

**Diseñar una red de internet comunitaria en el resguardo indígena de Macedonia Leticia en
el departamento del Amazonas**

Luis Danois Reinoso Higuera

Jhon Jairo Cubillos Suárez

Asesor

María Cristina Rodríguez Bernal

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería de Telecomunicaciones

2024

Resumen

Se desarrolló un estudio y diseño de red destinado a abordar la problemática de la conectividad en la Comunidad Indígena de Macedonia, ubicada en la región del Amazonas. El propósito principal es contribuir al cierre de la brecha digital en las áreas indígenas de la región amazónica mediante la creación de una red comunitaria de Internet para el resguardo indígena de Macedonia.

Para lograr este objetivo, se empleó una metodología de enfoque mixto que incluyó tanto encuestas como interacciones personales en el campo. Estas actividades permitieron identificar el estado de accesibilidad a Internet en los hogares de la zona. Basándonos en los resultados del estudio, se desarrolló un diseño topológico de red que abordara las necesidades identificadas. Posteriormente, se seleccionaron los equipos adecuados capaces de soportar las diversas condiciones que se presentan en la región, tales como la distancia, la topografía, el clima, la cantidad de usuarios, el ruido y las frecuencias. Este diseño se puso a disposición de la Fundación Visión 20/20 Colombia quien es la líder del proyecto para su posible implementación y ejecución en la solución a la problemática identificada.

Palabras Clave: Internet, red comunitaria, brecha digital, última milla, fibra óptica.

Abstract

An applied project was developed to address the problem of connectivity in the Indigenous Community of Macedonia, located in the Amazon region. The main one is to contribute to closing the digital divide in the indigenous areas of the Amazon region by creating a community Internet network for the indigenous reservation of Macedonia.

To achieve this objective, a mixed approach methodology was used that included both surveys and personal interactions in the field. These activities allowed us to identify the state of Internet accessibility in homes in the area. Based on the results of the study, a network topological design was developed to address the identified needs.

Subsequently, the appropriate equipment is selected capable of withstanding the various conditions that occur in the region, such as distance, topography, climate, number of users, noise and frequencies. This design was made available to the Visión 20/20 Colombia Foundation, who is the leader of the project for its subsequent implementation and execution in solving the identified problem.

Keywords: Internet, community red, digital divide, last mile, fiber optics.

Tabla de Contenido

Introducción	8
Justificación	10
Objetivos	13
Objetivo General	13
Objetivos Específicos.....	13
Planteamiento del Problema	14
Marcos de Referencia	18
Marco Teórico.....	18
Marico Conceptual.....	20
Metodología	25
Tipo y Enfoque e Investigación	25
Fuentes, Técnicas e Instrumentos de Recolección de la Información	25
Software de Estudio	26
Antecedente.....	28
Diseño de la Solución	39
Especificaciones Técnicas	39
Explicación del Funcionamiento de la Solución Diseñada.....	40
Diseño Red FTTH en Fibra Òptica.....	41
Planos	58
Plan de Mejoras al Diseño de la Posible Implementación	61
Plan de Mantenimiento al Diseño de la Posible Implementación.....	64
Análisis de Resultados	68

Referencias Bibliograficas	5
	74

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Componentes de la Comunidad de Macedonia</i>	32
Tabla 2 <i>Componentes de la Comunidad de Macedonia</i>	33
Tabla 3 <i>Número de Planes de Datos Móviles en Macedonia</i>	36
Tabla 4 <i>Tipo de Dispositivos Utilizados por la Población Encuestada</i>	37
Tabla 5 <i>Marquillas de Muflas</i>	42
Tabla 6 <i>Marquilla de las Cajas</i>	42
Tabla 7 <i>Elementos Pasivos Requeridos en la Red</i>	48
Tabla 8 <i>Elementos Pasivos Requeridos en la Red</i>	49
Tabla 9 <i>Elementos Pasivos Requeridos en la Red</i>	50
Tabla 10 <i>Elementos Pasivos Requeridos en la Red</i>	51
Tabla 11 <i>Elementos de transferencia de datos</i>	52
Tabla 12 <i>Elementos de transferencia de datos</i>	53
Tabla 13 <i>Elementos de transferencia de datos</i>	54
Tabla 14 <i>Tabla de Costos</i>	55
Tabla 15 <i>Plan de Mejoras a Corto Plazo a la Posible Implementación</i>	61
Tabla 16 <i>Plan de Mejoras a Corto Plazo a la Posible Implementación</i>	62
Tabla 17 <i>Plan de Mejoras a Mediano Plazo a la Posible Implementación</i>	62
Tabla 18 <i>Formato Plan de Mantenimiento Correctivo</i>	64
Tabla 19 <i>Formato Plan de Mantenimiento Predictivo</i>	65
Tabla 20 <i>Formato Plan de Mantenimiento Preventivo</i>	66

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Informe Trimestral para TIC, Departamento del Amazonas</i>	11
Figura 2 <i>Mapa de Cobertura del Espectro Licenciado en el Trapecio Amazónico.</i>	16
Figura 3 <i>Mapa de Cobertura del espectro Licenciado en el Trapecio Amazónico</i>	16
Figura 4 <i>Mapa de Despliegue de Torres de Telecomunicaciones en el Amazonas</i>	17
Figura 5 <i>Ubicación de Macedonia Amazonas</i>	28
Figura 6 <i>Mapa Politico de Macedonia</i>	29
Figura 7 <i>Interacción con Población de Macedonia</i>	30
Figura 8 <i>Diseño de Cartografía con la Comunidad</i>	31
Figura 9 <i>Mapa de Cartografía Social Macedonia</i>	31
Figura 10 <i>Encuesta de Caracterización</i>	34
Figura 11 <i>Infraestructura de Despliegue de Equipos Mediante Fibra Óptica</i>	44
Figura 12 <i>Enlace de un Servicio Satelital</i>	45
Figura 13 <i>Funcionamiento entre una MikroTik y una OLT</i>	47
Figura 14 <i>Plano Red Punto a Punto Inicial</i>	58
Figura 15 <i>Simulación del Esquema de Red.</i>	58
Figura 16 <i>Distribución de la Red Fibra</i>	60
Figura 17 <i>Simulador Radio Enlace Leticia – Macedonia Resultado Sin Línea de Vista</i>	70
Figura 18 <i>Simulador Radio Enlace Leticia – Macedonia Resultado Sin Línea de Vista</i>	70

Introducción

En Colombia, el desarrollo de la conectividad se ha vuelto esencial en las zonas rurales para acceder a los recursos que ofrece el mundo en temas educativos, salud, innovación, avances tecnológicos, culturales y entre otros.

Colombia enfrenta una significativa brecha digital en su territorio rural, especialmente en el Amazonas, donde la penetración de las tecnologías de la información y las comunicaciones es prácticamente nula. En este contexto, se enfoca en la comunidad de Macedonia, un asentamiento indígena Ticuna en la ribera del Amazonas a 53 Km río arriba desde Leticia que busca desarrollo y avance, pero se ve obstaculizado por la falta de conectividad.

El presente proyecto el cual contiene el diseño de una red de internet comunitario reúne los conocimientos adquiridos durante el programa profesional de ingeniería de telecomunicaciones. Tras identificar la necesidad local y la ausencia de infraestructura tecnológica y seguridad en redes, se aborda la problemática que requiere una solución.

Al constatar que ninguna entidad, empresa, grupo o individuo ha abordado el diseño de una red comunitaria de última milla para resolver el problema de conectividad en Macedonia, se realiza un reconocimiento directo en el terreno. Se analiza la topografía y se interactúa con la comunidad mediante encuestas y diálogo. El objetivo es diseñar una red con una topología robusta y escalable en el tiempo que garantice el servicio de conectividad.

En última instancia, se propone una solución de ingeniería basada en procedimientos específicos de telecomunicaciones, incluyendo planos y simulaciones, apoyados tanto en herramientas físicas como virtuales.

Al observar que el resguardo cuenta con una red eléctrica interna y una buena infraestructura de posteria logramos concluir que la mejor manera de diseñar la presente

propuesta es la creación del diseño de una red de última milla en fibra óptica donde será
aprovisionada de manera satelital con el mejor proveedor del mercado en canales dedicados de
internet.

Justificación

Proyecto de un diseño de una Red de Conectividad comunitaria en Macedonia, Amazonas.

Las telecomunicaciones han desempeñado un papel fundamental en la historia de la humanidad, y en las últimas décadas, su evolución se ha vuelto crucial para el progreso de cualquier país independientemente de su tamaño. En Colombia, las telecomunicaciones han sido un motor de desarrollo, conectando a las personas, facilitando la educación, el comercio y la comunicación. Sin embargo, aún existen desafíos significativos, especialmente en áreas rurales y remotas.

En este contexto, el Amazonas, es una región rica en biodiversidad y cultura, enfrenta un rezago en diversos aspectos, como salud, educación, infraestructura vial y servicios públicos. La falta de conectividad a Internet de alta calidad es uno de los obstáculos más críticos para el desarrollo sostenible de esta región. A pesar de la promulgación de la Ley 2108 en 2021, que reconoce el acceso a Internet como un servicio público esencial en Colombia, la oportunidad de desarrollo que brinda Internet no llega a todas las comunidades, especialmente aquellas ubicadas en zonas remotas y olvidadas por el Estado.

Teniendo en cuenta lo anterior, la conectividad fija en el Amazonas sigue siendo insuficiente o casi nula. Según el último informe trimestral del 2023 del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) (ver ilustración 4), la cantidad de accesos a Internet fijo en esta región representa un insignificante porcentaje del 2.43 % en el municipio de Leticia siendo la capital del departamento lo cual es necesario resaltar y del más bajo es del 0.10 % en uno de los municipios insignias del ecoturismo como Puerto Nariño del total de conectividad en la región sur del país, lo que también es necesario mencionar y lo más

importante que ningún resguardo indígena de los identificados previamente los cuales se encuentran entre Leticia y puerto Nariño no están ni localizados ni identificados en las estadísticas del MINTIC los cual esto afecta directamente la calidad de vida de los habitantes, limitando su acceso a la educación, el trabajo remoto, la atención médica y otros servicios esenciales.

Figura 1

Informe Trimestral para TIC, Departamento del Amazonas

INE	DEPARTAMENTO	CÓDIGO DANE	MUNICIPIO	No. ACCESOS FIJOS A INTERNET	POBLACIÓN DANE	PENETRACIÓN
	AMAZONAS	91263	EL ENCANTO	5	2.119	0,24%
	AMAZONAS	91405	LA CHORRERA	16	3.162	0,51%
	AMAZONAS	91407	LA PEDRERA	1	4.192	0,02%
	AMAZONAS	91001	LETICIA	1.348	54.110	2,49%
	AMAZONAS	91530	PUERTO ALEGRIA	1	782	0,13%
	AMAZONAS	91536	PUERTO ARICA	3	1.089	0,28%
	AMAZONAS	91540	PUERTO NARIÑO	11	10.772	0,10%
	AMAZONAS	91798	TARAPACA	18	4.314	0,42%
	AMAZONAS	91263	EL ENCANTO	11	2.119	0,52%
	AMAZONAS	91405	LA CHORRERA	58	3.162	1,83%
	AMAZONAS	91407	LA PEDRERA	1	4.192	0,02%
	AMAZONAS	91001	LETICIA	2.060	54.110	3,81%
	AMAZONAS	91530	PUERTO ALEGRIA	3	782	0,38%
	AMAZONAS	91536	PUERTO ARICA	4	1.089	0,37%
	AMAZONAS	91540	PUERTO NARIÑO	10	10.772	0,09%
	AMAZONAS	91798	TARAPACA	23	4.314	0,53%

Nota. Información estadística sobre la conectividad en el territorio nacional.

Fuente. Boletín trimestral de sector TIC, Colombia TIC, (2024).

<https://colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-article-383732.html>

La propuesta del proyecto se centra en el diseño de una red de conectividad en Macedonia, Amazonas, cuyo principal objetivo se centra en abordar esta problemática de manera integral. Aquí se presentan los principales componentes: Se establecerán redes de fibra óptica utilizando la postura existente, optimizando la infraestructura garantizando una conexión estable y de alta velocidad.

1. Se proporcionará acceso a Internet de alta calidad a costos accesibles para poblaciones de escasos recursos, además, se fomentará la participación de proveedores de servicios de Internet y empresas privadas para ampliar la cobertura dado que es muy escasa.
2. Se capacitará a técnicos locales y se podrán invitar a estudiantes universitarios en el mantenimiento y operación de la infraestructura de red. Los estudiantes de la Universidad UNAD tendrán la oportunidad de adquirir experiencia práctica y contribuir activamente al desarrollo de su comunidad.
3. El acceso a Internet mejorará la calidad de vida de los habitantes al facilitar la educación, el acceso a información, el teletrabajo y la comunicación con el mundo exterior, asimismo, económicamente, impulsará el desarrollo empresarial y la economía local, finalmente, los estudiantes y docentes tendrán acceso a recursos educativos en línea, fortaleciendo la formación académica.

En resumen, este proyecto es fundamental para cerrar la brecha digital en el Amazonas y promover un desarrollo más equitativo y sostenible. La colaboración entre el sector público, privado y la comunidad será clave para su éxito.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar una red de internet comunitaria en el Resguardo Indígena de Macedonia Leticia, ubicado en el departamento del Amazonas, con el fin de contribuir significativamente al cierre de la brecha digital en esta región.

Objetivos Específicos

Identificar las necesidades de la comunidad con respecto a la conectividad a través de un diagnóstico inicial

Desarrollar un estudio técnico en donde se evidencien los recursos necesarios para una posible implementación de la red.

Diseñar un prototipo de la infraestructura en redes como base para su posible implementación

Planteamiento del Problema

El estudio realizado por el Banco Mundial en 2023 sobre el cierre de la brecha digital en el Amazonas señala que, a nivel nacional, las dos regiones con mayor ausencia de conectividad son el Amazonas y la Orinoquia. De las 1,310 conexiones de internet fijo en el Amazonas, el 92% se concentran en Leticia, siendo el 54% de estos usuarios corporativos. Esta situación deja a la población rural, las comunidades y los resguardos indígenas sin acceso a Internet, lo que evidencia una brecha de conectividad tecnológica, como es el caso de la comunidad de Macedonia.

Además, a nivel nacional, Colombia cuenta con 8 millones de accesos fijos a Internet, pero la mayoría se encuentra en la región central y Bogotá. Las regiones Caribe y Pacífica tienen un acceso limitado, mientras que los Llanos y la Amazonía apenas alcanzan el 5% y 3% de acceso a Internet en los territorios registrados e identificados por el MinTIC.

Por otro lado, según el comunicado de prensa del DANE sobre la Encuesta de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en Hogares (ENTIC Hogares) de 2021, publicado el 28 de julio de 2022, se revela que, en 2020, el 60.5% de los hogares a nivel nacional tenían conexión a Internet, siendo el 70% en cabeceras urbanas y solo el 28.8% en centros poblados y zonas rurales dispersas.

En el caso específico del resguardo Macedonia, la densa selva y el aislamiento geográfico dificultan el despliegue de Internet de alta calidad. La situación económica precaria de los habitantes agrava la falta de acceso, ya que sus ingresos apenas llegan al salario mínimo. La topología boscosa también complica la cobertura y el despliegue de redes por parte de las empresas prestadoras de servicios.

Al revisar e investigar el tema del uso del radio espectro en Colombia y conociendo que la manera más sencilla de llevar una señal de trasmisión de datos a distancia remotas seria por el medio de la utilización de radio enlaces y que en Colombia es de manera de uso libre la utilización de algunas frecuencias catalogadas en el rango de frecuencias libres tal como lo menciona la ANE:

La Agencia Nacional del Espectro ANE lo define como una modalidad de acceso al espectro radioeléctrico en la que no se requiere de un permiso previo, expreso y otorgado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC) para hacer uso de este recurso y por lo tanto tampoco se requiere del pago de una contraprestación económica ni periódica.

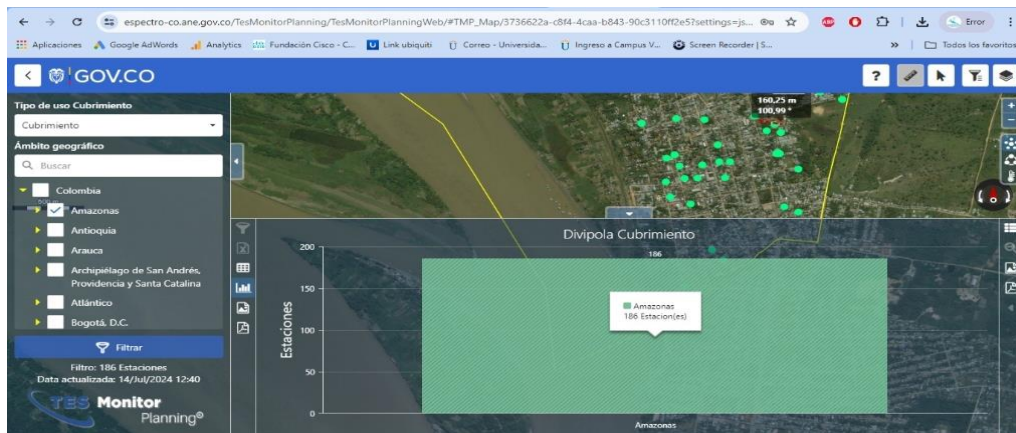
La normatividad de uso libre del espectro está definida en la Resolución ANE N° 105 de 2020 “Por medio de la cual se planea y atribuye el espectro radioeléctrico en Colombia”. (ANE, 2020)

Mencionamos lo anterior que a un existiendo esta posibilidad de trasmisión económica no es posible por la posición geográfica del territorio.

Al revisar el mapa de cobertura del espectro licenciado en el territorio del trapecio amazónico también observamos que la cobertura es demasiadamente baja y resaltamos que es una zona que limita con dos países como son Peru y Brasil lo cual debería ser todo lo contrario por temas de seguridad nacional ya que es paso obligado y bastión del turismo del sur de Colombia.

Figura 2

Mapa de Cobertura del Espectro Licenciado en el Trapecio Amazónico.



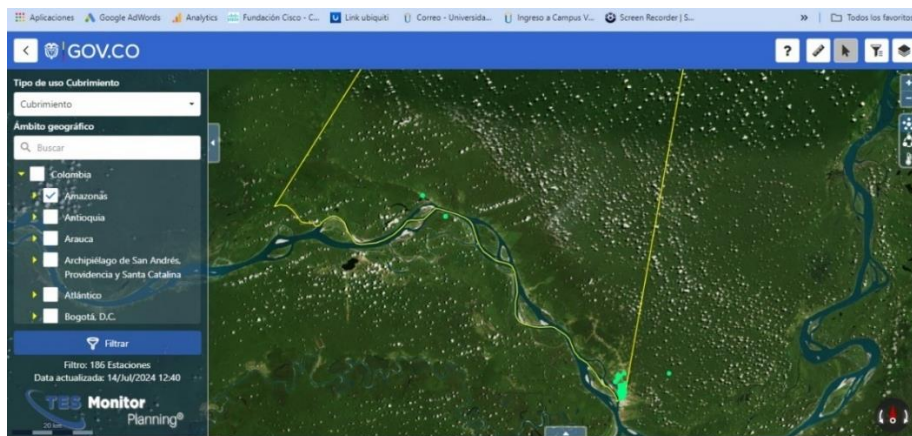
Nota. Mapa ANE de cubrimiento celdas de celular cantidad 186 concentradas para todo el territorio desde leticia hasta puerto Nariño.

Fuente. Espectro ANE, Gobierno de Colombia, (2024).

<https://www.ane.gov.co/SitePages/inicio.aspx>

Figura 3

Mapa de Cobertura del espectro Licenciado en el Trapecio Amazónico



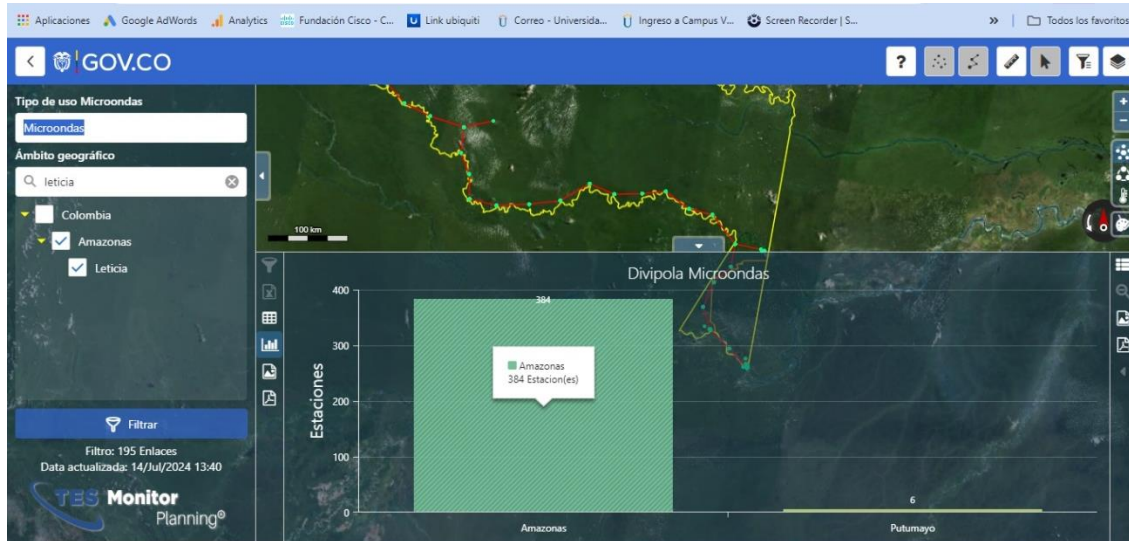
Nota. Imagen mapa ANE de cubrimiento celdas de celular.

Fuente. Espectro ANE, Gobierno de Colombia, (2024).

<https://www.ane.gov.co/SitePages/inicio.aspx>

Figura 4

Mapa de Despliegue de Torres de Telecomunicaciones en el Amazonas



Nota: Imagen mapa ANE de cubrimiento de red torres de telecomunicaciones de frecuencias licenciadas.

Fuente. Espectro ANE, Gobierno de Colombia, apellido (2024),

<https://www.ane.gov.co/SitePages/inicio.aspx>

En resumen, es crucial considerar soluciones accesibles y socialmente responsables para cerrar la brecha digital en el Amazonas y garantizar un desarrollo más equitativo y sostenible en comunidades como Macedonia.

Marcos de Referencia

Marco Teórico

La ciencia en el cual se enfoca el proyecto y de la cual se requiere todas los insumos, conceptos y tecnologías son las telecomunicaciones, el cual lo definió la Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT (1932) “Toda comunicación telegráfica o telefónica de signos, señales, de escritos, de imágenes y de sonidos de toda naturaleza, por hilos, por radio o por otros procedimientos de señalización eléctricos o visuales”.

Lo anterior puede ser sintetizado por lo explicado por Huidobro (2017) como la emisión y recepción a distancia de un mensaje, este mensaje puede ser un texto, imagen, dato, sonido, voz, entre otros según su naturaleza en donde medio conductor puede ser hilos metálicos, radio, fibra óptica, microondas, satélite, etc. Por otro lado, aunque el termino fue muy acertado por arte de UIT, hoy en día se puede hablar solo de comunicaciones ya que el prefijo tele se refiere a grandes distancias de separación, pero en actualmente puede haber una red de telecomunicaciones con equipos que están a pocos metros de distancia. (cap. 1).

Lo que ha globalizado la conexión de equipos y potencializados las telecomunicaciones es el internet:

Sain (2015) señala que el internet nació como una red de computadoras públicas diseñada para facilitar las actividades cotidianas de las personas. Originado en 1959 como un proyecto del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, su propósito inicial era crear un medio descentralizado de comunicación para las actividades militares y académicas del país.

El internet se define como la herramienta que conecta dispositivos informáticos mediante cables físicos o de forma inalámbrica (Ramírez, 2015). Para garantizar la seguridad de los usuarios, se utilizan protocolos de comunicación y equipos intermedios como routers, switches y

proveedores de servicios de Internet, que pueden interconectar redes a través de cables subterráneos, submarinos o satélites.

Según Cisco Systems (2012), el internet ha experimentado cuatro fases distintas en su desarrollo. En los años 90, se destacó como "la era de la conectividad", marcada por la popularización del navegador web, el correo electrónico y los contenidos digitales. La segunda fase, conocida como "Economía Interconectada" a finales de los años 90, se caracterizó por el auge del comercio electrónico y la digitalización de procesos.

Las redes comunitarias de internet abarcan una amplia diversidad de proyectos y experiencias, que incluyen distintas formas de administración, alcance (tanto urbanas como rurales), servicios y opciones tecnológicas (García, Pomboza & Cepeda, 2018). La Internet Society (2022) las define como una herramienta para que las comunidades utilicen las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) recursos digitales de una manera que sea valiosa para ellos.

La conectividad se refiere al conjunto y combinación de dispositivos tecnológicos que permiten el acceso a las redes de transmisión de información, ya sea de uso corporativo o personal, y puede implementarse de forma física o inalámbrica. Existen diferentes formas de conexión, como la analógica, ADSL, cable, inalámbrica, internet satelital y móvil.

La brecha digital se define como la desigualdad de acceso, uso y beneficio de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en ciertos grupos sociales. Esta desigualdad puede ser generada por variables económicas, sociales, culturales, educativas y geográficas. Antes de la pandemia, en Colombia, el 61.6% de la población rural carecía de acceso a internet, y aunque las condiciones durante la pandemia aumentaron la cobertura en zonas rurales, la cifra sigue siendo preocupantemente alta.

Entre las tecnologías disponibles para crear la red comunitaria de internet la más viable fue la de fibra óptica, la cual Rodríguez (2009) la describe como:

Un método cableado no metálico, ya que consiste en filamentos de vidrio (cristales naturales) o plásticos (cristales artificiales), que tienen el grosor de un cabello humano (entre 10 a 300 micrones), ya que el cristal tiene la cualidad de permitir el paso de la luz de extremo a extremo, permitiendo transmitir los mensajes codificados en haces de luz que viajan por el filamento de cristal rebotando de lado a lado sin interrupciones gracias a que se base en el principio de reflexión interna total; la luz viaja por el centro o núcleo de la fibra y va iniciando en el borde externo con un ángulo mayor que el ángulo crítico, logrando que el haz se desplace al interior de la fibra sin pérdidas.

Marco Conceptual

1. ADSL Asymmetric Digital Subscriber Line: Línea de Abonado Digital Asimétrica: es una tecnología que permite la transmisión de datos digitales haciendo uso de cables de pares simétricos de cobre
2. TDT Televisión Digital Terrestre: es la transmisión de contenido multimedia a través de codificación binaria que viaja por una red de transmisión terrestre.
3. dB- decibeles: unidad de medida de presión o potencia una señal sonora
4. Drop: Tipo de fibra óptica para conectar de una línea principal a una secundaria para la transmisión de servicio de alta calidad hasta el usuario final
5. FOA – Association Fiber Optic o Asociación de Fibra Óptica: es una sociedad profesional internacional de fibra óptica que crean estándares de calidad y certificación de técnicos

6. FTTH- Fiber To The Home o Fibra hasta la casa: Tecnología de telecomunicaciones para la conexión a internet de cada hogar mediante fibra óptica
7. GEO Geosynchronous Equatorial Orbit: Es una órbita geosíncrona circular, es decir, que gira siempre a la misma altura de la línea del Ecuador y siempre al mismo radio del centro de la tierra con un periodo orbital igual al de la tierra
8. HAPS High Altitude Platform Satelital o Plataforma de gran altitud: Es pseudosatelite o satélite atmosférico utilizado para transmisiones móviles
9. IP LAN – Local Área Network: Tecnología para la trasmisión internet de área local mediante protocolo IP
10. LEO Low Earth Orbit: Es una órbita relativamente cercana a la tierra, puede estar a unos 1000 Km y tiene un periodo de 128 minutos con una excentricidad que no supera el 0.25
11. LTE Long Term Evolution: Es un estándar de comunicaciones inalámbrica de datos de alta velocidad en telefonía movil y terminales de datos, fue la mejora al estándar 3G.
12. MEO Medium Earth Orbit: Es una órbita terrestre de altitud media, los satélites que circulan por esta orbita estan entre las orbitas LEO (1000 Km) y las orbitas GSO (2000 Km)
13. MikroTik: Fabricante dedicado a la producción de equipo de telecomunicaciones permitiendo formular reglas como firewall, vpn, ancho de banda, punto de acceso y demás características que posibilitan la conexión de redes.
14. Mufla: También conocido como cierre de empalme, es un dispositivo utilizado para organizar, administrar y proteger las uniones de fibra óptica permitiendo mantener el cableado en condiciones optimas para el correcto funcionamiento.
15. Network Access Point: La NAP o Punto de acceso a la red es una ubicación virtual la cual permite la conexión simultaneas de diferentes disipativos a un punto de red.

16. **Nodo:** Es un punto de conexión virtual o físico que posibilita interactuar con la información mediante la intersección de varios dispositivos de red.
17. **Optical Line Terminal:** El OLT o Terminal de línea Óptica es el elemento por el cual existe un mando que dirige una transmisión eficiente de datos a través de una red de cables de fibra óptica, este elemento garantiza centralidad, escalabilidad y rentabilidad.
18. **Optics Network United:** la ONU o Unidad de red óptica es la fuerza necesaria que permite mantener una conexión sin interrupción y de alta velocidad, este dispositivo impulsa servicios de alto impacto y gran alcance.
19. **Optical Time Domain Reflectometer:** Un OTDR es la herramienta que posibilita evaluar el estado de los cables de una red de fibra óptica, permitiendo ubicar eventos irregulares dentro de un enlace.
20. **Servicio Carrier:** Proveedor de servicios de telecomunicaciones capaz de operar y proporcionar internet para alimentar la red.
21. **Splitters:** Son elementos que permiten conexiones de punto a multipunto, permitiendo la distribución de señal en diferentes canales de red.
22. **StarLink:** Empresa estadounidense proveedora de internet satelital de banda ancha de alta velocidad y baja latencia, cuenta con la infraestructura necesaria para estar disponible en áreas donde la conectividad es poco fiable.
23. **Tecnologías de la Información y la comunicación:** Las TIC son un conjunto de nuevas tecnologías relacionadas a la informática y las telecomunicaciones, su aplicación radica en el desarrollo de herramientas para la formulación de procesos comunicativos eficientes.

Estado del Arte

Las investigaciones que se han hecho constatan que el acceso a internet en las comunidades del Amazonas es limitado costoso y de naja calidad. como lo ha explicado De Souza y Castro

Según Mariela Balandrón (2018), trata de identificar las características de las redes comunitarias de internet movimiento que se inició a comienzos de los 90 como experiencias alternativas al desarrollo de una tecnología de comunicación y que está relacionada con la universalización del acceso a internet y brindar conexiones de última milla en zonas rurales y poblaciones vulnerables.

Mientras que en otra consideración Radicelli et al. (2018) hacen una revisión de las características y arquitectura de la tecnología TDT y la tecnología celular 4G LTE con el propósito de compararlas y verificar cuál de las dos es la que mejor se acomoda a brindar conectividad a las zonas rurales en Latinoamérica.

Los estudios realizados sobre el cierre de la brecha digital en el Amazonas son muy pocos. Según el Banco mundial (2023) indica 6 alternativas tecnológicas para el cierre de brecha digital en el Amazonas las cuales son: Fortalecimiento de la red microondas existente, tendido de fibra ópticas subfluvial en ríos del departamento del amazonas, conectividad con red de fibra subfluvial en países fronterizos (Brasil, Perú), cabecera satelital de alta capacidad en órbita baja LEO (por su sigla en inglés Low Earth Orbit) - Starlink, cabecera satelital de alta capacidad multi-orbita MEO (Medium Earth Orbit) y GEO (del inglés Geosynchronous Equatorial Orbit), Sistemas de plataforma de gran altitud (HAPS).

Toth et al. (2018) también concuerda con que pocas entidades se han atrevido a introducirse en la población amazónica para estudiar el estado del internet hasta el momento, y

su población lo ve la conectividad como una necesidad que nunca podrá ser suplida. Como han mostrado distintos análisis de la brecha digital con un enfoque étnico y diferencial, no es adecuado suponer que todos los pueblos indígenas se oponen al uso y apropiación de internet. Esto, de cierta forma, acentúa la distancia entre occidente y las cosmovisiones indígenas porque las condena a lo exótico.

Lo anterior indica que son pocas las soluciones puestas sobre la mesa para conectar las poblaciones indígenas con el mundo. Otero en su artículo sobre los retos de conectividad en el Amazonas indica que hay una gran propuesta por parte del ministerio de telecomunicaciones del Brasil de hacer un tendido de 10.000 Km de fibra óptica subacuática por los principales ríos como las amazonas para que se puedan contar comunidades tanto de Brasil, Perú y Colombia. Otro ejemplo son las cabeceras satelitales desplegadas en Leticia (Colombia) e Iquitos (Perú) y que aprovechan las ventajas de capacidad y latencia de los sistemas de satélites en órbita media (MEO) para brindar servicios de conectividad, backhaul celular y acceso a Internet en dichas regiones. Otra propuesta interesante es uso de las bandas bajas IMT de 600 MHz y 700MHz por parte de sistemas satelitales en órbita baja (LEO), que ofrecerían servicios de Backaul de celular o despliegue de plataformas de gran Altitud HAPS y baja altitud LAPS de conexión directa al usuario. Todo esto no es suficiente, se requiere una gran variedad de propuestas para logra una cobertura de la población. (Otero, J. 2022)

La primera necesidad del estudiante desarrollador del proyecto es abordar la problemática en terreno interactuando directamente con la población que se ve afectada por el problema de conectividad. Durante los dos siguientes títulos se dará desarrollo al primer objetivo trasado el cual es la identificación de las necesidades que generado la ucencia de infraestructura TIC en el resguardo.

Metodología

Tipo y Enfoque e Investigación

La metodología utilizada en este proyecto aplicado se basa en un enfoque mixto, que implica la recolección y análisis tanto de datos cuantitativos como cualitativos, con el objetivo de realizar inferencias a partir de la información recopilada (Hernández Sampieri y Mendoza, 2008).

Para cumplir con estos objetivos, se llevó a cabo una investigación que incluyó componentes cuantitativos y cualitativos, dirigidos a la población universo-compuesta por hogares rurales, emprendedores y entidades públicas presentes en la comunidad, como colegios, escuelas y centros de salud.

Fuentes, Técnicas e Instrumentos de Recolección de la Información

1. Población Universo: Comunidad del resguardo indígena de Macedonia Leticia Amazonas
2. Muestra: Se seleccionó mediante un método no probabilístico, que permite una selección informal y flexible, adecuada para investigaciones tanto cuantitativas como cualitativas (Hernández Sampieri y Mendoza, 2008).

Las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos incluyeron:

Encuestas, que consistieron en cuestionarios con preguntas abiertas y cerradas.

Entrevistas semiestructuradas o no estructuradas.

Grupos de enfoque.

Fase 1. Revisión Literaria Y Construcción Del Marco Teórico.: Antes de entrar en terreno en las amazonas se hace una revisión bibliográfica para ver que textos evidencia el estado de conectividad en la región amazónica y tener presente el estado del arte, es decir, información hay

al respecto hasta la actualidad. Lo anterior permite al estudiante llevar una visión previa de los que se va a encontrar en terreno

Fase 2. Recolección De Datos: De forma previa se diseña un formato para registrar la información que necesitamos de la comunidad. La información requerida se obtiene mediante encuestas directas a una muestra de la población de macedonia, recorrido por el territorio y mediciones de señal en los diferentes puntos de la comunidad.

Fase 3. Análisis E Interpretación De Datos. Una vez se termina de recolectar los datos se procede analizarlos, segmentarlos y tabularlos de forma organizada para identificar causas y consecuencias de la problemática de la conectividad y, por ende, establecer posibles soluciones.

Fase 4. Resultados y Presentación final: Según los resultados obtenidos se termina cual tipo de topología de red cumple con las características para lograr dar un servicio de calidad y cumplir con la última milla. Esta información se organiza y se consolida en este documento

Software de Estudio

Como principal herramienta para el estudio de radioenlaces en el terreno se utilizó la plataforma de diseño UISP de la marca Ubiquiti la cual es una de las empresas más fuertes en el sector de las telecomunicaciones que nos permitirá verificar la viabilidad del uso de equipos de radio enlace.

El centro de diseño UISP permite realizar de forma virtual el despliegue de la red simulando el funcionamiento de los equipos en donde tienen cuenta los perfiles de elevación terrestre reales que inciden en los parámetros de conectividad como lo son línea de vista, frecuencia, azimut, entre otros y adicionalmente tiene la capacidad de simular cualquier tipo de entorno real teniendo en cuenta parámetros desfavorable como lo son nubosidad, lluvias y hasta perturbación de la señal por ruido. De igual forma también permite realizar diseños

configuraciones y adaptaciones a los equipos como si se estuviera trabajando de forma real en el terreno.

Antecedente

Para empezar, el presente proyecto se desarrolló en base al trabajo realizado por la Fundación Visión 20-20 Colombia, siendo esta una entidad sin ánimo de lucro ha desarrollado su labor social enfocada en el área tecnológica en zonas rurales apartadas, apoyando la educación, la conectividad y el emprendimiento tal y como lo menciona en su propósito misional.

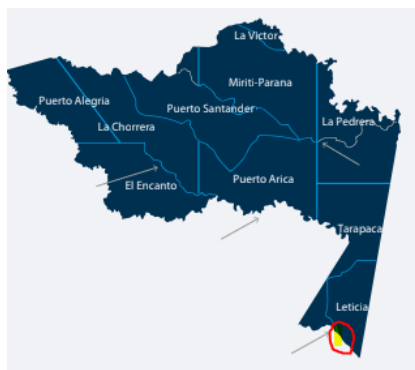
En el año 2016 la entidad realizó un proyecto digital denominado “Biblioteca Offline Campo Digital Amazonas” para beneficiar a los 450 estudiantes del Colegio Francisco Orellana en la comunidad del resguardo indígena de Macedonia en Leticia Amazonas, este fue reconocido por el Ministerio de Tecnologías como finalista den los premios a la Innovación Pública Digital INDIGO+ 2016 categoría Sociedad Civil.

Teniendo en cuenta las necesidades previamente conocidas por la Fundación en relación con la conectividad y así mismo el promover el desarrollo al interior de esta, sus habitantes manifestaron el deseo de ser beneficiados por una red interna en donde se capacite e halla la posibilidad de que se implemente durante un tiempo determinado a la comunidad local y a la vez sea económicamente sostenible.

Contextualización del lugar donde se ejecutará el proyecto.

Figura 5

Ubicación de Macedonia Amazonas

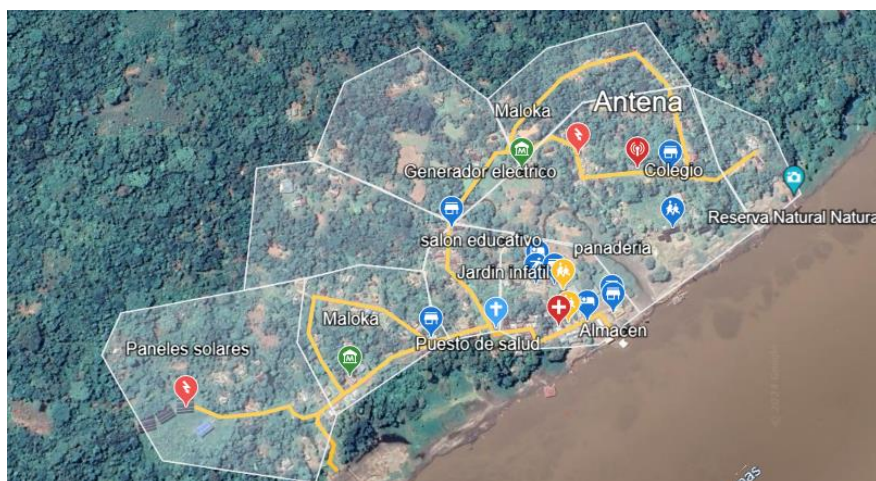


Nota. Ubicación de macedonia en el departamento del Amazonas.

Fuente. Shutterstock, Weredragon (2022). <https://www.shutterstock.com/es/image-vector/map-amazonas-department-municipalities-location-on-2131648521>

Figura 6

Mapa político de Macedonia



Nota. Área de ocupación del resguardo de Macedonia.

Fuente. Elaboración propia

Macedonia se encuentra localizada a 53 kilómetros de Leticia y al margen izquierdo del río Amazonas, con una población de al menos 1040 personas compuestas por indígenas Tikuna, Cocama, Yagua y Mestizo entre otros.

En cuanto a su etnohistoria, vivían en las riberas de los ríos Atacuarí, Loreto-Yacú, y Marinacu. A finales del siglo XIX, llegaron a la región las primeras migraciones que trajeron consigo la creación de poblados mestizos y el establecimiento de misiones católicas. Esta nueva lógica de ocupación espacial influyó en la sedentarización de algunos grupos. Para este mismo período, el conflicto colombo-peruano y la explotación cauchera -basada en el sistema de

endeude- afectó significativamente a la población. Durante el siglo XX, los indígenas participaron como mano de obra en las bonanzas extractivas de madera, pieles y coca.

Su cultura, de acuerdo con su cosmovisión, antes de ser hombres fueron peces hasta que su padre Yoi los sacó de las aguas, utilizando como carnada pedazos de yuca. En sus rituales se destaca la “fiesta de pelazón “, realizada para marcar el paso a la adultez de las jóvenes Ticuna. Para la Fase de recolección de datos junto con la Fundación se visitó el resguardo indígena de Macedonia en el Amazonas con el fin de poner en marcha las herramientas como las encuestas, entrevistas y grupos focales con la comunidad.

Figura 7

Interacción con Población de Macedonia



Nota. La imagen muestra la reunión con los líderes del resguardo de Macedonia con la Fundación Visión 20-20 y los estudiantes en su proceso de investigación.

Fuente. Elaboración propia.

Nota. La imagen muestra el mapa realizado por la comunidad ubicando cada uno de los componentes que la conforman.

Fuente. Elaboración Propia.

De acuerdo con los resultados de la cartografía se determinaron las siguientes características del territorio:

Tabla 1

Componentes de la Comunidad de Macedonia

Componentes de la comunidad	Cantidad	Observaciones
Habitantes	1040	Hombres 566 Mujeres 474
Familias	287	
Barrios	8	La Victoria Guayabal Monserrate Centro Barrio Nuevo San Diego San Vicente Internacional
Colegios	1	7 sedes satélites primaria
Hostales	8	4 formalizados

Nota. Esta tabla muestra la cantidad de personas, lugares y actores que conforman la comunidad de Macedonia.

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 2

Componentes de la Comunidad de Macedonia

Componentes de la comunidad	Cantidad	Observaciones
Tiendas	15	2 grandes 13 pequeñas
Acueducto	0	1 bocatoma de purificación y no es domiciliario
Puesto salud	1	En malas condiciones para la prestación del servicio
Iglesia	2	
Biblioteca	1	
Cementerio	1	

Nota. Esta tabla muestra la cantidad de personas, lugares y actores que conforman la comunidad de Macedonia.

Fuente. Elaboración Propia.

Seguido de ello los integrantes de la comunidad visualizaron la red comunitaria como una oportunidad desarrollo en donde la red desempeñará roles muy importantes como educativo, económico y social para cada hogar en donde puedan exponer su cultura, exhibir y comercializar

sus productos artesanales y turísticos y principalmente apoyo en el desarrollo de educativo de los estudiantes.

Dentro de los pobladores de Macedonia que participaron en las encuestas, en este caso 44 familias del resguardo, convinieron que Macedonia es una comunidad en constante progreso y consideran seriamente que se debe iniciar una adopción del uso de las tecnologías dentro de su comunidad para el apoyo educativo de nuevas generaciones, conservación de su cultura conectada sus actividades económicas, turísticas y sociales.

Figura 10

Encuesta de Caracterización



Nota. La imagen muestra el trabajo realizado por parte de la fundación y los estudiantes de la UNAD con la comunidad en la recolección de datos.

Fuente. Elaboración Propia.

Durante los varios días de recorrido en la comunidad no se identificó ninguna red de telecomunicaciones, tan solo unas tres casas que tienen acceso a internet mediante starlink para su uso privado, en cuanto a operadores móviles, Claro y Tigo tienen la mayor presencia.

Tabla 2

Operadores Móviles Activos en la Zona

Etiquetas de fila	Suma de No. de Dispositivos
Claro	37
Claro-Movistar	4
Claro-Tigo	15
Claro-Tigo-Movistar	3
Ninguno	0
Tigo	23
Total, general	82

Nota. Esta tabla muestra los operadores móviles activos en la zona.

Fuente. Elaboración Propia.

De los 82 dispositivos reportados por las familias, 21 de ellos no tienen planes de datos ni se realizan recargas. De los 61 restantes, 52 dispositivos son recargados mensualmente con un importe mensual de \$905.000.

La mayoría de los encuestados consideran que el acceso que actualmente tienen no es suficiente para cubrir sus necesidades, manifestando que la señal es mala, no hay suficiente cobertura y se les dificulta encontrar la señal en diferentes zonas del poblado. En ocasiones los operadores existentes en el territorio no funcionan, añadiendo también las malas condiciones climáticas que influyen en la conectividad complicando aún más las comunicaciones.

Tabla 3*Número de Planes de Datos Móviles en Macedonia*

Recargas	Plan de Datos	Suma de No. de Dispositivos	Suma de Importe
No	No	21	0
	Si	9	\$159.000
Total, No		30	\$159.000
Si	No	49	\$805.000
	Si	3	\$100.000
Total, Si		52	\$905.000
Total,		82	\$1.064.000
general			

Nota. Esta tabla muestra el número de planes de datos y recargas de acuerdo con el número de dispositivos de los encuestados.

Fuente. Elaboración Propia.

El acceso a internet es un servicio que hasta ahora está entrando a funcionar dentro de la comunidad de Macedonia, sin embargo, su acceso es muy limitado, esto es debido a lo anterior mencionado y adicionalmente son muy pocos los habitantes que pueden pagar paquetes de internet.

Quienes compran paquetes de internet lo usan para poderse comunicar o realizar búsquedas de información para las tareas de sus hijos, aun así, estos paquetes no son suficientes para cubrir todas sus necesidades.

La mayoría de la población se está quedando fuera de la conectividad, por un lado, aunque algunos logren adquirir paquetes de internet estos no pueden ser utilizados en todo

momento por su limitada cobertura, y por otro, los ingresos económicos de la población son escasos como para pagar un plan de datos.

En cuanto a los tipos de dispositivos usados por los habitantes, en su gran mayoría se encuentra celulares de gama media, seguido de gama baja, y un número muy bajo de dispositivos portátiles.

Tabla 4

Tipo de Dispositivos Utilizados por la Población Encuestada

Tipo de Dispositivos	Suma de No. de Dispositivos
Celular gama baja	17
celular gama baja y media	4
Celular gama media	56
Celular gama media – Portatil	5
Ninguno	0
Total, general	82

Nota. Esta tabla muestra número de dispositivos usados según el tipo.

Fuente. Elaboración Propia.

Según las encuestas la mayoría de la población indica que los usos de una red de internet serian:

Uso académico en la población infantil y juvenil.

Ofertar y comercializar las artesanías que son la principal actividad económica de la gente.

Promover actividades turísticas de la comunidad.

Promocionar su comunidad a través de su cultura.

Acceso a la educación superior.

Investigación.

Entretenimiento.

Formalización de empresas familiares.

Una vez se ha identificado cuales son las carencias de conectividad que tiene la red se entre en ejecución la respuesta al segundo objetivo específico, donde se aplica los conocimientos técnicos adquiridos en la formación del profesional en telecomunicaciones, el cual identifica plenamente las tecnologías disponibles y selecciona la que mejor satisface las necesidades teniendo en cuenta los materiales, herramientas y equipos necesarios

Diseño de la Solución

Especificaciones Técnicas

Después de un análisis de diferentes tecnologías que se observaron en terreno, con el fin de acceder a la conectividad de última milla en el trapezio Amazónico, se tuvieron en cuenta todas las tecnologías inalámbricas y alámbricas, las cuales pueden ser llamativas para la región, describiendo características importantes como lo es: la cobertura que cubre cada tecnología, qué latencia presentan, en qué frecuencias trabaja cada una de estas, entre otras características que permitieron distinguir la más adecuada para un correcto desempeño de la red.

Las tecnologías inalámbricas detectadas y más comunes utilizan ondas de radio (equipos Ubiquiti serie M5 y AC) las cuales solo se encuentran instaladas en la parte urbana de Leticia y el municipio de Puerto Nariño.

Teniendo en cuenta, que las antenas que reciben señales de enlace en el rango de frecuencias libres son por necesidad, dispositivos extremadamente sensibles.

De igual manera también se detectó que el sector satelital presenta hoy considerables ventajas y posibilidades para una provisión global de servicios de banda ancha.

Las comunicaciones Móviles que se detectaron fueron de los operadores: Tigo, Claro, Movistar, siendo movistar la de mejor cobertura seguida por Tigo y por última Claro.

Estas señales móviles solo son detectables dentro del resguardo de Macedonia en tres puntos fijos: 1. Puerto o embarcadero, 2. Parte alta del resguardo barrio Monserrate y 3. Parte alta del barrio Internacional.

Esto está causando una ausencia y falta de comunicaciones en un 97% del resguardo y ha provocado un retraso en educación, teletrabajo, medicina y otros.

Por parte de la Fundación Visión 20/20 Colombia se permitió realizar una prueba en caliente con un servicio satelital de la empresa Starlink, las cuales dieron resultados óptimos para el propósito propuesto.

Se concluyó y recomendó que, para la puesta en marcha de este diseño propuesto como solución de conectividad y estructura de la red comunitaria, se utilizara tecnología de transporte de fibra, la cual como se menciona en los manuales del fabricante, está construida de hilos de micro vidrio o plástico llamados fibras ópticas que permiten el transporte de datos que son transformados en forma de luz. Esta misma luz es transmitida por todo el tramo tendido por medio de un haz de luz láser, previamente convertida por un equipo específico que en este caso será una OLT en señales de datos digitales.

El servicio principal o Carrier que se utilizará como Operador de aprovisionamiento será un canal satelital, se sugiere el Starlink Corporativo, dada las limitaciones topográficas del territorio.

Esta red de fibra será escalable y adaptable según las futuras necesidades que la comunidad y la fundación Visión 20/20 Colombia requieran en su momento.

El canal satelital será incorporado a un equipo de gestión, en este caso se aconseja utilizar una MikroTik de primer nivel.

Explicación del Funcionamiento de la Solución Diseñada

A continuación, se muestra el diseño de la red rural, la cual se ha venido trabajando, afinando, complementando y fortaleciendo con el conocimiento adquirido en el programa ingeniería de telecomunicaciones de la UNAD.

El objetivo es que los hogares rurales de la comunidad indígena logren beneficiarse de este programa de interconectividad el cual da la posibilidad de ser implementado abajo costo y con un nivel de penetración bastante amplio.

Diseño Red FTTH en Fibra Óptica

Tendido recorrido de fibra Spam 80 medio aéreo posteria: Posteriormente del análisis y revisión con toma de coordenada o ubicación por Google Map del recorrido de la posteria de propiedad de la empresa de energía del Amazonas la cual cubre el 70 % del resguardo, se iniciará con el tendido de la fibra óptica de referencia spam 80 según las características las cuales están contemplada en la tabla de materiales. Dicho tendido se ubicará sobre los postes de cemento a 3.5 mts de altura del suelo y a 2.5 mts de distancia de las cuerdas de baja tensión que pasan por ellos, la fibra será asegurada y sostenida por medio de tensión a través de los herrajes metálicos helicoidales por todo su recorrido el cual tendrá una distancia de 2.5 km. Nota: la fibra óptica se instalará de acuerdo con las condiciones técnicas del fabricante, teniendo en cuenta el radio de curvatura mínimo del cable teniendo en cuenta, cargas límites de tracción, torsión, compresión o el aplastamiento de los cables, incluidos sus márgenes y parámetros de longitud estandarizada según sean las condiciones del terreno, lo cual garantizará que el cable se haya instalado dentro de los rangos de tolerancia mínima. Durante todo el recorrido se tendrán en cuenta las posteriores reservas y puntos de marcas para la ubicación de los Domos o muflas de distribución y cajas Nat para la entrega de los servicios domiciliarios de última milla.

Ubicación de muflas o Domos de Distribución Pons: Terminada la etapa de tendido y previamente ya seleccionados los 3 puntos estratégicos para la ubicación e incorporación de las 3 Muflas o Domos de distribución, dentro de estos se ubicarán los splitters o divisores ópticos, en

estos puntos se incorporarán los 3 Pons correspondientes con el método de fusión de fibra con un equipo de empalmadora óptica.

Tabla 5

Marquillas de Muflas

Marquillas muflas o domos
Domo 1 Centro
Domo 2 Monserrate
Domo 3 Guayabal

Nota. En la tabla se muestra la marcación respectiva de las muflas para su identificación.

Fuente. Elaboración Propia.

Ubicación de 12 Cajas NAP X 8 Conectores Mecánicos: Terminada la etapa de tendido y la incorporación de los 3 puntos estratégicos para la ubicación e incorporación de las Muflas o Domos de distribución, se procederá a realizar la instalación de las 15 cajas Nap de las cuales se desprenderán el servicio fijo final usuario domiciliario – última milla; para la integración a la fibra spam será con el método de fusión de fibra con un equipo de empalmadora óptica. De igual manera se debe tener en cuenta la reserva que llegue a nivel suelo para futuros fáciles mantenimientos.

Tabla 6

Marquilla de las Cajas

Barrio	Domo	No. De Cajas	Potencia	Orden cajas Nap
Centro	Domo 1	5 cajas Nap x 8	potencia Máxima	D1 - 01 -05
			12 Db	

Monserrate	Domo 2	2 cajas Nap x 8	potencia Máxima 12 Db	D2 – 06-08
Guayabal	Domo3	8 cajas Nap x 8	Potencia Máxima 12 Db	D3 - 09-15

Nota. La tabla muestra los datos registrados en las marquillas según número de cajas, domos, potencia y su orden.

Fuente. Elaboración Propia.

Entrega Última Milla Domiciliaria: Cada servicio hogar será entregado en fibra Drop 1 hilo, la cual debe salir de la caja NAP más cercana al predio del usuario esto para garantizar un fácil mantenimiento y un óptimo rendimiento del servicio para evitar pérdidas de potencias, se recomienda que la potencia máxima que debe ser entregado al equipo final usuario domiciliario ONU será entre 22- 25 Db, por tal motivo se debe tener en cuenta que el conector mecánico Drop debe ser del mismo color tanto en los extremos caja NAP como en el ONU Usuario, ya que cada color de conector tiene un corte o terminado diferente y dependiendo de este corte hay diferentes rangos de pérdidas de decibles, por tanto si se utiliza el mismo color tanto en la caja NAP como en la ONU se garantiza una mejor transmisión de la señal. La fibra Drop debe ser sujeta y tensionada con herrajes Drop de plástico o metálicos según sea las condiciones del mercado. La fibra óptica Drop se instalará de acuerdo con las condiciones técnicas del fabricante, teniendo en cuenta el radio de curvatura mínimo del cable teniendo en cuenta, cargas límites de tracción, torsión, compresión o el aplastamiento de los cables, incluidos sus márgenes y parámetros de longitud estandarizada según sean las condiciones del terreno, lo cual garantizará que el cable se haya instalado dentro de los rangos de tolerancia mínima. (Amitel, 2021)

Marquilla Onu en equipo administrador Nodo primario

mac: -----

Serial: ----

Usuario: ----

Plan: ----

La Asociación de fibra óptica, o FOA establece los requisitos mínimos que se deben cumplir para que el cableado de fibra óptica de sus instalaciones se considere seguro y confiable.

Estos estándares se definen para las siguientes áreas del proceso de instalación de fibra óptica:

Noori, (2024):

Instalación de cable de fibra óptica

Inspección y limpieza de conectores.

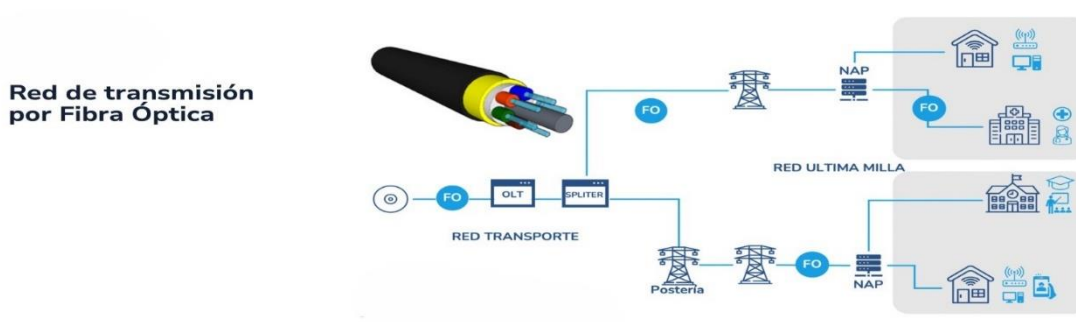
Pruebas OTDR

empalme de fibra óptica

Etiquetado y documentación

Figura 11

Infraestructura de Despliegue de Equipos Mediante Fibra Óptica



Nota. Esquema de despliegue de una red en fibra óptica recomendado por MinTic.

Fuente. Juntas de internet, Comunidades de Conectividad, MinTIC, (2024)

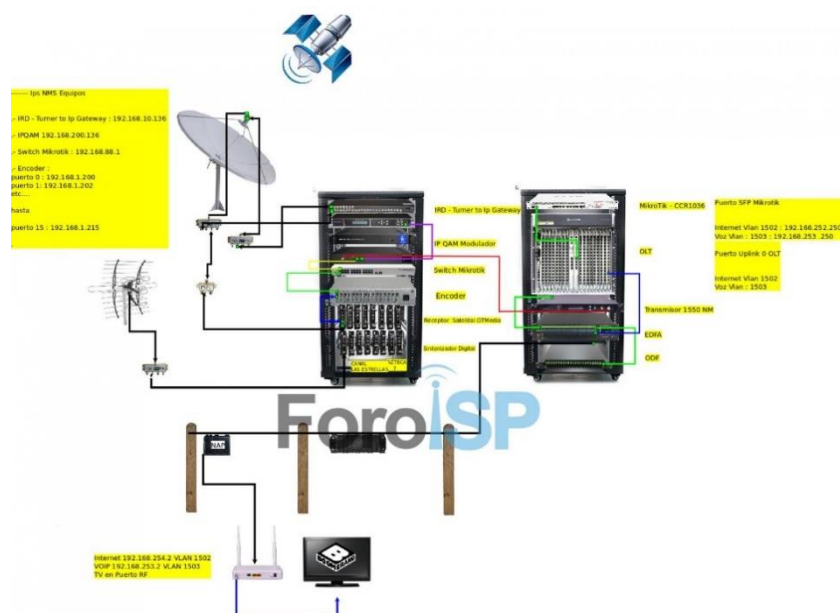
<https://mintic.gov.co/micrositios/comunidades-conectividad/846/w3-channel.html>

Pruebas y Cargas: La etapa final del tendido de la fibra óptica debe entrar en periodo de prueba para su respectivo cumplimiento con los requisitos necesarios. Estas pruebas se realizarán con equipos de certificación de fibra OTDR, los cuales nos darán: distancias, capacidad de potencias y pérdida de retorno; Solo una vez que se hayan superado todas las pruebas necesarias estar lista para ser utilizada.

Administración y Configuración Nodo Primario: Debe ser de prioridad el aseguramiento de seguridad en los datos de la red fibra óptica por lo que se tiene que configurar cuentas de usuario administradoras con contraseña y configurar firewall local las cuales se recomienda actualizarlas cada periodo de tiempo determinado por el propietario o administrador de la red del momento. Servicio Carrier: “Satelital Starlink” Canal Corporativo Como Canal de Aprovisionamiento de Internet.

Figura 12

Enlace de un Servicio Satelital



Nota. Esquema de infraestructura de aprovisionamiento satelital.

Fuente. Montar Cabecera CATV Diagramas y equipos - Parte1, Oscar, (2021).

<http://foroisp.com/threads/1764-Montar-Cabecera-CATV-Diagramas-y-equipos-Parte1>

El canal será entregado por la empresa starlink en enlace satelital y este a su vez será incorporado al nodo primario en donde se integrará a un equipo nivel 1 de la serie MicroTik para ser administrado. Nota: según tabla de equipos, y cuya configuración tendrá los valores de:

Segmentación de IP LAN

Segmentación de Planes usuarios

Restricciones

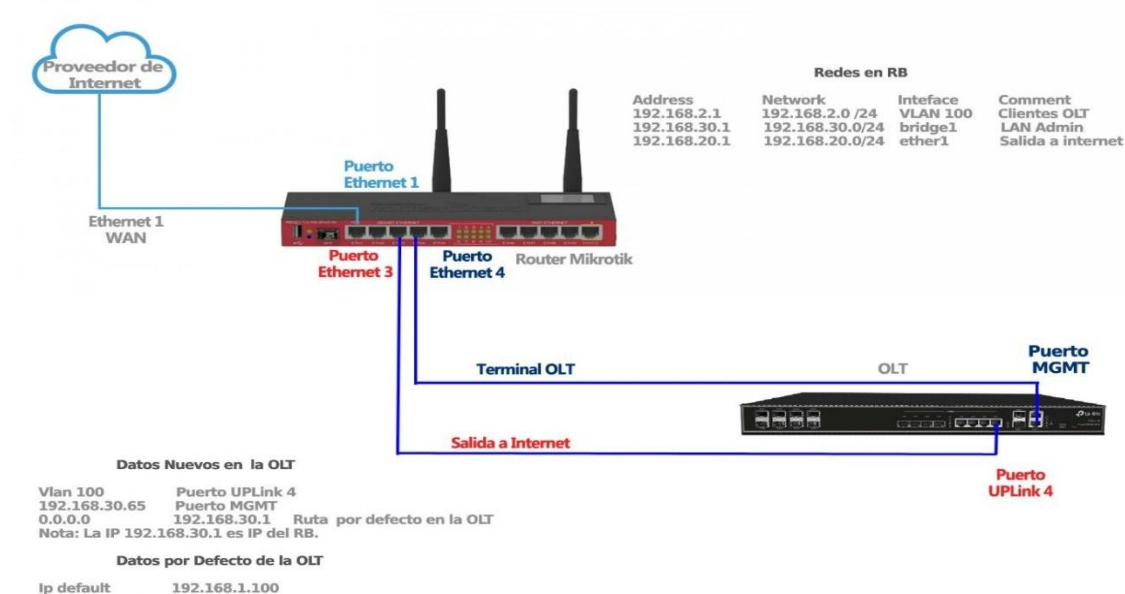
Niveles de seguridad

La Mikrotik estará conectada a un switch de 16 puertos para su distribución y organización de los demás servicios locales, de igual manera se incorporará a una OLT nota: según tabla de equipos, la cual será el punto de partida de los 3 Pons para su distribución y administración la cual será por medio de la fibra spam 80.

En la Mikrotik estarán consignados los valores de configuración y datos de cada usuario para su respectivo control y seguimiento de cada uno de los servicios

Figura 13

Funcionamiento entre una MikroTik y una OLT



Nota. Funcionamiento entre una microtick y una OLT equipo de fibra óptica.

Fuente. AdminOLT. (2024), <https://adminolt.com/documentacion/articulo/configuracion-en-routerboard-mikrotik-para-olt-tp-link-143/>

Como logro del tercer objetivo específico en donde se requiere un diseño o prototipo de la solución requerida a partir de este punto se realiza un pliego de elementos y recursos específicos que requiere el diseño de la red. Una vez claro lo que se necesita se hace el diseño topológico de la red y se muestra dónde o como se distribuirá la red forma estratégica que abarque el territorio completo.

Tabla 7*Elementos Pasivos Requeridos en la Red*

Elementos pasivos para red comunitaria macedonia		
Cantidad	Elemento	Descripción
1	Fibra span 80 X 3 Km	La fibra span ¹ es la ofrece la cobertura en toda la topología con un spam de 80 mt garantizando internet de alta velocidad. Es una fibra monomodo de 12 hilos.
5	fibra drop 1 hilo x 1Km	Es una fibra que sale la línea principal hasta el hogar ideal para instalaciones finales de última milla, FTTH y FTTx
150	herrajes helicoidales	Este tipo de herraje es en acero galvanizado en caliente que viene con la forma ideal para sostener la fibra sin hacerle daño
400	amarres plásticos grueso 15 cm	Amarre en nylon de 15 cm calibre grueso para sujeción con capacidad de 8 libras
400	amarres plásticos mediano 20 cm	Amarre en nylon de 20 cm calibre medio para sujeción con capacidad de 8 libras

150	herrajes helicoidales	Este tipo de herraje es en acero galvanizado en caliente que viene con la forma ideal para sostener la fibra sin hacerle daño
-----	-----------------------	---

Nota. Esta tabla muestra los elementos requeridos para la futura implementación de la red.

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 8

Elementos Pasivos Requeridos en la Red

Elementos pasivos para red comunitaria macedonia		
Cantidad	Elemento	Descripción
5	Cinta band-it	Cinta metálica para la sujeción de cables, cajas, tendido aéreo y en postes de telecomunicaciones y energía eléctrica
150	hebillas band-it	Hebilla en acero galvanizado para asegurar la cita band-it
12	caja Nat x 8	Caja para distribución de fibra óptica por medio de splitters PLC. También puede servir para albergar empalmes mecánicos o de difusión

1	rack exterior grande	Caja Rack metálica Dieléctrica en acero galvanizado de 22mm. Especial para almacenamiento de equipos electrónicos en el exterior IP55
---	----------------------	---

Nota. Esta tabla muestra los elementos requeridos para la futura implementación de la red.

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 9

Elementos Pasivos Requeridos en la Red

Elementos pasivos para red comunitaria macedonia		
Cantidad	Elemento	Descripción
5	spliter x 8	Divisor de señal SC/UPC en ochos salidas SC/UPC en la red de distribución PON
200	rj 45	Interfaz física para la conexión de dispositivos a la red mediante cableado par trenzado UTP
5	spliter x 8	Divisor de señal SC/UPC en ochos salidas SC/UPC en la red de distribución PON

10	pasch cort utp	Cable UTP de 15 cm para la interconexión de equipos electrónicos. Velocidad o-1000Mbps Calibre 16 AWG en cobre de 65% con chaqueta de PVC
----	----------------	--

Nota. Esta tabla muestra los elementos requeridos para la futura implementación de la red.

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 10

Elementos Pasivos Requeridos en la Red

Elementos pasivos para red comunitaria macedonia		
Cantidad	Elemento	Descripción
2	Carrete utp categoría 5	Cable UTP Categoría 5 para transmisión de datos. Velocidad o-1000Mbps Calibre 16 AWG en cobre de 65% con chaqueta de PVC

Nota. Esta tabla muestra los elementos requeridos para la futura implementación de la red.

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 11*Elementos de transferencia de datos*

Administración de transferencia de datos		
Cantidad	Elementos	Descripción
1	OLT GPON 8 PTOS	Terminal de línea óptica funciona como punto de partida para la red óptica pasiva (PON). Convierte, entrama y trasmite señales a través de la red PON
150	ONT INT+WIFI ECHOLIFE	Terminal de nodo óptico que conectada la interna de la casa a la red de fibra óptica del prestador del servicio. Garantiza una velocidad ultra rápida con tecnología GPON, es compatible con bandas doble frecuencia 802.11ac
2	Schwich x 16 puertos Tp link	Permite la interconexión de los dispositivos de la red a 1000 Mbps. Todos sus puertos soportan auto MDI/MDIX

Nota. Esta tabla muestra la descripción de cada uno de los elementos de transferencia de datos requeridos para la futura implementación de la red.

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 12*Elementos de transferencia de datos*

Administración de transferencia de datos		
Cantidad	Elementos	Descripción
1	Mikrotik Routerboard Rb2011uas-2hnd	El RB2011 se ejecuta en RouterOS, un sistema operativo de enrutamiento con todas las funciones que se ha mejorado continuamente. Enrutamiento dinámico, punto de acceso, firewall, MPLS, VPN, calidad de servicio avanzada, equilibrio y vinculación de carga, configuración y monitoreo en tiempo real: solo algunas de las muchas características admitidas por RouterOS
4	Switch x 8 Tp link	Cuenta con 8 puertos de 10Gbps, brindando conexiones ultrarrápidas de a NAS 10Gb, servidor, adaptador/NIC PCIe 10G, computadora de juegos, Wifi 6 AP 2.5G/5G/10G, video 8K y más. Conexiones optimas de 5 velocidades

Nota. Esta tabla muestra la descripción de cada uno de elementos de transferencia de datos requeridos para la futura implementación de la red.

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 13*Elementos de transferencia de datos*

Administración de transferencia de datos		
Cantidad	Elementos	Descripción
1	Caja distribución interna fibra	Permite la distribución de la red en diferentes hilos conservando la calidad de la transmisión de la fibra como ancho de banda o la velocidad.
3	Router Tp-link Archer Ax53	Velocidad Gigabit Wi-Fi 6 de última generación: 2402 Mbps en 5 GHz y 574 Mbps en la banda de 2,4 GHz garantizan una transmisión más fluida y descargas más rápidas. Permite transmitir a más dispositivos de forma simultánea gracias a su tecnología OFDMA que aumenta la capacidad hasta 4 veces

Nota. Esta tabla muestra la descripción de cada uno de los elementos de transferencia de datos requeridos para la futura implementación de la red.

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 14*Tabla de Costos***TABLA DE COSTOS**

CANTIDAD	ELEMENTO	COSTO UNITARIO	TOTAL
2	Bateria seca 150	\$ 1.100.000	\$ 2.200.000
2	Panel solar	\$ 650.000	\$ 1.300.000
50	Mts Cable encaucheto	\$ 18.000	\$ 900.000
3	Multitoma	\$ 58.000	\$ 174.000
1	Varilla coperwelt	\$ 90.000	\$ 90.000
20	Mts Alambre cobre	\$ 12.000	\$ 240.000
1	Inversor solar	\$ 1.450.000	\$ 1.450.000
2	Break protector	\$ 65.000	\$ 130.000
1	UPS 2000	\$ 2.450.000	\$ 2.450.000
2	Swich x 16 puertos	\$ 375.000	\$ 750.000
1	Mikrotik Routerboard Rb2011uas-2hnd	\$ 650.000	\$ 650.000
4	Swich x 8	\$ 75.000	\$ 300.000

1	Caja distribucion interna fibra	\$	80.000	\$	80.000
3	Tp-link Archer Ax53	\$	390.000	\$	1.170.000
1	Starlink equipo	\$	1.370.000	\$	1.370.000
1	Plan de 1 gb corporativo	\$	685.440	\$	685.440
1	PC portatil core 15 ram 8 disco 250 gb	\$	1.850.000	\$	1.850.000
1	Celular gama media	\$	600.000	\$	600.000
12	Caja NAP x8	\$	100.000	\$	1.200.000
3	Muflas	\$	115.000	\$	345.000
200	Conectores mecanicos drop verdes	\$	2.500	\$	500.000
200	Conectores mecanicos drop Azules	\$	2.500	\$	500.000
5	Fibra span 80 X 1 Km	\$	1.500.000	\$	7.500.000
5	Fibra drop 1 hilo x 1Km	\$	550.000	\$	2.750.000
3	Fibra drop 6 hilos x 1 Km	\$	650.000	\$	1.950.000
300	herrajes drop	\$	2.500	\$	750.000
150	herrajes ojo helicoidal	\$	7.500	\$	1.125.000
4	Amarres plásticos grueso 15 cm x 100Und	\$	15.000	\$	60.000

5	Cinta band-it	\$	200.000	\$	1.000.000
1	Rack Exterior Grande	\$	700.000	\$	700.000
TOTAL				\$	34.769.440

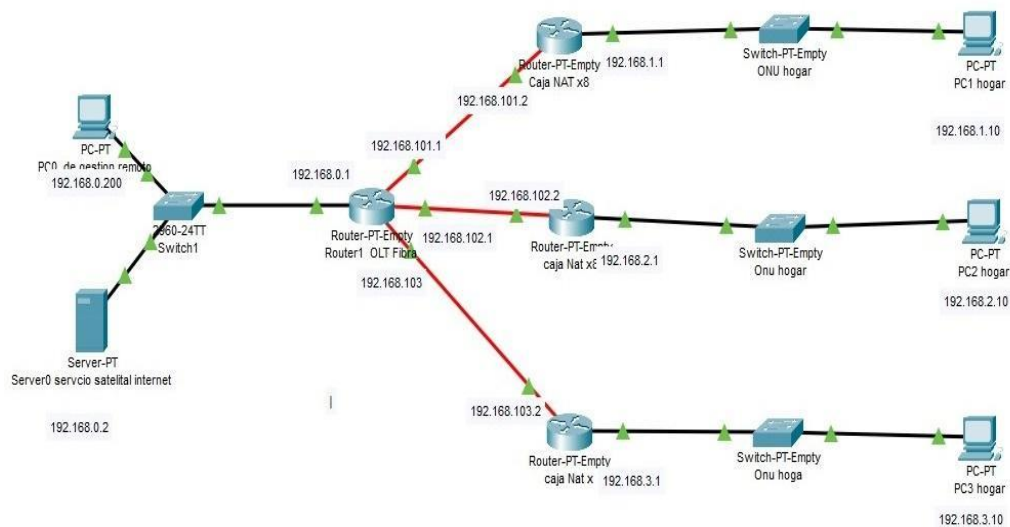
Nota. La tabla muestra los costos en cuanto a los materiales requeridos para la futura implementación de la red.

Fuente. Elaboración Propia.

Planos

Figura 14

Plano Red Punto a Punto Inicial.

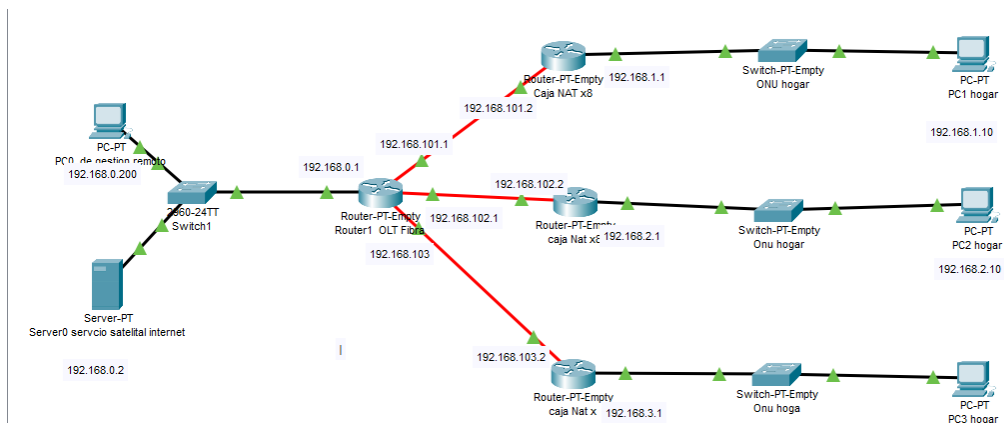


Nota. Diagrama de red en simulador Cisco Packet Tracer.

Fuente. Elaboración Propia.

Figura 15

Simulación del Esquema de Red.



Nota. Funcionamiento de diseño virtual de la red, donde los paquetes ICMP se ejecutaron con éxito y los conectores indican una buena configuración física.

Fuente. Elaboración Propia.

Figura 16*Distribución de la Red Fibra*

Nota. Distribución de la red de fibra utilizando la posteria del resguardo.

Fuente. Elaboración Propia.

Plan de Mejoras al Diseño de la Posible Implementación

Tabla 15

Plan de Mejoras a Corto Plazo a la Posible Implementación

Plan de mejora a corto plazo					
Objetivos	Responsable del área	Tiempo	Recursos	Financiación	Seguimiento
Elaborar flujos de procesos de la red	Administración	2 meses	Personal Administrativo Técnicos		0%
Desarrollar programas de capacitación y entrenamiento	Administración	4 meses	Personal Administra tivo Técnicos		0%
Crear sistemas de información	Sistemas	6 meses	Personal Administra tivo Técnicos		0%
Organizar requerimientos legales, tributarios y administrativos	Administración y financieros	1 mes	Personal Administra tivo Técnicos		0%

Nota. La tabla muestra el diseño del plan de mejoras a corto plazo propuesto luego de la posible implementación.

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 16

Plan de Mejoras a Corto Plazo a la Posible Implementación

Objetivos	Responsable del área	Tiempo	Recursos	Seguimiento
Crear planes de comercialización y ventas	Ventas	4 meses	Personal Financieros	0%
Desarrollar sistemas de calidad	Administrativas	6 meses	Personal Administrativo Técnicos	0%

Nota. La tabla muestra el diseño del plan de mejoras a corto plazo propuesto luego de la posible implementación.

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 17

Plan de Mejoras a Mediano Plazo a la Posible Implementación

Objetivos	Responsable del área	Tiempo	Recursos	Seguimiento
Ampliar infraestructura de red	Administración	2 meses	Personal Administrativo Técnicos	0%

Ampliar velocidad del servicio	Administración	4 meses	Personal Administrativo Técnicos	0%
Fortalecer internamente los sistemas de la red	Sistemas	6 meses	Personal Administrativo Técnicos	0%
Actualizar equipos	Administración y financieros	1 mes	Personal Administrativo Técnicos	0%

Nota. La tabla muestra el diseño del plan de mejoras a mediano plazo propuesto luego de la posible implementación.

Fuente. Elaboración Propia.

Plan de Mantenimiento al Diseño de la Posible Implementación

Tabla 18

Formato Plan de Mantenimiento Correctivo

Plan de mantenimiento correctivo	Vigencia:	Fecha:		
Actividad	Responsable	Frecuencia	Periodo	Observaciones
Apuntamientos de Antenas	Operador	S		
Cambio de baterías	Operador	A		
Cambio de cableado	Operador	M		
Poda de árboles	Entidades encargadas	C		
Limpieza de paneles solares	Operador	C		
Cambios en daños eléctricos	Operador	S		
Novedades encontradas	Estado de tarea	Frecuencia tarea		
	Programada 0	D-Diaria	S- Semanal	M- Mensual
	Cumplido x	T- Trimestral	C- Semestral	A-Anual

Nota. La tabla muestra el diseño del plan de mejoras a corto plazo propuesto luego de la posible implementación.

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 19*Formato Plan de Mantenimiento Predictivo*

Plan de mantenimiento predictivo														
Red de telecomunicaciones rural														
Tarea para Realizar	Frecuencia	Responsable	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Medición de amperaje	T	Ingeniero			x			x			x			x
Medición de potencia de antenas	T	Ingeniero		x			x			x			X	
Revisión de calidad de velocidad	S	Ingeniero	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X	X
Revisión de calidad en seguridad	S	Ingeniero	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X	X
Monitorio Variables de Red	D	Ingeniero	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X	X
Novedades encontradas	Estado de tarea		Frecuencia tarea											
	Programada 0		D-Diaria				S- Semanal			M- Mensual				
	Cumplido x		T-Trimestral				C- Semestral			A-Anual				

Nota. La tabla muestra el diseño del plan de predictivo propuesto luego de la posible implementación.

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 20

Formato Plan de Mantenimiento Preventivo

Plan de mantenimiento preventivo														
Red de telecomunicaciones rural														
Tarea Por Realizar	Frecuencia	Responsable	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Inspección estado de la red	T	Ingeniero	X			X			X			X		
Inspección banco de acometidas eléctricas – baterías	T	Operario	X			X				X			X	
Actualización de Software	C	Ingeniero	X						X					
Inspección de antenas	M	Operario	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisión a aprovisionamiento	T	Operario			X			X			X			X

nto de

inventario

Novedades	Estado de tarea	Frecuencia tarea		
encontradas	Programada 0	D-Diaria	S- Semanal	M- Mensual
	Cumplido X	T- Trimestral	C-semestral	A-anual

Nota. La tabla muestra el diseño del plan de preventivo propuesto luego de la posible implementación.

Fuente. Elaboración Propia.

Análisis de Resultados

Una vez se culmina el diseño de la red quedará solución a la problemática de conectividad da como resultado lo siguiente:

Análisis Poblacional: Una vez se caracterizó la población muestra se identificaron los siguientes componentes de la comunidad:

Distancia de Leticia – Macedonia 53 km

La población 1040 habitantes, compuestos por 287 familias con una distribución de género de 566 hombres y 474 mujeres.

Territorio: barrios 8 (La Victoria, Guayabal, Monserrate, Centro, Barrio Nuevo, San Diego, San Vicente e Internacional).

Extracto social Nivel 1

Infraestructura educativa: 1 colegio principal

7 sedes satélites de educación primaria.

1 biblioteca

Infraestructura hotelera: 4 Hostales comerciales

4 informales

Comercio: 15 tiendas

Infraestructura Hospitalaria: 1 malas condiciones

Infraestructura religiosa: 2 Iglesias de tendencia cristiana

1 cementerio

Análisis Infraestructura Telecomunicaciones: Durante los recorridos en el territorio se encontró la siguiente infraestructura:

Servicios de internet satelital línea hogar: 3

Cobertura servicio datos móvil:	Claro, movistar	Muy bajo
Dispositivos móviles detectados:	82	
Torres o repetidoras de telecomunicaciones:	0	
Posteria de cemento red eléctrica	110	

Análisis de Resultados: Transporte de Internet vía Satelital, después de evaluar diversas opciones, se concluye que la mejor y única manera de aprovisionar Internet en la comunidad es mediante el transporte vía satélite. El uso de satélites permite superar las limitaciones topográficas y geográficas del territorio, proporcionando una cobertura más amplia y estable

Infraestructura de Postes Eléctricos: El territorio cuenta con una buena infraestructura de postes eléctricos propiedad de la empresa de energía del Amazonas. Estos postes podrían utilizarse para la distribución de la fibra óptica local, facilitando el despliegue de la red.

Facilidad de Despliegue de Fibra Óptica: Dado que no existe tráfico vehicular significativo, el despliegue de la red de fibra óptica en cruces y caminos es más sencillo. La ausencia de congestión vehicular permite una instalación más eficiente y menos disruptiva.

Oportunidad de Desarrollo Comunitario: La comunidad ve la red comunitaria como una oportunidad de desarrollo. Esperan que la red desempeñe roles importantes en educación, mejorando el acceso a recursos educativos y facilitando el aprendizaje.

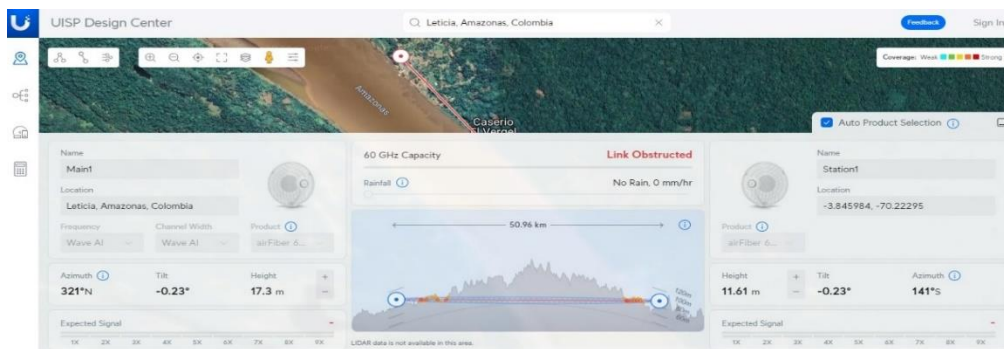
Baja Carga de Datos: Dado que son pocos los habitantes con dispositivos móviles y terminales fijos (como televisores y computadoras), se espera que la red tenga una carga baja en el consumo de datos. Esto contribuirá a un uso eficiente de los recursos disponibles.

Cierre de la Brecha Digital: La posible implementación a futuro de esta solución ayudará a cerrar la brecha digital en el territorio. Proporcionar acceso a Internet a comunidades rurales es fundamental para su desarrollo y bienestar.

Viabilidad del Transporte por Radiofrecuencia (RF): Tras revisar la diagramación en terreno mediante simulación de radio enlace, se evidenció que no es viable el transporte primario o aprovisionamiento del servicio de Internet por RF desde la ciudad de Leticia ya que no hay línea de vista. (ver Ilustración 17) La tecnología satelital se presenta como la opción más adecuada para garantizar la conectividad en Macedonia. En resumen, la combinación de tecnología satelital y fibra óptica permitirá llevar Internet a la comunidad de manera eficiente y efectiva.

Figura 17

Simulador Radio Enlace Leticia – Macedonia Resultado Sin Línea de Vista

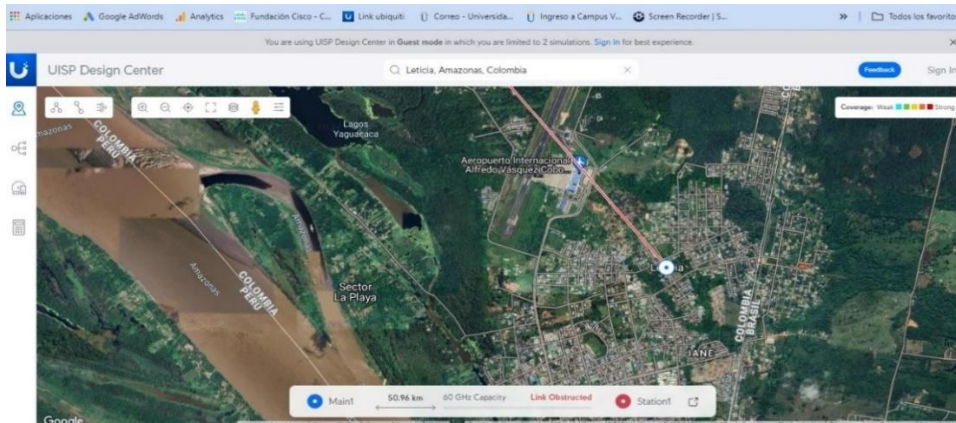


Nota. Se realizó la simulación de radio enlace entre Leticia y Macedonia comprobando de que mediante radio enlace no es posible dar conectividad a la comunidad. Elaboración basada en UISP Design Center

Fuente. Elaboración Propia.

Figura 18

Simulador Radio Enlace Leticia – Macedonia Resultado Sin Línea de Vista



Nota. Vista área de la simulación de radio enlace. Elaboración basada en UISP Desing Center

Fuente. Elaboración Propia.

Enlace del Video de Evidencia de Interacción y Trabajo en Campo en la Red y con la Explicación de la Red Diseñada

Cubillos, J. Danois, R. (2024). Estudio y diseño de una red comunitaria en el resguardo de macedonia Amazonas. Fuente: autoría propia. https://vision2020col-my.sharepoint.com/:v:/g/personal/luisreinoso_vision2020col_onmicrosoft_com/EbdvQYd9O9BGmsyYvj4yisYBuzOFXd7nWOBcXNVJFi_mNw?e=gp3YJN

Conclusiones

Este proyecto se realizó con una intensidad especial más allá de sustentar los conocimientos adquiridos en la UNAD, se buscó realizar un trabajo con impacto social donde los estudiantes a más de 10.000 km de sus hogares reconocieron y vivieron personalmente los impactos negativos de la brecha digital en Colombia. Con este estudio la Fundación visión 20/20 que lo patrocina o cual otra entidad o individuo tiene una visión clara de que se quiere y a que se afronta para realizar el montaje de una red comunitaria indígena en el Amazonas.

Detrás de este documento el diseño una red comunitaria en el resguardo de macedonia traerá grandes beneficios a una comunidad con una proyección desarrollo muy grande en factores educativos (más de 400 estudiantes), turísticos y económico (promoción y venta de planes turísticos y artesanías) y sociocultural (integración de educación superior en la comunidad y exposición de la cultura Tikuna)

Este proyecto permitió al estudiante tener una clara visión de lo que es llevar a la práctica los conceptos adquiridos durante 5 años de formación, pero más allá de eso, se logra tener la capacidad de identificar una problemática real en donde pueda aplicar lo aprendido teniendo como prioridad el enfoque social y humanitario por construir una sociedad que a través de la conectividad pueda superarse y avanzar.

El diseño de una red de internet ya sea radio enlace, fibra óptica (cableada) o satelital puede verse sometida a gran cantidad de modificaciones durante el desarrollo en terreno y Colombia es uno de los países más ricos en flora y con mayor variedad de alturas terrestres en todo su territorio nacional lo que hace cada región requiera del uso de diferentes diseños, arquitecturas, tecnologías y dispositivos para lograr cobertura.

La topología rural a nivel nacional es muy variante. A la hora de realizar el análisis en campo sobre que topología de red utilizar se encontró que la fibra óptica es la más viable debido a que la conexión por radio en lace era imposible debido a la gran vegetación de gran altura que impedía conectar las antenas receptoras al nodo.

Referencias Bibliograficas

- Abreu, M. Castagna, A. Cristiani, P. Zunino. P. Roldos, E. Sandler, G. (2009). Características generales de una red de fibra óptica al hogar (FTTH). *Revista de Ingeniería*.
<http://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/270/329>.
- Ackerman, S. E., y Com, S. L. (2013). *Metodología de la investigación*. Buenos Aires, AR: Ediciones del Aula Taller. (pp. 31 - 44). <https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/ereader/unad/76246?page=31>
- AdminOLT. (2024). Configuración en RouterBoard MikroTik para OLT TP-LINK. AdminOLT <https://adminolt.com/documentacion/articulo/configuracion-en-routerboard-mikrotik-para-olt-tp-link-143/>
- Aguilar-Alvarado, J., Quezada-Sarmiento, R., & García-Galarza, K. (2018). Aplicación Java para el control de RB Mikrotik en empresas proveedoras de servicio de Internet. *Revista Ciencia Unemi*, 11(26), 161-169.
[https://www.redalyc.org/journal/5826/582661257015/html/#:~:text=Mikrotik%20Router%20OS%2C%20es%20un,la%20aplicaci%C3%B3n%20Windows%20\(WinBox\)](https://www.redalyc.org/journal/5826/582661257015/html/#:~:text=Mikrotik%20Router%20OS%2C%20es%20un,la%20aplicaci%C3%B3n%20Windows%20(WinBox))
- AlaiSecure. (2025). NODOS: ¿Qué son? Recuperado de <https://alaisecure.co/glosario/nodos-que-son/>.
- Amitel, (2021). *Procedimientos para la instalación de fibra óptica*. Recuperado de <https://www.osiptel.gob.pe/media/rddp3q0m/informe060-dprc-2021-apendice-ii-1-2.pdf>
- ANE, (2020). *Espectro para uso libre*. [Sitio web].
<https://www.ane.gov.co/SitePages/Gesti%C3%B3n%20t%C3%A9cnica/index.aspx?p=23>
- ANE, (s.f.). *Visor de espectro*. Sitio Web https://espectro-co.ane.gov.co/TesMonitorPlanning/TesMonitorPlanningWeb/#TMP_Map/3736622a-

c8f4-4caa-b843-

90c3110ff2e5?settings=json%3A%7B%22title%22%3A%22Ocupaci%C3%B3n%20de%
20espectro%22%2C%22ROLE%22%3A1%2C%22VIEW_EDIT%22%3Afalse%2C%22
VIEW_PARAMETER%22%3A2147483647%2C%22VIEW_PARAMETER_EXTRA%
22%3Anull%7D

Ascenty. (2025). NAP (Network Access Point): ¿Qué es y cómo puede ayudarte?

<https://ascenty.com/en/blog/articles/nap-network-access-point-what-is-it-and-how-can-it-help-you/>

Baladrón, M. (2018). *Redes comunitarias: acceso a internet desde los actores locales*.

<https://revistas.unlp.edu.ar/hipertextos/article/view/7646/6683>

Belloch Ortí, C. (s.f.). Las tecnologías de la información y comunicación (T.I.C.). Universidad de Valencia.

<http://pregrado.udg.mx/sites/default/files/formatosControlEscolar/pwtic1.pdf>

Córdoba, M. (2011). *Formulación y evaluación de proyectos. Ciclo de vida de los proyectos*.

(pp. 8-16) <https://elibro->

net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/ereader/unad/69169?page=23

DANE. (2022). *Comunicado de prensa Encuesta de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en Hogares (ENTIC Hogares) 2021*.

https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/entic/comunicado_entic_hogares_2021.pdf

DISMATEL. (2025). Mufa o Cierre de Empalme de Fibra Óptica.

<https://dismatel.net/?product=mufa-o-cierre-de-empalme-de-fibra-optica&lang=es>

Dpnlnews. (2022). *Colombia | Solo tres de cada 10 hogares rurales tienen acceso a internet.*

[https://dplnews.com/colombia-solo-tres-de-cada-10-hogares-rurales-tiene-acceso-a-internet/#:~:text=Por%20su%20parte%2C%20en%20los,2020%20\(23%2C9%25\).](https://dplnews.com/colombia-solo-tres-de-cada-10-hogares-rurales-tiene-acceso-a-internet/#:~:text=Por%20su%20parte%2C%20en%20los,2020%20(23%2C9%25).)

Fluke Networks. (2025). OTDR - Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo.

<https://www.flukenetworks.com/expertise/learn-about/otdr#:~:text=Keep%20Learning-,What%20Is%20an%20OTDR%3F,fiber%20using%20specialized%20laser%20diodes..>

FS.COM. (2024). Explorando el OLT (Terminal de Línea Óptica).

<https://www.fs.com/blog/exploring-the-olt-optical-line-terminal-3260.html>

FS.COM. (2024). Una guía rápida de ONU (unidad de red óptica). [https://www.fs.com/blog/a-](https://www.fs.com/blog/a-quick-guide-to-onu-optical-network-unit-4466.htm)

[quick-guide-to-onu-optical-network-unit-4466.htm](https://www.fs.com/blog/a-quick-guide-to-onu-optical-network-unit-4466.htm)

García, C., Pomboza, M. & Cepeda, L. (2018). *Conectividad a Internet en zonas rurales mediante tecnologías de TDT (DVB-RCT2), o telefonía móvil (4G-LTE).*

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532018000100319

Huidobro, M. (2017). *Telecomunicaciones. Tecnologías, redes y servicios.* [Ra-Ma, 2ª edición].

Recuperado de

https://www.google.com.co/books/edition/Telecomunicaciones_Tecnolog%C3%ADas_Redes_y/CrA-DwAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=telecomunicaciones&printsec=frontcover

ISPDesing. S.f. *Simulador de radio enlace.* <https://ispdesign.ui.com/#>

Martínez, E. (2001). La evolución de la telefonía móvil. Revista RED.

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32975756/La_evolucion_de_la_telefonia_movil-libre.pdf

Min. Tics. (2023). *Hablemos de conectividad con ISP. Recuperado de:*

https://www.mintic.gov.co/portal/715/articles-273358_memorias_12.pdf

MinTIC, (24 de abril del 2024). *Informe trimestral de conectividad en Colombia en el 2023*.

[Sitio Web]. <https://colombiatic.mintic.gov.co/679/alt-article-338221.html>

Noori, R. (2024)- *¿Cuál es el procedimiento de instalación de fibra óptica?* Recuperado de

<https://thenetworkinstallers.com/es/blog/proceso-de-instalacion-de-fibra-optica/>

Oscar, (2021). *Montar cabecera CATV Diagramas y equipos* [Diagrama]. Foro ISP

<http://foroisp.com/threads/1764-Montar-Cabecera-CATV-Diagramas-y-equipos-Parte1>

Otero, J. (2022). *Retos de conectividad para el Amazonas*. [Artículo web]- recuperado de

<https://www.josefelipeotero.com/retos-de-conectividad-para-el-amazonas/>

Ramírez, A. (2015). *Desde la conectividad hasta la Internet de Todo (IdT)*. Universidad San

Ignacio de Loyola. Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL Saber y Hacer, 2(1), 19-31.

<file:///C:/Users/oficina/Downloads/%23%23common.file.namingPattern%23%23.pdf>

Rodríguez, Y. (2009). *Fibra óptica*. [Ed. El Cid] <https://elibro->

[net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/ereader/unad/28973](https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/ereader/unad/28973)

Sain, G. (2015). *Revista pensamiento penal, Historia del internet*.

<https://www.pensamientopenal.com.ar/index.php/system/files/2015/03/doctrina40745.pdf>

Starlink. (2025). *¿Qué es Starlink?* Centro de ayuda de Starlink. <https://www.starlink.com/es->

[419/support/article/91e4a62f-945e-0d1f-7c4d-c80552fb92af](https://www.starlink.com/es-419/support/article/91e4a62f-945e-0d1f-7c4d-c80552fb92af)
