Monomodo			
	ConectoresRj45	1 paquete	\$15.900	\$15.900
	Módulo Óptico Sfp-ge-1x20-20 Km	2	\$102.461	\$204.461

Kit de empalmaría	1	\$295.620	\$295.620
Cierre lineal fibra	15	\$6.000	\$90.000
Tensor de cableado	Paquete	\$145.000	\$145.000
Cable UTP Cat 6	300	\$239.000	\$239.000
Rack comunicación	2	\$510.000	\$1.020.000
Camioneta de estaca transporte de materiales y escalera	1	\$400.000/día	\$12.000.000/3 meses
Total			\$47.312.023

Nota. Presupuesto de materiales y equipos para la conectividad mediante fibra óptica.

Presupuesto para la implementación de conectividad mediante radio enlace

Tabla 10. *Presupuesto de en conectividad mediante fibra óptica*

Recurso	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Presupuesto
Equipo Humano	Técnicos	3	\$1.000.000/mes	\$ 18.000.000
Equipos y Software	Cisco 2911 Router	1	\$ 369.123	\$ 369.123
	Switch 8 puertos Gbt POE	1	\$ 252.000	\$ 252.000
	Cisco Aironet 1200 Series AP	4	\$ 764.250	\$ 3.057.000

	Software libre para monitoreo de red (Nagios XI)	1	1	Libre
	Software monitoreo de radio enlace	1	1	Libre con antenas.
	Computador	1	\$1.449.000	\$1.449.000
	Torre Auto soportada Ligera	2	\$4.200.000	\$8.400.000
Materiales y suministros	Cable UTP Cat 6	300	\$239.000	\$239.000
	Paquete de conectores Rj45	1 paquete	\$15.900	\$15.900
	AirFiber Antena	2	\$477.000	\$954.000
	AirFiber 5XHD	2	\$1.253.000	\$2.506.000
	Rack comunicación	2	\$510.000	\$1.020.000
	Camioneta de estaca transporte de materiales y escalera	1	\$400.000/día	\$1.200.000/4 días
	Total			

Nota. Presupuesto de materiales y equipos para la conectividad mediante radio enlace.

Análisis costo/beneficio de las alternativas de conectividad para la red

El proceso de instalación del cableado de fibra óptica implica que se genere el tendido poste a poste del cableado fibra drop aéreo, en este caso se utilizan los postes ubicados para el ingreso de la energía eléctrica, tomando las normativas según el acuerdo con la resolución CRC 4245 de 2013, que establece que todos los proveedores de redes o servicios de telecomunicaciones, TV u otros servicios tienen el derecho de solicitar y a que se les otorgue el acceso y uso de la infraestructura eléctrica (EPM, 2015).

En comparación con el radio enlace, se usa bandas libres del espectro electromagnético establecido por la Resolución 711 de 2016 de la Agencia Nacional del Espectro que indica el uso de las bandas frecuencia de libre uso dentro del territorio nacional (Avance Jurídico, 2019).

Aunque se debe tener en cuenta los predios donde se realiza la construcción de las antenas, esto implica solicitar permisos correspondientes en caso de ser predios privados y generar los procesos oportunos a la adquisición del lugar.

Esto influye en el tiempo de ejecución de las actividades, ya que el tendido del cableado de fibra óptica implica más tiempos de ejecución, más procesos laborales y transporte de materiales de poste a poste para completar la distancia del cableado, significando un mayor costo monetario para la ejecución a diferencia del radio enlace, debido a que las labores de instalación tienden a ser en puntos fijos del municipio de Cartago y el corregimiento Cauca, donde implica la construcción de las torres y la ubicación de equipos y antena.

A pesar de que los equipos de la conectividad mediante enlace son más costosos, requieren menos actividades de mantenimiento y menos factores que generen daños en la red, un ejemplo es la ruptura de la fibra óptica en el trayecto.

El transporte de datos mediante tecnología de acceso cableado por fibra óptica supone una transmisión sin menos factores externos que afecten el flujo de información, debido a que es menos susceptible a ruido eléctrico, factores climáticos y ondas electromagnéticas, debido a que su generación de pulsos es mediante luz. En comparación con la tecnología de acceso inalámbrico por radioenlace, se ve afectado por factores físicos que reducen la calidad de la transmisión y hacen que el diseño sea más complejo, debido a que se ve afectado por ruido eléctrico, factores climáticos y ondas electromagnéticas adicionalmente los obstáculos que se puedan presentar en la trayectoria del enlace.

Pero hay que tener en cuenta que el mantenimiento de la red por medio de fibra óptica supone una mayor dificultad ya que por ser un medio física, está sujeta a daños o rupturas bien sea por temas de hurto, caída de árboles o deterioro de elementos que generan tensión de poste a poste, a diferencia del radio enlace, que al no ser un medio físico no se ve afectado por este tipo de daños, lo que implica un mantenimiento menos costoso y con menor tiempo de ejecución.

En ese orden de ideas la conectividad por fibra óptica trae muchos beneficios en cuanto a la calidad de la transmisión de los datos para largas distancias, además por ser un medio cableado y guiado no se ve afectado por los factores externos, permitiendo que la calidad que perciben los usuarios al uso de los servicios sea eficiente.

Pero la conectividad mediante radioenlace en este caso es más viable, debido a que económicamente tiene menor costo de implementación, y tiempo de ejecución de la instalación y configuración de los equipos y materiales necesarios para la construcción de la red y a pesar de que el radioenlace puede verse afectado por factores físicos externos, con los ajustes correctivos y adecuados a el enlace, puede lograr una conectividad eficiente para la transmisión de datos.

Conclusiones

La importancia de adquirir los requerimientos de las necesidades de la población objetivo genera una visión más clara para el diseño asertivo de la solución, que puede reducir la brecha digital que se encuentra en el corregimiento Cauca, con el fin de estructurar una red utilizando los recursos de conectividad disponibles en la zona más cercana y llevar a cabo la transmisión de la información y la conectividad hasta la zona objetivo.

El diseño de la red de conectividad aplica conceptos de redes de acceso de nueva generación, permitiendo la convergencia entre diferentes tecnologías de acceso y lograr transmitir los paquetes de datos IP desde cableados de fibra óptica a estructuras de radio enlace y viceversa, además genera capacidades de navegaciones altas, que suplan de gran manera a un número de usuarios de forma efectiva, en este caso los usuarios son la población destino en el corregimiento Cauca del municipio de Cartago.

Teniendo en cuenta la formación geográfica de la zona de transmisión de origen hasta la zona de recepción objetivo, se estructura un diseño basado en conectividad de última milla capaz de transmitir la información y la conectividad mediante dos tipos de tecnología de red de acceso, en este caso la red de fibra óptica y la red de radio enlace, en el cual se evidencia sus beneficios y desventajas dependiendo de la formación geográfica y posibles soluciones para mejorar la transmisión de la información.

Se concluye que el diseño de la red de conectividad mediante radio enlace es el más adecuado para transmitir el servicio de internet desde Cartago(valle) hasta el corregimiento Cauca, adicionalmente la tecnología de acceso mediante radio enlace permite enlaces de punto a multi puntos, esto abre la posibilidad de poder logra conectividades hacia otros

corregimientos cercanos que tampoco cuentan con el servicio de internet, reduciendo en gran parte los costos que implica generar cableados de fibra óptica hacia los demás corregimientos.

La red de acceso inalámbrica ha demostrado ser una herramienta muy útil al abarcar una cobertura local amplia, permitiendo que la señal de la red llegue a los usuarios destino permitiendo que el diseño de la distribución de la red alcance al mayor número de personas posibles, aunque esto puede variar de los múltiples obstáculos tales como, paredes árboles, etc.

Las simulaciones del comportamiento de la red mediante múltiples softwares permiten verificar como es el comportamiento del sistema según el diseño, esto permite tener una visión general del funcionamiento de la conectividad, adicionalmente mediante los softwares de monitoreo se puede verificar la gestión y el funcionamiento de los equipos con el fin de tomar acciones preventivas y correctivas que se pueda generar en el proceso de funcionalidad del servicio.

Los proyectos de telecomunicaciones tienden a ser costosos debido a la implementación, instalación y mantenimiento de la red y los equipos, adicionalmente la mano de obra y el personal requerido genera un gran aumento en el costo del valor del proyecto, se evidencia en gran parte que la red de radio enlace genera menos costo en maquinaria de transporte y menor labor físico en mano de obra, a diferencia de la fibra óptica, esto es debido a que el cableado de fibra óptica es de poste a poste en lo posible, en cambio la red por radio enlace no requiere medio cableado para transmitir la información.

Adicionalmente, se evidencia que el costo de los equipos de la red de radio enlace son más costosos, pero requieren de menos materiales para su funcionamiento, a diferencia de la red de fibra óptica, que requiere más materiales para su implementación y esto implica un mayor cuidado y un mantenimiento periódico para la vida útil del servicio.

Finalmente se verifica que el diseño cumple con las necesidades de suministrar servicios de internet al corregimiento Cauca, abarcando una cobertura que alcanza a la mayor población posible y así, los usuarios puedan acceder a los beneficios que brindan los servicios de internet, el cual impulsaría procesos desde sectores educativos, socioeconómicos, agrónomos y médicos.

Referencias

- ABC Xperts. (2022). *UAS-AIR-INT - Introducción a Ubiquiti airMAX*.
<https://abcxperts.com/cursos/introduccion-airmax-ubiquiti/>
- Apaza, R. (2017, 9 mayo). *Proyectos de Infraestructuras de Telecomunicación*. Rubén Apaza. <https://www.rubenapaza.com/2017/05/proyectos-de-infraestructuras-de.html>
- Avance Jurídico. (2019). *Normograma del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [resolucion_ane_0711_2016]*. normograma.
https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/resolucion_ane_0711_2016.htm
- Blandón, D., Diaz, Y., Guerrero, F. G., Cuellar, J. C., Navarro, N., & Ochoa, C. (2010, diciembre). *Medición de la calidad de los servicios en redes de próxima generación*. https://cintel.co/wp-content/uploads/2013/05/01.Libro_ngn_qos_medicion-de-la-calidad-del-servicio-en-redes-ngn.pdf
- Bolaños, J., & Montalvo, P. (1999). *Análisis de la gestión de red de la infraestructura de andinatel para la ciudad de quito*.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5256/1/t1462.pdf>
- Camargo, H., & Caro, K. (2012). *Redes de acceso de nueva generacion (ngan): tecnología y ventajas*.
<https://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/1647/0064719.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carballo, J. (2016, 6 julio). *La ONU declara el acceso a Internet como un derecho humano*. ComputerHoy. <https://computerhoy.com/noticias/internet/onu-declara-acceso-internet-como-derecho-humano-47674>

- Carrion, A. (2009). *proyecto de telecomunicaciones y conectividad para el gobierno provincial de loja*. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1061/1/95057.pdf>
- Castilla, C. (2015). *Proyecto técnico de infraestructura común de telecomunicaciones*. https://1library.co/document/zpd2e1oz-proyecto-tecnico-de-infraestructura-comun-de-telecomunicaciones.html?utm_source=seo_title_list
- Centurylink. (s. f.). *¿Qué velocidad de Internet necesito?* Recuperado 4 de abril de 2022, de <https://espanol.centurylink.com/home/help/internet/what-internet-speed-do-i-need.html>
- Cepeda, M. (2014). *Diseño e implementación de una red mesh como alternativa de solución para redes comunitarias o rurales*. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/8422/Proyecto%20de%20Grado%20Redes%20Mesh%20V3.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cisco. (2021, 10 septiembre). *Calcular la atenuación máxima para enlaces de fibra óptica*. https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/optical-networking/ons-15454-sonet-multiservice-provisioning-platform-mspp/27042-max-att-27042.html
- damian. traverso, Monografias.com. (2010). *Tecnologías en las Redes de Acceso - Monografias.com*. Monografías. Recuperado 2 de agosto de 2021, de <https://www.monografias.com/trabajos13/tecnacc/tecnacc.shtml#CONCL>
- Dauti, V. A. P. B. B. (2016, 2 noviembre). *Simple Network Management Protocol (SNMP) vs. Common Management Information Protocol (CMIP)*. Bekim Dauti's Blog. <https://bekimdauti.wordpress.com/2016/11/02/simple-network-management-protocol-snmp-vs-common-management-information-protocol-cmip/>

Delgado, G. (2018). *Renovación tecnológica SD-WAN cliente corporativo*.

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/14670/2018gerardodelgado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Departamento Nacional de Planeación Subdirección Territorial y de Inversiones Públicas.

(2017, diciembre). *Implementación de zonas wifi de acceso libre*. Proyectos Tipo. Soluciones ágiles para un nuevo país.

<https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/WiFi/PTwifi.pdf>

Diez, J. (2010). *Estado de la estandarización en la gestión de las redes de próxima*

generación. Valladolid. <https://silo.tips/download/estado-de-la-estandarizacion-en-la-gestion-de-las-redes-de-proxima-generacion>

El País. (2011, 28 marzo). *Cauca, corregimiento del norte del Valle que está a la espera*

del progreso. elpais.com.co. <https://www.elpais.com.co/valle/cauca-corregimiento-del-norte-del-que-esta-a-la-espera-del-progreso.html>

EPM. (2015). *Uso compartido de la infraestructura eléctrica*.

https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/proveedores/Grupo2_normas_especificaciones/ra8-050%20uso%20compartido%20de%20la%20infraestructura%20el%c3%89ctrica%20v2%2010-22-2015.pdf

Evaluación de los programas del plan vive digital para la gente financiados con recursos

del fondo de tecnologías de la información y las comunicaciones (FONTIC). (2018, diciembre). <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/EstudioFONTIC.pdf>

Fernández, Y. (2020, 24 septiembre). *Qué es una red Mesh, cómo funciona y en qué se*

diferencian con un repetidor o PLC. Xataka. <https://www.xataka.com/basics/que-red-mesh-como-funciona-que-se-diferencian-repetidor-plc>

- Galaz, F. (2006). *Servicios diferenciados (DiffServ) y servicios integrados (IntServ)*.
slideplayer. <https://slideplayer.es/slide/5562798/>
- Gonzalez, J. C. M. (2019). *Telemática Tarea 3*. Prezi.Com.
<https://prezi.com/p/umi5mnb4evjq/telematica-tarea-3/>
- Jerez, C. (2019). *Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Gerencia Comercial de Proyectos de Telecomunicaciones*.
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/19123/2019CarlosJerezJennySanchez.pdf?sequence=10&isAllowed=y>
- Khan, S. A. (2017). *SNMP vs CMIP*. Slideshare.
<https://www.slideshare.net/ShahrukhKhan91/snmp-vs-cmip>
- Lopez, D. (2015). *Diseño de una red de Acceso y Transporte de Datos para proveer el servicio de internet en diez Municipios del Choco Interconectados por Fibra óptica*.
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/570/disenodeuna%20redde%20acceso%20y%20transporte%20de%20datos%20para%20proveer%20el%20servicio%20de%20internet%20en%20diez%20municipios%20del%20choco%20interconectados%20por%20fibra%20optica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martinez, B. (2019). *Protocolos Análisis y gestión de Redes Telemáticas*. Prezi.Com.
<https://prezi.com/p/k2opoh9uudos/protocolos-analisis-y-gestion-de-redes-telematicas/>
- Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital. (s. f.). *Acceso inalámbrico*. Avance Digital. <https://avancedigital.mineco.gob.es/banda-ancha/tecnologias/inalambrico/Paginas/acceso-inalambrico.aspx>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2010). *Estudios previos proyecto nacional de fibra óptica*.

https://www.mintic.gov.co/images/MS_FIBRA_OPTICA/documentos/documentod eestudiospreviosfo.pdf

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2019, 20 marzo). *En Colombia el 50% de los hogares no tiene internet*. MINTIC Colombia.

<https://mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/MinTIC-en-los-medios/92615:En-Colombia-el-50-de-los-hogares-no-tiene-internet>

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2020, diciembre).

Gobierno Nacional garantiza el funcionamiento de las Zonas Wifi Gratis para la Gente hasta diciembre del 2018. MINTIC Colombia 2020.

<https://mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/62468:Gobierno-Nacional-garantiza-el-funcionamiento-de-las-Zonas-WiFi-Gratis-para-la-Gente-hasta-diciembre-del-2018>

Min Tic. (s. f.). *El Plan Vive Digital 2014–2018 - MINTIC - Vive Digital*.

<https://mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-19654.html>

Morones, A. (2015). - *Historia de los protocolos - Definiciones - Arquitectura -*

Almacenamiento de Informacion: MIB-MIT - PDU y comandos utilizados -

Demostración de SNMP - Ventajas -Instalación de Software que utiliza el protocolo

CMIP (Solstice 8.2.2). Historia de los protocolos - Definiciones - Arquitectura -

Almacenamiento de Informacion: MIB-MIT - PDU y comandos utilizados -

Demostración de SNMP. - ppt descargar. <https://slideplayer.es/slide/3366115/>

Nagios - The Industry Standard In IT Infrastructure Monitoring. (s. f.). Nagios.

<https://www.nagios.org/>

North networks. (s. f.). *Nagios Network Analyzer – análisis y monitoreo de redes TI*.

Recuperado 1 de noviembre de 2021, de <https://www.north-networks.com/nagios-network-analyzer/>

okler.net. (s. f.). *Jxa h Wejxia Casil - Redes Comunitarias*. Redes comunitarias en

Colombia. <https://redescomunitarias.co/es/jxa-h-wejxia-casil>

Rojas, D. (2019). *Fase 3 - Administración e implementación de Redes Telemáticas*.

Slideshare. <https://www.slideshare.net/dfrojaso/fase-3-administracin-e-implementacin-de-redes-telematicas>

Rojas, H. (2015). *Diseño de una Red Comunitaria Libre para la Población de la Ribera del*

Río Magdalena en la Ciudad de Girardot – Cundinamarca. “Yuma Conet”.

<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5945/Tesis%20Huber%20Ra%C3%BAI%20Alba%C3%B1il%20Rojas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Romero, M. (2018). *Sistemas Avanzados de Comunicaciones Gestión de Redes*.

Universidad de Sevilla. <http://www.dte.us.es/personal/mcromero/docs/sac/sac-gestionderedes.pdf>

S. (2021, 24 octubre). *Protocolo de información de gestión común (cmip)*. Techinfo.

<https://techinfo.wiki/protocolo-de-informacion-de-gestion-comun-cmip/>

Salmerón, J. (2014). *5.- Mecanismos de QoS para administrar y evitar la congestión de la*

red - redes convergentes. Sites Google. Recuperado 22 de julio de 2021, de

<https://sites.google.com/site/redesconvergentesjoseluis1203/unidad-ii-calidad-de-servicio-qos/5---mecanismos-de-qos-para-administrar-y-evitar-la-congestion-de-la-red>

Syscom. (2019). *Ubiquiti UniFi - Distancias de cobertura y cantidad de usuarios de Access Point*. Base de Conocimiento. [https://soporte.syscom.mx/es/articles/2944004-](https://soporte.syscom.mx/es/articles/2944004-ubiquiti-unifi-distancias-de-cobertura-y-cantidad-de-usuarios-de-access-point)

[ubiquiti-unifi-distancias-de-cobertura-y-cantidad-de-usuarios-de-access-point](https://soporte.syscom.mx/es/articles/2944004-ubiquiti-unifi-distancias-de-cobertura-y-cantidad-de-usuarios-de-access-point)

UIT-T 3060. (2006). *Principios para la gestión de redes de próxima generación*. UIT.

https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-M.3060-200603-

[I!!PDF-S&type=items](https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-M.3060-200603-I!!PDF-S&type=items)

Univercidad de Jaen. (2018). *Tema 5. Gestión de redes de telecomunicaciones*.

<http://www4.ujaen.es/~mdmolina/grr/Tema%205.pdf>

Universidad sevilla. (2018). *capítulo 2: introducción a la gestión de redes*.

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11776/fichero/proyecto%252f2.introducci%c>

[3%b3n+a+la+gesti%c3%b3n+de+redes.pdf+](http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11776/fichero/proyecto%252f2.introducci%c3%b3n+a+la+gesti%c3%b3n+de+redes.pdf+)

Vasquez, J. (2019). *Propuesta de mejoramiento para aumento de la adquisicion de espacios para la implementacion de nodos de telefonía móvil*.

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/17910/2019JuanVasquez.pdf?>

[sequence=1&isAllowed=y](https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/17910/2019JuanVasquez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)