

Ilustración 47. Antigua Telecom



Fuente 47. Tomada en visita al municipio

Internet Satelital

En el municipio se cuenta con pocos abonados de servicios satelitales debido a los altos costos mensuales de los servicios. Entre los clientes de servicios satelitales proveídos actualmente por Axesat se encuentran: Banco Agrario de Colombia, Aeropuerto local Eduardo Falla Solano, la Registraduría Nacional del Estrado Civil, sucursal bancaria Bancolombia y el Instituto Colombiano Agropecuario ICA regional San Vicente.

Ilustración 48. Aeropuerto Local

*Fuente 48. Tomada en visita al municipio*

Proveedores Locales

En el municipio se encuentran actualmente dos proveedores de servicio de internet mediante enlaces de radios y fibra óptica. Estos proveedores son Conexión Amazónica y Appornet. Appornet es un proveedor pequeño que cuenta con 7 empleados, legalmente constituida ante cámara de comercio de Florencia y registro TIC para la prestación de servicios e infraestructura de telecomunicaciones.

Televisión

El servicio de televisión en el municipio es prestado por varios operadores privados y un único operador público. RTVC (Sistemas de Medios Públicos) como operador público cuenta con una torre en el municipio perteneciente a la red secundaria de televisión análoga la cual debe ser apagada en el año 2019 para dar vía a la televisión digital terrestre (TDT). Actualmente solo unos pocos municipios cuentan con señal TDT abierta, excepto San Vicente. El servicio de televisión generalmente es mediante señal satelital, servicio ofrecido por DIRECTV, Claro y Movistar.

Ilustración 49. Reflector DIRECTV



Fuente 49. Tomado y disponible en <http://lalibertad.com.co/wp/wp-content/uploads/2017/01/antena-directv.jpg>

NECESIDAD DE CONECTIVIDAD

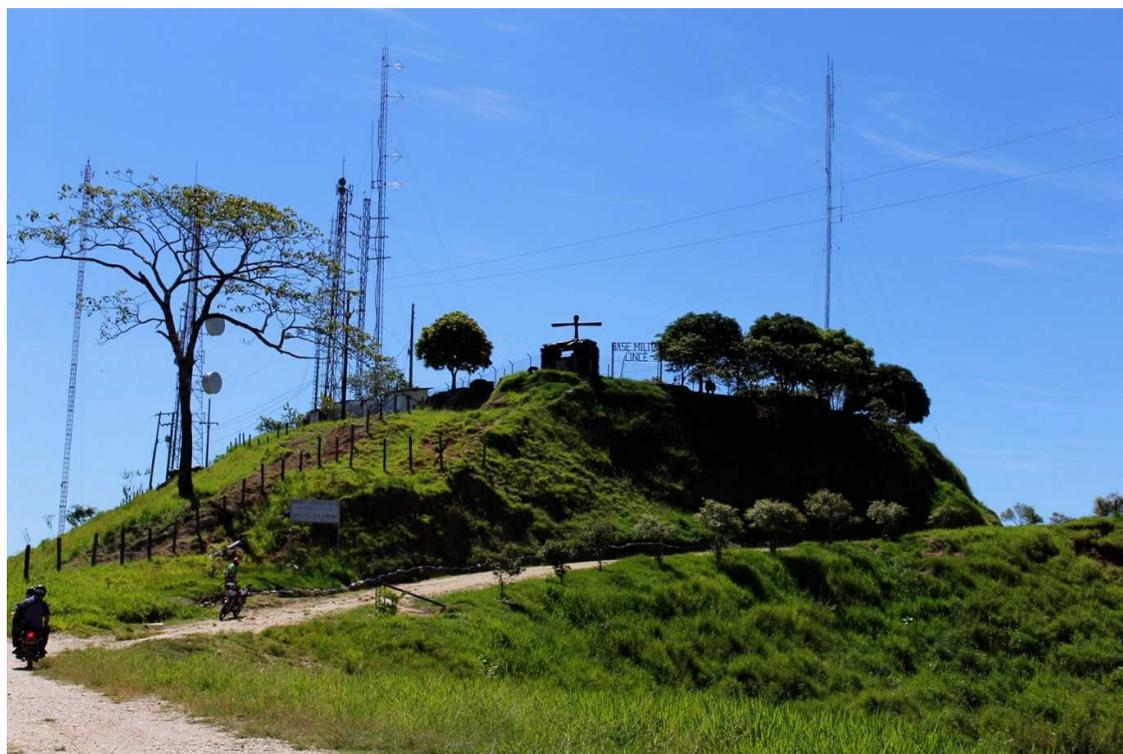
Los habitantes del municipio de San Vicente del Caguán cuentan actualmente con la posibilidad de conectarse al servicio de internet banda ancha mediante líneas telefónicas proveídas por Movistar. Estos servicios prestados por Movistar poseen un re uso de un canal de internet mucho mayor a 1:8, lo que significa que por un mismo canal de internet éste se debe compartir para ocho (8) abonados (clientes), lo cual genera que el servicio se torne lento. En una visita realizada al municipio se evidenció esta lentitud la cual no sólo es generada por la cantidad de abonados usando la misma banda sino también por las horas punta. Las horas punta son las horas donde más se demanda el servicio, especialmente después de las 18:00horas. Por las dimensiones del municipio y su economía, el horario laboral, generalmente, termina a las 17:00 horas.

La necesidad de una mayor cobertura, servicios de mayor velocidad sin mayor re uso se convierten así en una necesidad técnica que permitan reflejarse en un servicio de más calidad al prestado actualmente. Seguido de la limitación geográfica que ofrece las líneas telefónicas, son varios los corregimientos, escuelas veredales, centros de salud, fincas y haciendas que pueden ser usuarios potenciales de los servicios inalámbricos.

PROYECCIÓN DE SOLUCIÓN DE ÚLTIMA MILLA

Como se reiteró anteriormente, unas de las dificultades más grandes que se tiene a la hora de proveer un servicio de telecomunicaciones es el acceso de última milla a la infraestructura de la red. Esta última milla se concibe como la interconexión del abonado (cliente) con la red y se puede realizar mediante líneas de par de cobre, cable coaxial, fibra óptica o tecnologías inalámbricas. El municipio cuenta con varios puntos de elevaciones en su perfil topográfico de menor grado, pero considerables a la hora de realizar alguna implementación que requiera vista hacia parte del municipio. Estos puntos pueden llegar a los 310 msnm (Metros Sobre el Nivel del Mar) de los 280 msnm aproximados en los que se encuentra el municipio.

Ilustración 50. Base militar e infraestructura de telecomunicaciones.



Fuente 50. Tomada en visita al municipio

Ilustración 51. Elevación del terreno e infraestructura de telecomunicaciones.



Fuente 51. Tomada en visita al municipio

Gracias a estas pequeñas elevaciones en el perfil topográfico de la zona, se toma como punto de referencia para el desarrollo de toda la solución de acceso a la última milla en, además, por cobertura de fibra óptica del proyecto nacional de fibra no mayor a los 600 metros desde el nodo más cercano.

Diseño de la Topología

El punto tomado como referencia está ubicado en las coordenadas $02^{\circ}06'36.96''$ de latitud Norte y $74^{\circ}45'54.25''$ de longitud Oeste y a una elevación de 306 msnm. En este punto se proyecta la instalación de una torre auto soportada de 20 metros aproximadamente, ya que se procura que a mayor altura mejor línea de vista hacia todos los puntos geográficos del municipio. En esta zona se encuentra una pequeña base militar la cual da custodia a una torre auto soportada de RTVC ubicada hacia la ladera y margen del río Caguán. Los demás

terrenos de esta elevación pertenecen a particulares, según entrevista realizada a personal de la alcaldía del municipio. Como nodo central de esta solución se proyecta también un área que funcione como cuarto de telecomunicaciones, la cual puede ser un contenedor para telecomunicaciones o una caseta prefabricada con características como las siguientes:

- Construcción rígida, sólida y antisísmica.
- Alto grado de aislamiento térmico.
- Dimensiones considerables para escabilidad de la solución.
- Enmallado o encierro para protección contra personas ajenas.

De igual forma, la torre auto soportada debe contar con sistema de protección contra rayos o puesta a tierra, las secciones debidamente de color rojo o naranja con blanco, según normatividad actual e iluminación. Esto teniendo en cuenta otros parámetros como energía eléctrica.

Las siguientes imágenes muestran ejemplos de casetas prefabricadas para telecomunicaciones y la disposición del cuarto de telecomunicaciones junto a la torre auto soportada.

Ilustración 52. Caseta prefabricada para equipos de telecomunicaciones.



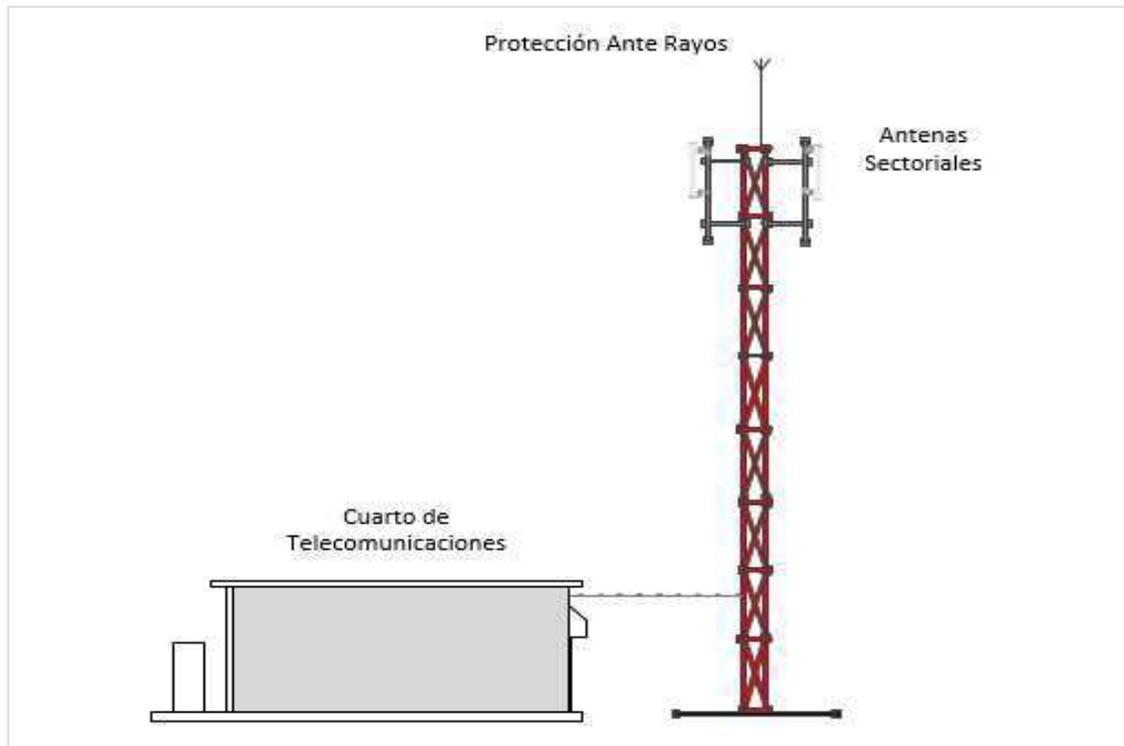
Fuente 52. Tomada en visita al municipio.

Ilustración 53. Caseta prefabricada sin encierros.



Fuente 53. Tomado y disponible en <http://www.swisstelecomunicaciones.com/servicios.html>

Ilustración 54. Diseño propuesto cuarto telecomunicaciones y torre.



Fuente 54. Elaboración propia.

La topología de la red consiste en la disposición de los equipos y su ubicación lógica dentro de un mapa de red. Algunos autores pueden denominarla arquitectura de red. La topología física para este estudio es una topología en estrella, ya que desde una ubicación central (nodo central) se consigue la gestión y el control de todos los nodos terminales (CPE). Se determina esta topología física porque un fallo en uno de los nodos terminales no afectaría al resto de la infraestructura, lo que generaría un aislamiento de ese nodo en particular.

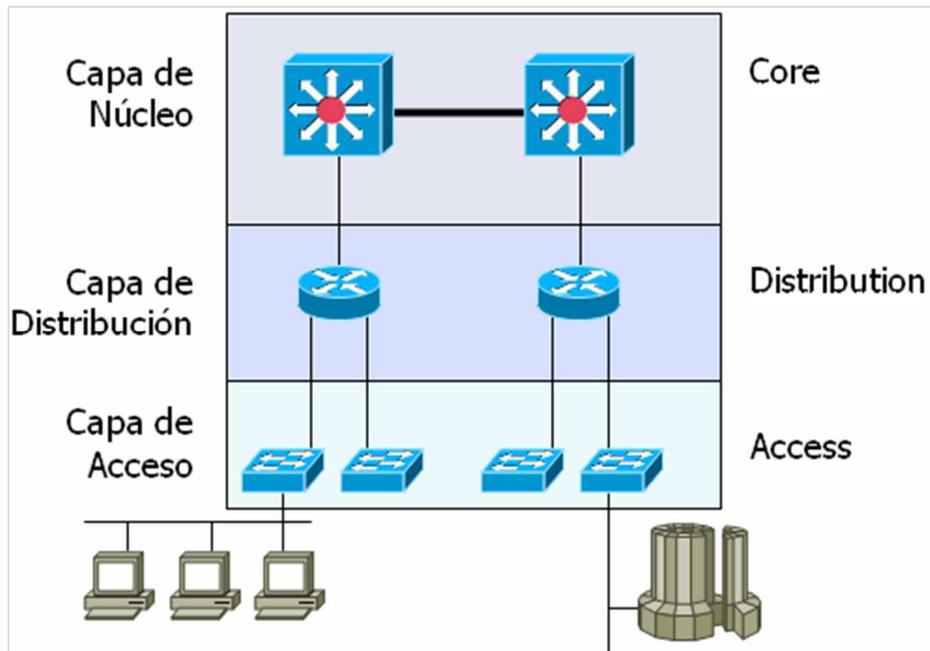
Cuando se diseñan redes, se busca siempre diseñar que éstas sean de forma jerárquica para un mayor entendimiento de las funciones del equipo y una mejor resolución de problemas ante fallas de los mismos. Actualmente existen dos modelos de jerarquías en las redes las cuales pueden ser de dos o tres niveles. Estos niveles son acceso, distribución y red.

- **Capa de acceso:** Esta capa es en donde los usuarios acceden a los servicios de red. En esta capa se ubica la última milla y puede darse de distintas formas. Los equipos de red ubicados al lado del cliente, reciben generalmente el nombre de

Equipos Terminales del Cliente (CPE). Los equipos CPE para esta solución de última milla son equipos inalámbricos que funcionen en las bandas no licenciadas de los 900 MHz, 2.4 GHz Y 5 GHz. Hacia el lado del nodo central, los equipos son antenas sectoriales que irradian la señal según los grados de operación de cada equipo. Generalmente las antenas sectoriales se encuentran de 60°, 90° y 120°. De acuerdo a esta solución, se prevé dar cubrimiento en los 360°.

- **Capa de distribución:** Este módulo representa varias funciones importantes dentro de los diseños de red jerárquicos. Entre las tantas funciones se encuentra la de agregar, segmentar dominios de difusión de capa dos, facilitar políticas de acceso a la red y servicios de seguridad y filtrado. Esta capa debe asegurar alta disponibilidad y redundancia para asegurar la fiabilidad y confiabilidad del sistema. Los equipos en esta capa son concentradores (Switch) la cual interconectarán a las antenas sectoriales con el resto de la red. Los concentradores deben estar en configuración stack, esto es, que todos los concentradores estén interconectados entre sí para que ante la red se facilite la redundancia y la disponibilidad de la capa. En el mercado, los concentradores se pueden obtener en el mercado desde 12 o 48 puertos físicos con distintas velocidades de operación.
- **Capa de Core o núcleo:** Este nivel permite acceder a los servicios de la red mediante conexiones de alta velocidad, típicamente llamados Backbones. Muchos de estos servicios se ubican fuera de nuestra red, por lo que se hace dispensable contar con equipos robustos, de alto rendimiento y de seguridad como firewalls y los router.

Ilustración 55. Diseño jerárquico de tres capas.



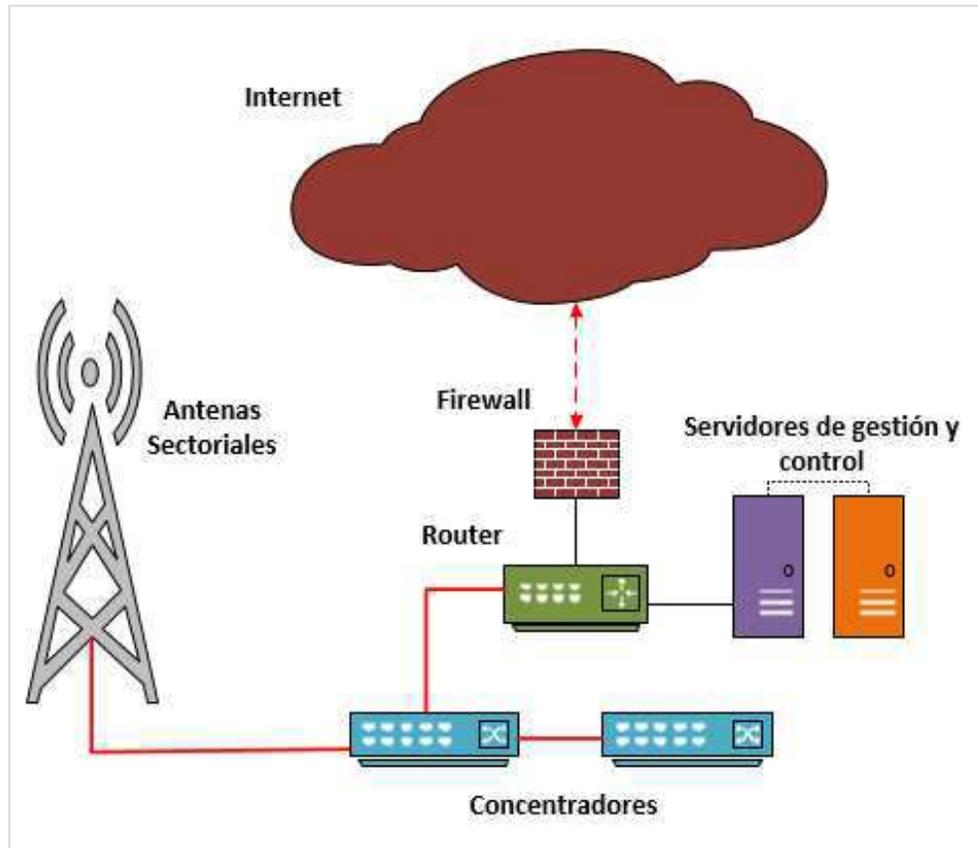
Fuente 55. Tomado y disponible en <https://ipref.wordpress.com/2008/11/28/modelo-jerarquico-de-red/>

La red LAN estará integrada por los equipos de Core, distribución y de acceso. La salida hacia internet se debe realizar mediante un router robusto, de gran capacidad de procesamiento y con sistemas redundantes de energía eléctrica. El router conectará al firewall la cual éste realizará la tarea de permitir o denegar paquetes provenientes de la red WAN hacia la red LAN como medida de protección. Esta protección no debe verse como suficiente, ya que se debe implementar políticas para garantizar la seguridad e integración del sistema. Los concentradores deben permitir la comunicación de los clientes con el resto de la red. Para ello se deben ajustar políticas de acceso y segmentación de la red para promover aun más la seguridad.

La red WAN está integrada por la conexión dada por un proveedor de servicios (ISP) hasta el nodo central de esta solución. Esta solución debe contar un canal dedicado (no reuso) de alta capacidad. Con el operador privado Azteca se realizó viabilidad de la ubicación del nodo central y estableció que ellos pueden proveer canales dedicados de gran capacidad. Generalmente la conexión del proveedor se realiza mediante fibra óptica hasta el cliente. La línea física de fibra llega a un dispositivo pasivo de red la cual convierte el medio en el que llega, generalmente cable drop, a un patch cord de fibra óptica. Este dispositivo pasivo de red

se llama caja de transición. Luego de cambiar el tipo de medio, éste patch cord es conectado a un equipo activo de red llamado ONT (Optical Network Terminal) la cual cumple las funciones de módem y punto de acceso inalámbrico. Las siguientes imágenes muestran el diagrama de red físico, una caja de transición de fibra óptica y una ONT.

Ilustración 56. Topología física propuesta



Fuente 56. Elaboración propia.

Ilustración 57. Caja de transición con salidas a Patch Core.



Fuente 57. Tomado y disponible en <https://www.conelectronica.com/images/stories/CONECTRONICA201/caja-mural-ip66-splitter-w.jpg>

Ilustración 58. Router de servicios integrados.



Fuente 58. Tomado y adaptado de <https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1JBQVJFXXXXamXFXXq6xXFXXd/Original-Huawei-ONU-Echolife-HG8245H-Gpon-Terminal-de-red-ptica-clase-C-aplicar-a-FTTH-ONT.jpg>

Servicios de red

Las redes actuales ofrecen múltiples servicios a los que se pueden acceder y son necesarios para un correcto uso de la misma. Algunos de los servicios de red son los siguientes:

- **Servidor DNS.** Estos servidores de nombres de dominio (DNS) brindan a la red resolver nombres de dominios de internet. Este servicio realiza la traducción de una dirección web a una dirección IP. Este servicio se basa en el modelo cliente-servidor, en el que los clientes de la red solicitan de forma transparente para el usuario resolver el nombre de la página a una IP específica y el servidor realiza la traducción.
- **Servidor DHCP.** Este servicio de red realiza la asignación automática de direcciones IP a cada uno de los clientes que se conecten a cualquier nodo de la red. También está basado en el modelo cliente-servidor en donde un cliente solicita, cuando se realiza la conexión a la red, una dirección IP para poder pertenecer a la red y el servidor la asigna a partir de un pool (rango) de direcciones previamente establecidos por un administrador de red.
- **Servidor AAA.** Este servicio permite la autenticación, autorización y contabilización de los clientes de la red. El servidor AAA debe contener previamente los usuarios clientes de la red y en el momento de una nueva conexión a la red, el servidor consulta si el usuario y contraseña del cliente son los correctos, autoriza la conexión y contabiliza datos como consumo generado, entre otros datos.
- **Servidor de Correo.** Este servidor permite configurar y alojar cuentas de correo electrónico a clientes e intercambiar mensajes de correo con otros usuarios en distintos servicios de correo. Los sistemas de correo electrónico se basan en el modelo de almacenamiento y reenvío, permitiendo así que los usuarios no permanezcan con una sesión activa simultáneamente con otro usuario para intercambiar mensajes. Mediante una dirección IP pública, es posible crear un sistema de correo electrónico.

- **Monitoreo de la red.** Existen varias aplicaciones que permiten realizar monitoreo a toda la red. Estas aplicaciones describen el actual comportamiento de cada uno de los sistemas y equipos de red conectado, su nivel de procesamiento, nivel de memoria ocupada, nivel de consumo de ancho de banda, entre otros.

Calidad del servicio

La calidad del servicio ofrece que una conexión sea fiable y que permita a los clientes acceder a los recursos de la red sin demoras ni afectaciones de ninguna índole. Algunos de los factores que influyen en la calidad del servicio son los siguientes:

- **Ancho de banda:** el ancho de banda en las redes hace referencia a la cantidad de datos que viajan por un medio o son procesados en determinado tiempo, generalmente sobre un segundo. El ancho de banda se mide en bits por segundo (bps) y en sus múltiplos (Kilo, Mega, Giga). A mayor ancho de banda, más datos por unidad de tiempo y más rápida llega a ser la navegación. Se prevé ofrecer distintos anchos de bandas son los siguientes y con un re uso del canal no mayor a 1:6 configurados correctamente en el router de la red.
 - 1 Mbps de bajada y 512 Kbps de subida
 - 3 Mbps de bajada y 1.5 Mbps de subida
 - 5 Mbps de bajada y 2.5 Mbps de subida.
- **Latencia:** la latencia es un retardo que sufre un paquete de datos cuando viaja por la red generados por muchos factores. Estos retardos generalmente se miden en milisegundos (ms) y afectan de manera directamente el rendimiento de la red cuando ésta es muy elevada. En esta solución se debe prever que la latencia no sea mayor a 60 ms.
- **QoS (Quality Of Service):** la calidad del servicio hace referencia a que los paquetes que se circulan por la red son procesados a un mismo nivel de prioridad. De esta forma es preciso crear reglas de calidad de servicio para paquetes de distintas aplicaciones. Estas prioridades pueden ser de definidas de acuerdo al tipo de tráfico como paquetes de voz, imagen o paquetes de datos. Se prevé crear

reglas de calidad de servicio en la red para servicios de streaming, páginas web y voz.

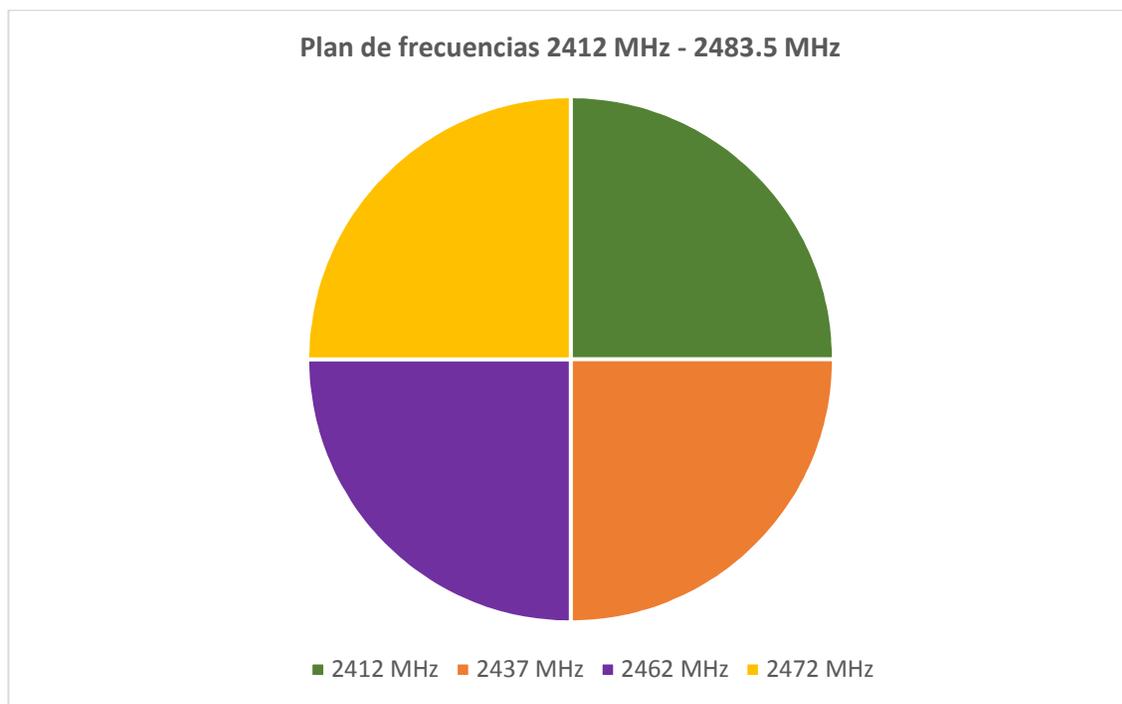
- **Disponibilidad:** son todas las estrategias para permitir el acceso a la red y sus recursos en todo momento. La primera estrategia a de disponibilidad es que los equipos de la red sean robustos en todos los aspectos posibles.
- **Redundancia:** es una de las estrategias a implementar en todo sistema permitiendo que las fallas que se presenten en el sistema no afecten el servicio. Para ello, lo más común es implementar rutas redundantes entre los equipos de distribución, sistemas eléctricos redundantes que garanticen la continua alimentación eléctrica a la red e implementar un segundo ISP como respaldo ante fallas en uno de los proveedores.

Frecuencias y Cobertura

Para calcular el área de cobertura se deben tener varios aspectos básicos. El primero es la banda de frecuencia a usar. Las frecuencias menores, por su física, se propagan mejor que las señales de frecuencias altas. Por este motivo, las redes de 5 GHz son ideales para escenarios en donde se tiene una alta densidad de usuarios, mientras que las redes de 2.4 GHz son propicias para escenarios donde se desee mayor cobertura. De igual forma, hay equipos que operan en bandas de frecuencia de 900 MHz, siendo estas más ideales para tener más cobertura. Dependiendo del lugar en donde se implemente los puntos de acceso, su cobertura es afectada por el tipo de despliegue, obstáculos e interferencias.

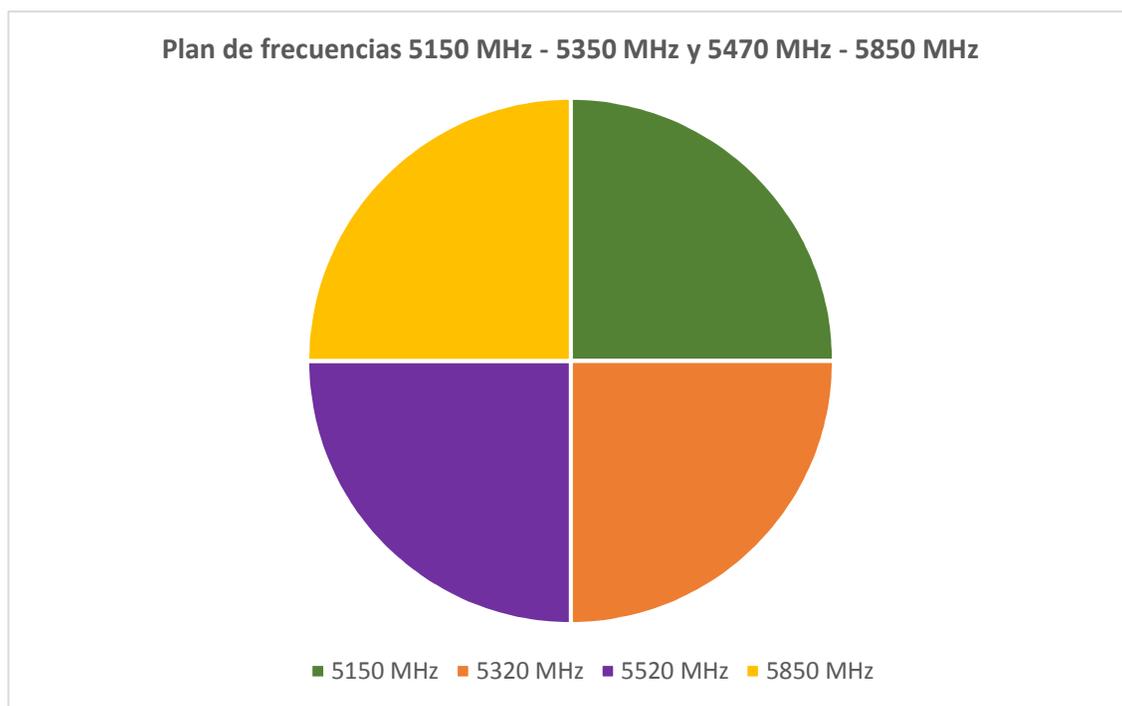
La potencia con la que se transmite también es clave para determinar el área de servicio. Los fabricantes de antenas generalmente construyen estos dispositivos para que operen a una potencia máxima de 30 dB (1 Watt). Otros factores como la ganancia de la antena, ayudan a determinar la calidad del servicio y área de cobertura. La ganancia de la antena es la capacidad que tiene una antena de concentrar su energía de radiación en una dirección particular. En las antenas sectoriales, la ganancia varía de acuerdo a los grados que irradie la antena.

Ilustración 59. Frecuencias propuestas banda 2.4 GHz



Fuente 59. Elaboración propia.

Ilustración 60. Frecuencias propuestas 5 GHz



Fuente 60. Elaboración propia.

En algunos entornos la banda de frecuencia de 2.4 GHz está muy saturada debido a muchos otros dispositivos 802.11 que operan en esta misma banda, lo que se convierte en un inconveniente para la selectividad de los canales. Esta interferencia entre los mismos canales degrada la función de filtrado y de selectividad del receptor. Para mitigar esos inconvenientes se debe realizar alguno de estos procedimientos:

- Selección de las antenas con mayor ganancia.
- Estudio del espectro en el sitio de aplicación de la solución.
- Sincronización de las antenas mediante GPS para prevenir interferencias.

Los canales tendrán un ancho de banda de 20 MHz debido a que el ruido término, propiedad inherente relacionada al tamaño del canal, es equilibrado frente al ruido que pueden llegar a sufrir los canales de 40 MHz y superiores, esto debido a que el ruido es mayor a mayor ancho de banda.

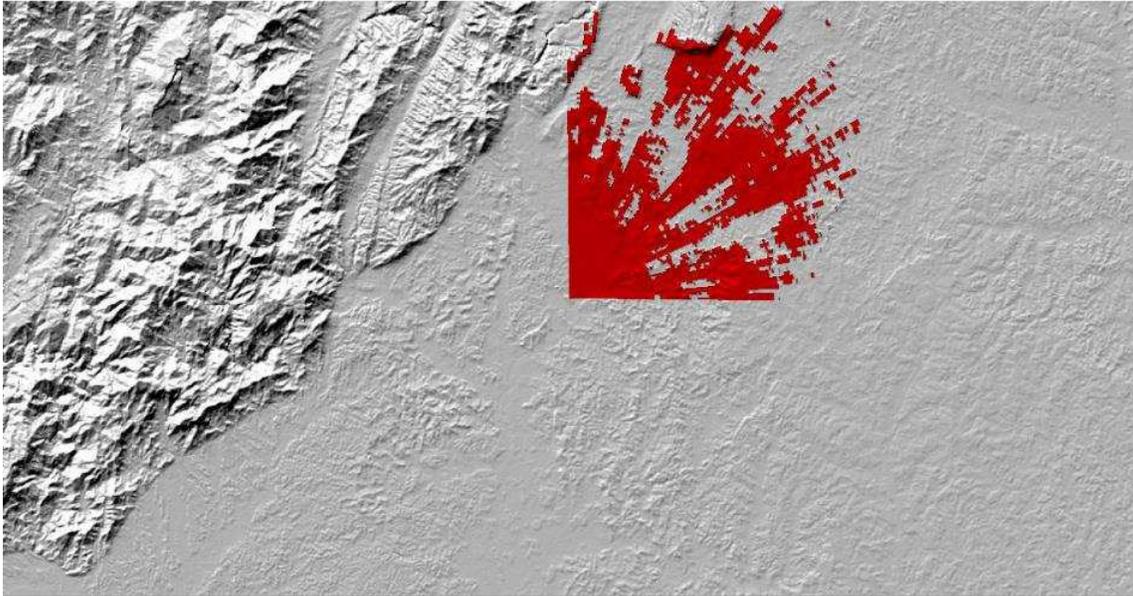
Simulaciones

Las simulaciones se realizan en dos programas informáticos. El primero es Radio Mobile, un software gratuito que se basa en el modelo de propagación ITM (Irregular Terrain Model) para calcular, predecir y simular el comportamiento de la propagación de las ondas usando datos de elevación del terreno del programa de la NASA SRTM (Shuttle Terrain Radar Mission). También se realizará la simulación en la plataforma virtual de Ligo Wave, una marca estadounidense que fabrica y vende equipos de telecomunicaciones y de redes.

Para la simulación de la cobertura se tendrá en cuenta cuatro (4) antenas sectoriales de 90° cada una, para así obtener la cobertura de los 360° en el municipio y alrededores. Estas antenas tendrán una ganancia de 16 dBi, la cual es una ganancia común de encontrar en el mercado y estarán a una altura de 20 metros sobre el nivel del metro de acuerdo a la altura de la torre auto soportada planteada para esta solución.

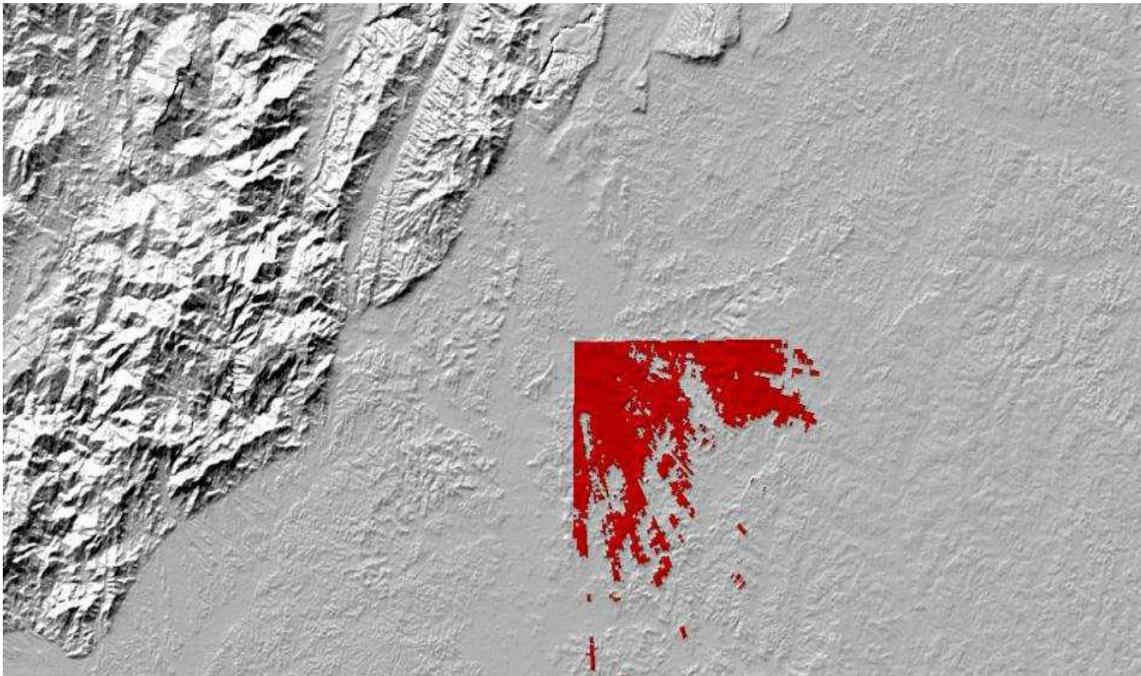
Las áreas en las que se requiera acceso al servicio y no estén cubiertas por las antenas sectoriales deben ser asistidas con enlaces punto a punto (PTP).

Ilustración 61. Cobertura 90 grados de azimut



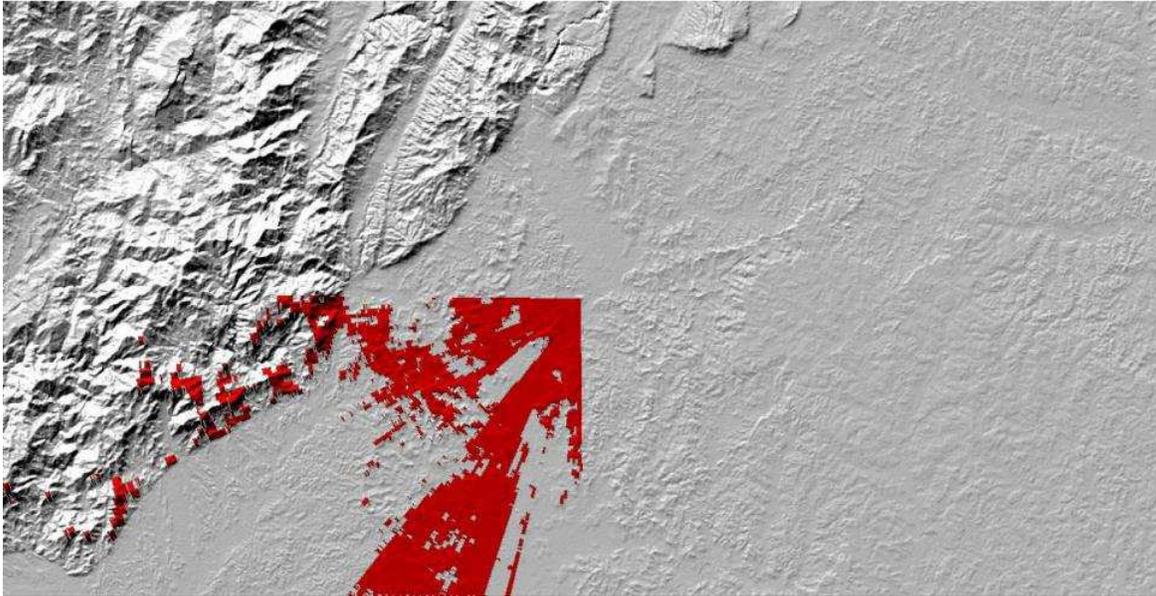
Fuente 61. Elaboración propia.

Ilustración 62. Cobertura 90 - 180 grados de azimut



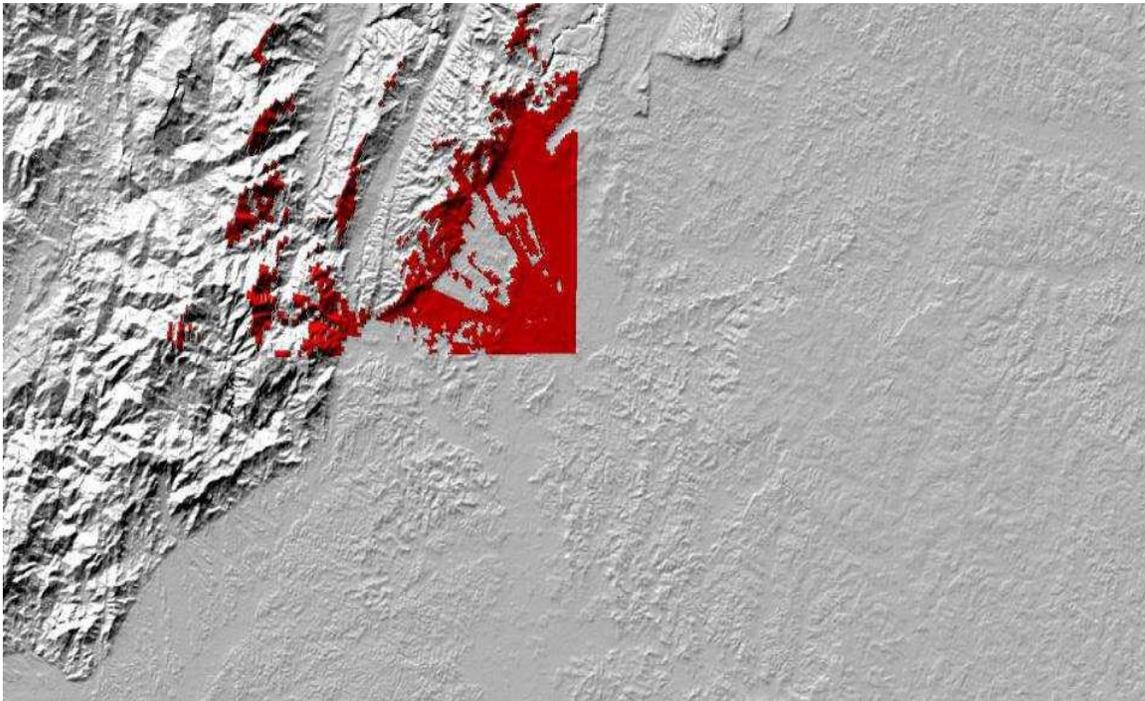
Fuente 62. Elaboración propia.

Ilustración 63. Cobertura 180 - 270 grados de azimut



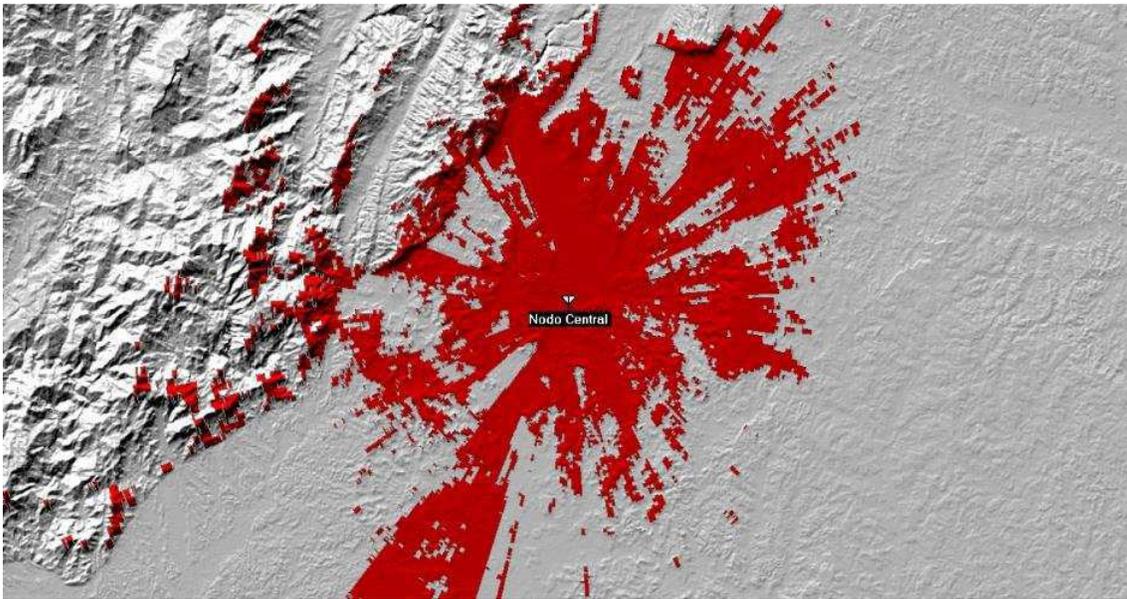
Fuente 63. Elaboración propia.

Ilustración 64. Cobertura 270 - 360 grados de azimut



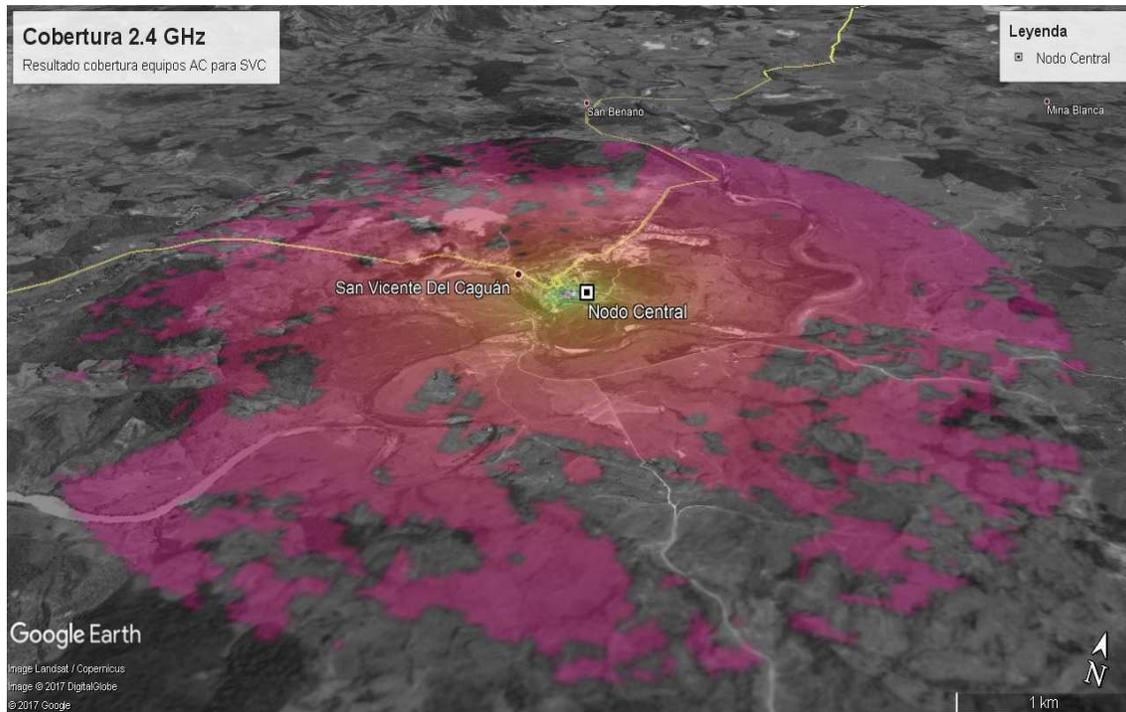
Fuente 64. Elaboración propia.

Ilustración 65. Cobertura 360 grados.



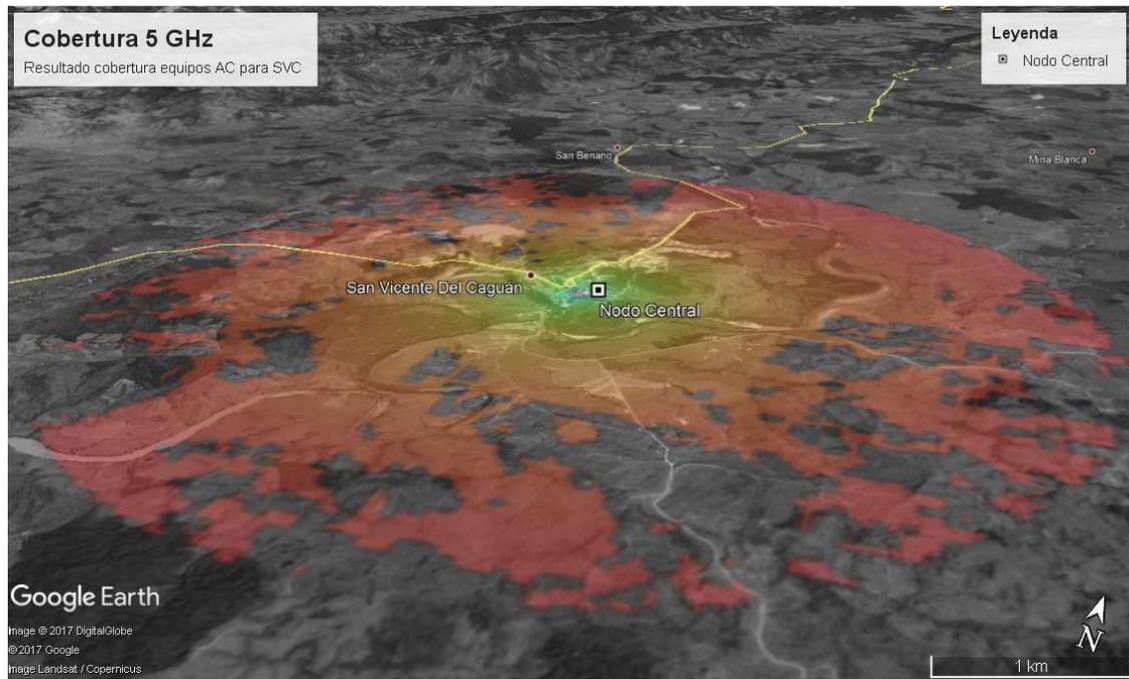
Fuente 65. Elaboración propia.

Ilustración 66. Cobertura 2.4 GHz



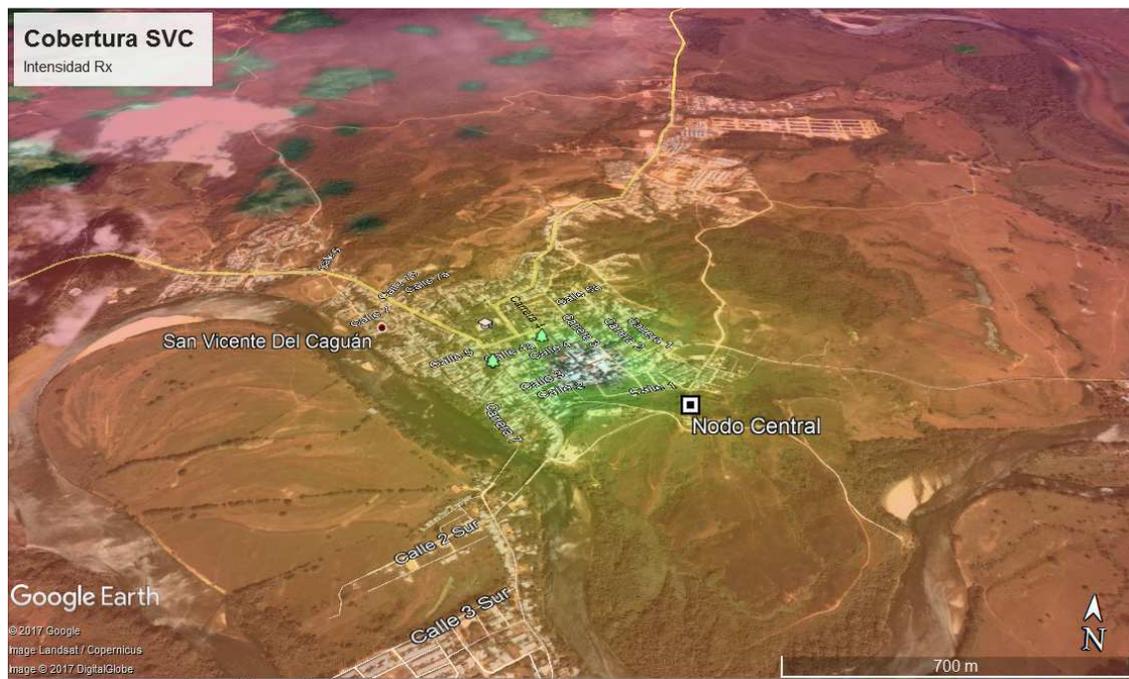
Fuente 66. Elaboración propia.

Ilustración 67. Cobertura 5 GHz.



Fuente 67. Elaboración propia.

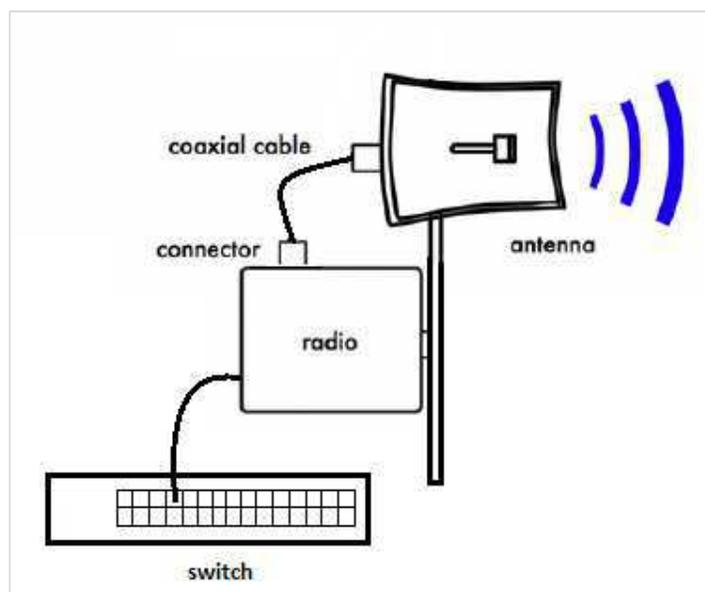
Ilustración 68. Cobertura municipio.



Fuente 68. Elaboración propia.

Los resultados de las simulaciones indican que con una potencia de 30 dBm se cubre un radio de hasta 5.3 kilómetros, pero a una potencia de hasta -85 dBm la cual no constituye un enlace de óptima calidad. El casco urbano posee niveles aceptables de potencia recibida que van desde los -40 dBm hasta -64 dBm suficientes para cubrir al municipio en juntas bandas de frecuencia (2.4 GHz y 5 GHz). Las alturas de los CPE se deben reconsiderar en el sitio del abonado al momento de realizarse la instalación. Generalmente, estas alturas van desde los 3 hasta los 6 metros sobre el nivel del suelo, dependiendo de la línea de vista entre los dos puntos y resultados de simulaciones. La siguiente gráfica muestra la disposición de los equipos encargados de realizar la última milla con el abonado mediante un radio enlace.

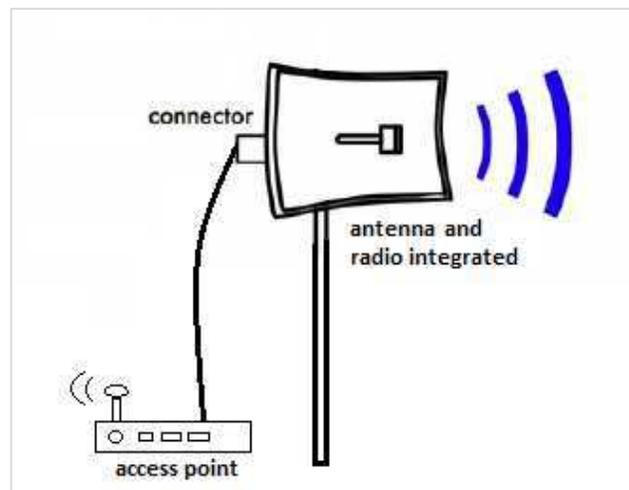
Ilustración 69. Disposición Antena sectorial en nodo central.



Fuente 69. Tomado y adaptado de (WNDW, 2013)

En el lado del abonado se ubicará un CPE en la infraestructura física. La instalación consiste en ubicar el CPE sobre un mástil de determinada longitud, según la infraestructura del abonado, realizar la conexión física mediante cable STP para exteriores entre el equipo CPE y un punto de acceso que ofrezca cobertura inalámbrica al abonado. La siguiente imagen muestra un modelo de los equipos en el lado del abonado.

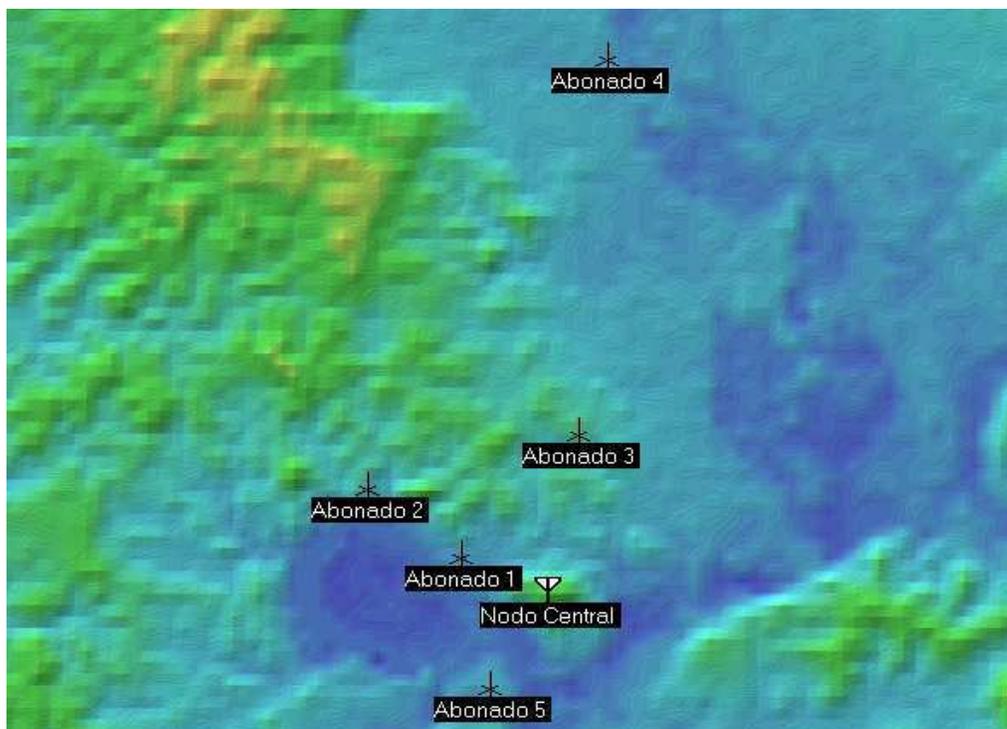
Ilustración 70. Disposición CPE y AP



Fuente 70. Tomado y adaptado de (WNDW, 2013)

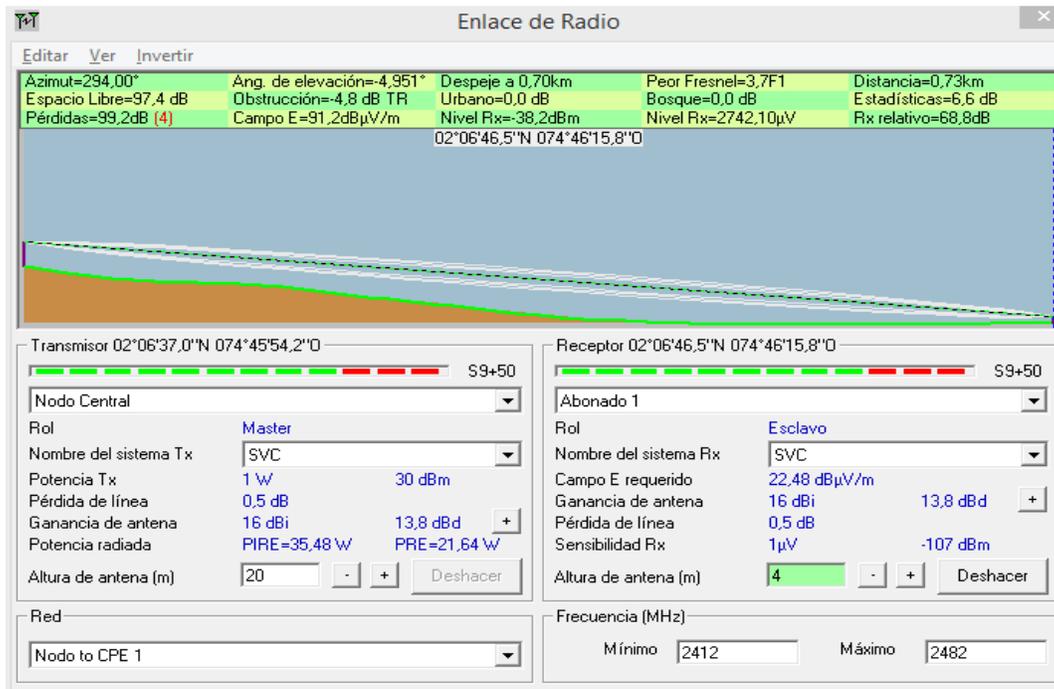
Las siguientes secuencias de gráficas muestran 5 ejemplos de sitios residenciales distribuidos en forma estratégica en donde se detalla el perfil topográfico y el valor aproximado de recepción en valor de dBm.

Ilustración 71. Simulación de ubicación de clientes.



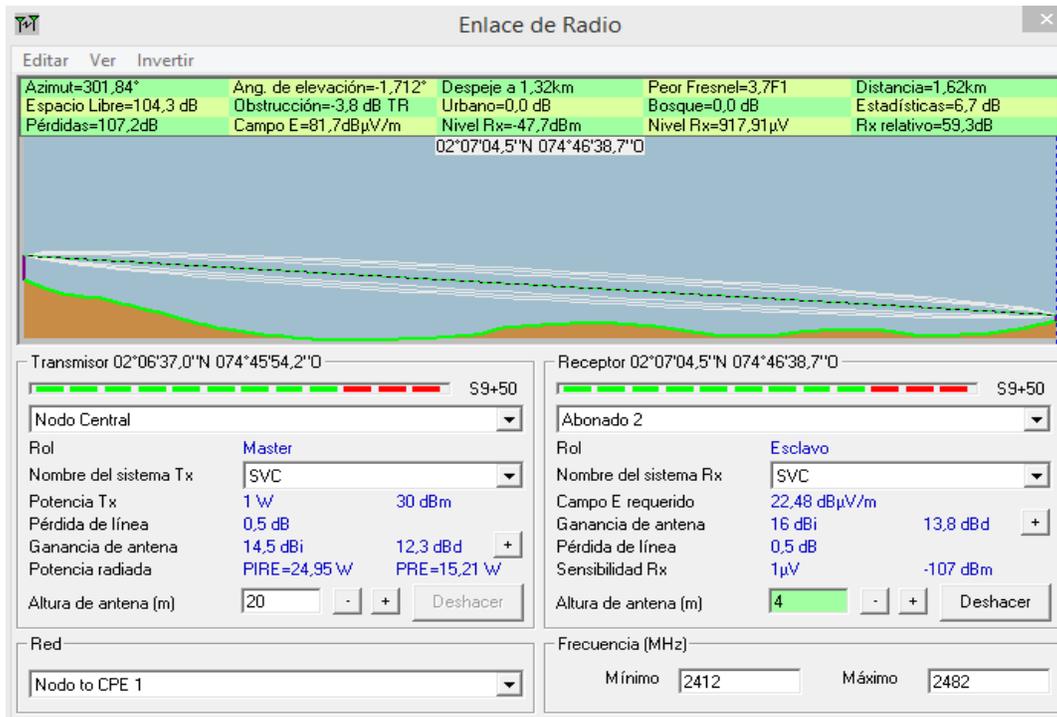
Fuente 71. Elaboración propia.

Ilustración 72. Perfil de enlace nodo 1



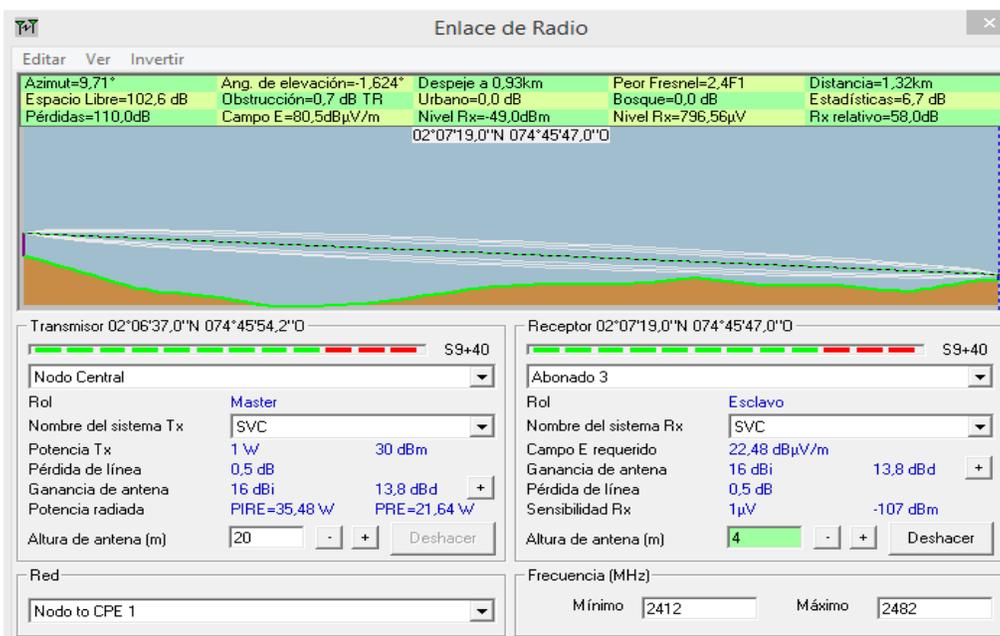
Fuente 72. Elaboración propia.

Ilustración 73. Perfil de enlace nodo 2.



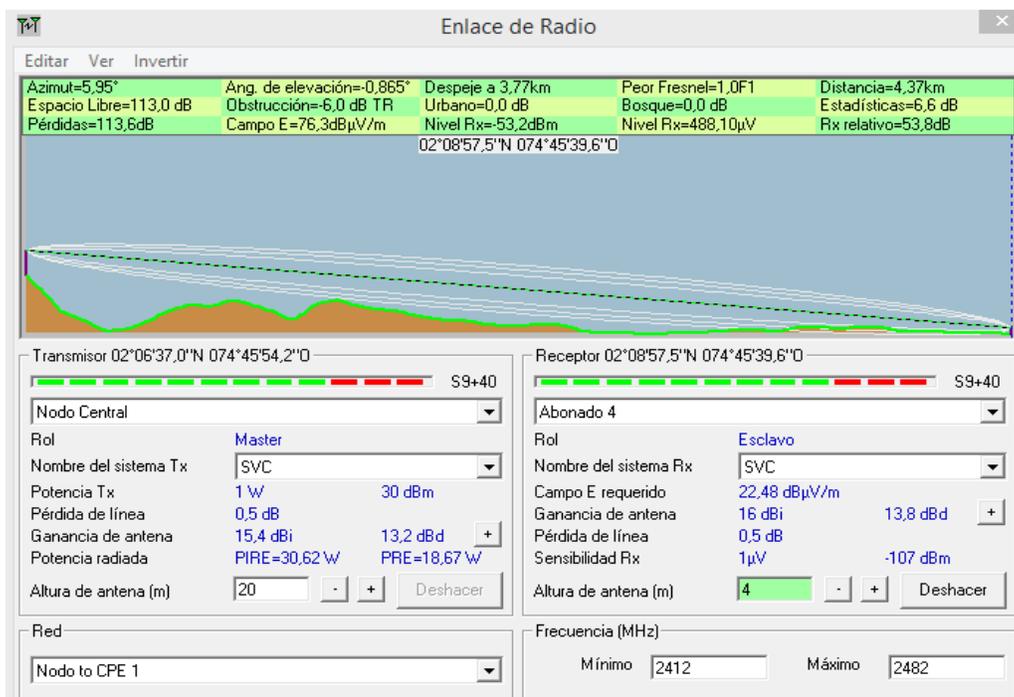
Fuente 73. Elaboración propia.

Ilustración 74. Perfil de enlace nodo 3.



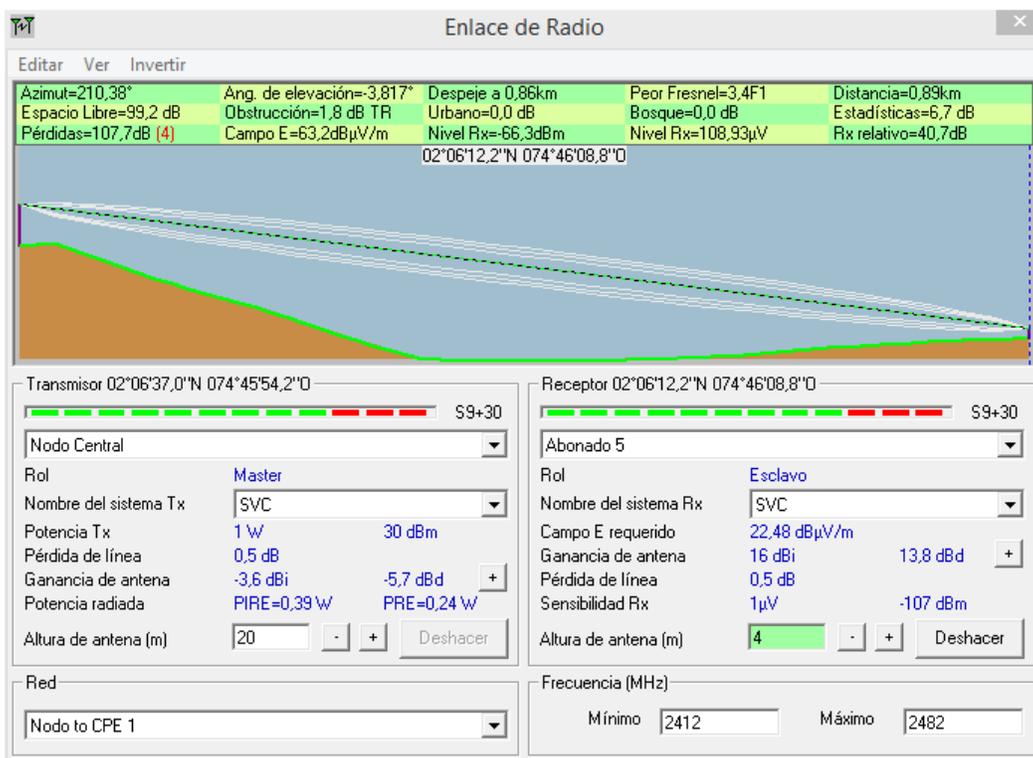
Fuente 74. Elaboración propia.

Ilustración 75. Perfil de enlace nodo 4.



Fuente 75. Elaboración propia.

Ilustración 76. Perfil de enlace nodo 5.



Fuente 76. Elaboración propia.

Direccionamiento

El direccionamiento de esta solución de última milla estará basado en la versión cuatro de IP (IPv4). La dirección IP de red a usar es 172.16.0.0 de clase B. Esta dirección IP se propone debido a que ofrece una disponibilidad de 8190 direcciones para dispositivos en la red y 8 subredes, lo cual es ideal para cubrir parte de la demanda del servicio en la zona y las subredes son suficientes para su correcto control y administración. Se deben crear varios pools direcciones IP para ser asignadas mediante el servidor DHCP acorde a cada una de las antenas sectoriales que van a estar presentes en la solución. Cada antena sectorial tendrá una VLAN ID específica y un pool de direcciones IP específica, esto para tener segmentados los dominios de broadcast y como política de seguridad.

Subredes

Los segmentos de redes corresponden a cada una de las subredes creadas a partir de la dirección IP propuesta, para permitir así mayor control de los dominios de broadcast. Se propone usar las siguientes VLAN y el siguiente direccionamiento IP.

Ilustración 767. Segmentos de red propuestos.

Nombre VLAN	VLAN ID
Administración	93
Pool A	20
Pool B	40
Pool C	60
Pool D	80

Fuente 77. Elaboración propia.

Ilustración 778. Direccionamiento IP propuesto.

Subred	VLAN ID	IP Subred	Rango direcciones IP para host		Hosts Disponible	IP Broadcast
0	-	172.16.0.0/19	172.16.0.1	172.16.31.254	1023	172.16.31.255
1	20	172.16.32.0/19	172.16.32.1	172.16.63.254	1023	172.16.63.255
2	40	172.16.64.0/19	172.16.64.1	172.16.95.254	1023	172.16.95.255
3	60	172.16.96.0/19	172.16.96.1	172.16.127.254	1023	172.16.127.255
4	80	172.16.128.0/19	172.16.128.1	172.16.159.254	1023	172.16.159.255
5	-	172.16.160.0/19	172.16.160.1	172.16.191.254	1023	172.16.191.255
6	-	172.16.192.0/19	172.16.192.1	172.16.223.254	1023	172.16.223.255
7	93	172.16.224.0/19	172.16.224.1	172.16.255.254	1023	172.16.255.255

Fuente 78. Elaboración propia

Equipos

Los equipos a usar se determinan por varios ítems los cuales contempla la calidad, robustez de su hardware, seguridad y soporte por parte del fabricante, sin dejar al lado lo económico. El router de borde del nodo principal se contempla usar el equipo de marca MikroTik y referencia CCR1016-12S-1S+ por sus prestaciones de configuración, redundancia eléctrica y robustez para el procesamiento de paquetes por segundo.

Los switches en miras de poder implementar esta solución a modo futuro, se contempla usar de marca Ubiquiti y referencia ES-24-250W, la cual ofrece una capacidad de procesamiento de hasta 26 Gbps, lo cual es suficiente.

Las antenas sectoriales de 90 grados usadas en la simulación y previstas ante una implementación son marca Ligo de modelo Ligo BASE 5-90 la cual da robustez a nivel inalámbrico, alto procesamiento de paquetes por segundo, buena potencia de salida (hasta 31 dBm) y una cobertura de hasta 15 kilómetros. De igual forma, los clientes (CPE) deben ser de la misma marca y serie de las antenas sectoriales. En este caso, de marca Ligo y serie Ligo SU (Subscriber Unit) de tecnología 802.11ac, lo cual disminuye así la interferencia con otros dispositivos 802.11.

El firewall previsto es marca Fortinet y modelo FortiGate 60 series ya que ofrece características básicas y nivel de seguridad superior al router de borde.

Los puntos de acceso que estarán en el abonado para brindar cobertura inalámbrica pueden no ser equipos robustos que operen en las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz junto a un mínimo de puertos físicos ethernet.

Seguridad

La seguridad es un tema importante en todo sistema de telecomunicaciones y más cuando son inalámbricas. Para evitar ataques contra los puntos de acceso y equipos de la red se deben tomar aplicar lo siguiente:

- Ocultamiento del nombre de la red (SSID) entre las antenas sectoriales y los CPE para evitar que cualquier persona con dispositivos similares a los CPE y conocimientos básicos en redes intente acceder a la red con contraseñas aleatorias.

- Se debe realizar la autenticación de cada uno de los CPE ante la red mediante el filtrado de las direcciones MAC. Mediante este tipo de autenticación se busca una mayor seguridad, puesto que
- Se debe realizar filtrado de páginas web y contenidos. Las páginas a bloquear mediante lista negra generalmente son de pornografía.
- Se debe bloquear los ataques de denegación del servicio procedentes de toda fuente (externa e interna). Esto se logra mediante el firewall y el router.
- Desactivado de los puertos de switch que no se lleguen a usar. Esto es conveniente para asegurar incluso que en nuestro nodo central no se conecten a la solución.
- Contraseñas seguras de administración. Los dispositivos de red deben ser contar con una política de credenciales para acceder a su configuración. Esto involucra contraseñas alfanuméricas y fuertes.

CONCLUSIONES

Basado en los conocimientos adquiridos en la Alma Máter se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

En San Vicente del Caguán no se satisface en su totalidad a la población en el servicio de acceso a internet con los proveedores locales y no existe cobertura tecnología 4G por lo que es viable técnicamente una solución inalámbrica de última milla.

El análisis de la zona, el diseño de la red y sus simulaciones permitieron conocer que se cumplen los requisitos mínimos necesarios para esta solución usando la mejor tecnología inalámbrica existente basada en tecnología 802.11, un canal de backbones de fibra óptica en un nodo central y usando las buenas prácticas para el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones.

Se logró realizar el estudio de viabilidad técnica para una solución de última milla con detalles como ubicación del nodo central, segmentos y direccionamiento IP de red la red, alturas mínimas y políticas de seguridad recomendadas a usar.

RECOMENDACIONES

Recomiendo al programa de ingeniería en telecomunicaciones y todas las directivas de la Universitaria Agustiniiana para que apoyen la incursión de los casos de estudios e investigaciones de telecomunicaciones en zonas apartadas geográficamente y olvidadas de nuestro hermoso país. No hay nada más gratificante que conocer, estudiar, proponer herramientas y alternativas que mejoren la calidad de vida a las poblaciones de la otra Colombia que, desde la comodidad de Bogotá, se desconoce.

BIBLIOGRAFÍA

- ACIEM. (2017). *Última Milla, resto de llevar telecomunicaciones a los ciudadanos*. Obtenido de <http://www.aciem.org/home/index.php/prensa/noticias-aciem/23-aciem/eventos/21106-ultima-milla-reto-de-llevar-telecomunicaciones-a-los-ciudadanos-dnp>
- Adrián Valencia Zambrano. (2013). *Diseño de un sistema inalámbrico para integrar los servicios de telecomunicaciones, en las sedes que tiene en el Cauca la IPS-I ACIN*. Santiago de Cali.
- Alcaldía de San Vicente del Cagúan. (2017). *Alcaldía de San Vicente*. Obtenido de www.sanvicentedelcaguan-caqueta.gov.co/
- Claro. (2017). *Cobertura de Claro*. Obtenido de <http://www.claro.com.co/personas/soporte/mapas-de-cobertura/>
- Congreso de la república. (2009). *Ley 1341 del 2009*. Obtenido de http://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3707_documento.pdf
- Congreso de la república. (2015). *Ley 1753 de 2015*. Obtenido de http://www.mincit.gov.co/loader.php?lServicio=Documentos&lFuncion=verPdf&id=78676&name=Ley_1753_de_2015.pdf&prefijo=file
- David Dorado. (2015). *Diseño e Implementación de una red inalámbrica para ofrecer el servicio de internet en UNIMOS S.A E.S.P.* San Juan de Pasto.
- Dirección de conectividad. (2017). *Documentos de la dirección de conectividad*. Obtenido de <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-propertyvalue-556.html>
- El Tiempo. (1992). *Telecom inauguró red digital de transmisión*. Obtenido de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-173566>
- Instituto SINCHI. (Noviembre de 2007). *Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana*. Obtenido de <http://siatac.co/web/guest/poblacion>
- Jhon Pinzón. (Febrero de 2015). *Estado de los proyectos Vive Digital en el Caquetá*. Obtenido de <http://www.infocase.com.co/johnpinzon/?p=1640>
- Luis Villa y Andrés Vivas. (2013). *Diseño e implementación de un ISP con acceso inalámbrico para soportar servicios de internet y telefonía en el laboratorio en telecomunicaciones en la Universidad Autónoma de Occidente*. Santiago de Cali.
- Master Magazín. (2016). Obtenido de <https://www.mastermagazine.info/termino/5330.php>
- Ministerio de Comunicaciones. (2004). *Técnicas de medición y control. Accesos Comunitarios a los Servicios de Telecomunicaciones*. Bogotá.
- MINTIC. (2014). *Agencia Nacional del Espectro*. Obtenido de <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-propertyvalue-6179.html>
- MINTIC. (2017). *Registro de TIC - Industria de Comunicaciones*. Obtenido de <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-6398.html>
- Movistar. (2017). *Cobertura de Movistar*. Obtenido de <http://www.movistar.co/atencion-cliente/cobertura-tecnologia>

Subdirección de Radio Difusión Sonora. (2016). *Plan Técnico Nacional*. Obtenido de <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-4677.html>

Tigo. (2017). *Cobertura Tigo*. Obtenido de <https://www.tigo.com.co/proteccion-al-usuario/mapa-cobertura>

Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2017). *ITU*. Obtenido de <https://www.itu.int/net/ITU-R/information/docs/emergency-regions.jpg>

Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2017). *UIT*. Obtenido de <http://www.itu.int/es/about/Pages/default.aspx>

WNDW. (2013). *Redes inalámbricas en los países en desarrollo*.