



Facultad de Ingeniería

Carrera: Ingeniería en Telecomunicaciones

PROYECTO FINAL DE GRADO

**“PLANIFICACIÓN DEL DESPLIEGUE DE UNA RED DE
CONECTIVIDAD PARA EL DEPARTAMENTO DE ROSARIO DE LA
FRONTERA”**

Alumnos:

Ferrari Bernacki, Fernando Adrian

Márquez, Facundo Antonio

Director:

Ing. Horvath, Emiliano

SALTA - 2022

INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

Director: **Ing. Emiliano Horvath**

Firma:

Tribunal Evaluador:

.....

Firma:

.....

Firma:

.....

Firma:

Fecha de Exposición del Trabajo:

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios sobre todas las cosas por darnos la fe y voluntad para seguir adelante y no bajar los brazos cuando el camino se tornaba difícil.

A todos los profesores que supieron enseñarnos con el corazón e inculcarnos esa pasión por esta hermosa carrera. Particularmente queremos agradecer al Ing. Emiliano Horvath por el apoyo brindado durante el desarrollo de este proyecto.

Asimismo, agradecemos a nuestros amigos y compañeros. Gracias por el acompañamiento incondicional y momentos compartidos a lo largo de este camino para alcanzar el objetivo tanpreciado.

- Fernando & Facundo

Primeramente, doy gracias a nuestros patronos Señor y Virgen del Milagro, a quienes encomendé la realización de este proyecto.

Agradezco también a mi familia, a mi madre, padre, hermanos y a mi tío que me apoyaron y supieron acompañarme en todo lo que necesité, permitiéndome cumplir este sueño.

A mi ángel, mi abuelita Blanquita, doy gracias que siempre confió en mí y creyó en mi capacidad para convertirme en “Su Genio”. Sé que desde donde está siempre me acompaña.

Gracias a mi universidad por permitirme formarme como profesional y encontrar grandes amigos en el camino, agradezco a Sofía, Rocío, Francisco y particularmente a mi compañero y futuro colega Facundo por darme la oportunidad de transitar en conjunto esta última etapa y compartir la pasión por esta linda profesión.

- Fernando Ferrari Bernacki

Agradezco a mi madre, padre y hermano que nunca me dejaron caer e hicieron hasta lo imposible para que llegue a este punto. Gracias a mamá María y papá Don Bosco que siempre me guiaron y pusieron a mi lado gente buena de la cual aprendí y aprendo constantemente. Al ingeniero Miguel Peñaloza por las continuas enseñanzas de cómo ser un excelente profesional, pero sobre todo buena persona. A mi compañera de carrera, trabajo y amiga Rocío Wayar por respaldarme en todo momento para poder llevar a cabo este proyecto.

Por último, a un compañero, amigo y hermano con el que pasamos por alegrías y tristezas, pero siempre nos mantuvimos firmes en el objetivo que tanto anhelamos, estoy tan agradecido a Dios por ponerte en mi camino y que sea con vos recibir el título de ingeniero. Vos sabes todo lo que significa para ambos, gracias Fernando.

- Facundo Antonio Márquez

INDICE DE CONTENIDO

ABSTRACT	10
CAPÍTULO 1: Introducción	11
1.1. Planteamiento del Problema	11
1.2. Requerimiento de una solución	12
1.3. Objetivo General	13
1.4. Objetivos Específicos	13
1.5. Alcance	13
CAPITULO 2: Estado de la cuestión	14
2.1. Diagnóstico de la Red Existente	14
2.2. Síntesis de las obras involucradas en el departamento	15
2.3. Síntesis de las obras involucradas de interconexión	16
CAPITULO 3: Redes GPON y Wireless	17
3.1. Principios de la Fibra Óptica	17
3.1.1. Ley de Snell	17
3.1.2. Tipos de fibra óptica	19
3.1.3. Frecuencia y Longitud de Onda	20
3.1.4. Atenuación	20
3.1.5. Dispersión	21
3.1.5.1. Dispersión cromática	21
3.1.5.2. Dispersión modal	21
3.2. Principio de las Redes Wireless	22
3.2.1. Electromagnetismo	23
3.2.2. Transmisor	23
3.2.3. Receptor	23
3.2.4. Frecuencias	23
3.2.5. Modulaciones	23
3.2.6. Señales no deseadas	26
3.2.7. Línea de vista	26
3.2.8. Mitigación de interferencias	27
3.2.9. Diseño óptimo de una red inalámbrica	27
3.2.10. Selección correcta de la antena	27
CAPITULO 4: Despliegue Red de Fibra Óptica	28
4.1. Generalidades	28
4.2. Objetivo	28
4.3. Listado de Sectores	28
4.4. Proyecto de Interconexión	30
4.4.1. Descripción del Proyecto	30
4.4.2. Mapa De Interconexión Proyectado	30
4.4.3. Etapas del proyecto	31
4.4.4. Diagrama de Nodo de Interconexión - Departamento Metán	31
4.4.5. Sistemas involucrados en nodos	32

4.4.5.1.	Sistema de Energía	32
4.4.5.2.	Sistema de Puesta a Tierra	32
4.4.5.3.	Sistema de Datos	32
4.5.	Red de Acceso Proyectada	33
4.5.1.	Descripción del despliegue de fibra óptica Troncal	33
4.5.2.	Consideraciones de diseño de ingeniería de red	34
4.5.3.	Traza De Red Proyectada - Troncal 96 Pelos	35
4.5.3.1.	Sector N° 1 - B° Ramón Abdala	36
4.5.3.2.	Sector N° 4 - B° 180 Viviendas	37
4.5.3.3.	Sector N° 5 - B° Mundial	37
4.5.3.4.	Sector N° 8 - Zona Céntrica Este	38
4.5.3.5.	Sector N° 9 - Zona Céntrica Oeste	39
4.5.4.	Traza De Red Proyectada - Troncal 48 Pelos	39
4.5.4.1.	Sector N° 2 - B° Villa Josefina	39
4.5.4.2.	Sector N° 3 - B° Juan Domingo Perón	40
4.5.4.3.	Sector N° 6 - B° El Mirador	41
4.5.4.4.	Sector N° 7 - Zona Céntrica Noreste	42
4.5.5.	Traza De Red Proyectada - Troncal 24 Pelos	43
4.5.5.1.	Sector N° 10 - Zona Sureste	43
4.5.6.	Cálculos de Potencia Óptica	44
4.5.6.1.	Ecuación de presupuesto de potencias	45
4.5.7.	Cálculos de Autonomía Red GPON	46
4.5.7.1.	Data Center	46
4.5.8.	Caracterización de distribución troncal y última milla	47
4.5.8.1.	Código de Colores	47
4.5.8.2.	Distribución Fibra Troncal	48
4.5.8.3.	Bajada Domiciliaria	50
CAPITULO 5:	Despliegue de Red Wireless	51
5.1.	Objetivo Red Inalámbrica	51
5.2.	Descripción Del Proyecto	51
5.3.	Implementación	52
5.4.	Interconexión Wireless	53
5.4.1.	Método De Propagación	54
5.4.2.	Cálculo De Potencia De Recepción	55
5.4.2.1.	Enlace Cerro Termas – Almirante Brown	55
5.4.2.2.	Enlace NOC Rosario De La Frontera – Cerro Termas	58
5.4.2.3.	Enlace Almirante Brown – Pivot Copo Quile	59
5.4.2.4.	Enlace Pivot Copo Quile – Copo Quile	60
5.4.2.5.	Enlace Copo Quile – Potrero	61
5.4.2.6.	Enlace Potrero – Antillas	62
5.5.	Última Milla	62
5.6.	Red De Distribución Wireless	64
5.6.1.	Nodo Rosario De La Frontera	64
5.6.2.	Nodo Cerro Termas	65
5.6.3.	Nodo Almirante Brown	67
5.6.4.	Nodo Pivot Copo Quile	69
5.6.5.	Nodo Copo Quile	70
5.6.6.	Nodo Potrero	72
5.6.7.	Nodo Antillas	74

5.7. Cálculo de Autonomía en Nodos Wireless	75
CAPITULO 6: Listado de Materiales FTTH y WIRELESS	78
6.1. Listado De Materiales Sistemas Por Nodos GPON	78
6.1.1. Materiales De Interconexión	78
6.1.2. Materiales Nodo Metán	78
6.1.2.1. Sistema de Energía	78
6.1.2.2. Materiales de Puesta a Tierra	80
6.1.2.3. Materiales del Sistema de Datos	81
6.1.3. Lista de materiales en NOC - Nodo Rosario de la Frontera	81
6.1.3.1. Sistema de Datos	81
6.1.3.2. Sistema de Puesta a Tierra	82
6.1.3.3. Sistema de Energía	82
6.1.4. Listado De Materiales Total – Red De Distribución FTTH	84
6.2. LISTADO DE MATERIALES NODO WIRELESS	85
6.2.1. Materiales para Torres y Sistema de Energía Fotovoltaica	85
6.2.2. Materiales Nodo Rosario de la Frontera	86
6.2.3. Materiales Nodo Termas	87
6.2.4. Materiales Nodo Almirante Brown	88
6.2.5. Materiales Nodo Pivot Copo Quile	89
6.2.6. Materiales Nodo Copo Quile	90
6.2.7. Materiales Nodo Potrero	91
6.2.8. Materiales Nodo Antillas	92
CAPITULO 7: Operación y Mantenimiento	94
16.1. Equipamiento de una red GPON	94
7.1.1. Terminal de Línea Óptica - OLT	94
7.1.2. Router de Borde	95
16.2. Gestión del Router de Borde y OLT	95
7.2.1. OLT	95
7.2.2. Router de borde	99
7.2.2.1. VLAN	99
7.2.2.2. IP	100
7.2.2.3. Seguridad	102
7.2.2.4. Servidor DHCP	104
7.2.2.5. Rutas	107
7.2.3. Software para monitoreo y gestión de la red	108
7.2.3.1. Zabbix	108
7.2.3.2. LibreNMS	111
7.2.3.3. CnMaestro	112
7.2.3.4. MIMOSA Cloud	114
7.2.3.5. WispHub	116
7.2.3.6. LinkPlanner	116
7.2.3.7. GoogleEarth	117
7.2.4. Centro de Operaciones de Red	117
CONCLUSIONES	119
Bibliografía	120

Índice de Ilustraciones

Fig. 1: Representación gráfica Ley de Snell	18
Fig. 2: Diferentes tipos de fibras ópticas	19
Fig. 3: Efecto de la dispersión en la señal	21
Fig. 4: Diagrama de Bloques de Comunicación	22
Fig. 5: División de subportadora mediante modulación OFDM	24
Fig. 6: Representación de bit sobre ejes cartesianos	24
Fig. 7: Región de decisión en modulación en Cuadratura	25
Fig. 8: Representación grafica Interferencias	26
Fig. 9: Región de Cobertura	29
Fig. 10: Mapa de Interconexión	30
Fig. 11: Planificación de Actividades	31
Fig. 12: Disposición de Equipamiento Nodo Metán	31
Fig. 13: Despliegue troncal GPON	33
Fig. 14: Disposición de Equipamiento Nodo Rosario de la Frontera	34
Fig. 15: Esquema de Conexión OLT - ODF	35
Fig. 16: Troncal de 96 Pelos y Subtroncal de 48 Pelos	36
Fig. 17: Despliegue GPON - Sector N°1	36
Fig. 18: Despliegue GPON - Sector N°4	37
Fig. 19: Despliegue GPON - Sector N°5	38
Fig. 20: Despliegue GPON - Sector N°8	38
Fig. 21: Despliegue GPON - Sector N°9	39
Fig. 22: Despliegue GPON - Sector N°2	40
Fig. 23: Despliegue GPON - Sector N°3	41
Fig. 24: Despliegue GPON - Sector N°6	42
Fig. 25: Despliegue GPON - Sector N°7	43
Fig. 26: Despliegue GPON - Sector N°10	44
Fig. 27: Identificación de Colores y Simbología	48
Fig. 28: Esquema de soportes para tendido aéreo	49
Fig. 29: Elementos de soportes para el tendido aéreo	49
Fig. 30: Esquema de bajada domiciliaria	50
Fig. 31: Enlace inalámbrico troncal completo	52
Fig. 32: Disposición de equipamiento por nodo	53
Fig. 33 - Esquema de Propagación por Línea de Vista	54
Fig. 34: Línea de vista troncal Cerro Termas - Almirante Brown	56
Fig. 35: Resultados de Señal Recibida LinkPlanner	57
Fig. 36: Performance estimado enlace Cerro Termas - Almirante Brown	57
Fig. 37: Resultados Señal Recibida Linkplanner	58
Fig. 38: Performance estimado enlace NOC - Cerro Termas	58
Fig. 39: Resultados Señal Recibida Linkplanner	59
Fig. 40: Performance estimado enlace Almirante Brown - Pivot Copo Quile	59
Fig. 41: Resultados Señal Recibida Linkplanner	60
Fig. 42: Performance estimado enlace Copo Quile - Copo Quile	60
Fig. 43: Resultados Señal Recibida Linkplanner	61
Fig. 44: Performance estimado enlace Copo Quile - Nodo Potrero	61
Fig. 45: Resultados Señal Recibida Linkplanner	62
Fig. 46: Performance estimado enlace Potrero – Antillas	62

Fig. 47: Ubicación del NOC y disposición de torre de telecomunicaciones	64
Fig. 48: Visualización enlace troncal PTP NOC - Nodo Cerro Termas	65
Fig. 49: Perfil de elevación del terreno y visualización de Zona de Fresnel hacia nodo Cerro Termas	65
Fig. 50: Disposición de torre en nodo Cerro Termas	66
Fig. 51: Enlace troncal hacia nodo Almirante Brown	66
Fig. 52: Perfil de elevación del terreno y visualización de Zona de Fresnel hacia nodo Almirante Brown	66
Fig. 53: Disposición de torre en Nodo Almirante Brown	67
Fig. 54: Enlace troncal hacia Nodo Pivot Copo Quile	67
Fig. 55: Perfil de elevación del terreno y visualización de Zona de Fresnel hacia nodo Pivot Copo Quile	68
Fig. 56: Simulación de instalación de paneles y conectividad con SMs	68
Fig. 57: Simulación de instalación de paneles y conectividad con SMs	69
Fig. 58: Disposición de torre en Nodo Pivot Copo Quile	69
Fig. 59: Enlace troncal hacia Nodo Copo Quile	70
Fig. 60: Perfil de elevación del terreno y visualización de Zona de Fresnel hacia nodo Copo Quile	70
Fig. 61: Disposición de torre en Nodo Copo Quile	71
Fig. 62: Enlace troncal hacia Nodo Potrero	71
Fig. 63: Perfil de elevación del terreno y visualización de Zona de Fresnel hacia nodo Potrero	71
Fig. 64: Simulación de instalación de paneles y conectividad con SMs	72
Fig. 65: Disposición de torre en Nodo Potrero	72
Fig. 66: Enlace troncal hacia Nodo Antillas	73
Fig. 67: : Perfil de elevación del terreno y visualización de Zona de Fresnel hacia nodo Antillas	73
Fig. 68: Simulación de instalación de paneles y conectividad con SMs	73
Fig. 69: Simulación de instalación de paneles y conectividad con SMs	74
Fig. 70: Disposición de torre en Nodo Antillas	74
Fig. 71: Simulación de instalación de paneles y conectividad con SMs	75
Fig. 72: Simulación de instalación de paneles y conectividad con SMs	75
Fig. 73: Inicialización de sesión SSH mediante PuTTY	96
Fig. 74: ONT Cliente para servicio	97
Fig. 75: Respuesta OLT comando "autofind"	98
Fig. 76: Comandos para adicionar ONT Cliente	98
Fig. 77: VLAN declaradas en Router de Borde	99
Fig. 78: VLAN sobre la interfaz	100
Fig. 79: Direcciones IP definidas para cada VLAN	101
Fig. 80: Bridge de Loopback	102
Fig. 81: Firmware del Router de Borde	102
Fig. 82: Lista de Servicios habilitados	103
Fig. 83: Lista de Paquetes habilitados	103
Fig. 84: Servidor DHCP	104
Fig. 85: Pool de direcciones IP	105
Fig. 86: Asignaciones de IP por DHCP	106
Fig. 87: Lista de rutas	107
Fig. 88: Visualización Dashboard Zabbix	108

Fig. 89: Gráficas en Zabbix	110
Fig. 90: Mapas en Zabbix	111
Fig. 91: Monitoreo de CPU de Router de Borde	111
Fig. 92: Monitoreo de consumo de Red	112
Fig. 93: Dashboard cnMaestro	113
Fig. 94: Interfaz de acceso Mimosa Cloud	114
Fig. 95: Etapas de desbloqueo de dispositivo Mimosa	115
Fig. 96: Informe de planificación de enlace mediante Mimosa Design	115
Fig. 97: Interfaz de acceso WispHub	116

ABSTRACT

En los últimos años, la conectividad a internet se abrió camino a pasos agigantados en la sociedad y en el mundo. En la actualidad, gran parte de la población dispone de dispositivos tales como celulares, computadoras, televisores, etc. que tienen acceso a esta red y así mismo a una inmensidad de contenidos audiovisuales. Esto trae aparejado mayores exigencias por parte de los consumidores, lo que a su vez implica el surgimiento de nuevas redes que sean capaces de proporcionar el ancho de banda requerido por la gran cantidad y diversidad de estos servicios, puesto que, las redes actuales de cobre presentan ciertas limitaciones para lograrlo manteniendo cierta calidad de servicio.

La solución a esta creciente demanda está en la implementación de fibra óptica, un medio de comunicación en auge que presenta grandes capacidades de transmisión de información con ciertos beneficios adicionales, como la convergencia de múltiples servicios en un único canal, que anteriormente requería diferentes medios para lograrlo.

Esta alternativa también proporciona una gran escalabilidad y flexibilidad a nivel de red para su combinación con redes existentes, puesto que, existen situaciones donde es necesario un servicio de conectividad que por diversos motivos como dificultad de acceso o grandes distancias imposibilita la conexión y navegación en internet.

El presente proyecto abordará el análisis, planificación e implementación de una propuesta que involucre diferentes recursos de red que permita la conectividad entre distintos puntos geográficos, obedeciendo a una topología de red híbrida (FTTH - Wireless).

CAPÍTULO 1: Introducción

1.1. Planteamiento del Problema

El servicio de conectividad existente en el departamento de Rosario de la Frontera tiene su origen en la denominada RED TELEFÓNICA PÚBLICA CONMUTADA (PSTN) cuyo propósito inicial era transmitir la voz humana. Esta consiste en la distribución de cables multipares que contienen pares trenzados de cobre utilizados para la comunicación, pero, la rápida evolución del hardware y los modos de comunicación abrió las puertas a otras redes llegando finalmente a la tecnología ADSL, capaces de transmitir servicios de voz y datos por el mismo medio.

La aparición del contenido audiovisual, streaming, el trabajo remoto, entre otros, los cuales requieren de altas velocidades expuso las principales deficiencias de esta red debido a las limitaciones del medio utilizado para la comunicación y mencionando además que esta red presenta una cobertura limitada dentro de la zona céntrica y alrededores dentro del departamento, dejando exceptuada de servicio a los barrios y localidades más alejados.

Por otra parte, es de gran importancia mencionar el aislamiento de las comunidades que, de acuerdo a los datos del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas realizado durante el año 2010 para la provincia de Salta, dan informes de la escasa conectividad en el interior de la provincia, si se consideran los datos de cantidad de computadoras en los hogares y la cantidad de servicios de telefonía de línea. Aunque estos datos ya fueron cambiando en los años posteriores, se sigue evidenciando una brecha digital, a medida que se alejan de los centros urbanos principales.

El aislamiento tecnológico se evidencia en las comunidades más alejadas del interior de la provincia, las cuales habitan en ambientes con poco desarrollo, en algunos casos carenciados, y representan el principal factor limitante, el cual potencia los demás factores negativos que generan el subdesarrollo.

Este aislamiento disminuye las alternativas productivas, dificulta la formación de capital social, hace extremadamente lentos los procesos de innovación y a menudo, fomenta el rechazo o la asimilación parcial de la innovación procedente del exterior. La escasez de información constituye un factor limitante a la hora de tomar decisiones comerciales acertadas y oportunas.

Urge entonces comenzar a afrontar el problema del aislamiento a fin de hacer más eficientes los esfuerzos aplicados en el territorio. En este sentido, las Nuevas Tecnologías de

las Información y las Comunicaciones (TIC) se presentan hoy como la alternativa más viable - en términos de inversión requerida e impacto esperable - para abordar el problema del aislamiento, reforzando los vínculos en la comunidad, entre comunidades, y entre la sociedad misma.

Estas tecnologías pueden impulsar el desarrollo de nuevas modalidades de gestión en las asociaciones; el intercambio de experiencias y conocimientos entre los habitantes del territorio; la promoción de productos locales que amplía la capacidad de exhibición y reduce costos.

A pesar de estas y otras muchas ventajas evidentes de la conectividad digital, la penetración de las TIC es extremadamente baja entre los pobladores aislados de esta región, debido principalmente a que carecen de los recursos necesarios para adquirir las nuevas tecnologías.

Este proyecto propone la introducción de nuevas tecnologías que constituyan soluciones útiles para mejorar la inclusión social, mejorar la cultura local y fomentar la producción y comercialización de las comunidades.

Esto contribuirá a superar su aislamiento y aumentar la interacción social; una oportunidad para organizar y promover el cambio social, favoreciendo un salto cualitativo en el desarrollo económico sostenible de la región, además de equilibrar las asimetrías entre lo urbano y lo rural, y establecer nuevos nexos entre las comunidades rurales y urbanas.

1.2. Requerimiento de una solución

Debido a lo ocurrido por la pandemia global que representó el COVID-19, a nivel nacional se estableció que la conectividad o acceso a internet es una necesidad básica y primordial junto con SALUD. Esto expuso los problemas que en este departamento y en muchos otros se encuentran con respecto a la conectividad.

Hoy en día, muchos trabajos pueden ser realizados desde el hogar, sin exponer a la persona, como así también distintas clases tanto de primaria, secundaria, terciarios, universidades, entre otros, pueden ser dictadas de manera virtual. Pero para lograr eso, se requiere de un servicio que disponga de los recursos necesarios para hacer frente a estos servicios.

1.3. Objetivo General

El proyecto incluye el diseño de una red híbrida FTTH – Wireless para el departamento de Rosario de la Frontera – Salta, la correcta implementación de la misma y la elección de equipamiento adecuado para aprovechar las características del medio detallando los costos económicos que representa.

1.4. Objetivos Específicos

Para el desarrollo y ejecución de este proyecto se establecerán distintas etapas y subetapas, donde se abordará y definirá lo siguiente:

- Normativas y legislaciones vigentes,
- Diseño y despliegue de red,
- Selección e instalación de equipos necesarios para la conectividad,
- Implementación de seguridad a nivel general de la red,
- Sistemas de respaldo,
- Sistemas de monitoreo,
- Análisis y verificación.

1.5. Alcance

El presente trabajo explorará una serie de atributos de estas redes en lo relacionado a protocolos, estándares, normas, análisis detallado de funcionamiento e implementación de las mismas.

Considerando lo anteriormente expuesto, se analizarán los diversos aspectos que se deben tener en cuenta para la aplicación en un modelo teórico para una puesta en marcha de una red con estas características, teniendo en cuenta las implicaciones de carácter técnico, jurídico, normativo y financiero para lograrlo.

CAPITULO 2: Estado de la cuestión

2.1. Diagnóstico de la Red Existente

Tradicionalmente se tendió a resaltar la estrecha correlación existente entre el desarrollo del sector de telecomunicaciones y el desempeño económico de los países y sus diferentes regiones.

La explosiva evolución tecnológica, ha permitido comprobar a través de distintos estudios, que la variable de desarrollo económico no es el único factor que explica la necesidad y el crecimiento sostenido que han tenido el sector de telecomunicaciones en el mundo

Distintos estudios, entre los que se puede mencionar a World Economic Forum, CEPAL, Banco Mundial, demostraron que existe una relación entre el PBI o el PBI per cápita y los indicadores de penetración de las telecomunicaciones, consideradas como un estímulo al crecimiento económico, o desde otro punto de vista, una herramienta necesaria para acompañar el desarrollo de un país en expansión económica.

Los importantes cambios tecnológicos ocurridos y las economías de escala locales y regionales, han posibilitado ampliar la diversidad de servicios entregados, a la vez que han facilitado su accesibilidad como resultado de los cada vez menores costos asociados a los diferentes servicios existentes.

La inversión en Tecnologías de la información y la Comunicación (en adelante TIC) favorece la integración económica y social de sectores tradicionalmente marginados, como las poblaciones rurales. Aumenta sus oportunidades de participación en el comercio y la cultura, contribuyendo a disminuir los índices de desigualdad.

Adicionalmente, el desarrollo de nuevas capacidades de alta tecnología articulado con recursos de conocimiento locales, permite capitalizar y potenciar el conocimiento existente en el área.

Esta situación genera entonces una oportunidad de mejorar el proceso de creación de conocimiento, a la vez que estimula al resto de la sociedad a generar innovaciones en el sector. En este sentido, es de gran relevancia la estrecha colaboración entre los sectores público y privado.

Esta forma de integrar la tecnología al conocimiento se ha transformado en una poderosa herramienta, que en la actualidad facilita y potencia el desarrollo socio-económico de las diferentes regiones y países.

En el área de influencia de este proyecto, las poblaciones rurales de la provincia de Salta, necesitan disponer de una conectividad de calidad que viabilice su ingreso al mundo de las TIC, posibilitándoles una mayor presencia en los mercados locales y regionales, fortaleciendo la inclusión social y cultural de las mismas.

2.2. Síntesis de las obras involucradas en el departamento

El Proyecto Planificación del Despliegue de una Red de Conectividad para el departamento de Rosario de la Frontera, propone la introducción de nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) que aporten soluciones útiles para mejorar la producción, el desarrollo económico y comercial de las comunidades aisladas, la inclusión social, y la formación cultural en nuevas tecnologías en diferentes zonas de la provincia de Salta.

Para lograr los objetivos definidos se prevé la compra, provisión e instalación de un Sistema Integral de Gestión Tecnológica. El mismo estará conformado por un centro de gestión operativa, equipos de comunicaciones de datos, una red de fibra óptica y torres para comunicaciones, equipos de alimentación de energía, antenas receptoras y equipos de distribución llamados Access Point.

Conceptualmente, la Red de Conectividad consta de una serie de enlaces físicos con accesos de fibra óptica y distribución con radios digitales integrados por troncales, ubicados en lugares que permitan brindar la máxima cobertura, viabilizando su uso por medio de terminales fijas y móviles, a través de Puntos de Acceso (AP) distribuidos estratégicamente.

Por último, y en relación a la obsolescencia tecnológica, ésta constituye una certeza la cual manejada adecuadamente no representa una amenaza al proyecto de conectividad. La propuesta técnica planteada conforma una solución cuyos equipos son absolutamente estándares en el mercado actual de las telecomunicaciones, con especificaciones tecnológicas que permiten contar con alternativas de reposición y reparación más allá de la vida útil de cada componente.

La estrategia tecnológica desarrollada permite que el sistema de conectividad rural planteado pueda ser integrado paulatinamente con otros sistemas de comunicaciones que se realicen en la provincia.

2.3. Síntesis de las obras involucradas de interconexión

La red de interconexión proyectada para este departamento será llevado a cabo mediante la implementación de un trolal de fibra óptica aérea ADSS de 12 pelos que requiere de un nodo intermedio, ubicado en el departamento de San José de Metán. Este punto se escogió particularmente debido que el acceso al servicio se realizará a través de una conexión con la Red Federal de Fibra Óptica de ARSAT en el propio departamento de Metán.

Considerando lo citado anteriormente, resulta necesario mencionar que este proyecto es de suma importancia no solo a nivel provincial, sino nacional. El despliegue propuesto para la conexión de San José de Metán, partiendo desde Nodo ARSAT, con el departamento de Rosario de la Frontera, posiciona a este municipio como un punto estratégico que permite cerrar el anillo óptico de la Red Federal de Fibra Óptica, ya que en la provincia de Tucumán se está realizando un proyecto de características similares con interconexión hacia la localidad de TRANCAS. Por lo que, al quedar una distancia reducida por cubrir, contemplamos dentro del mismo proyecto una interconexión entre ambas localidades cerrando dicho anillo.

Esto conectaría todo el sur de la provincia con Tucumán, permitiendo reducir sustancialmente la actual brecha digital.

Este proyecto conectará a cada comunidad con la infraestructura de transporte digital de la Red Federal de Fibra Óptica, abriendo así un canal de acceso a numerosas fuentes de información que se consideran hoy fundamentales para el desarrollo de una población.

Estas son las principales razones que justifican la necesidad de acceso a las TICs, a través del adecuado despliegue y posterior uso eficiente de las mismas.

CAPITULO 3: Redes GPON y Wireless

3.1. Principios de la Fibra Óptica

La fibra óptica es un sistema de transmisión de información que está constituido por material dieléctrico, un conjunto de filamentos de vidrio o plástico normalmente. Se encarga de llevar mensajes en forma de haces de luz que atraviesan los filamentos sin interrupción. De esta forma hay mucho menos pérdida de información que en la transmisión electrónica.

El funcionamiento de la fibra óptica se basa en los aspectos básicos de la óptica. La luz puede sufrir efectos de reflexión y refracción. Dependiendo de la velocidad con la que se propaga en cada material, se establece un índice de refracción “n”.

El filamento de vidrio en el que inciden las ondas luminosas tiene un alto índice de refracción y el material que rodea este filamento, conocido como cubierta, tiene un índice de refracción ligeramente menor. Cuando la luz incide en una superficie de índice de refracción menor, se refleja en gran parte y mayor es el ángulo. De esta forma las ondas luminosas se van reflejando contra las paredes con ángulos muy amplios y así avanzan prácticamente por su centro con pérdidas no significativas en largas distancias y aumentando la velocidad de transmisión.

Por pérdidas no significativas nos referimos a que la atenuación que sufre es mínima, por lo que la hacen el medio de transmisión más conveniente y confiable para comunicaciones de largas distancias.

Este canal de comunicación presenta múltiples ventajas con respecto a otros medios:

- Total Inmunidad a Interferencias Electromagnéticas.
- Dimensiones reducidas.
- Seguridad en el transporte de Información.
- Mayores Distancias de Transmisión.
- Ancho de banda de Comunicación Superior.
- Buena Relación costo/beneficio para aplicaciones específicas.
- Gran aplicación en telefonía y redes de datos.

3.1.1. Ley de Snell

Cuando un haz de luz incide sobre la superficie de separación entre dos medios, parte de la energía se refleja volviendo al mismo medio del cual provenía y otra parte se refracta. La refracción es el fenómeno por el cual la energía ingresa al segundo medio, pero el haz de luz sufre cambios de ángulo.

Esta es la ecuación que permite calcular el ángulo de refracción de la luz al atravesar la superficie de separación entre dos sustancias con diferentes índices de refracción:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

Donde:

n_1 = Índice de Refracción del material 1

n_2 = Índice de Refracción del material 2

θ_1 = Ángulo de Incidencia

θ_2 = Ángulo de refracción

Se debe tener en cuenta que los ángulos de incidencia y de refracción se miden a partir de la normal de separación de las dos sustancias, la cual es una línea imaginaria perpendicular a dicha superficie.

Partiendo de la suposición de que tenemos dos medios con índices de refracción n_1 y n_2 , un rayo de luz incide sobre la superficie entre estos materiales con un ángulo de incidencia θ_1 . El rayo refractado que pasa a través del segundo medio tendrá un ángulo de refracción θ_2 .

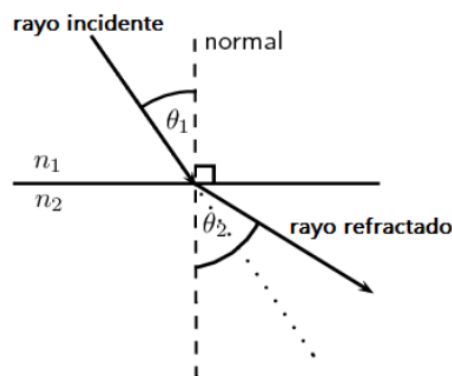


Fig. 1: Representación gráfica Ley de Snell

Ahora suponiendo que el índice de refracción n_1 es mayor a n_2 , el ángulo del rayo transmitido va a ser siempre superior al ángulo del rayo incidente con respecto a la normal. Si el ángulo de incidencia aumenta, el del rayo transmitido también lo hará y se irá separando aún más de la misma. Si el ángulo de refracción es de 90° con la normal de separación a los dos medios, recibe el nombre de ángulo crítico y en este caso no habrá rayo transmitido al segundo medio, sino que todo el contenido del rayo incidente se refleja de nuevo hacia el medio original y produce el fenómeno conocido como reflexión total interna.

Hacemos mención de esta ley y estas definiciones debido a que en el interior de una fibra óptica se observa el mismo comportamiento.

3.1.2. Tipos de fibra óptica

Existen varios tipos de fibra óptica las cuales se diferencian según el índice de refracción del núcleo y el de la cubierta, y como sea la variación del índice de refracción en la transición entre ambos.

Si el índice de refracción es constante en el núcleo, mayor que el de la cubierta y cambia abruptamente solo al llegar a la transición entre ambos, la fibra óptica recibe el nombre de fibra multimodo de salto de índice. Se llama multimodo debido a que el núcleo es lo suficientemente grande para permitir la propagación de diversos modos de propagación.

Ahora, si la variación entre ambos materiales en vez de ser abrupta tiende a ser más gradual, la fibra recibe el nombre de fibra multimodo de índice gradual. En este caso también permite diversos modos de propagación, pero a diferencia del modelo anterior, la trayectoria del rayo no recta sino que adquiere un carácter más bien curvado.

Si la fibra óptica presenta un núcleo con dimensiones reducidas y una transición abrupta entre el núcleo y la cubierta lo que permite la transmisión de un único modo de propagación, estamos hablando de una fibra óptica monomodo.

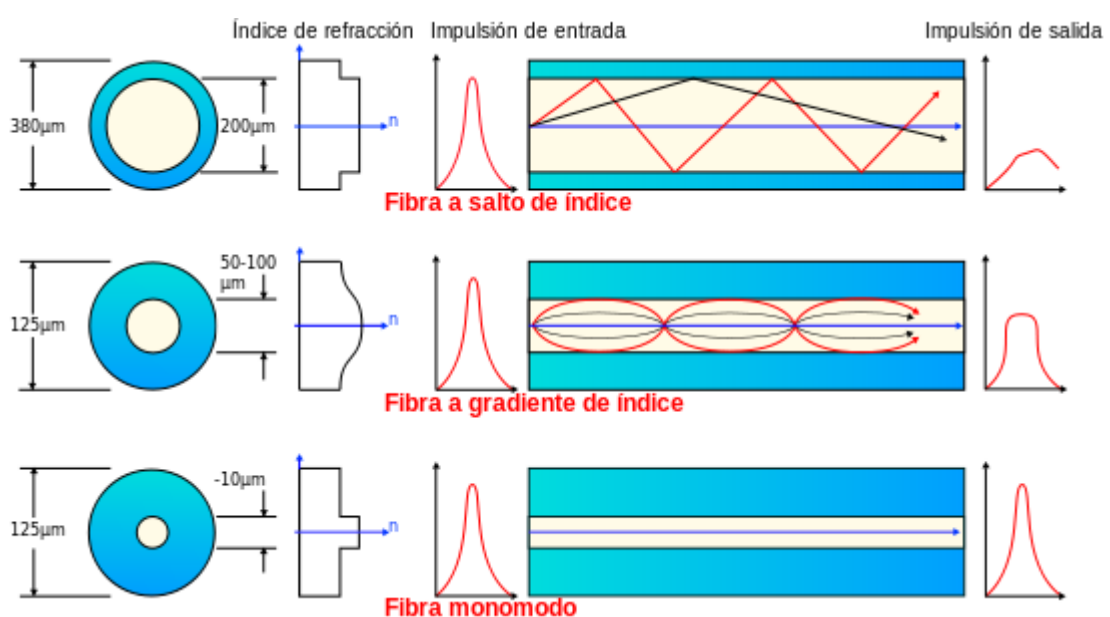


Fig. 2: Diferentes tipos de fibras ópticas

3.1.3. Frecuencia y Longitud de Onda

La “luz” es un concepto etéreo que representa una onda electromagnética dentro del espectro visible. El espectro electromagnético incluye otras ondas que el ojo humano no ve, como son los rayos X, la radiación ultravioleta, las microondas, la señal de radio, TV o cobertura móvil, etc. Para un mejor estudio sobre las ondas resulta importante definir Frecuencia y Longitud de Onda.

La frecuencia (f) es la medida del número de ciclos o repeticiones de una onda por unidad de tiempo. Por otro lado, la longitud de onda es la distancia física entre dos puntos a partir de los cuales la onda se repite y se nombra por la letra griega lambda (λ). Esta es inversamente proporcional a la frecuencia, es decir que a una longitud de onda corta, mayor será la frecuencia y viceversa. La longitud de onda del espectro de luz visible está comprendido entre los 400 y los 700 nanómetros, siendo la más baja la luz ultravioleta (400 nm) y la más alta la infrarroja (700 nm).

La fibra óptica en su lugar, hace uso de longitudes de onda mayores que la luz visible, lo que la sitúa en el campo de los infrarrojos. Normalmente encontramos longitudes de onda de 850, 1310, 1490 y 1550 nm (aunque también algunos en los 650 nm, visibles). Trabajar con estas longitudes de onda resulta beneficioso puesto que la atenuación es mucho más baja.

3.1.4. Atenuación

Es la pérdida de potencia óptica que se da cuando la luz se propaga por la fibra; es medida en dB/Km. Existe la atenuación intrínseca y la extrínseca:

- Atenuación intrínseca (Scattering): Es la que se ocasiona por defectos propios de los materiales (o introducidos en el proceso de fabricación) con los cuales fue construida la fibra. Atómicamente ocurre por la interacción de las impurezas con la luz que viaja a través de la fibra.

Mediante el Coeficiente de Atenuación se determina el valor de atenuación intrínseca de la fibra óptica por unidad de distancia, independientemente de la longitud del cable. Este último depende de la longitud de onda de la luz

transmitida y es por esto que algunas de ellas presentan mayor atenuación debido a los fenómenos de dispersión y absorción de las Fibras Ópticas.

- Atenuación extrínseca: Este tipo de atenuación puede ser causada por dos mecanismos externos: macrodoblado y microdoblado. Ambos causan una reducción de la potencia óptica.

3.1.5. Dispersión

Se manifiesta o modela como un factor que provoca la distorsión de los pulsos de luz cuando viajan a través de la fibra óptica. El efecto producido resulta en el esparcimiento de los pulsos de luz en el tiempo y cuando los pulsos se ensanchan tienden entonces a solaparse, convirtiendo la información en señales indistinguibles.

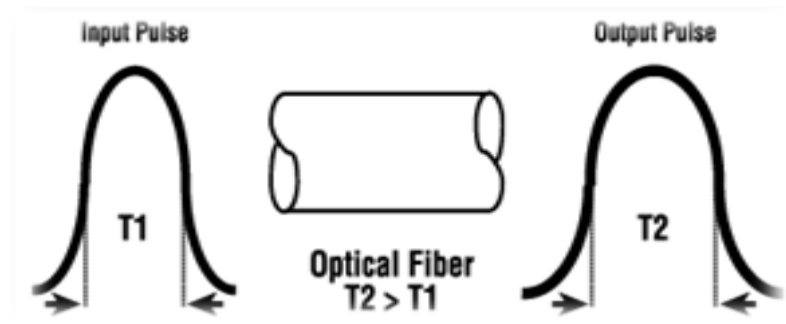


Fig. 3: Efecto de la dispersión en la señal

3.1.5.1. Dispersión cromática

Ocurre como resultado de los diferentes rangos de longitudes de onda de las fuentes emisoras de luz; cada uno de estos rangos viaja a velocidades diferentes. Con la distancia, la variación en la velocidad de las longitudes de onda causa la dispersión de los pulsos de luz en el tiempo. Este tipo de dispersión tiene especial interés en las fibras mono-modo.

3.1.5.2. Dispersión modal

Se presenta en las fibras multimodo, y es causada por la llegada en diferentes instantes de tiempo de la información, produciendo dispersión. La dispersión limita las velocidades (capacidades) de transmisión de las fibras ópticas.

Hablando de atenuación intrínseca, podemos clasificarla en dos categorías:

- Esparcimiento: es la pérdida de la señal de luz en el núcleo debido a impurezas o cambios en el índice de refracción de la fibra. La luz es redireccionada por las propiedades moleculares de la fibra que da como resultado una fuga de señal dentro del cladding.
- La absorción: La luz es absorbida debido a las propiedades químicas o impurezas naturales en el vidrio. De manera similar a la dispersión, la absorción puede ser limitada mediante el control de las impurezas durante el proceso de fabricación.

Con respecto a la atenuación extrínseca, podemos definir:

- Macrodooblado: La presencia de una curva en la fibra puede afectar el índice refractivo y el ángulo crítico del rayo de luz en esta área específica. Como resultado, la luz que viaja en el núcleo puede refractarse, la pérdida es reversible una vez que desaparece el doblado.
- Microdooblado: Debido a un doblado a escala menor, generalmente debido a la presión sobre la fibra. Los microdoblos pueden ocasionarse debido a cambios en la temperatura, estrés durante el jalado del cable, o alguna fuerza de rotura.

3.2. Principio de las Redes Wireless

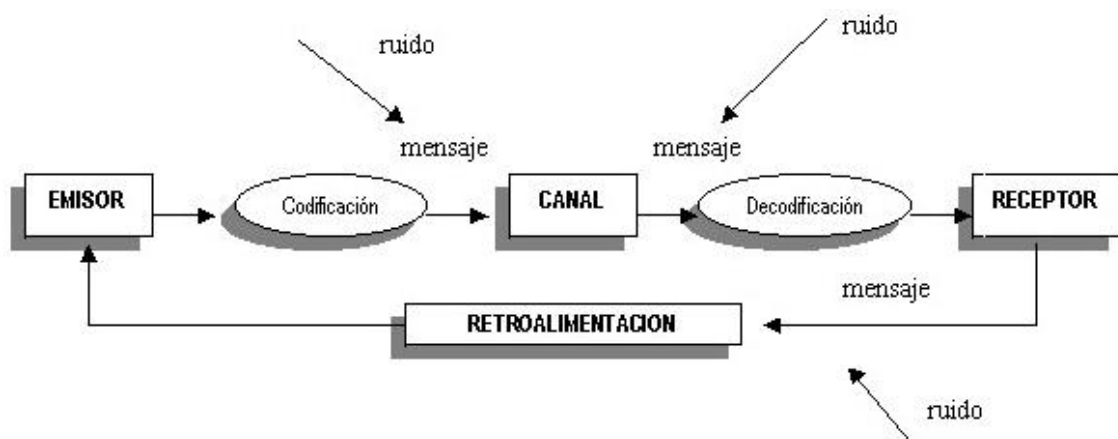


Fig. 4: Diagrama de Bloques de Comunicación

3.2.1. Electromagnetismo

Las ondas de radio son perturbaciones electromagnéticas que se irradian en todas las direcciones. Cuando una corriente pasa a lo largo de un cable, se genera un campo magnético alrededor de ese cable. Los transmisores inalámbricos aprovechan este factor para tener un pulso con la corriente en el cable de cobre del interior de una antena. El cable está conectado a tierra en un extremo y suelto en el otro extremo. La puesta a tierra significa que cada señal se disipa casi inmediatamente, pero la presencia de la carga en el cable momentáneamente crea un campo de fuerza que genera una onda de radio.

3.2.2. Transmisor

Su función es acondicionar las señales de información en ancho de banda y potencia para entregarlas al medio de transporte.

3.2.3. Receptor

Como la señal de onda de radio desde el transmisor, se "pega" a cualquier objeto de metal que encuentren. Luego, ésta se desvía y corre a lo largo de la longitud de dicho objeto de metal. La señal pasa a través de la carcasa de plástico de la antena de recepción y golpea el cable de cobre dentro. Después viaja a lo largo de la longitud de ese cable, lo que conduce a un adaptador de red inalámbrico. El adaptador de red interpreta el pulso electrónico como datos.

3.2.4. Frecuencias

Las ondas de radio van hacia fuera como una serie de ondas. Las ondas tienen un ritmo y dejan el transmisor a un ritmo regular. Ésta es la frecuencia. La "frecuencia" significa el número de ondas, llamadas "ciclos", emitidos por segundo, y se mide en hercios.

3.2.5. Modulaciones

La modulación es la forma que tienen las redes inalámbricas de transmitir datos a través del medio (aire), con el objetivo de que llegue a su destino para recibir dicha información.

OFDM es un esquema de multiplexación por división de frecuencia (FDM) ortogonal, que se utiliza como un método de modulación de multiportadora digital.

Para transportar varios flujos de datos o canales en paralelo, se utiliza un gran número de señales subportadoras cercanas, separadas ortogonalmente.

Cada subportadoras se modula con un esquema de modulación convencional.

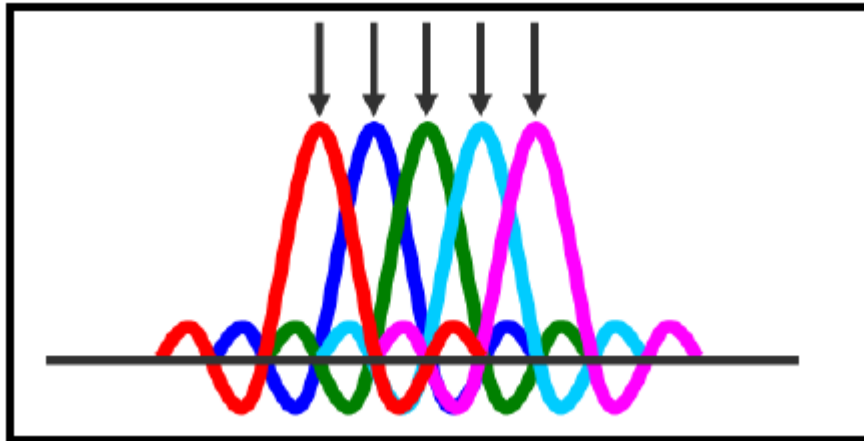


Fig. 5: División de subportadora mediante modulación OFDM

OFDM divide la señal de radio en subseñales más pequeñas que se transmiten simultáneamente a diferentes frecuencias hacia el receptor.

En términos generales entre mayor sea la tasa de datos en el receptor se necesita que la señal sea más potente para que sea decodificada.

Cabe resaltar que 802.11n es un método en el que se utilizan técnicas de modulación especiales y no es específico para frecuencias como 2.4 o 5 GHz. Este se puede utilizar en cualquier banda.

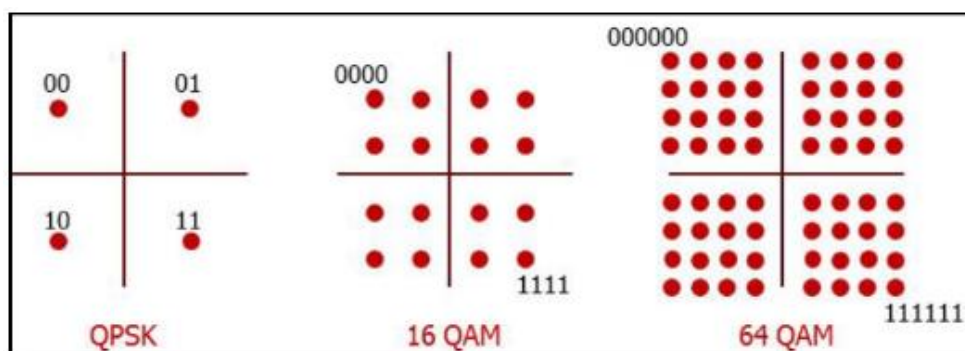


Fig. 6: Representación de bit sobre ejes cartesianos

Modulación de amplitud en cuadratura o QAM es uno de los tipos de modulación más rápidos, el cual envía realmente dos señales que están fuera de fase entre ellas y luego, de alguna manera mediante una suma algebraica entre el seno y el coseno de las fases de las dos señales emitidas se “unen las piezas de nuevo” obteniendo la información demodulada e incluso con una mayor capacidad.

El demodulador QAM utiliza una región de decisión.

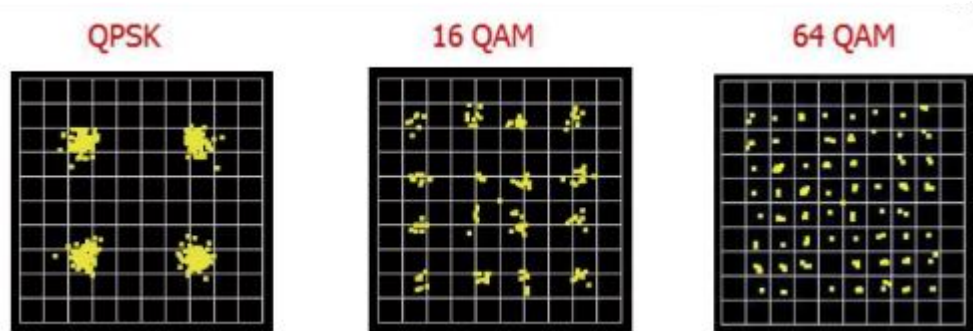


Fig. 7: Región de decisión en modulación en Cuadratura

Los valores del índice de esquema de modulación y codificación (MCS) se pueden usar junto con los valores del ancho del canal para que pueda calcular la tasa de datos disponible de su hardware inalámbrico.

La lista de valores del índice MCS proporciona cada combinación de “número de flujos espaciales + tipos de modulación + tasa de codificación” que puede realizarse.

Los esquemas de modulación más complejos y avanzados proporcionan tasas de capacidad total más altas.

Tabla de MCS estándar 802.11						
MCS	MODULACIÓN	Tasa de Codificación	20 MHz		40 MHz	
			IG largo	IG corto	IG largo	IG corto
0	BPSK	1/2	6.5	7.2	13.5	15
1	QPSK	1/2	13	14.4	27	30
2	QPSK	3/4	19.5	21.7	40.5	45
3	16-QAM	1/2	26	28.9	54	60
4	16-QAM	3/4	39	43.3	81	90
5	64-QAM	2/3	52	57.8	108	120
6	64-QAM	3/4	58.5	65	121.5	135
7	64-QAM	5/6	65	72.2	135	150
8	BPSK	1/2	13	14.4	27	30
9	QPSK	1/2	26	28.9	54	60
10	QPSK	3/4	39	43.3	81	90
11	16-QAM	1/2	52	57.8	108	120

12	16-QAM	3/4	78	86.7	162	180
13	64-QAM	2/3	104	115.6	216	240
14	64-QAM	3/4	117	130	243	270
15	64-QAM	5/6	130	144.4	270	300

3.2.6. Señales no deseadas

Desde el punto de vista de RF, una Interferencia es cualquier señal EM que “resuena/vibra” cerca o en el mismo canal de frecuencia de la señal deseada en el lado del receptor.

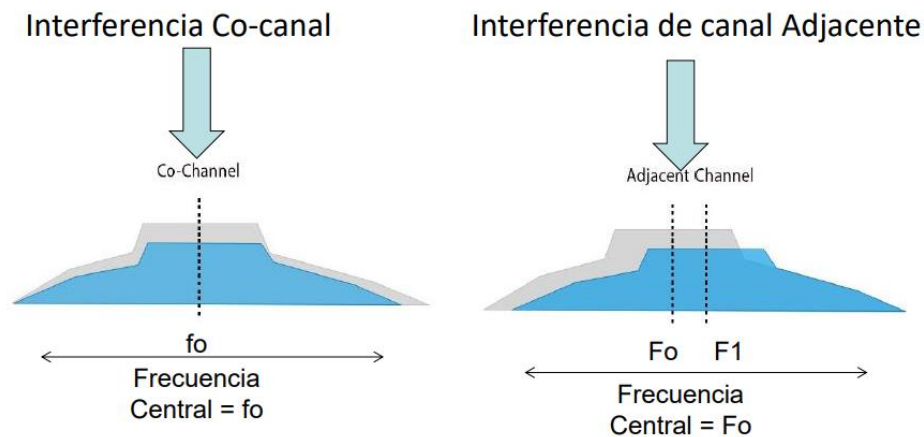


Fig. 8: Representación grafica Interferencias

3.2.7. Línea de vista

Se refiere a un camino (path) limpio, sin obstrucciones, entre las antenas transmisoras y receptoras. Para que exista la mejor propagación de las señales RF de alta frecuencia, es necesaria una Línea de vista sólida (limpia - sin obstrucciones).

- Altura: Es necesario asegurar que el sistema estará instalado a una altura suficiente para prevenir que haya tráfico (obstrucciones) pasando entre la antena transmisora y receptora. Si las antenas se instalan a muy baja altura la calidad del enlace se verá afectada cada vez que se presenten obstrucciones en la línea de vista.
- Pruebas: Antes de implementar permanentemente un sistema inalámbrico, se debe de probar este en los sitios donde se piensa instalar para asegurar que la señal transmitida puede ser recibida usando los puntos elegidos.

- Nivel de señal: Una vez elegidos los sitios probables de instalación, siempre es aconsejable hacer un cálculo de presupuesto de potencia con las antenas y equipos propuestos. De esta manera el instalador llegará al sitio con un nivel de señal teórico el cual debe de concordar dentro de un margen de seguridad con el nivel recibido.

3.2.8. Mitigación de interferencias

Eliminar o reducir el impacto de la energía producida por una fuente no deseada.

3.2.9. Diseño óptimo de una red inalámbrica

- Buenas prácticas de manejo de RF.
- Localización correcta de antenas.
- Análisis de Espectro RF.

3.2.10. Selección correcta de la antena

- Tamaño, forma y rendimiento (ganancia y “beam width”).
- Buscar el equilibrio: Ganancia y Beam Width.

Respetando estos parámetros, aseguramos alta eficiencia del uso del espectro electromagnético con tasas mínimas de error en entornos de alta densidad y bajo condiciones de alto nivel de interferencia.

CAPITULO 4: Despliegue Red de Fibra Óptica

4.1. Generalidades

El presente proyecto de despliegue de fibra óptica comprende 2 subetapas:

- 1- Interconexión con el Carrier (ARSAT) en el departamento de Metán.
- 2- Distribución de fibra óptica de última milla en sectores predefinidos en el departamento de Rosario de la Frontera.

4.2. Objetivo

En la primera etapa de este proyecto se describe la proyección de obra para mejorar el servicio de conectividad para determinados barrios y sectores pertenecientes al departamento de Rosario de la Frontera, Provincia de Salta; esto incrementará la capacidad de tráfico de internet y proporcionará una mejor experiencia al usuario que los servicios existentes hasta el momento.

La planificación realizada para este proyecto tiene como finalidad la cobertura de servicio en todo el departamento y para ello, el despliegue de la red adoptará en primera etapa la norma de una arquitectura FTTH con topología tipo bus sumando un troncal de interconexión con el nodo del proveedor de servicio ARSAT, situado en el departamento de Metán.

4.3. Listado de Sectores

Tomando de referencia información obtenida de la Dirección General de Estadísticas de Salta (<http://estadisticas.salta.gov.ar/web/inicio>) y la realización de un conteo aproximado de viviendas por barrios, se realizará la división de todo el departamento en un total de 10 sectores a conectar. Esto resulta necesario dada la distribución geográfica y poblacional de la localidad.

Por otro lado, dado el alcance de este proyecto, una sectorización nos permitirá determinar un orden en la etapa de desarrollo y puesta en marcha del proyecto.

En la próxima imagen se puede observar la determinación de los sectores contemplados en dicha distribución:

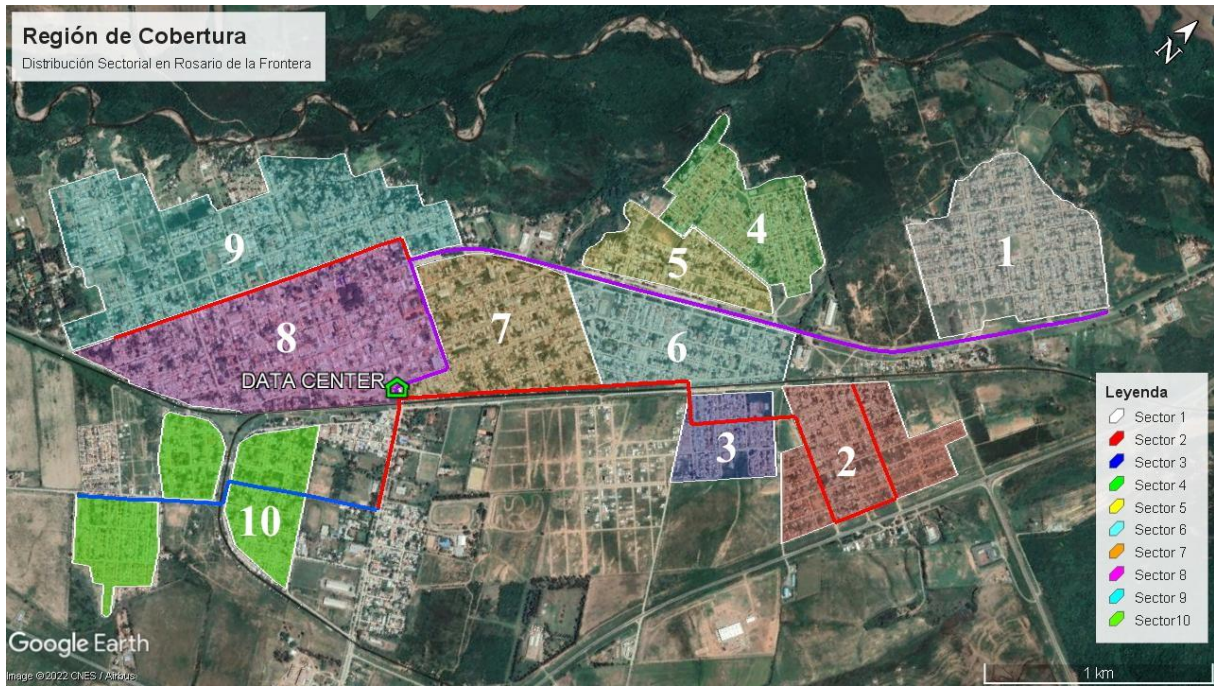


Fig. 9: Región de Cobertura

Considerando la densidad poblacional y la cantidad de familias integradas por sector, se determinó un nivel de splitteo adecuado de 1:16, con dos escalas de 1:8. Contemplamos que el presupuesto óptico con este nivel de división será el más adecuado para las distancias que comprende el proyecto y todas las atenuaciones que implica este despliegue.

La capacidad proyectada en número total de familias por sector se ve detallada a continuación:

- **Sector 1:** 1200.
- **Sector 2:** 1200.
- **Sector 3:** 570.
- **Sector 4:** 830.
- **Sector 5:** 380.
- **Sector 6:** 760.
- **Sector 7:** 830.
- **Sector 8:** 1660.
- **Sector 9:** 1404.
- **Sector 10:** 1404.

4.4. Proyecto de Interconexión

4.4.1. Descripción del Proyecto

El proyecto prevé la conexión con la frontera óptica de ARSAT (-25.484396°, -64.972545°) con el correspondiente Datacenter ubicado en el departamento de Metán con coordenadas (-25.484382°, -64.972638°). Desde ese punto, mediante un despliegue de fibra óptica aérea de 12 pelos, la interconexión se llevará a cabo hasta una caja de empalme correspondiente al troncal principal en el departamento de Rosario con coordenadas (-25.776915°, -64.950456°).

4.4.2. Mapa De Interconexión Proyectado

Como se observa en la imagen a continuación, el despliegue de interconexión tomará camino con fibra óptica aérea desde Nodo ARSAT, siguiendo por ruta nacional 9/34 hacia nuestro nodo ubicado en el departamento objetivo.



Fig. 10: Mapa de Interconexión

- Nodo ARSAT: (-25.484396°, -64.972545°).
- Nodo Metán: (-25.484382°, -64.972638°).
- Caja de Empalme troncal principal: (-25.776915°, -64.950456°).

4.4.3. Etapas del proyecto

El diagrama de Gantt correspondiente al proyecto de interconexión se detalla a continuación:

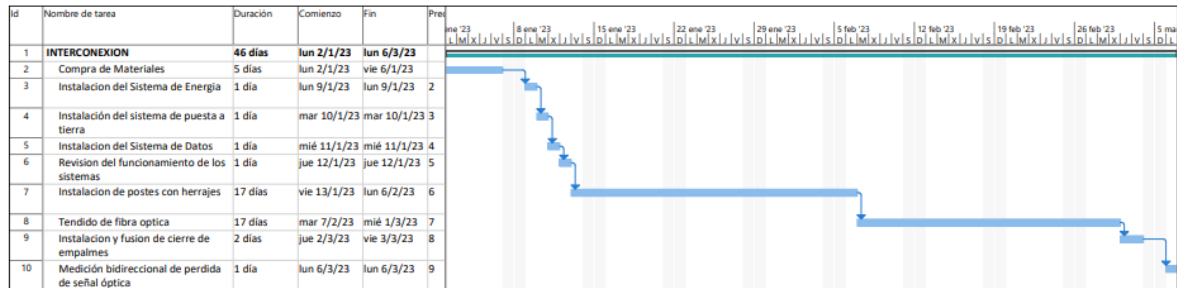


Fig. 11: Planificación de Actividades

4.4.4. Diagrama de Nodo de Interconexión - Departamento Metán

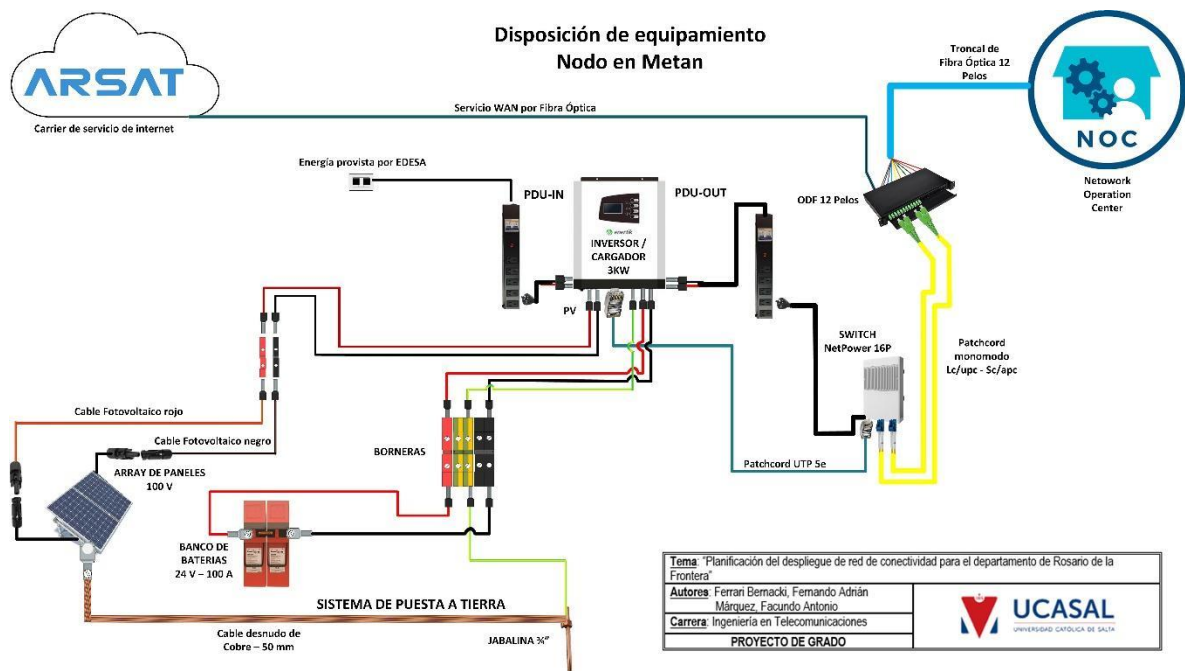


Fig. 12: Disposición de Equipamiento Nodo Metán

4.4.5. Sistemas involucrados en nodos

En la sección 6.1.4 se listan los elementos necesarios para la implementación de los diferentes sistemas en cada uno de los nodos que abarca el proyecto.

4.4.5.1. Sistema de Energía

Componente fundamental que debe de considerarse durante la etapa de diseño de todo sistema de telecomunicaciones, en el cual cuyo objetivo principal sea proveer una solución duradera o un servicio ininterrumpido.

Es por esto que, para este proyecto donde se pretende brindar un servicio de conectividad al departamento de Rosario de la Frontera y sus localidades aledañas que proporcione una buena experiencia al usuario final, se tomó en cuenta la situación en la que una asistencia inmediata en sitio ante una posible eventualidad que produzca interrupción del servicio, no es posible por las distancias a recorrer o bien la solución depende de un proceso cuya ejecución conlleva varias horas. Por lo tanto, la implementación de un sistema de energía adecuado es de suma importancia.

4.4.5.2. Sistema de Puesta a Tierra

Otra parte fundamental de todo sistema electrónico. La puesta a tierra, pese a no tratarse de un elemento visible, es de vital importancia tanto para la seguridad de las personas como de los equipos y componentes que conforman a un sistema de telecomunicaciones.

La función de la puesta a tierra en una instalación eléctrica es disipar en el terreno las intensidades de corriente de cualquier naturaleza que se puedan originar, ya sean corrientes de defecto, impulsos a frecuencia industrial o debido a descargas atmosféricas que podrían afectar los dispositivos e interferir en el adecuado funcionamiento de los mismos.

Para minimizar los puntos de fallas en este proyecto y garantizar la continuidad del servicio se optó por implementar un sistema de toma a tierra.

4.4.5.3. Sistema de Datos

Para que todo sistema funcione, resulta necesaria la implementación de una adecuada estructura de enlaces. Este subsistema es esencial puesto que será el medio encargado de

facilitar la comunicación entre los distintos componentes de red y el intercambio de información bidireccional entre el NOC y la red de nuestro proveedor ARSAT.

4.5. Red de Acceso Proyectada

4.5.1. Descripción del despliegue de fibra óptica Troncal

La fibra óptica aérea de interconexión de 12 pelos, naciente en el departamento de Metán, finalizará su recorrido en el acceso Norte de Rosario de la Frontera donde se realizará la fusión de 4 de sus pelos con un troncal de 96 pelos desplegado desde el NOC hacia dicho punto, dando continuidad al servicio proveniente del proveedor ARSAT.

La red de acceso propuesta constará de una serie de elementos y equipamientos que resultan necesarios para la conexión de nuestra red hasta el bucle de abonado.

En este apartado mostraremos el despliegue de última milla para cada uno de los sectores involucrados, donde se visualizarán casos donde se requiere una ramificación de los troncales desplegados para lograr la denominada red de acceso.

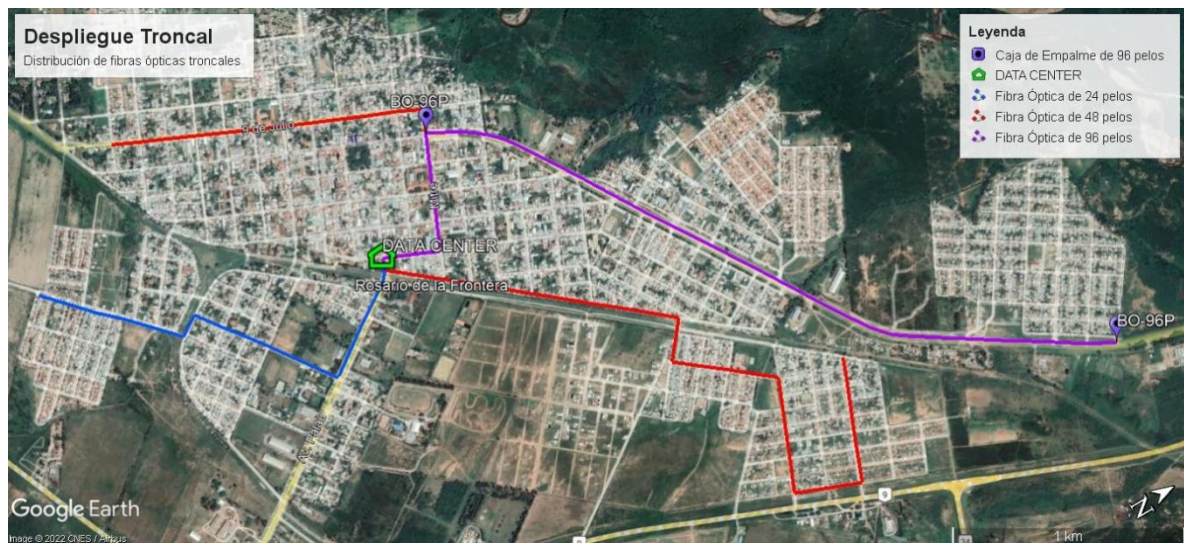


Fig. 13: Despliegue troncal GPON

Para una cobertura de servicio total en el departamento, se realizará el despliegue de tres troncales de Fibra Óptica, los cuales tienen su origen en el NOC. Por lo consiguiente, nuestra descripción de red tomará de referencia:

- Traza de Red Proyectada - Troncal 96 Pelos
- Traza de Red Proyectada - Troncal 48 Pelos
- Traza de Red Proyectada - Troncal 24 Pelos

4.5.2. Consideraciones de diseño de ingeniería de red

Las consideraciones que se tendrán en cuenta para la ingeniería de red están contempladas por los elementos detallados a continuación:

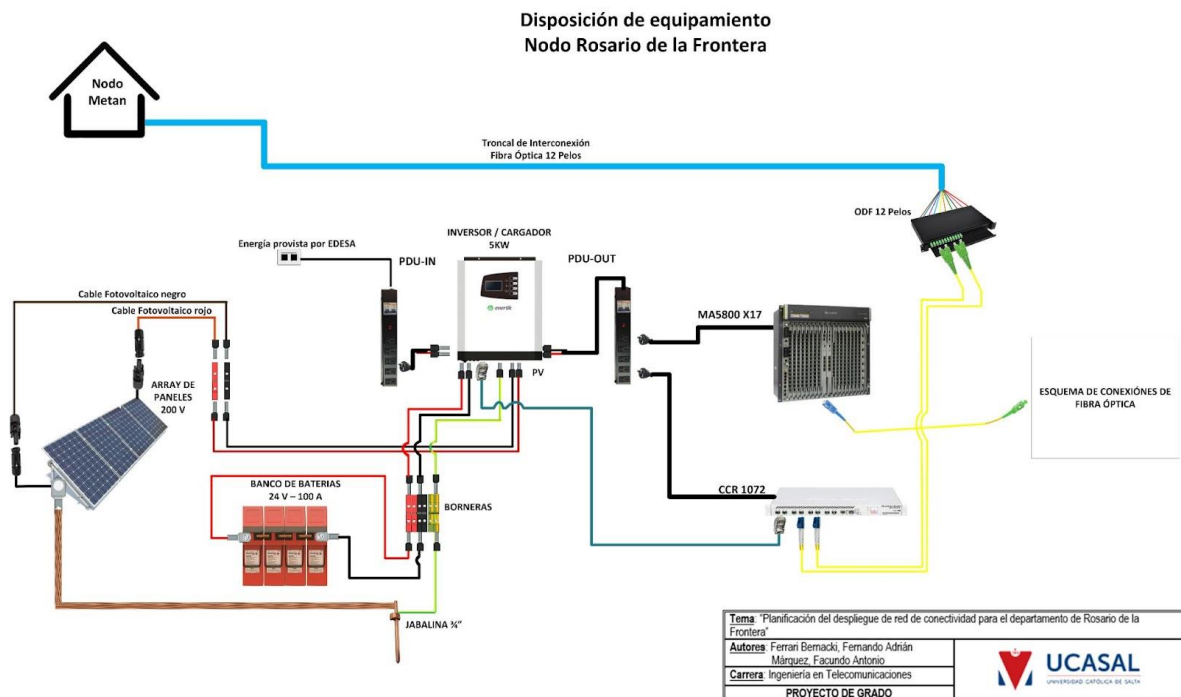


Fig. 14: Disposición de Equipamiento Nodo Rosario de la Frontera

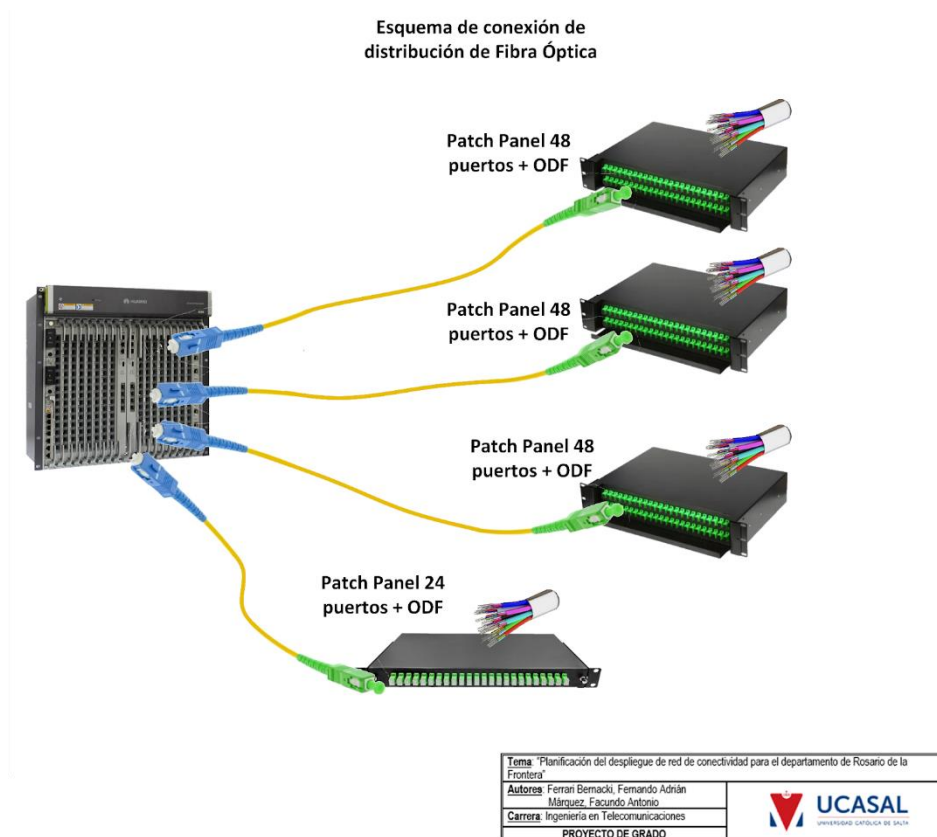


Fig. 15: Esquema de Conexión OLT - ODF

4.5.3. Traza De Red Proyectoada - Troncal 96 Pelos

En este apartado procederemos a explicar la distribución de red de última milla donde se realizará el despliegue de un troncal de 96 pelos hacia el acceso norte de la localidad.

Se escogió un troncal de 96 pelos hasta dicho punto puesto que nos permitirá dar inicio a la distribución de última milla FTTH, donde se realiza el “Splitteo Primario” mediante la instalación de Cajas de Distribución Óptica Primaria (CDO P) y posteriormente el “Splitteo Secundario” donde haremos uso de Cajas de Distribución Óptica Secundarias (CDO S) y luego la bajada a los clientes contenidos dentro de los Sectores 1, 4, 5, 8 y 9.

Como puede visualizarse en la imagen a continuación, mediante una caja de empalme se realizará la derivación de una fibra subtroncal de 48 pelos, la cual tomará camino directamente desde el troncal de 96 pelos ya desplegado para brindar conectividad a los sectores de la zona suroeste del departamento.

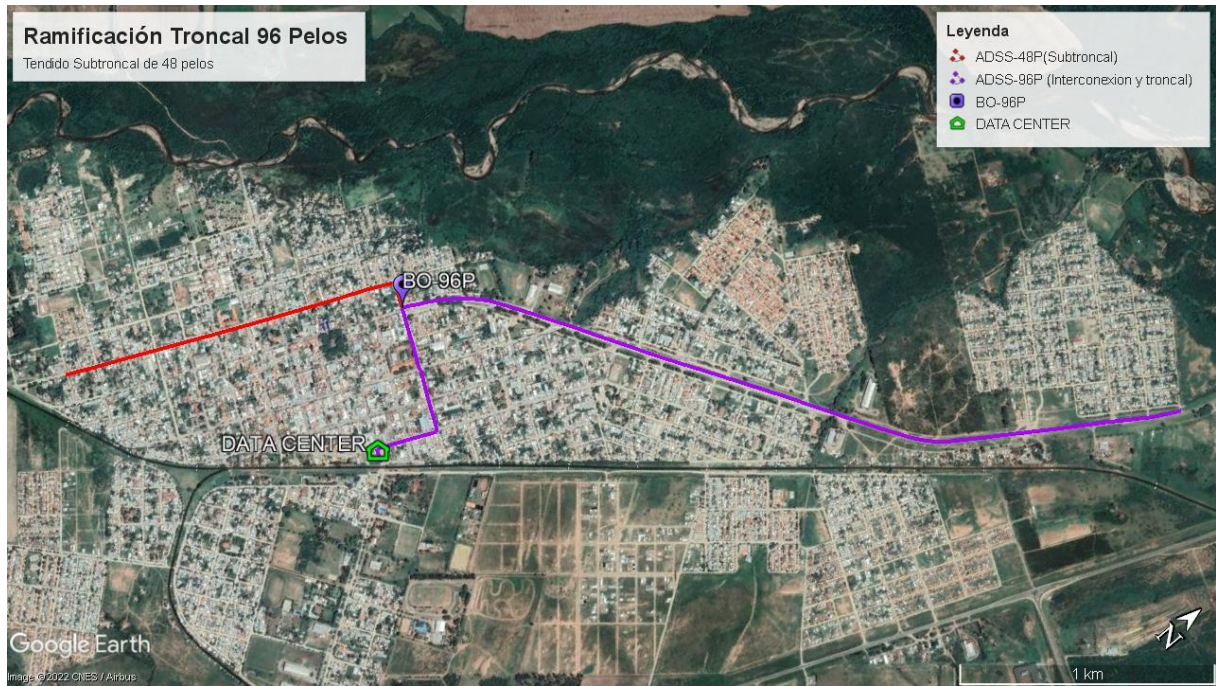


Fig. 16: Troncal de 96 Pelos y Subtroncal de 48 Pelos

4.5.3.1. Sector N° 1 - B° Ramón Abdala

Desde el troncal de 96 pelos iniciará el tendido de fibra óptica de última milla, de este derivan dos sub-troncales de 4 y 24 pelos respectivamente para proporcionar la cobertura en este sector. La fibra ADSS de 4 pelos cubrirá la región norte, mientras que la de 24 pelos la región central y sur del sector.

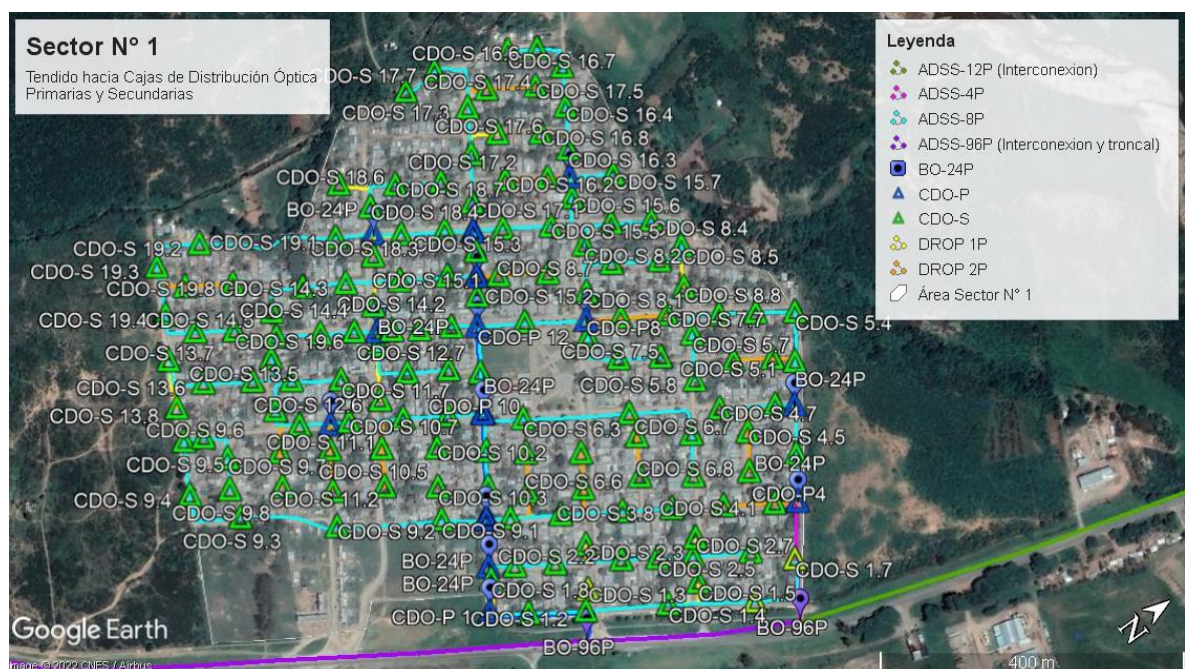


Fig. 17: Despliegue GPON - Sector N°1

4.5.3.2. Sector N° 4 - B° 180 Viviendas

Desde el troncal partirá una nueva derivación de 24 pelos para iluminar este sector. A partir de este sub-troncal se abre camino al despliegue de última milla hacia las respectivas CDOs Primarias y posteriormente la distribución hacia las CDOs Secundarias para llevar a cabo la bajada domiciliaria.

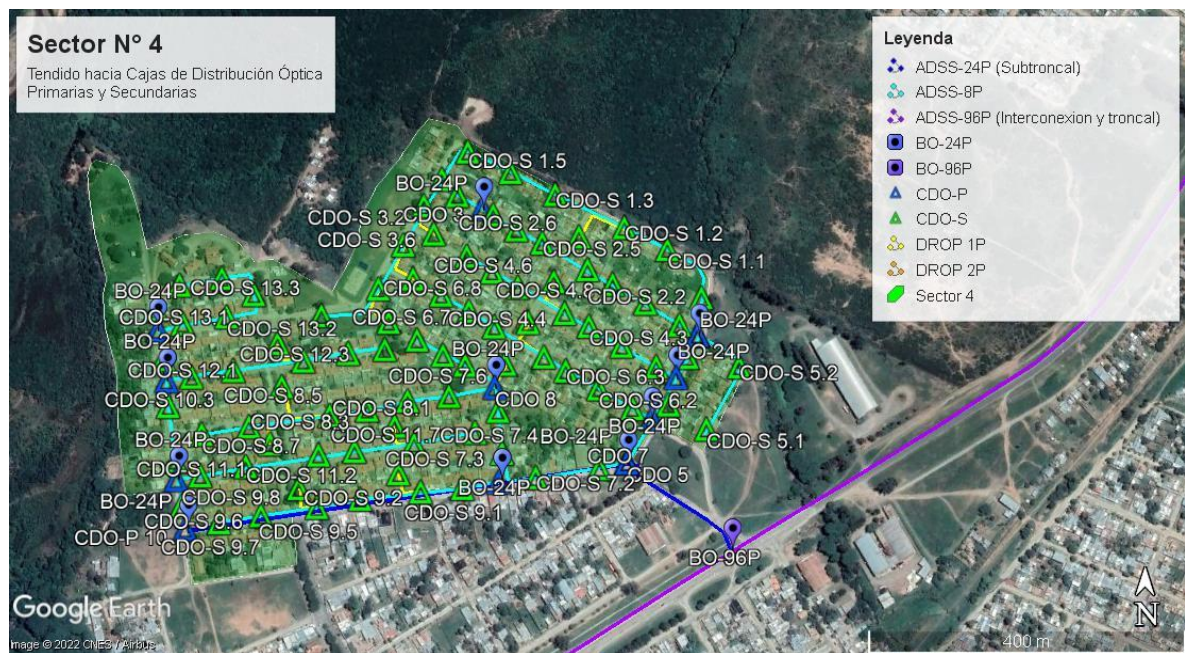


Fig. 18: Despliegue GPON - Sector N°4

4.5.3.3. Sector N° 5 - B° Mundial

Por medio de una botella de empalme de 96 pelos se realizará la derivación de un sub-troncal de 8 pelos para lograr una correcta cobertura en el sector. En esta última fibra óptica desplegada se llevará a cabo la instalación de cajas de empalme de 24 pelos y colocación de CDOs Primarias.



Fig. 19: Despliegue GPON - Sector N°5

4.5.3.4. Sector N° 8 - Zona Céntrica Este

Para dar cobertura a este sector se desplegará un subtruncal de 48 pelos, naciente del troncal de 96 pelos. La alta densidad poblacional de esta zona y la de sus alrededores requirió el despliegue de este segundo troncal para realizar una adecuada distribución de las Cajas de Distribución Primarias y así poder desplegar el tendido correspondiente a la red de última milla en el sector.

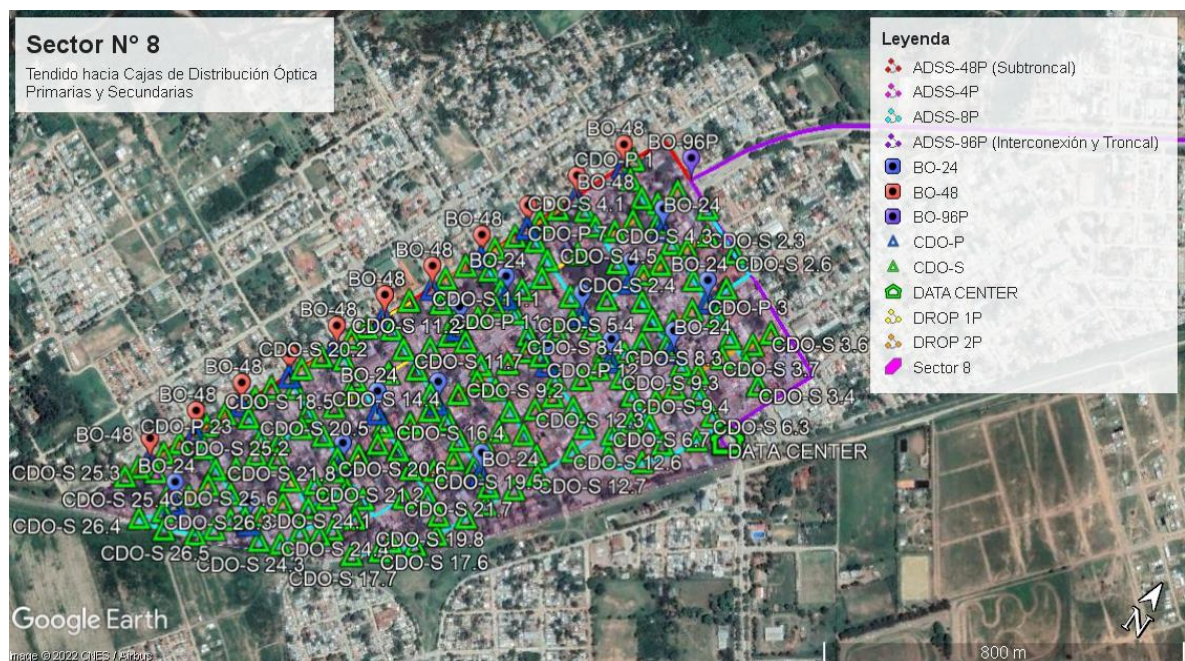


Fig. 20: Despliegue GPON - Sector N°8

4.5.3.5. Sector N° 9 - Zona Céntrica Oeste

A partir del subtruncal de 48 pelos ya desplegado para conectar el sector 8, continuará la distribución de última milla para este nuevo sector. Las nuevas derivaciones de fibra óptica tomarán camino desde las botellas de empalme de 48 pelos ya colocadas en la etapa anterior. De esta manera lograremos cubrir la región faltante de la zona céntrica del departamento.

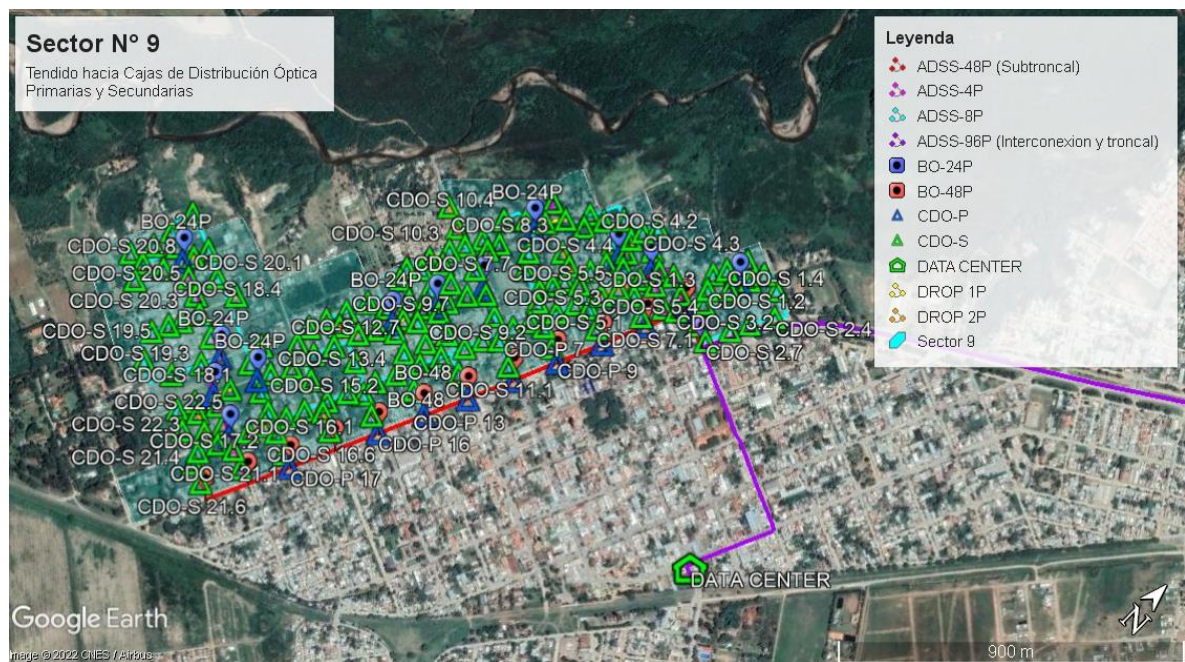


Fig. 21: Despliegue GPON - Sector N°9

4.5.4. Traza De Red Proyectada - Troncal 48 Pelos

En esta etapa de la distribución, se requerirá el despliegue de un segundo troncal, en este caso de 48 pelos, que parte desde el NOC IT y estará destinado a proporcionar servicio a la zona noreste y parte de la zona céntrica del departamento de Rosario de la Frontera.

Se determinó un troncal con estas características ya que dispone del número de pelos necesarios para cubrir las regiones anteriormente mencionadas que integran los sectores 2, 3, 6 y 7.

4.5.4.1. Sector N° 2 - B° Villa Josefina

En este sector se instalarán 19 Cajas de Distribución Ópticas correspondientes al splitteo primario. Desde estas, nacerán nuevas derivaciones de fibra óptica aérea que permitirán la colocación de Cajas de Distribución Óptica Secundarias para comenzar el despliegue de última

milla y posteriormente realizar la bajada al cliente. El troncal de 48 pelos termina su recorrido dentro de este sector.

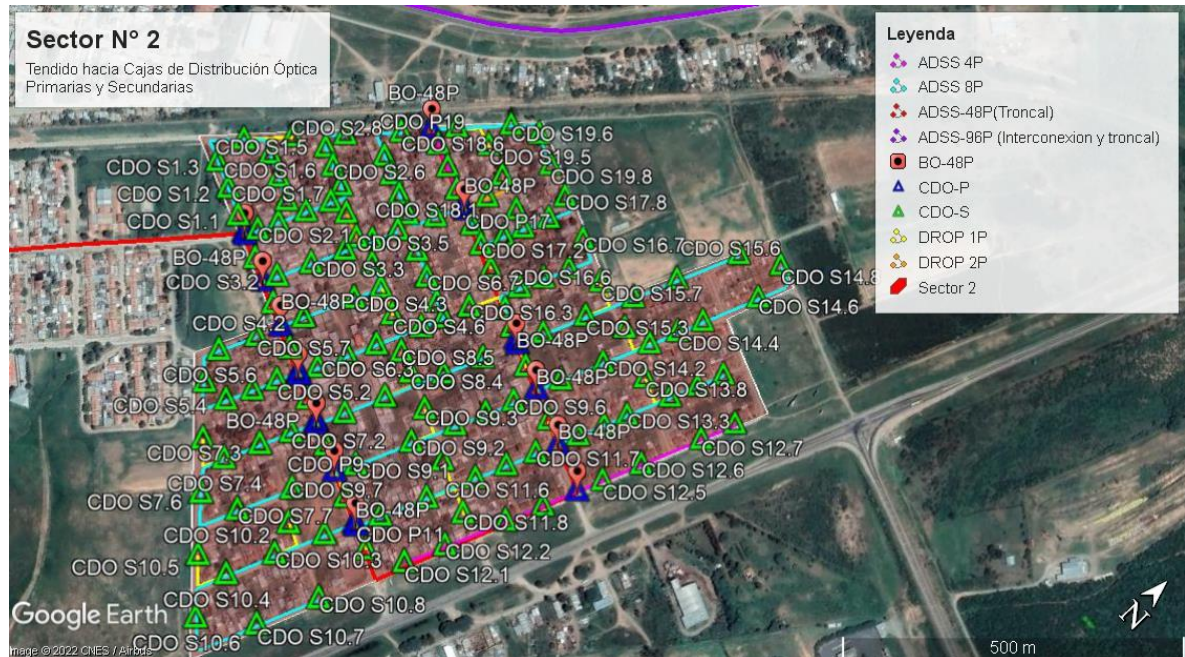


Fig. 22: Despliegue GPON - Sector N° 2

4.5.4.2. Sector N° 3 - B° Juan Domingo Perón

El despliegue de última milla se torna simple en comparación con otros sectores ya que, el troncal de 48 pelos recorre el centro del Sector N° 3. Para lograr la mayor cobertura posible se instalarán botellas de empalme de 48 pelos para colocar posteriormente las Cajas de Distribución Óptica Primarias y, desde cada uno de estos puntos, se realizarán derivaciones con fibra óptica ADSS de 8 pelos para la instalación de Cajas de Distribución Óptica Secundarias necesarias para la bajada domiciliaria a los clientes.



4.5.4.3. Sector N° 6 - B° El Mirador

En este sector, la colocación de las Cajas de Distribución Óptica Primarias se realizará en 3 etapas diferentes. Una primera donde se instalarán directamente sobre el troncal de 48 pelos desplegado y desde allí parte la distribución de fibra óptica aérea para la conexión de última milla. Luego, partirá una derivación de fibra óptica aérea de 12 pelos hacia la zona central del sector para desplegar las fibras ópticas sobre la cual se montarán las Cajas de Distribución Óptica secundarias.

La tercera etapa consiste en la colocación de una botella sobre el troncal de 96 pelos para realizar una nueva derivación de fibra óptica de 4 pelos ADSS para instalar sobre ella finalmente dos Cajas de Distribución Óptica Primarias para lograr una cobertura total del sector y adicionalmente dejar pelos disponibles sobre el troncal de 48 pelos para los sectores faltantes.



4.5.4.4. Sector N° 7 - Zona Céntrica Noreste

La distribución en este sector se logrará por medio de la instalación de las Cajas de Distribución Primarias tanto en el troncal de 96 pelos, como en el nuevo troncal de 48 pelos a desplegar. Los montajes de las cajas en el troncal de 96 pelos serán necesarias para no hacer uso de la totalidad de pelos de este segundo troncal y dejar disponible un cierto número de fibras que serán utilizados en los otros sectores dependientes.

El despliegue de última milla tomará camino por medio del tendido de fibras ADSS de 8 pelos que parten desde los CDO Primarios colocados en los troncales correspondientes y sobre estas derivaciones la instalación de Cajas de Distribución Óptica Secundarias y posteriormente se llevará a cabo la bajada a la roseta de abonado.



4.5.5. Traza De Red Proyectada - Troncal 24 Pelos

Se realizará el despliegue de este tercer y último troncal de fibra óptica aérea de 24 pelos, el cual permitirá la distribución de última milla y por consiguiente brindar conectividad a internet a las familias de los barrios ubicados hacia la zona sureste del departamento de Rosario de la Frontera.

En este apartado se procede a ilustrar el despliegue de última milla para el sector dependiente de este tercer troncal de fibra óptica.

4.5.5.1. Sector N° 10 - Zona Sureste

A partir del troncal de 24 pelos desplegado, toma camino la distribución de última milla para proporcionar servicio a los barrios incluidos dentro de este último sector. La instalación de las Cajas de Distribución Óptica Primarias se realiza directamente sobre el troncal, posterior a la colocación de botellas de empalme y, desde allí nacen nuevas derivaciones con fibra ADSS de 8 pelos para la colocación de CDO Secundarias.

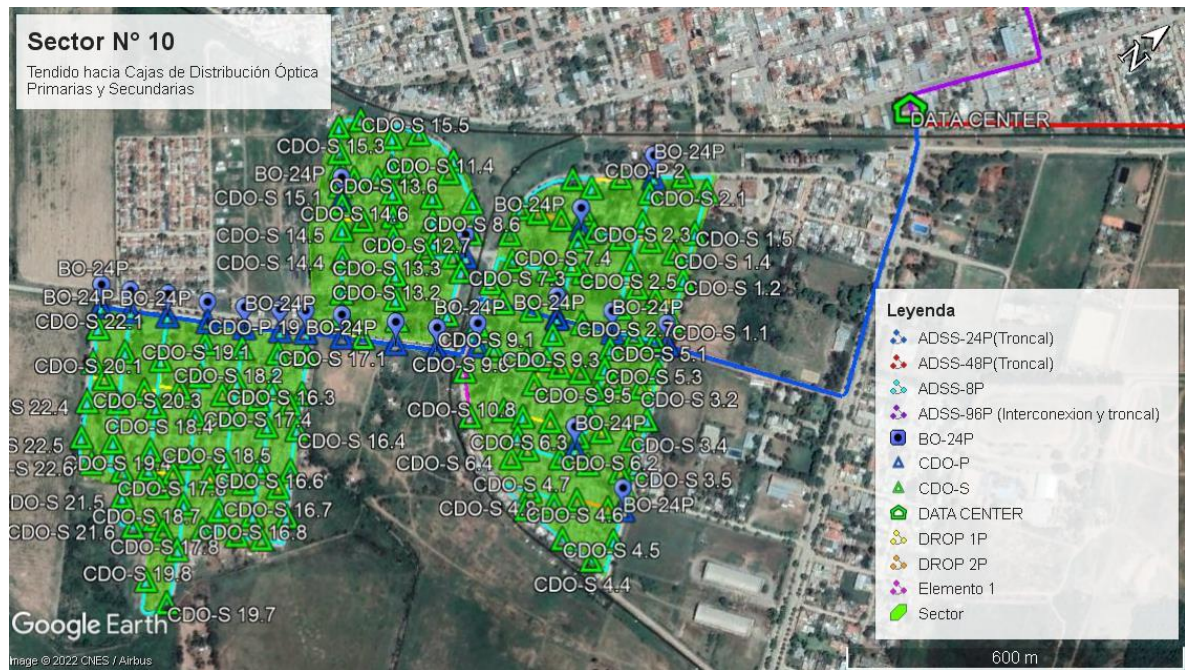


Fig. 26: Despliegue GPON - Sector N°10

4.5.6. Cálculos de Potencia Óptica

Es necesario contemplar las potencias en dB de llegada en cada cliente, ya que una potencia muy baja (<-24) provoca un servicio inestable y una potencia muy alta (>-8) aturde a la ONT. Por esa misma razón la potencias se deben mantener entre esos umbrales de $[-8; -24]$ para proveer de un servicio estable.

En la tabla de cálculo de potencias ópticas se contemplaron los siguientes ítems, donde para cada uno de los sectores, la estimación se realizó considerando los casos más desfavorables:

- **Distancias Ópticas:**

$$(M * 1.3) * 0.2/1000 [dB]$$

- [M] son los metros de fibra óptica desde el ODF hasta la caja NAP más alejada en cada sector.
- Se lo multiplica por 1,3 para contemplar las reservas de fibra óptica.
- $0,2/1000[dB]$ hace referencia a que la atenuación de la fibra óptica es de 0,2 dB cada 1000 metros.

- **Empalmes:**

$$C * 0.1 [dB]$$

- C son las cantidades de empalmes desde el ODF hasta la última caja NAP. Se usan empalmes en cada caja de empalmes y la llegada a la caja NAP.
- Se considera el caso menos favorable para una fusión, ya que normalmente una buena fusión son 0,01 dB.

- **Conectores:**

- Cada conector tiene una pérdida de 0,75 dB por lo que se consideran dos conectores, la entrada a la caja NAP y la llegada a la ONT.

- **Splitters:**

- Los splitter 1:8 tienen una atenuación de 10,5 dB ya que se considera el caso más desfavorable. En el modelo se realiza un splitter de doble escala.

- **Drop:**

- El drop tiene una atenuación de 0,03 dB cada 100 metros, esta es la bajada domiciliaria.

- **Patchcord:**

- Patch cord monomodo Lc/upc - Sc/apc tiene una atenuación de 0,25 dB, se usa uno por cada puerto de la placa en la OLT.

4.5.6.1. Ecuación de presupuesto de potencias

$$Pot. Cliente[dB] = 3 - Distancia \acute{O}ptica - Empalmes - Conectores - Splitter - Drop - Patch$$

Considerando la ecuación anterior, se calculó los niveles de potencia a recibir en los clientes correspondientes a cada uno de los sectores:

PRESUPUESTO DE POTENCIAS OPTICAS											
SECTOR	OLT	Distancia (Óptica)			Empales		Conectores	Splitters (1x8)	Drop (100m)	Patchcord	Potencia Cliente
	dB	m	m*1,3	dB	Cantidad	dB	dB	dB	dB	dB	dB
1	3	4713	6126,90	-1,23	5	-0,5	-1,5	-20,1	-0,03	-0,25	-20,605
2	3	3327	4325,10	-0,87	3	-0,3	-1,5	-20,1	-0,03	-0,25	-20,045
3	3	2230	2899,00	-0,58	3	-0,3	-1,5	-20,1	-0,03	-0,25	-19,760
4	3	3501	4551,30	-0,91	5	-0,5	-1,5	-20,1	-0,03	-0,25	-20,290
5	3	1390	1807,00	-0,36	6	-0,6	-1,5	-20,1	-0,03	-0,25	-19,841
6	3	1960	2548,00	-0,51	4	-0,4	-1,5	-20,1	-0,03	-0,25	-19,790
7	3	1207	1569,10	-0,31	4	-0,4	-1,5	-20,1	-0,03	-0,25	-19,594
8	3	2666	3465,80	-0,69	5	-0,5	-1,5	-20,1	-0,03	-0,25	-20,073
9	3	2349	3053,70	-0,61	5	-0,5	-1,5	-20,1	-0,03	-0,25	-19,991
10	3	2223	2889,90	-0,58	3	-0,3	-1,5	-20,1	-0,03	-0,25	-19,758

4.5.7. Cálculos de Autonomía Red GPON

En este proyecto se implementará un sistema de energía fotovoltaico conformado por baterías y paneles solares. La utilización de grupos electrógenos resultó otra alternativa viable ya que estos equipos vienen en distintas potencias y existe una amplia variedad de calidades y vida útil. Comparada con una instalación solar fotovoltaica, la inversión inicial es relativamente baja, sin embargo, es necesario alimentarlo de combustible, lo cual resulta en un costo adicional a tener en cuenta incluyendo el gasto que implica trasladarse y el tiempo necesario para obtenerlo. Por lo tanto, se optó por el primer sistema debido a que la vida útil de los paneles solares se estima entre 25 y 30 años, proporcionando una mayor independencia con respecto al grupo electrógeno, aunque se debe considerar que el componente más sensible a mantenimiento son los bancos de baterías que se estiman con una duración de entre 3 a 6 años.

4.5.7.1. Data Center

- OLT MA5800 x17 con 9 placas:
 - Consumo de 936.5 W al cabo de una hora:

$$I_{olt} = 936.5W/48V$$

$$I_{olt} = 19.51Ah$$

- El cálculo del consumo de energía es siempre para la potencia máxima y así tener definido el peor caso.
- Router Mikrotik 1072:
 - Consumo 50.7 W por hora:

$$I_{rb} = 50.7W/220V$$

$$I_{rb} = 0.24Ah$$

- Mimosa C5c
 - Consume 10 W al cabo de 1 hora, alimentado a 48V.

$$10W = 48V * Ah$$

$$Ah = 0.21$$

- La autonomía calculada para los Data Center es:

DATA CENTER		AH	V	W	BANCO DE BATERÍAS	AUTONOMÍA
Rosario de la Frontera	OLT	19.51	48	936.5	100Ah	5.01 [horas]
	RB1072	0.24	220	52.8		
	C5c	0.21	48	10		
Metán	CRS318	0.625	24	15	100Ah	6.66[días]

La autonomía del Data Center con la OLT es bajo debido a que ante cualquier eventualidad este se encuentra junto al NOC donde se puede realizar una asistencia a los equipos de manera inmediata.

4.5.8. Caracterización de distribución troncal y última milla

4.5.8.1. Código de Colores

En el cuadro a continuación se detallan la gama de colores con los que se representan las capacidades en hilos de fibra óptica ADSS en los diagramas troncales y de distribución. Así también, están detallados los símbolos utilizados para representar las Botellas o Cajas de Empalmes, los CDO Primarios y los CDO Secundarios o cajas NAP.

CODIGO DE COLORES Y SIMBOLOGIA		
FIBRA OPTICA		
ADSS 96 PELOS		
ADSS 48 PELOS		
ADSS 24 PELOS		
ADSS 12 PELOS		
ADSS 8 PELOS		
ADSS 4 PELOS		
DROP 2 PELOS		
DROP 1 PELO		
CAJAS DE EMPALME		
BOT 96		Botellas / Cajas de empalmes de 96 pelos
BOT 48		Botellas / Cajas de empalmes de 48 pelos
BOT 24		Botellas / Cajas de empalmes de 24 pelos
CDO o CAJAS NAP		
CDO PRIMARIO		Caja de dsitribución óptica primaria
CDO SECUNDARIO / NAP		Caja de distribución óptica secundaria / Cajas NAP

Fig. 27: Identificación de Colores y Simbología

4.5.8.2. Distribución Fibra Troncal

En la distribución de las fibras troncales, subtroncal y de distribución en los diferentes sectores, se utilizará un doble nivel de splitteo 1:8. Por lo tanto, se necesitará la instalación de CDO, es decir, cajas con un Splitter 1:8 interno que permite distribuir la fibra óptica instalada por medio de splitters PLC.

Así mismo, para la distribución de fibra óptica tipo ADSS se requerirá de postería propia. Para ello, se colocarán postes de eucalipto impregnado con CCA (Arseniato de Cobre Cromatado), este material permitirá prolongar la vida útil de la madera y prevenir futuras asistencias para mantenimiento. Cabe aclarar, la colocación de postería se realizará cada 70mt en el caso de fibra óptica troncal o de interconexión, para la fibra óptica de distribución serán colocados cada 40mt.

En cada uno de estos postes encontraremos los elementos para la sujeción de la fibra óptica. Consiste en un conjunto de herrajes que permiten realizar la fijación de la fibra al poste o columna, para ello se utilizan los flejes de acero inoxidable. Para evitar daños al momento de realizar el tendido de poste a poste se utilizan retenciones preformadas conformadas de alambre de aluminio o acero y, para sostener estas retenciones se implementará el aro guardacabo de acero que estarán sujetas al poste por una ménsula de ojal abierto de acero (TU). En los postes

donde se incluya cruz de reserva se dejarán 50mt de fibra óptica adicional para asistencias en caso de requerirse.

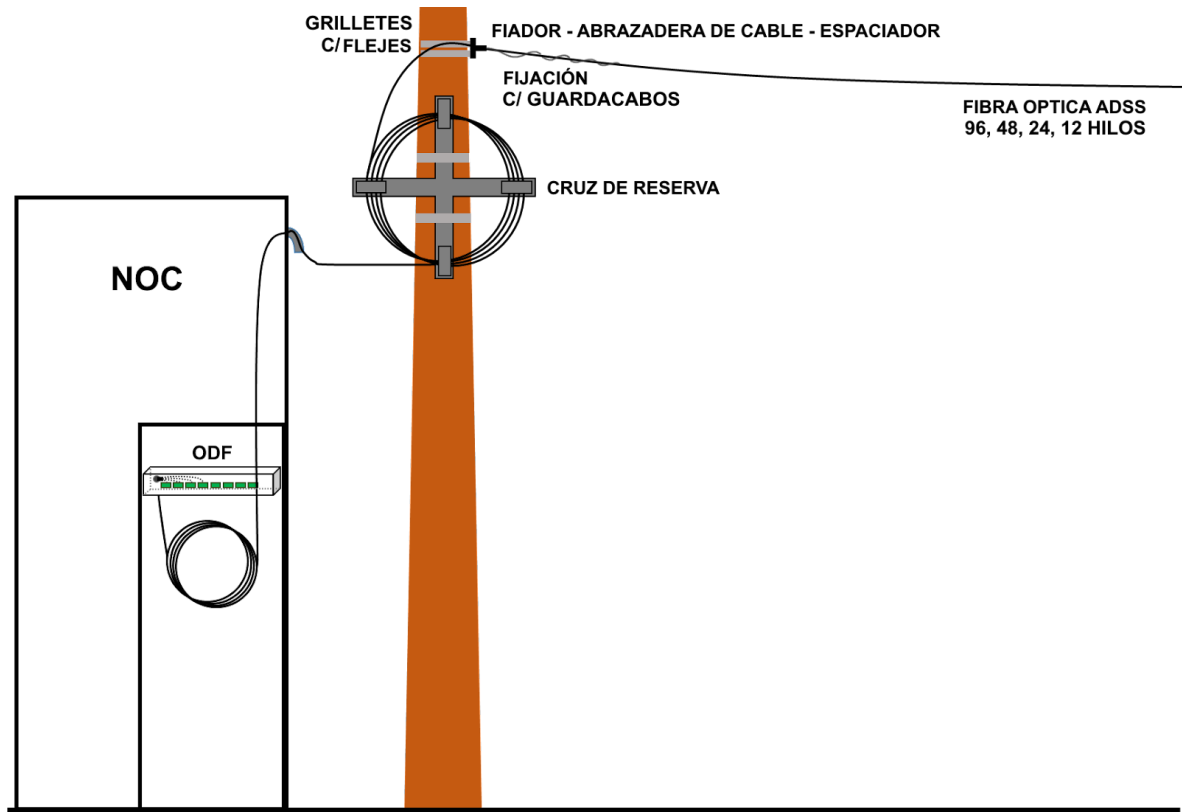


Fig. 28: Esquema de soportes para tendido aéreo

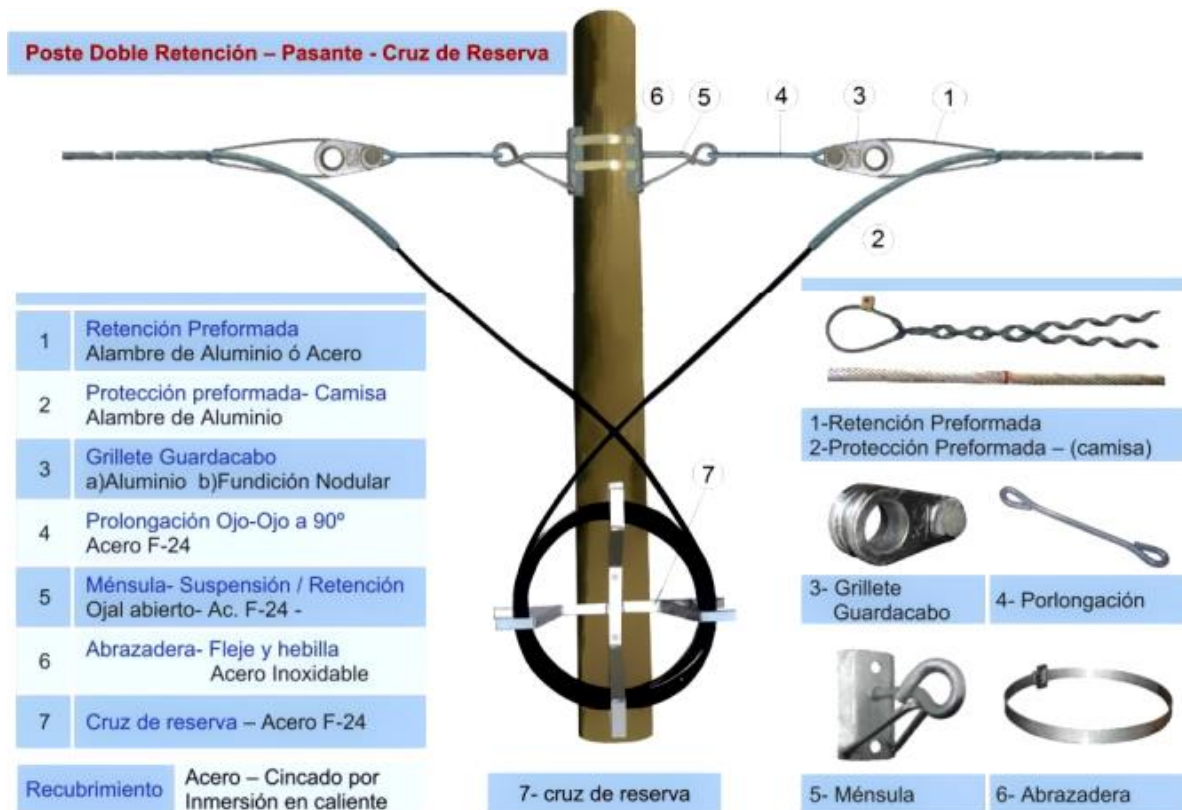


Fig. 29: Elementos de soportes para el tendido aéreo

4.5.8.3. Bajada Domiciliaria

A lo largo del despliegue de fibra óptica de distribución se instalarán Cajas de Distribución Óptica Secundarias. Estas cajas son utilizadas como punto de terminación para que el cable de fibra alimentador se conecte con el cable de bajada hacia el suscriptor dentro del esquema de distribución FTTH y, dentro de ellas puede realizarse empalme, división y distribución, mientras que proporciona protección para la fibra y permite la administración física de la red.

La bajada al suscriptor se realizará directamente con un drop de fibra óptica de 1 pelo con tensor para sujeción al poste o muro, que parte desde la CDO Secundaria o Punto de Acceso de Red (NAP) y terminará su camino en el domicilio del cliente conectándose a una roseta de interior de 2 puertos. Desde allí, la conexión con la respectiva ONT se realiza por medio de un patchcord con conectores rápidos SC/APC.

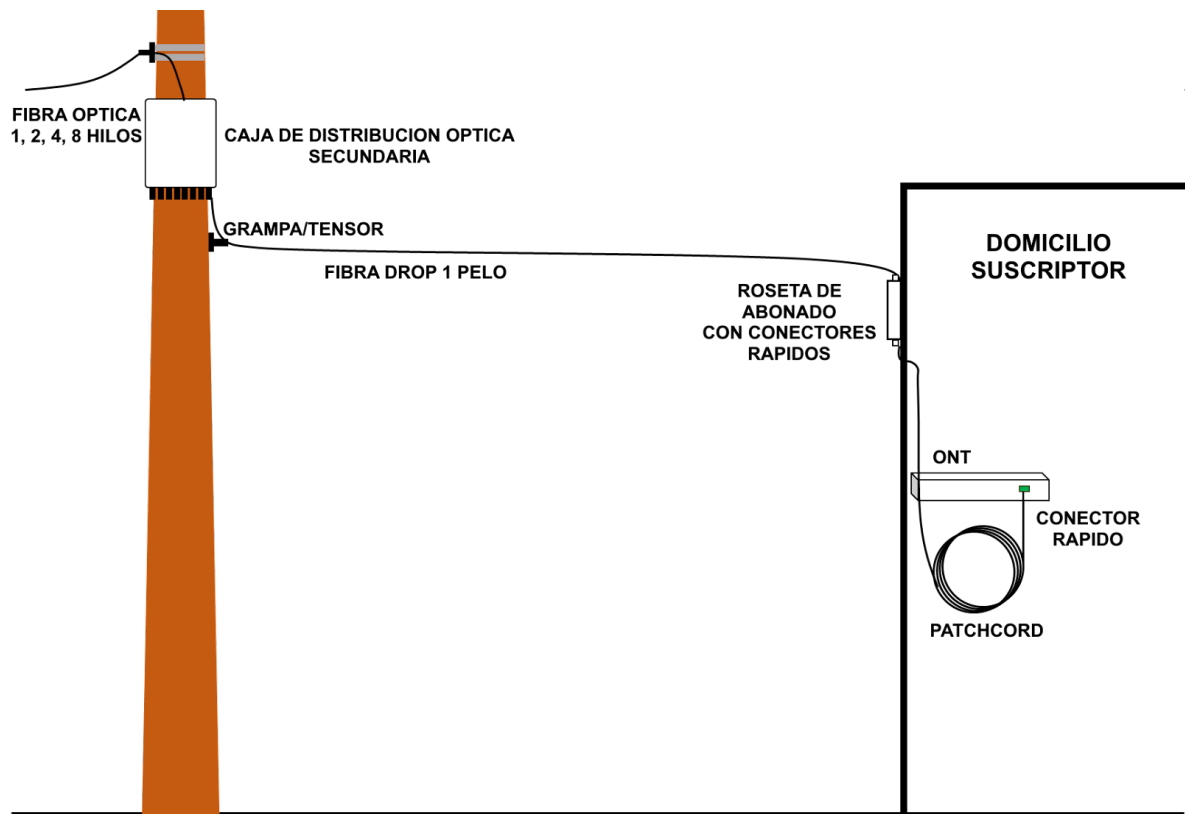


Fig. 30: Esquema de bajada domiciliaria

CAPITULO 5: Despliegue de Red Wireless

5.1. Objetivo Red Inalámbrica

A continuación, se procede con la descripción de la proyección de obra destinada a proporcionar conectividad a las cuatro localidades pertenecientes a la segunda sección del departamento de Rosario de la Frontera; permitiéndonos de esta manera incrementar el alcance y la cobertura de nuestra red haciendo uso de tecnología de radio enlaces.

Dentro de la planificación realizada, se contempla la construcción de 7 nodos adicionales a nuestro Network Operation Center (NOC). El primero de ellos, punto a partir del cual comenzará la extensión de nuestra red, está situado en el Cerro Termas ubicado a 7km de la zona céntrica de la ciudad. Se escogió este punto debido a que nos proporciona una línea de vista adecuada para la realización del enlace de radio troncal hacia nuestro primer objetivo, el paraje Almirante Brown al que se prevé brindar conectividad.

El ancho de banda destinado a la conexión de estas localidades tomará camino desde el NOC ubicado en Rosario de la Frontera, por lo que, mediante la realización de un enlace Punto a Punto lograremos la bajada de servicio en Nodo Termas y desde allí comenzar nuestra distribución.

5.2. Descripción Del Proyecto

El despliegue Wireless comprende el diseño de red para perfeccionar el servicio de conectividad en Almirante Brown y las localidades Copo Quile, Potrero y Antillas que, actualmente cuentan con un servicio limitado de internet o una deficiente conexión. Para ello, el despliegue de red adoptará las normas 802.11ac, tanto para la implantación de enlaces troncales PtP como para la conexión de última milla PtMP.

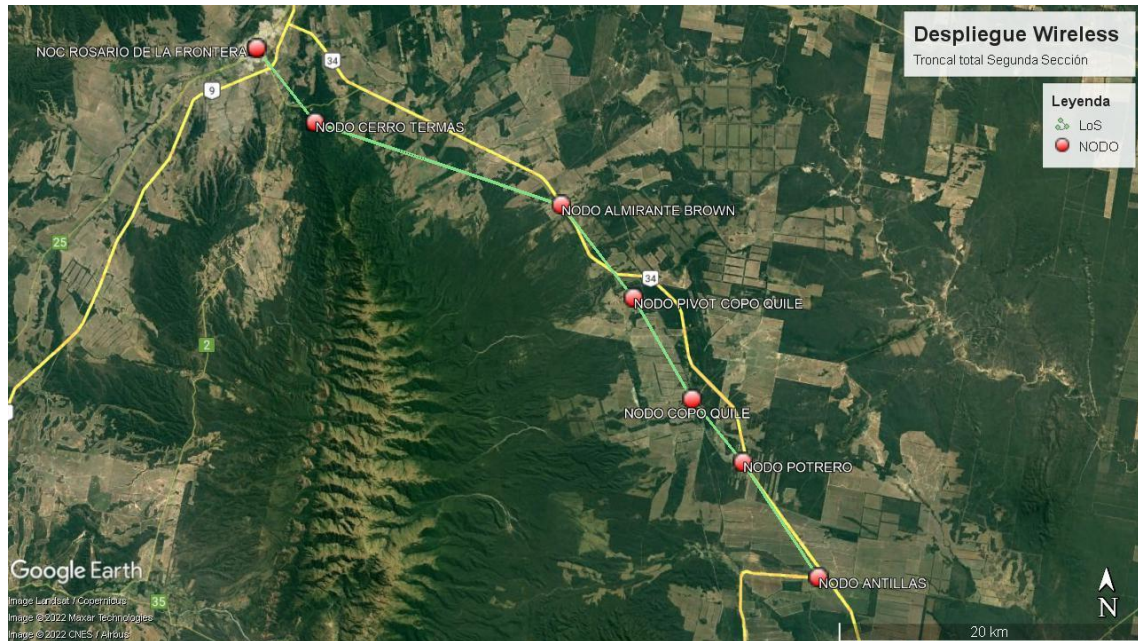


Fig. 31: Enlace inalámbrico troncal completo

5.3. Implementación

Esta etapa del proyecto prevé conectar los nodos ubicados en las diferentes localidades mediante enlaces inalámbricos troncales. Cada uno de los puntos fueron escogidos estratégicamente considerando el perfil topográfico de la geografía de la zona y, a través del montaje de torres serie C35 con tramos de 6 metros de altura, se obtiene la línea de vista requerida en cada punto para la instalación de parábolas y equipos de radio con características de funcionamiento que proporcionan la capacidad de throughput requerido para hacer frente a la tasa de tráfico.

Para la conectividad de estos dispositivos será necesaria la implementación de un switch capa 3. El dispositivo seleccionado para esta red tiene la capacidad de tomar alimentación para su funcionamiento mediante la conexión directa con el banco de baterías de 24V. Este switch presenta la particularidad que cada uno de sus puertos puede ser utilizado para la conexión de datos y como así también para energizar los equipos de radio por PoE integrado, ya que dispone de una fuente Step-Up que proporciona alimentación de 24Vcc y 48Vcc.

El esquema mostrado a continuación representa la distribución de todos los elementos de red necesarios para la puesta en marcha de cada uno de estos nodos, como así también la disposición de los sistemas de energía y puesta a tierra correspondiente.

Diagrama de Nodo - Wireless

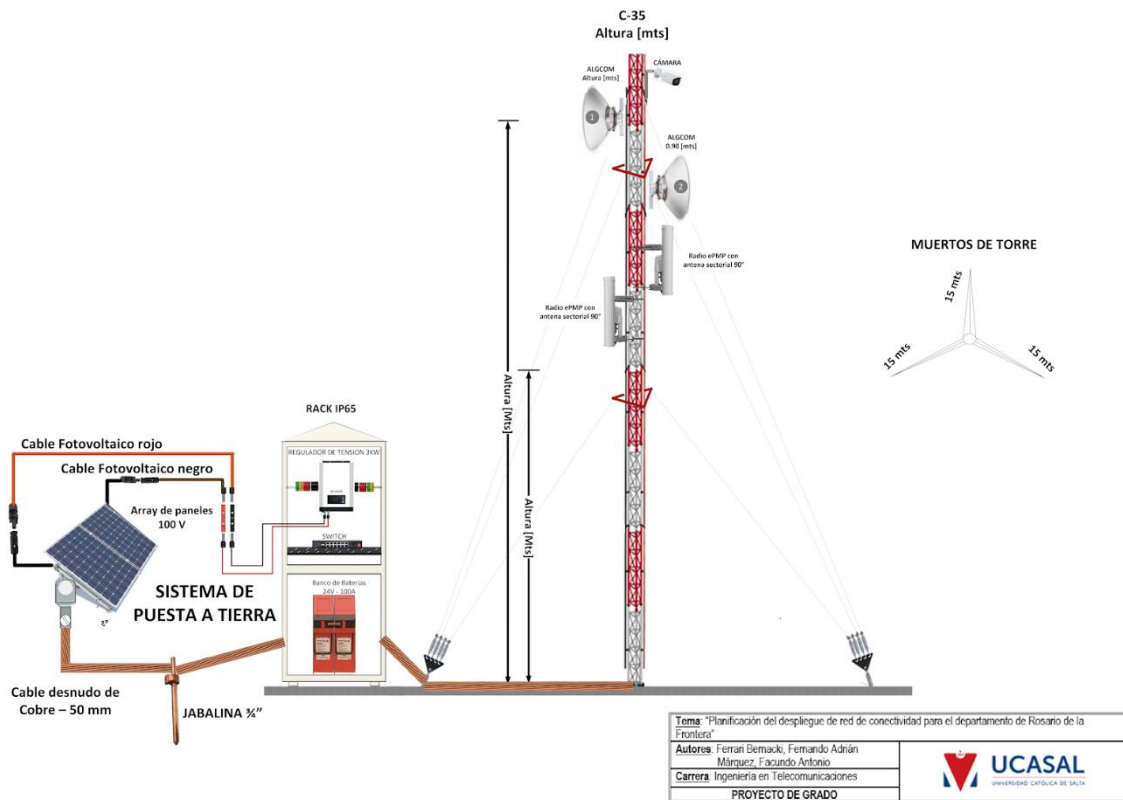


Fig. 32-Disposición de equipamiento por nodo

5.4. Interconexión Wireless

El troncal total involucra el establecimiento de seis enlaces de transporte punto a punto. A continuación se especifican las características técnicas y el equipamiento utilizado. La descripción de cada uno de estos saltos y los materiales necesarios se detallarán en el próximo apartado.

ENLACE	NODO	NODO DESTINO	DISTANCIA TRONCAL [km]	TORRE C35 ALTURA [mt]
T1	NOC	CERRO TERMAS	6,508	36
T2	CERRO TERMAS	ALMIRANTE BROWN	17,445	24
T3	ALMIRANTE BROWN	PIVOT COPO QUILE	7,876	42
T4	PIVOT COPO QUILE	COPO QUILE	7,757	42
T5	COPO QUILE	POTRERO	5,345	30
T6	POTRERO	ANTILLAS	9,001	24
-	ANTILLAS	-	-	24

CARACTERISTICAS TECNICAS					
ENLACE PTP	ALTURA AP [mt]	ALTURA STATION [mt]	EQUIPO DE RADIO	PARÁBOLA	FRECUENCIA DE OPERACIÓN [GHz]
T1	35	23	MIMOSA C5c	ALGCOM UHP-5800-32-09-DP	4.9 – 6.425
T2	19	40			
T3	41	42			
T4	40	30			
T5	28	23			
T6	21	23			

Para cada uno de los saltos mencionados se escogió la solución del fabricante Airspan, en específico el modelo Mimosa C5c. Este equipo de radio conectorizado proporciona gran flexibilidad a nuestra red debido a que su arquitectura permite el manejo de grandes tazas de tráfico en enlaces de largo alcance PTP con capacidades de hasta 700 Mbps en transporte TCP. Al ser un dispositivo compatible con el conector RP-SMA 2x2:2 MIMO facilita la conectividad con muchas antenas populares. Para esta red se escogió la parábola del fabricante ALGcom, modelo UHP-5800-32-09-DP que presenta un gran desempeño en zonas con elevados niveles de ruido e interferencia y proporciona un mejor rendimiento.

5.4.1. Método De Propagación

Para la realización de los enlaces troncales por radio se adoptó el método de propagación por Línea de Vista (LoS) o también llamado Propagación por Onda Directa.

La Propagación por Onda Directa es aquella en la que el camino que recorre la señal es una línea recta desde el emisor hasta el receptor, sin tocar ni la superficie terrestre ni la ionosfera.



Fig. 33 - Esquema de Propagación por Línea de Vista

La principal ventaja de este tipo de propagación es que la atenuación es mínima, siendo únicamente la que se produce por el espacio abierto y los posibles agentes meteorológicos. Sin embargo, el principal inconveniente es que para que pueda existir la comunicación, debe haber visión directa entre el transmisor y el receptor.

Tal es el caso de los radioenlaces de microondas, en los que se utilizan frecuencias muy altas (superiores a 1 GHz) para disponer de un gran ancho de banda y por tanto mayor capacidad, pero es imprescindible que haya visión directa para establecer la comunicación, lo que se conoce como línea de visión (L.O.S, line of sight).

Como ya se mencionó, este modelo requiere que la visibilidad entre transmisor y receptor sea completa y libre de obstáculos. Este análisis puede llevarse a cabo analizando el perfil del terreno a lo largo del cual se extiende el trayecto de propagación, en el cual debe verificarse que existe línea de vista directa entre ambos extremos. En el caso que este trayecto está bloqueado, entonces se asume que el nivel de señal recibida es nulo.

Ahora, siempre que se respete la línea de vista, podemos calcular la potencia recibida en el extremo donde se encuentre el dispositivo receptor.

Para enlaces punto a punto los factores a considerar en los cálculos de potencias son la Atenuación del Espacio Libre y el Margen de Desvanecimiento que influyen directamente en la trayectoria de nuestra señal. Por eso es que para este proyecto, se utilizó la herramienta LinkPlanner para determinar la factibilidad de los enlaces PTP necesarios para la distribución por aire. Esta herramienta contempla todos estos parámetros y otros adicionales adecuados a la geografía de la zona para estimar los niveles de potencia recibida, modulación y capacidad que tendrán nuestros enlaces.

5.4.2. Cálculo De Potencia De Recepción

5.4.2.1. Enlace Cerro Termas – Almirante Brown

Realizando el cálculo de potencia recibida para el salto con mayor recorrido en km que tendremos en nuestro troncal wireless procederemos a realizar una comparativa con la herramienta del fabricante Cambium Networks a utilizar.

$$P_{Tx} = 23 \text{ dBm}$$

$$d = 17,445 \text{ km}$$

$$G_{ant} = 32 \text{ dBi}$$

$$F = 5,8 \text{ GHz}$$

Atenuación del espacio libre:

$$A_o = -32,4 - 20 \log(F_{MHz}) - 20 \log(d_{km}) \text{ [dB]}$$

Formula de potencia Rx:

$$P_{Rx} = P_{tx} + G_{ant_{Tx}} + G_{ant_{Rx}} - A_o$$

Reemplazando los valores en las fórmulas obtenemos:

$$A_o = -32,4 - 20 \log(5800) - 20 \log(17.445) = -132,5 \text{ [dB]}$$

$$P_{Rx} = 23[\text{dBm}] + 2 * 32[\text{dBi}] - 132,5[\text{dB}] = -45,5 \text{ [dBm]}$$

Esto nos indica que en este enlace, el dispositivo de radio receptor debe recibir un nivel de señal correspondiente a -45,5 dBm.

Mediante la herramienta LinkPlanner obtuvimos los resultados mostrados a continuación:

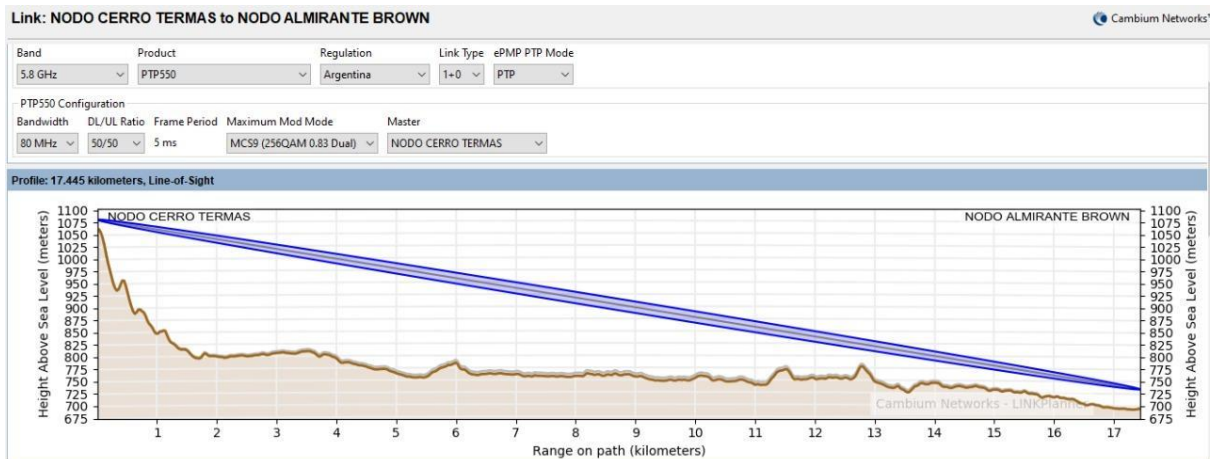


Fig. 34: Línea de vista troncal Cerro Termas - Almirante Brown

Configuration at Each End

NODO CERRO TERMAS
 Cambium Networks 3ft High Performance Dual-Polar Parabolic RDH4509C (32.6dBi)
 Antenna Height: 19 meters (Max height at site is 24.0 m)
 Cable Loss: 1.0 dB
 Maximum EIRP: 54.6 dBm ☐ User limit
 Maximum Power: 23.0 dBm ☐ User limit
 Tx Frequency: -- MHz
☐ Interference:
 MAC Address:

NODO ALMIRANTE BROWN
 Cambium Networks 3ft High Performance Dual-Polar Parabolic RDH4509C (32.6dBi)
 Antenna Height: 40 meters (Max height at site is 42.0 m)
 Cable Loss: 1.0 dB
 Maximum EIRP: 54.6 dBm ☐ User limit
 Maximum Power: 23.0 dBm ☐ User limit
 Tx Frequency: -- MHz
☐ Interference:
 MAC Address:

Performance Summary (ITU-R P.530-17)

Performance to NODO CERRO TERMAS: Predicted Receive Power: -46 dBm ± 5 dB

Operating Conditions: Frame Size: 1518 Bytes

Performance to NODO ALMIRANTE BROWN: Predicted Receive Power: -46 dBm ± 5 dB

Fig. 35: Resultados de Señal Recibida LinkPlanner

La performance de este enlace se representa en la siguiente tabla. En la práctica, se considera que nuestro enlace PTP troncal tendrá un comportamiento similar al que se muestra asociado a un Margen de Fading o Desvanecimiento de aproximadamente 15 dB y es deseable que este parámetro no se aleje demasiado de ese valor puesto que, al ser superior, el rendimiento y capacidad de nuestro enlace caerá.

Performance Details: NODO CERRO TERMAS to NODO ALMIRANTE BROWN

Common details																		
MCS:	MCS9	MCS8	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1	MCS9	MCS8	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1
Mode:	256QAM	256QAM	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	256QAM	256QAM	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK
Code Rate:	0.83	0.75	0.83	0.75	0.67	0.75	0.5	0.75	0.5	0.83	0.75	0.83	0.75	0.67	0.75	0.5	0.75	0.5
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate IP Throughput (Mbps):	650.54	587.29	487.90	433.68	397.54	289.12	198.78	144.56	90.36	325.26	289.12	234.92	216.84	198.78	144.56	90.36	72.28	36.14
Performance to NODO CERRO TERMAS																		
Max IP Throughput (Mbps):	325.27	289.13	243.95	216.84	198.77	144.56	99.39	72.28	45.18	162.63	144.56	117.46	108.42	99.39	72.28	45.18	36.14	18.07
Fade Margin (dB):	6.55	9.55	14.55	18.55	20.55	24.55	26.55	30.55	31.55	10.55	13.55	16.55	19.55	22.55	26.55	28.55	30.55	33.55
Mode Availability (%):	99.9881	99.9882	99.9994	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Mode Unavailability (per year):	1.0 hrs	9.4 mins	3.0 mins	2.5 mins	2.5 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	1 secs
Receive Time in Mode (%):	99.9881	0.0101	0.0012	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to NODO ALMIRANTE BROWN																		
Max IP Throughput (Mbps):	325.27	298.16	243.95	216.84	198.77	144.56	99.39	72.28	45.18	162.63	144.56	117.46	108.42	99.39	72.28	45.18	36.14	18.07
Fade Margin (dB):	7.55	10.55	14.55	18.55	21.55	25.55	27.55	31.55	33.55	12.55	14.55	19.55	21.55	23.55	28.55	30.55	32.55	34.55
Mode Availability (%):	99.9944	99.9988	99.9994	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Mode Unavailability (per year):	29.5 mins	6.3 mins	3.0 mins	2.5 mins	2.5 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	1 secs
Receive Time in Mode (%):	99.9944	0.0044	0.0006	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Fig. 36: Performance estimado enlace Cerro Termas - Almirante Brown

Para el estudio de factibilidad de los enlaces de este proyecto se seleccionó como dispositivo de radio el equipo PTP 550 y parábola de 32,6 dbi del fabricante Cambium Networks que presenta características similares al radio seleccionado Mimosa C5c y parábola ALG.

A continuación, mostramos los resultados obtenidos mediante LinkPlanner para los enlaces troncales restantes:

5.4.2.2. Enlace NOC Rosario De La Frontera – Cerro Termas

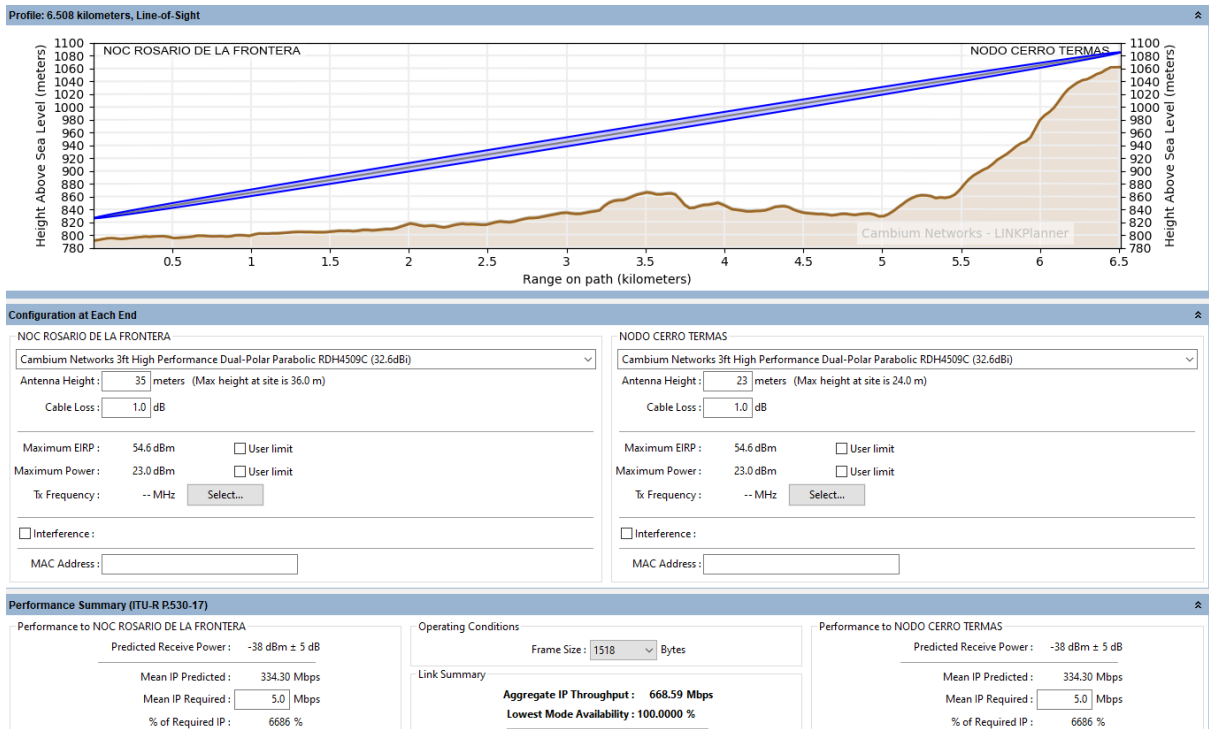


Fig. 37: Resultados Señal Recibida Linkplanner

Performance Details: 1- NOC ROSARIO DE LA FRONTERA to NODO CERRO TERMAS

Common details																
MCS:	MCS9	MCS8	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1	MCS9	MCS8	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3
Mode:	256QAM	256QAM	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	256QAM	256QAM	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM
Code Rate:	0.83	0.75	0.83	0.75	0.67	0.75	0.5	0.75	0.5	0.83	0.75	0.83	0.75	0.67	0.75	0.5
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate IP Throughput (Mbps):	668.60	596.32	505.98	451.76	397.54	289.12	198.78	144.56	90.36	325.26	289.12	252.98	216.84	198.78	144.56	90.36
Performance to NOC ROSARIO DE LA FRONTERA																
Max IP Throughput (Mbps):	334.30	298.16	252.99	225.88	198.77	144.56	99.39	72.28	45.18	162.63	144.56	126.49	108.42	99.39	72.28	45.18
Fade Margin (dB):	15.20	18.20	23.20	27.20	29.20	33.20	35.20	39.20	40.20	19.20	22.20	25.20	28.20	31.20	35.20	37.20
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
Mode Unavailability (per year):	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to NODO CERRO TERMAS																
Max IP Throughput (Mbps):	334.30	298.16	252.99	225.88	198.77	144.56	99.39	72.28	45.18	162.63	144.56	126.49	108.42	99.39	72.28	45.18
Fade Margin (dB):	16.20	19.20	23.20	27.20	30.20	34.20	36.20	40.20	42.20	21.20	23.20	28.20	30.20	32.20	37.20	39.20
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
Mode Unavailability (per year):	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Fig. 38: Performance estimado enlace NOC - Cerro Termas

5.4.2.3. Enlace Almirante Brown – Pivot Copo Quile

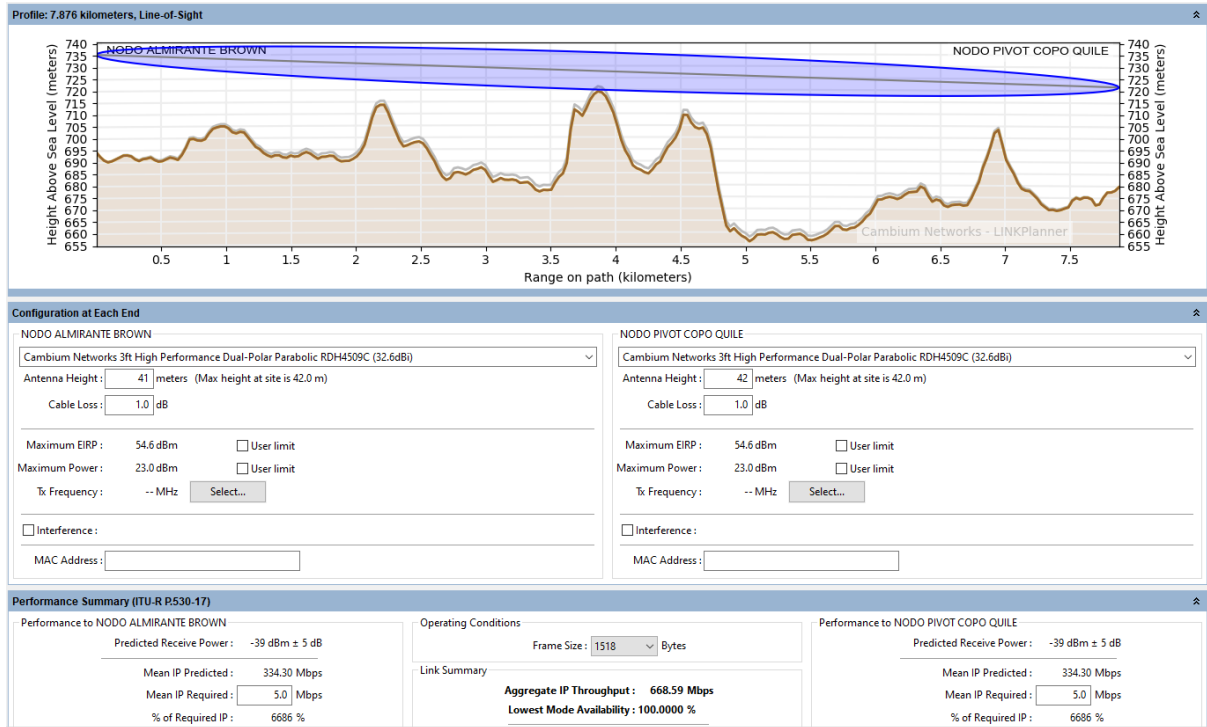


Fig. 39: Resultados Señal Recibida Linkplanner

Performance Details: 3- NODO ALMIRANTE BROWN to NODO PIVOT COPO QUILE

Common details																
MCS:	MCS9	MCS8	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1	MCS9	MCS8	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3
Mode:	256QAM	256QAM	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	256QAM	256QAM	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM
Code Rate:	0.83	0.75	0.83	0.75	0.67	0.75	0.5	0.75	0.5	0.83	0.75	0.83	0.75	0.67	0.75	0.5
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate IP Throughput (Mbps):	668.60	596.32	496.94	451.76	397.54	289.12	198.78	144.56	90.36	325.26	289.12	252.98	216.84	198.78	144.56	90.36
Performance to NODO ALMIRANTE BROWN																
Max IP Throughput (Mbps):	334.30	298.16	243.95	225.88	198.77	144.56	99.39	72.28	45.18	162.63	144.56	126.49	108.42	99.39	72.28	45.18
Fade Margin (dB):	13.53	16.53	21.53	25.53	27.53	31.53	33.53	37.53	38.53	17.53	20.53	23.53	26.53	29.53	33.53	35.53
Mode Availability (%):	99.9994	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
Mode Unavailability (per year):	3.0 mins	2.6 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days
Receive Time in Mode (%):	99.9994	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to NODO PIVOT COPO QUILE																
Max IP Throughput (Mbps):	334.30	298.16	252.99	225.88	198.77	144.56	99.39	72.28	45.18	162.63	144.56	126.49	108.42	99.39	72.28	45.18
Fade Margin (dB):	14.53	17.53	21.53	25.53	28.53	32.53	34.53	38.53	40.53	19.53	21.53	26.53	28.53	30.53	35.53	37.53
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
Mode Unavailability (per year):	2.8 mins	2.5 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Fig. 40: Performance estimado enlace Almirante Brown - Pivot Copo Quile

5.4.2.4. Enlace Pivot Copo Quile – Copo Quile

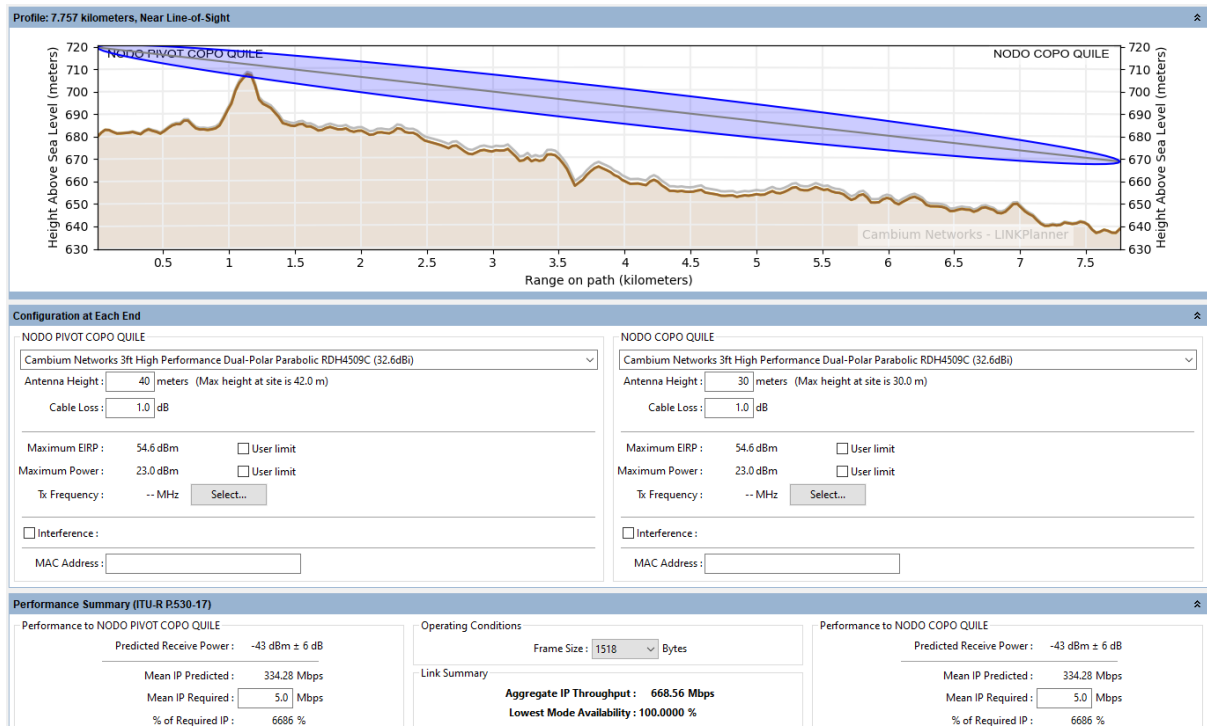


Fig. 41: Resultados Señal Recibida Linkplanner

Performance Details: 4- NODO PIVOT COPO QUILE to NODO COPO QUILE

Common details																		
MCS:	MCS9	MCS8	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1	MCS9	MCS8	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1
Mode:	256QAM	256QAM	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	256QAM	256QAM	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK
Code Rate:	0.83	0.75	0.83	0.75	0.67	0.75	0.5	0.75	0.5	0.83	0.75	0.83	0.75	0.67	0.75	0.5	0.75	0.5
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate IP Throughput (Mbps):	668.60	596.32	505.98	451.76	397.54	289.12	198.78	144.56	90.36	325.26	289.12	252.98	216.84	198.78	144.56	90.36	72.28	36.14
Performance to NODO PIVOT COPO QUILE																		
Max IP Throughput (Mbps):	334.30	298.16	252.99	225.88	198.77	144.56	99.39	72.28	45.18	162.63	144.56	126.49	108.42	99.39	72.28	45.18	36.14	18.07
Fade Margin (dB):	10.48	13.48	18.48	22.48	24.48	28.48	30.48	34.48	35.48	14.48	17.48	20.48	23.48	26.48	30.48	32.48	34.48	37.48
Mode Availability (%):	99.9887	99.9889	99.9889	99.9889	99.9889	99.9889	99.9889	99.9889	99.9889	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	100.0000
Mode Unavailability (per year):	59.1 mins	58.3 mins	58.1 mins	58.1 mins	58.1 mins	58.1 mins	58.1 mins	58.1 mins	58.1 mins	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	1 secs
Receive Time in Mode (%):	99.9887	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0111	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to NODO COPO QUILE																		
Max IP Throughput (Mbps):	334.30	298.16	252.99	225.88	198.77	144.56	99.39	72.28	45.18	162.63	144.56	126.49	108.42	99.39	72.28	45.18	36.14	18.07
Fade Margin (dB):	11.48	14.48	18.48	22.48	25.48	29.48	31.48	35.48	37.48	16.48	18.48	23.48	25.48	27.48	32.48	34.48	36.48	38.48
Mode Availability (%):	99.9888	99.9889	99.9889	99.9889	99.9889	99.9889	99.9889	99.9889	99.9889	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	100.0000
Mode Unavailability (per year):	58.7 mins	58.2 mins	58.1 mins	58.1 mins	58.1 mins	58.1 mins	58.1 mins	58.1 mins	58.1 mins	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	1 secs
Receive Time in Mode (%):	99.9888	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0111	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Fig. 42: Performance estimado enlace Copo Quile - Copo Quile

5.4.2.5. Enlace Copo Quile – Potrero

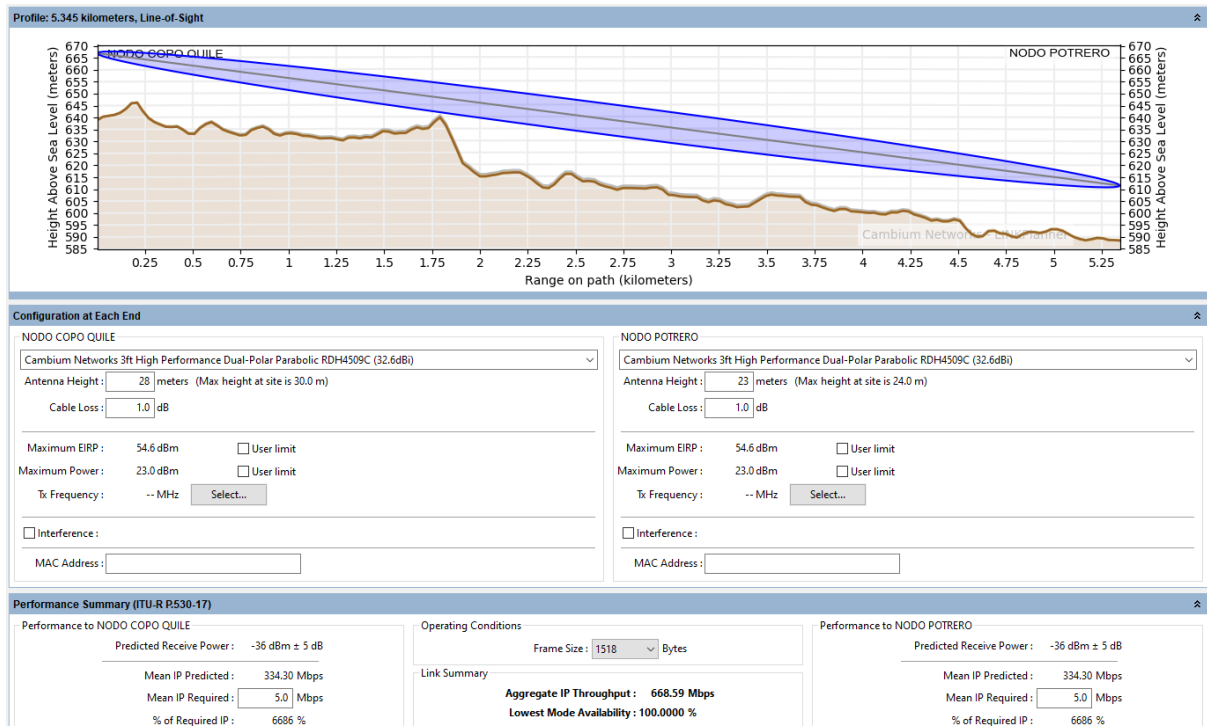


Fig. 43: Resultados Señal Recibida Linkplanner

Performance Details: 5- NODO COPO QUILE to NODO POTRERO

Common details																		
MCS:	MCS9	MCS8	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1	MCS9	MCS8	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1
Mode:	256QAM	256QAM	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	256QAM	256QAM	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK
Code Rate:	0.83	0.75	0.83	0.75	0.67	0.75	0.5	0.75	0.5	0.83	0.75	0.83	0.75	0.67	0.75	0.5	0.75	0.5
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate IP Throughput (Mbps):	668.60	596.32	505.98	451.76	397.54	289.12	198.78	144.56	90.36	325.26	289.12	252.98	216.84	198.78	144.56	90.36	72.28	36.14
Performance to NODO COPO QUILE																		
Max IP Throughput (Mbps):	334.30	298.16	252.99	225.88	198.77	144.56	99.39	72.28	45.18	162.63	144.56	126.49	108.42	99.39	72.28	45.18	36.14	18.07
Fade Margin (dB):	16.92	19.92	24.92	28.92	30.92	34.92	36.92	40.92	41.92	20.92	23.92	26.92	29.92	32.92	36.92	38.92	40.92	43.92
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Mode Unavailability (per year):	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	1 secs
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to NODO POTRERO																		
Max IP Throughput (Mbps):	334.30	298.16	252.99	225.88	198.77	144.56	99.39	72.28	45.18	162.63	144.56	126.49	108.42	99.39	72.28	45.18	36.14	18.07
Fade Margin (dB):	17.92	20.92	24.92	28.92	31.92	35.92	37.92	41.92	43.92	22.92	24.92	29.92	31.92	33.92	38.92	40.92	42.92	44.92
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Mode Unavailability (per year):	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	1 secs
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Fig. 44: Performance estimado enlace Copo Quile - Nodo Potrero

5.4.2.6. Enlace Potrero – Antillas

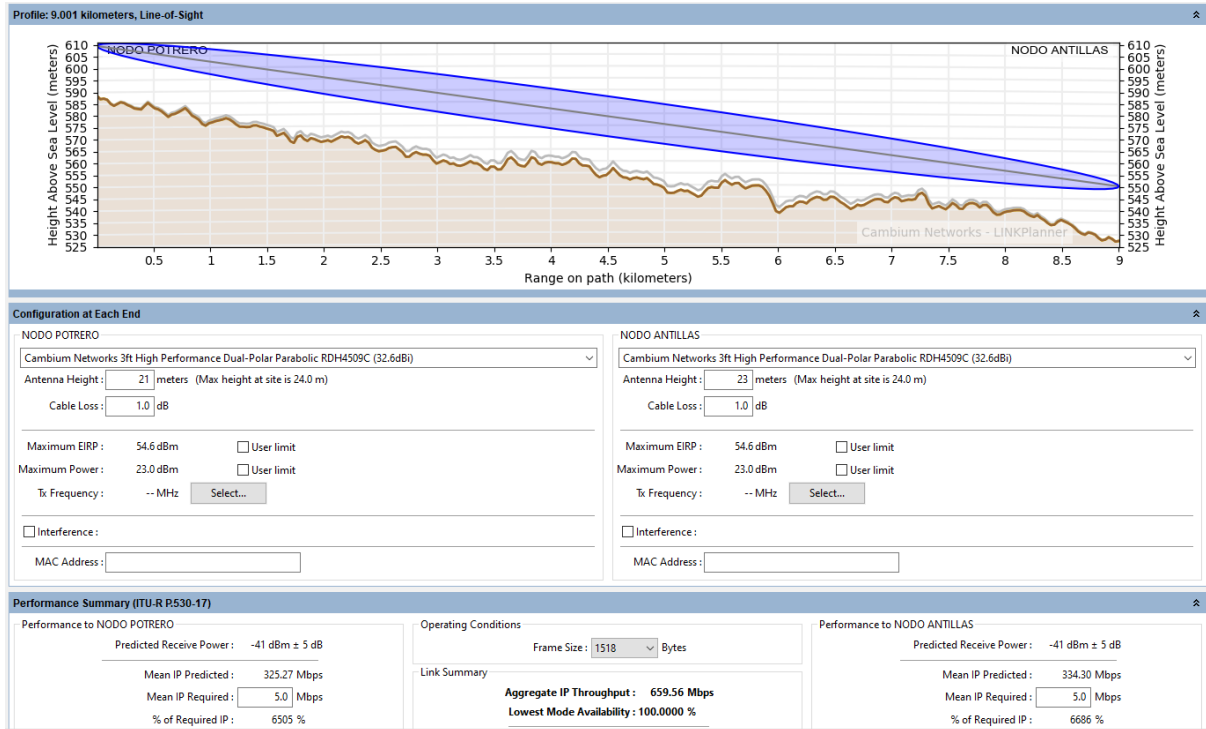


Fig. 45: Resultados Señal Recibida Linkplanner

Performance Details: 6- NODO POTRERO to NODO ANTILLAS

Common details																
MCS:	MCS9	MCS8	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1	MCS9	MCS8	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3
Mode:	256QAM	256QAM	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	256QAM	256QAM	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM
Code Rate:	0.83	0.75	0.83	0.75	0.67	0.75	0.5	0.75	0.5	0.83	0.75	0.83	0.75	0.67	0.75	0.5
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate IP Throughput (Mbps):	659.57	596.32	496.94	451.76	397.54	289.12	198.78	144.56	90.36	325.26	289.12	243.95	216.84	198.78	144.56	90.36
Performance to NODO POTRERO																
Max IP Throughput (Mbps):	325.27	298.16	243.95	225.88	198.77	144.56	99.39	72.28	45.18	162.63	144.56	117.46	108.42	99.39	72.28	45.18
Fade Margin (dB):	12.36	15.36	20.36	24.36	26.36	30.36	32.36	36.36	37.36	16.36	19.36	22.36	25.36	28.36	32.36	34.36
Mode Availability (%):	99.9994	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
Mode Unavailability (per year):	3.1 mins	2.6 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days
Receive Time in Mode (%):	99.9994	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to NODO ANTILLAS																
Max IP Throughput (Mbps):	334.30	298.16	252.99	225.88	198.77	144.56	99.39	72.28	45.18	162.63	144.56	126.49	108.42	99.39	72.28	45.18
Fade Margin (dB):	13.36	16.36	20.36	24.36	27.36	31.36	33.36	37.36	39.36	18.36	20.36	23.36	27.36	29.36	34.36	36.36
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
Mode Unavailability (per year):	2.8 mins	2.5 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	2.4 mins	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days	365.0 days
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Fig. 46: Performance estimado enlace Potrero – Antillas

5.5. Última Milla

La solución propuesta para la conexión con los suscriptores requerirá de la instalación en torre de equipos de radio PtMP y paneles sectoriales, con un área de cobertura direccional y una apertura de 90° del fabricante Cambium Networks. Su portfolio está basado en los estándares 802.11n y 802.11ac. Se optó por implementar para la red de última milla los paneles ePMP3000 cuya arquitectura trabaja con el estándar 802.11ac, esta alternativa proporcionará

una mejor administración en los dispositivos al permitir ejecutar analizador de espectro sin interrumpir el servicio con los dispositivos suscriptores.

Las soluciones basadas en 802.11n presentan esta limitación ya que únicamente permite ejecutar un modo de funcionamiento por vez, es decir establecer comunicación con los equipos de clientes o efectuar el análisis de espectro. Además 802.11ac alcanza tasas de tráfico mucho mayores en comparación con el estándar de anterior generación y esto nos proporcionará una mayor escalabilidad ya que disponer de una mayor capacidad podremos hacer frente a un mayor número de usuarios suscriptores.

Además, la gama de equipos seleccionada integra tecnología MU-MIMO (Multi-User MIMO), que permite la conectividad con múltiples usuarios en un mismo slot de tiempo lo que incrementa la velocidad del sistema.

Para nuestra red se estimó una capacidad máxima de hasta 60 suscriptores por panel, aunque la arquitectura del dispositivo elegido garantiza una conectividad de hasta 120 usuarios para servicios con anchos de banda no demasiado elevados.

El panel ePMP 3000 al ser un dispositivo de radio conectorizado, permite el acople con antenas sectoriales y, además, la instalación de un dispositivo GPS que proporciona sincronismo para la transferencia de información eliminando la auto-interferencia y mantiene alto el rendimiento a medida que se añadan más suscriptores.

Por otra parte, en el domicilio del cliente será necesaria la instalación de equipos de radio suscriptor del mismo fabricante en los domicilios.

A continuación, se detallan las características técnicas por nodo de este despliegue de última milla.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS – ACCESS POINT						
NODO	ACCES S POINT	ANTENA SECTORIA L	COBERTUR A [km]	ALTUR A [mt]	AZIMUT H	TIL T
ALMIRANT E BROWN	ePMP 3000	ePMP 3000 4x4	1	26	213°	1.0°
COPO QUILE		MU-MIMO 90° Sector	2	27	44°	-3.0°
			2	26	91°	0.0°
			2	25	111°	0.0°
POTRERO		4.9 GHz to 5.97 GHz	2	22	300°	0.0°
			1	21	68°	-1.0°
			1	20	206°	1.0°

ANTILLAS			1	21	266°	0.0°
			1	20	174°	-1.0°
			1	19	221°	0.0°

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS – RADIO SUSCRIPTOR ePMP				
RADIO	Estándar 802.11	GANANCIA [dBi]	FRECUENCIA DE OPERACIÓN [GHz]	ALCANCE [km]
Force 180	802.11n	16	5 – 6.4	6
Force 190	802.11n	22	5	10
Force 200	802.11n	25	5	12
Force 300-13L	802.11ac	13	5	3
Force 300-16	802.11ac	16	5	6
Force 300-25	802.11ac	25	5	15

5.6. Red De Distribución Wireless

5.6.1. Nodo Rosario De La Frontera

La distribución tomará camino desde el NOC, con coordenadas -25.800000, -64.969280 ubicado en el centro de la ciudad, en dirección hacia Nodo Cerro Termas conformando la primera etapa de la red Wireless.

Desde allí se realizará la distribución del servicio a los siguientes puntos, de los cuales se hablará posteriormente.

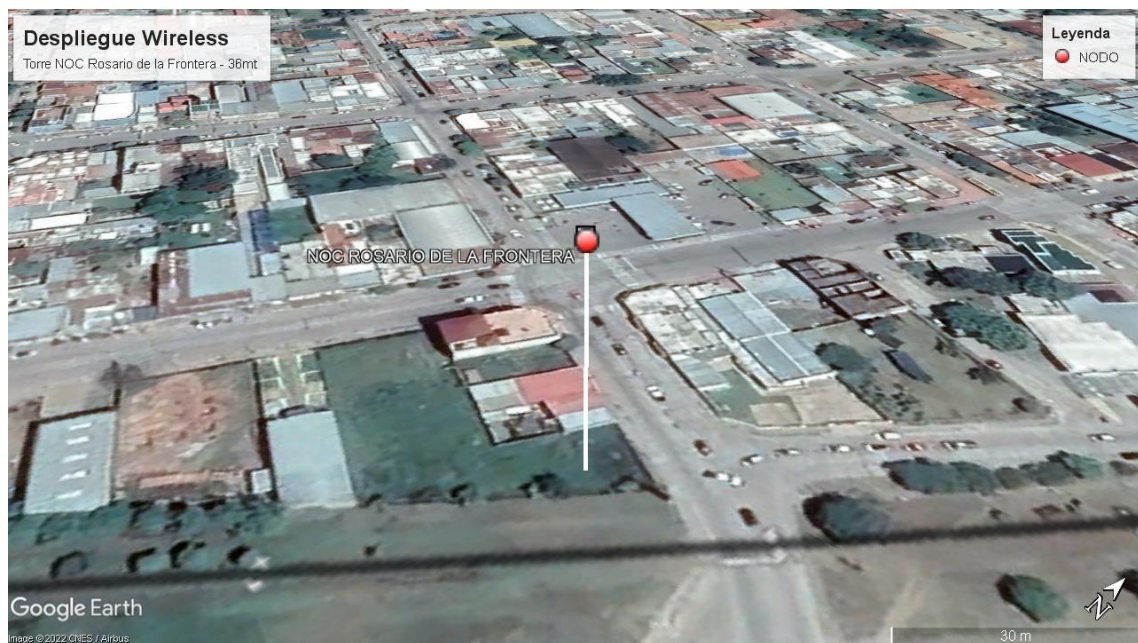


Fig. 47: Ubicación del NOC y disposición de torre de telecomunicaciones



Fig. 48: Visualización enlace troncal PTP NOC - Nodo Cerro Termas

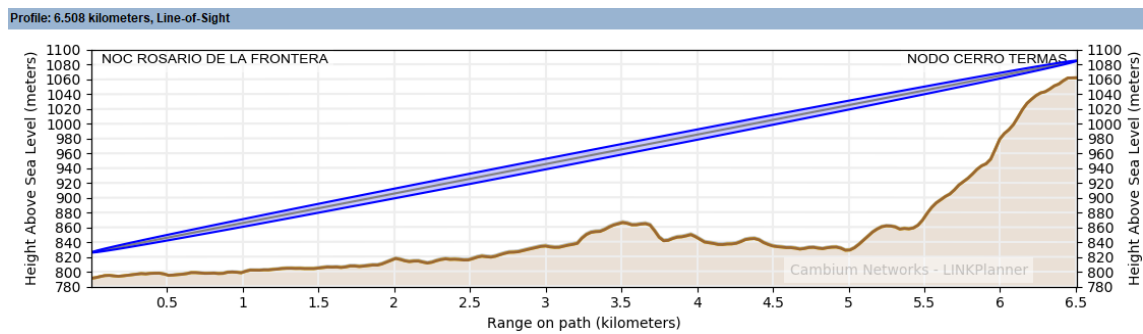


Fig. 49: Perfil de elevación del terreno y visualización de Zona de Fresnel hacia nodo Cerro Termas

5.6.2. Nodo Cerro Termas

En esta segunda etapa, se escogió el cerro termas, punto donde se colocará nuestro nodo ya que su ubicación y altura es la adecuada para dar continuidad al servicio. Posterior a su habilitación, se procederá al establecimiento del enlace troncal hacia nodo ubicado en el paraje Almirante Brown. Las coordenadas geográficas son las siguientes -25.845710, -64.928510.

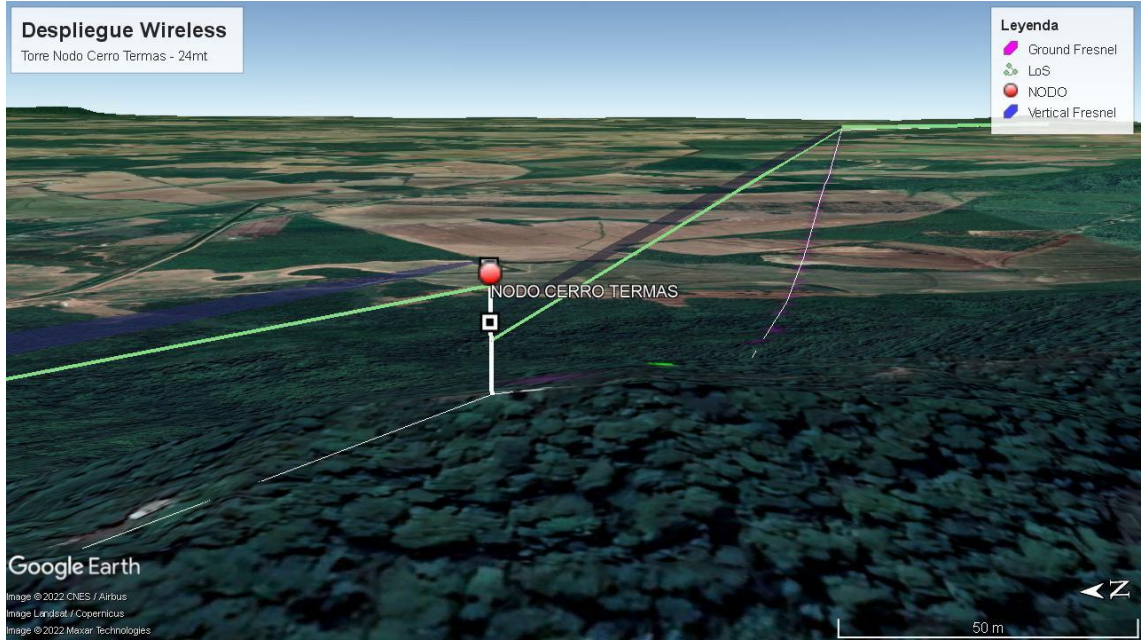


Fig. 50: Disposición de torre en nodo Cerro Termas

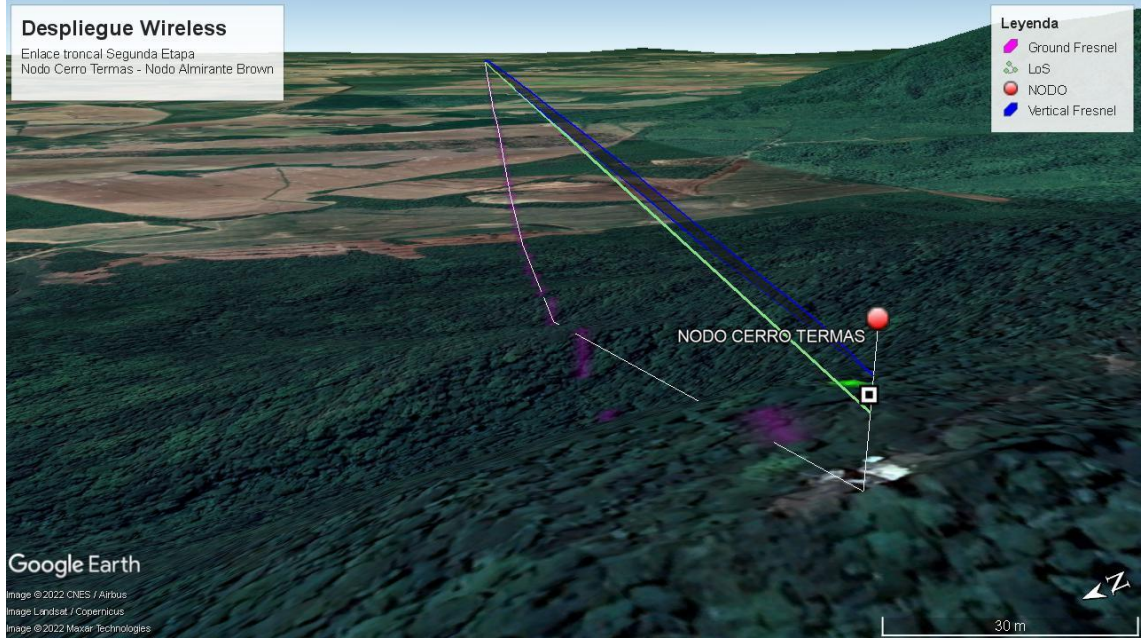


Fig. 51: Enlace troncal hacia nodo Almirante Brown

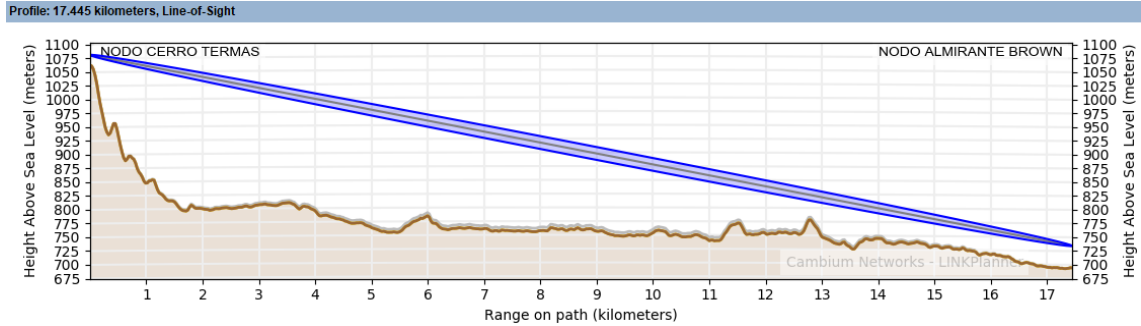


Fig. 52: Perfil de elevación del terreno y visualización de Zona de Fresnel hacia nodo Almirante Brown

5.6.3. Nodo Almirante Brown

En la tercera etapa, posterior al montaje de torre y ensamble del nodo con ubicación geográfica -25.894590, -64.763050; se realizará recepción de servicio del troncal proveniente del Nodo Cerro Termas. En este punto comenzará la distribución de servicio de última milla mediante la implementación de paneles sectoriales con equipo de radio PtMP, de esta forma se brindará conectividad a las familias de este paraje Almirante Brown. También, se establecerá el enlace PTP hacia Nodo Pivot Copo Quile, dando continuidad al servicio.



Fig. 53: Disposición de torre en Nodo Almirante Brown



Fig. 54: Enlace troncal hacia Nodo Pivot Copo Quile

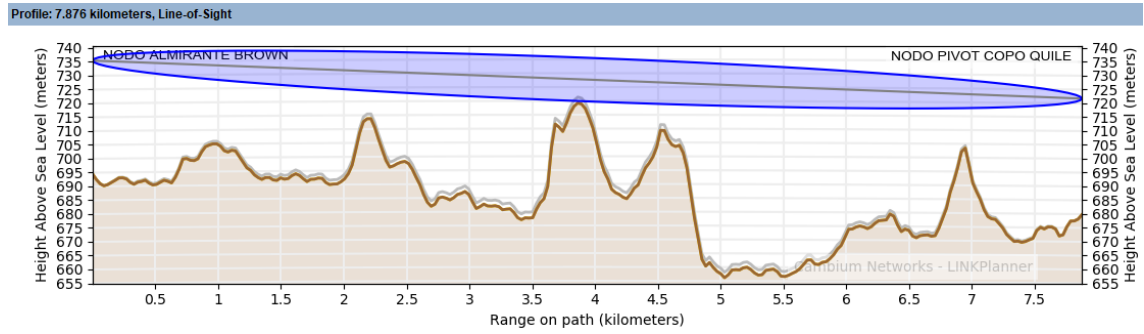


Fig. 55: Perfil de elevación del terreno y visualización de Zona de Fresnel hacia nodo Pivot Copo Quile

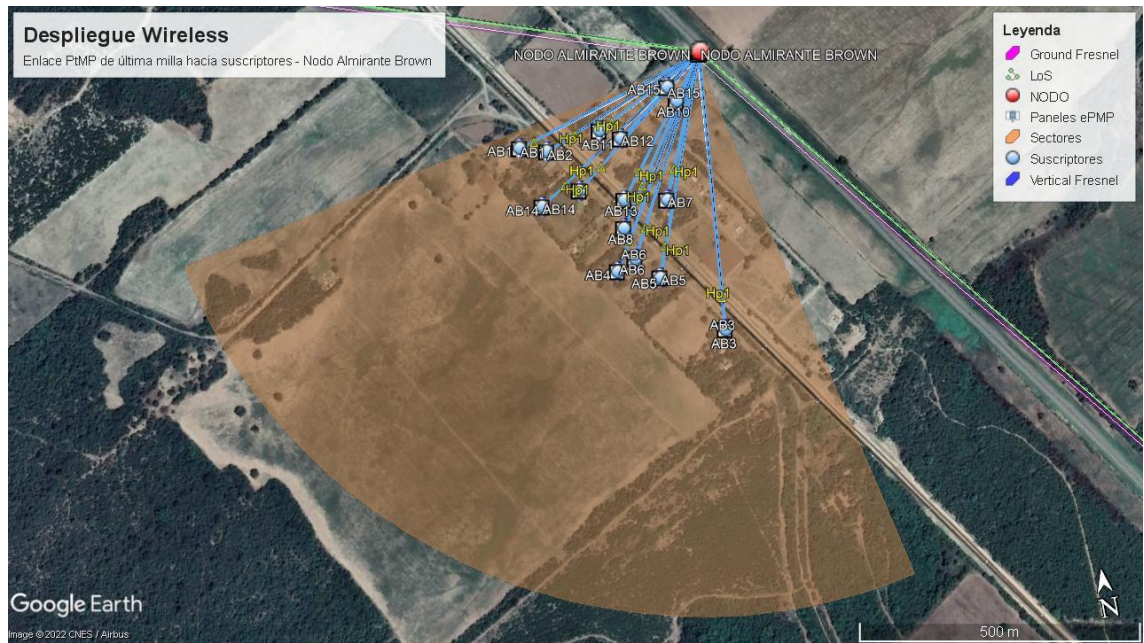


Fig. 56: Simulación de instalación de paneles y conectividad con SMS

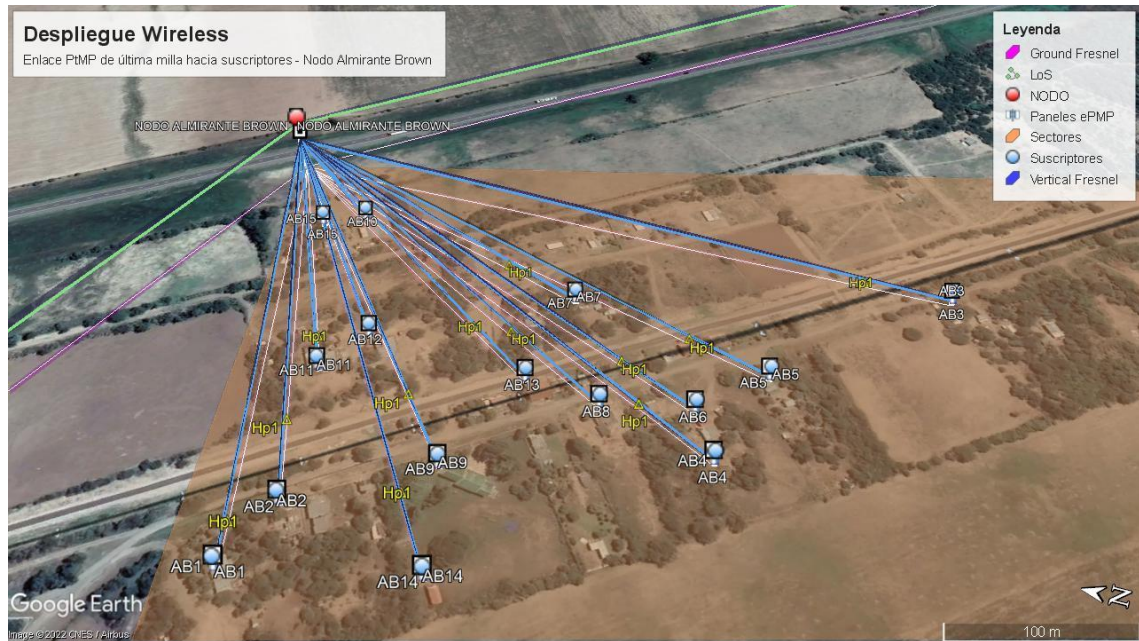


Fig. 57: Simulación de instalación de paneles y conectividad con SMs

5.6.4. Nodo Pivot Copo Quile

Para brindar servicio a la localidad Copo Quile se requerirá el establecimiento de un nodo con ubicación intermedia entre el paraje Almirante Brown y la misma. Es un punto necesario puesto que el perfil de la tierra presenta obstrucciones en la línea de vista para el establecimiento de un enlace PTP directo. La construcción de este sitio con coordenadas - 25.950440, -64.714410 conformará la cuarta etapa de este despliegue.

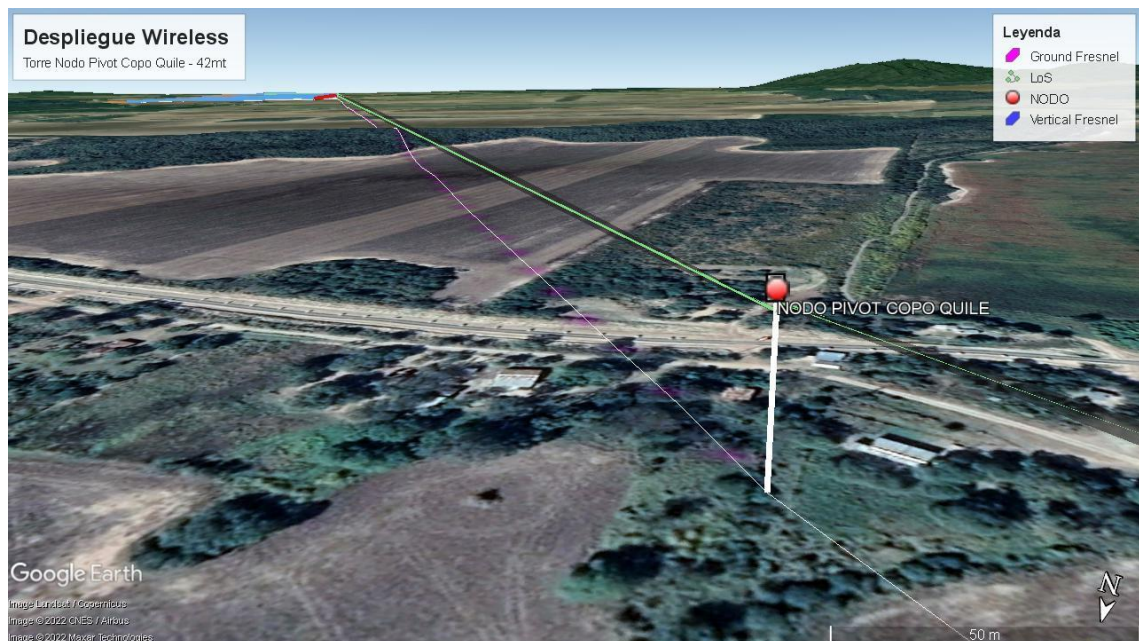


Fig. 58: Disposición de torre en Nodo Pivot Copo Quile

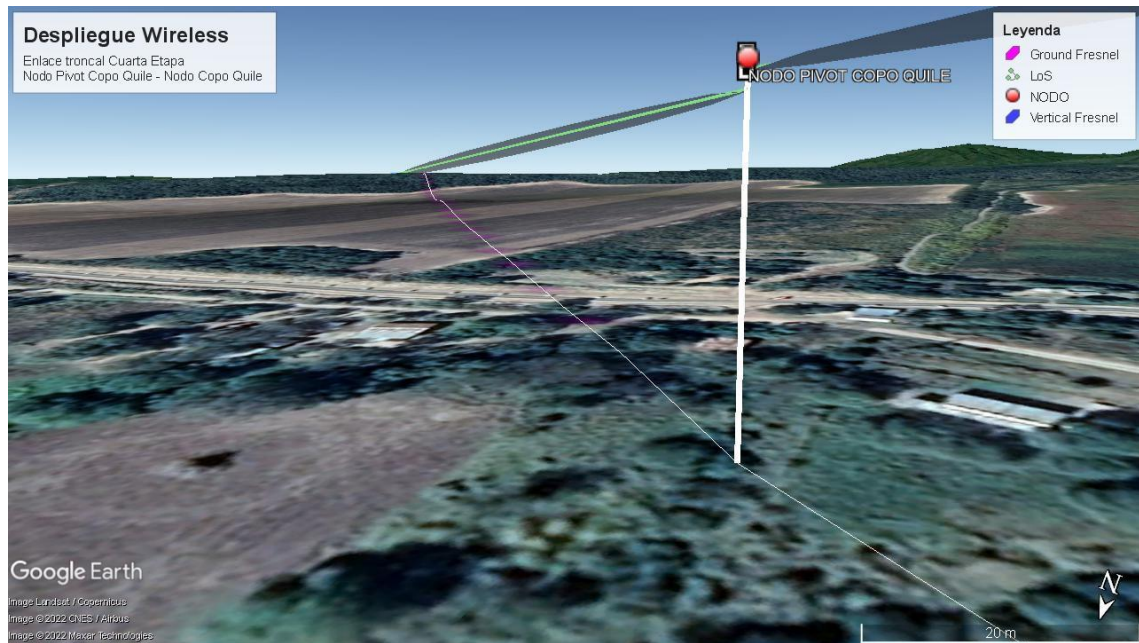


Fig. 59: Enlace troncal hacia Nodo Copo Quile

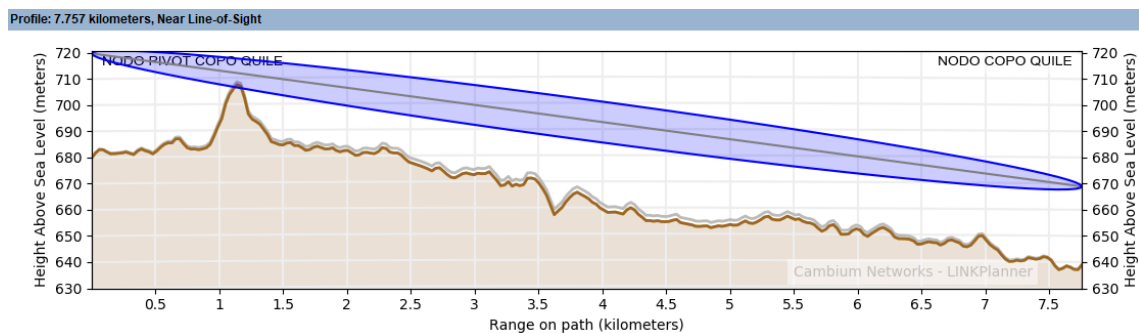


Fig. 60: Perfil de elevación del terreno y visualización de Zona de Fresnel hacia nodo Copo Quile

5.6.5. Nodo Copo Quile

Quinta etapa. En este nodo con coordenadas -26.010810, -64.675180; se tomará servicio desde el nodo Pivot Copo Quile y se llevará a cabo la distribución a los usuarios suscriptores según puede observarse en las imágenes a continuación. Así mismo, se realizará otro enlace PTP para dar continuidad al troncal de transporte hacia nodo Potrero.



Fig. 61: Disposición de torre en Nodo Copo Quile

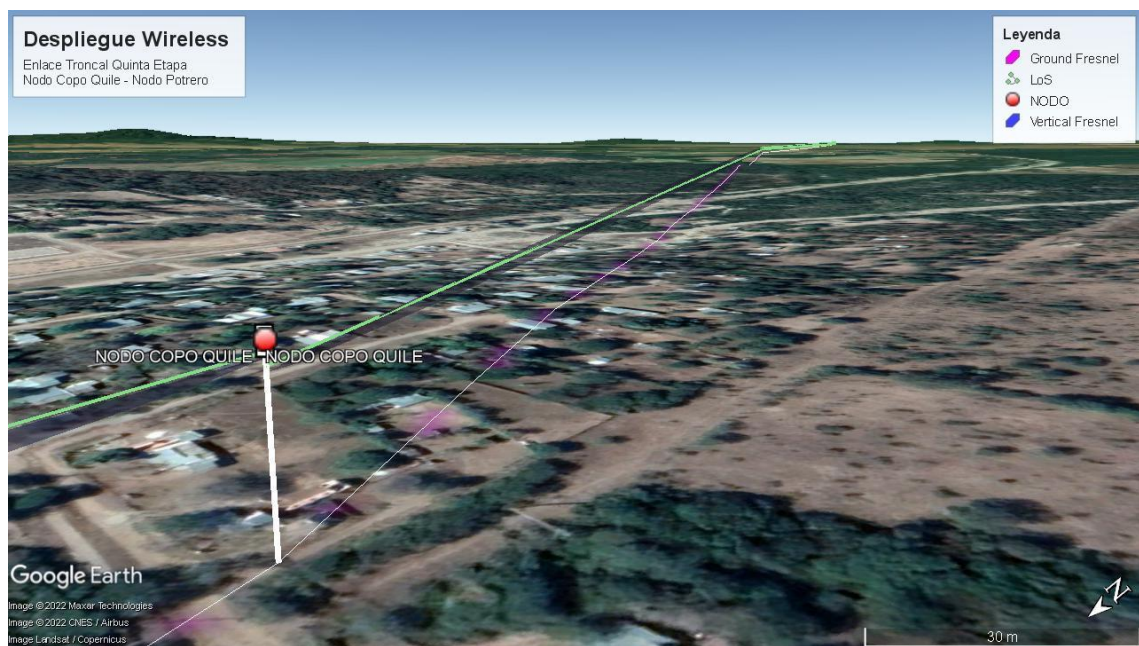


Fig. 62: Enlace troncal hacia Nodo Potrero

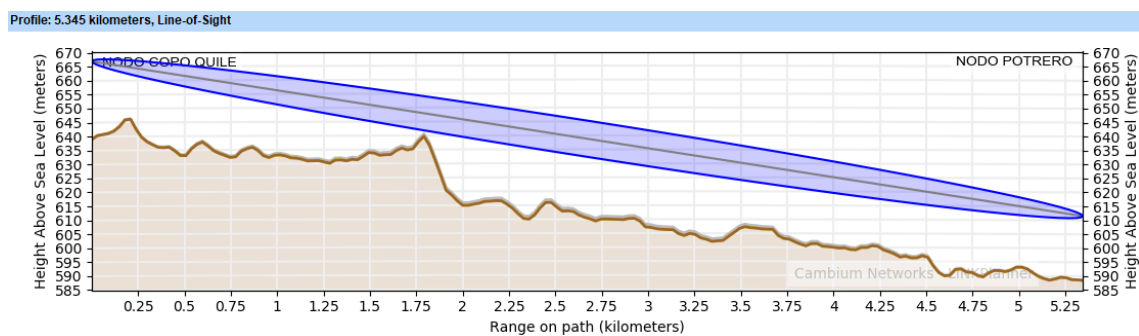


Fig. 63: Perfil de elevación del terreno y visualización de Zona de Fresnel hacia nodo Potrero

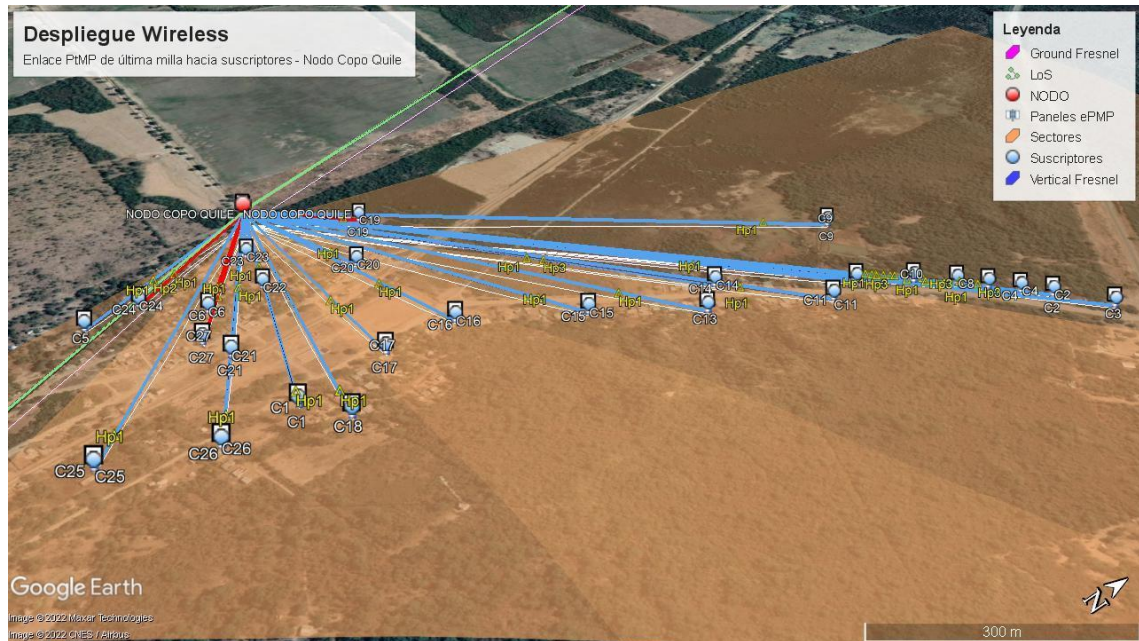


Fig. 64: Simulación de instalación de paneles y conectividad con SMS

5.6.6. Nodo Potrero

Sexta etapa. En esta localidad se requerirá la instalación en torre de tres paneles sectoriales PtMP, cuyo ángulo de azimuth fue escogido según la disposición de sus habitantes y de ésta manera proporcionar la máxima cobertura de servicio. Desde este punto se realizará el último salto en la distribución hacia la localidad Antillas.



Fig. 65: Disposición de torre en Nodo Potrero



Fig. 66: Enlace troncal hacia Nodo Antillas

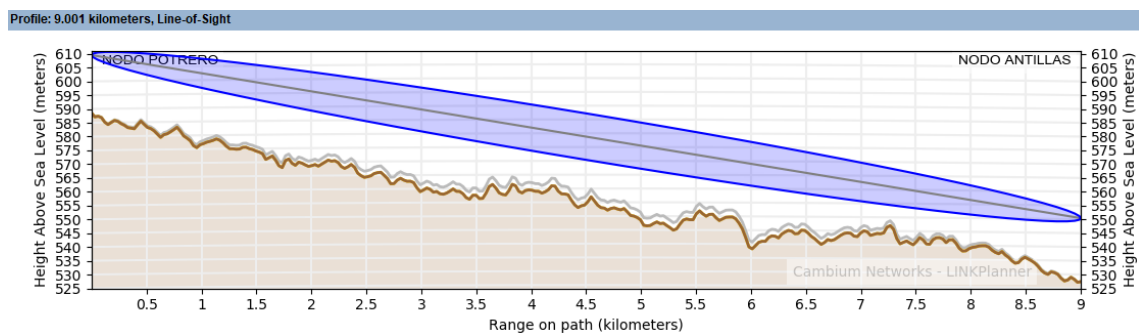


Fig. 67: : Perfil de elevación del terreno y visualización de Zona de Fresnel hacia nodo Antillas

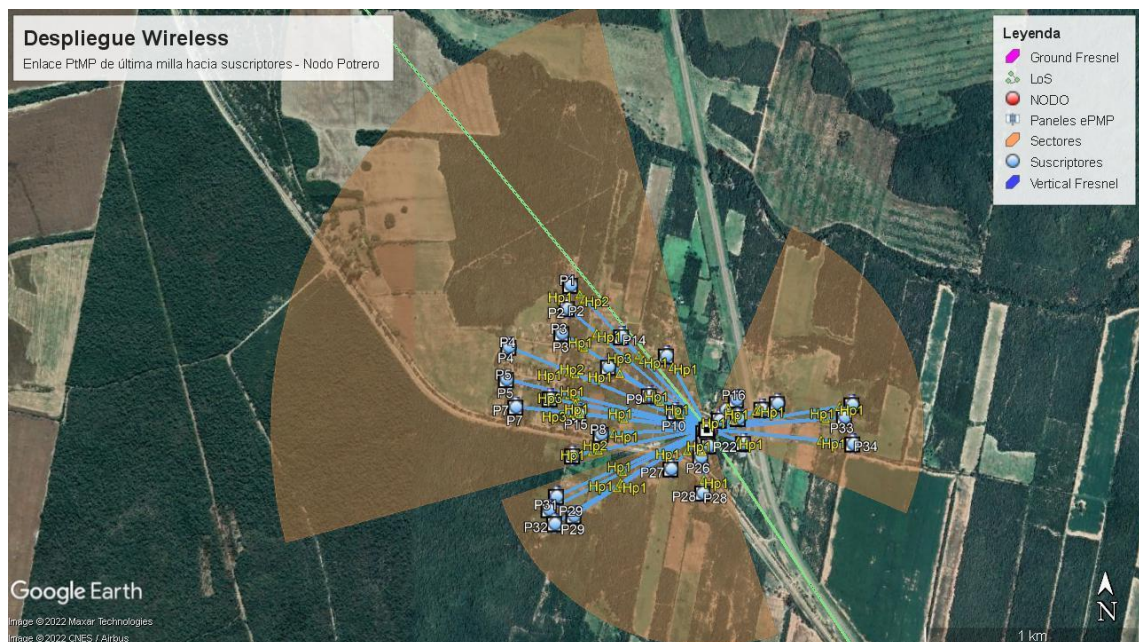


Fig. 68: Simulación de instalación de paneles y conectividad con SMS

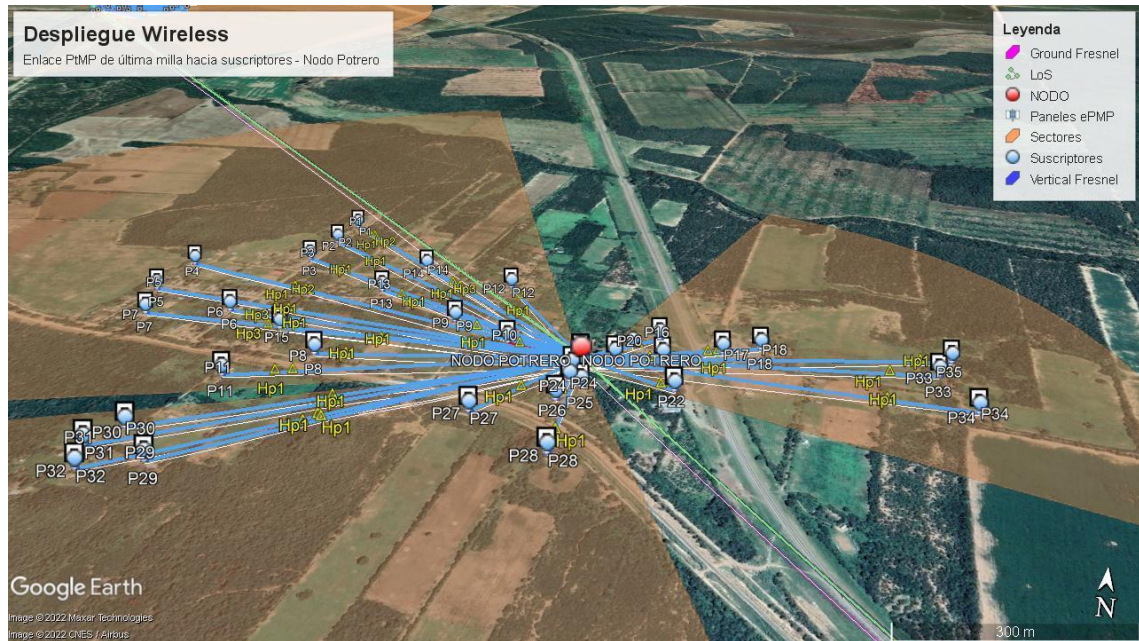


Fig. 69: Simulación de instalación de paneles y conectividad con SMS

5.6.7. Nodo Antillas

En esta localidad daremos fin al enlace troncal inalámbrico naciente en el NOC en Rosario de la Frontera. En este punto se realizará la instalación de tres paneles sectoriales para brindar conectividad a la población. Se estima una cobertura aproximada para 150 familias, considerando una familia tipo conformada por cuatro integrantes.



Fig. 70: Disposición de torre en Nodo Antillas

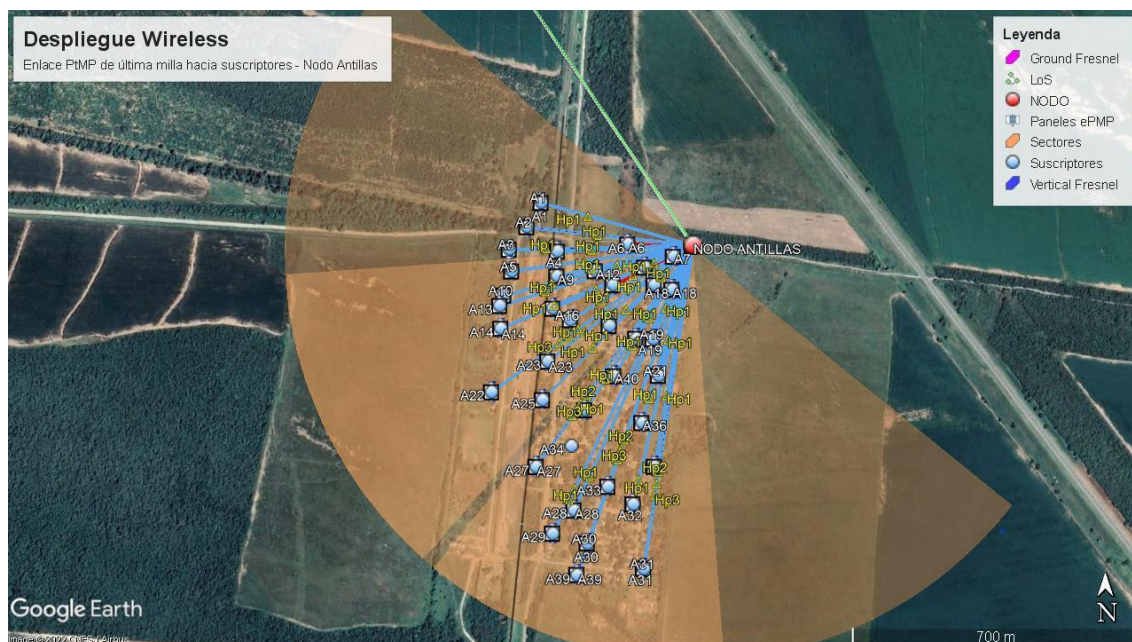


Fig. 71: Simulación de instalación de paneles y conectividad con SMS

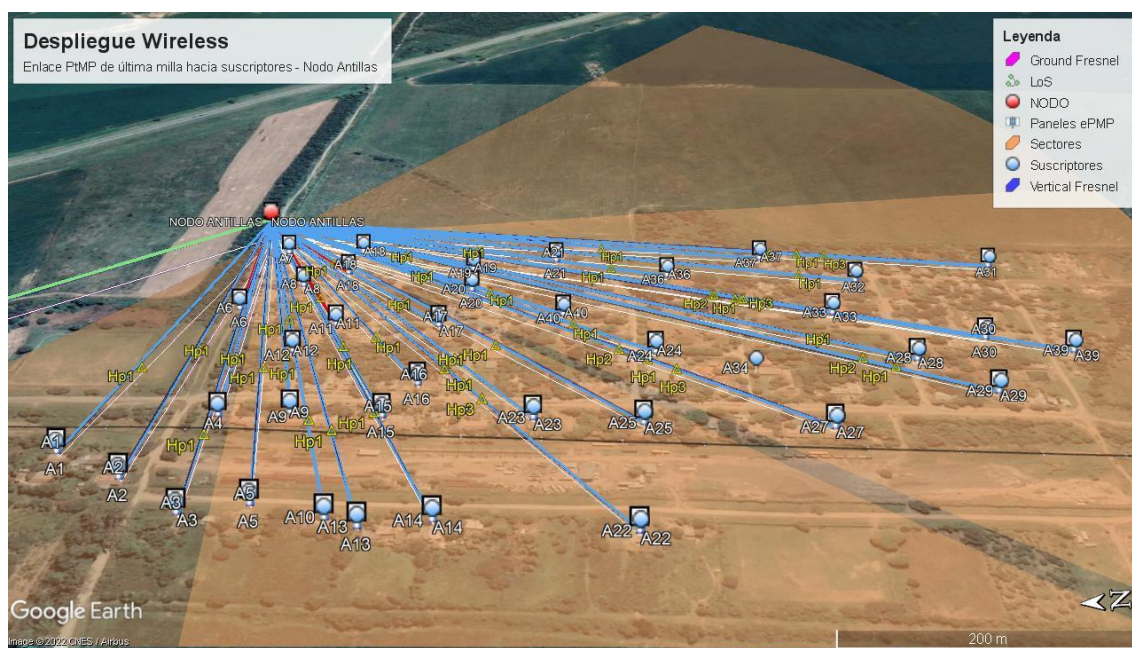


Fig. 72: Simulación de instalación de paneles y conectividad con SMS

5.7. Calculo de Autonomía en Nodos Wireless

En los nodos de la red Wireless también se implementarán sistemas de energía fotovoltaicos conformados por baterías y paneles solares.

- Paneles ePMP3000

- Consumo 17 W al cabo de 1 hora. Se lo alimenta a 48V

$$17W = 48V * Ah$$
$$Ah = 0.36$$

- En el nodo tenemos 3 paneles ePMP3000, por lo que el consumo es el siguiente:

$$TAh = 0,36 * 3$$
$$TAh = 1,08$$

- Switch Netonix

- Consume 10 W por cada hora:

$$10W = 48V * Ah$$
$$Ah = 0.21$$

- Radio Mimosa C5c

- Consume 10 W al cabo de 1 hora. Se lo alimenta a 48V.

$$10W = 48V * Ah$$
$$Ah = 0.21$$

- En el nodo tenemos 2 equipos C5c, por lo que consume el doble, es decir:

$$Ah = 0.42$$

- Paneles fotovoltaicos

- Los paneles fotovoltaicos suministran lo siguiente:

$$50V$$
$$10Ah$$

- Tenemos un array de 2 paneles fotovoltaicos por lo que suministrarán:

$$100V$$
$$10Ah$$

- Banco de baterías

- Se colocarán 4 baterías de 12V y 100Ah en serie, por lo que el banco de baterías será:

$$48V$$
$$100Ah$$

- Consumo diario vs Suministro diario:
 - Consumos total: *Netonix + C5c + Paneles ePMP3000*
 $(0.42 + 0,42 + 1,08) * 24 = 46.08 Ah$
 - La cantidad de horas solares en promedio son 8 horas el peor caso, por lo que el array de paneles fotovoltaicos suministrarán:
80A por día

$$\begin{aligned} & \text{Suministro} - \text{Consumos} \\ & It \text{ suministrada} = 80Ah - 46.08Ah \\ & It \text{ suministrada} = 33.92Ah \end{aligned}$$

- La autonomía calculada para los nodos es:

Nodo	Ah	V	W	Banco de Baterías	Autonomía [días]
Con paneles	1.92	48	82	100Ah	2,18
Sin paneles	0.84	48	30.16	100Ah	4.96

El nodo wireless más lejano es el que se ubica en la localidad de Antillas, este se encuentra a 45 minutos desde el Data Center. Por lo tanto, la autonomía de los nodos wireless está bien dimensionada.

CAPITULO 6: Listado de Materiales FTTH y WIRELESS

6.1. Listado De Materiales Sistemas Por Nodos GPON

6.1.1. Materiales De Interconexión

El troncal debe cubrir una distancia de 33.884 metros, por lo que a continuación se detallan los materiales necesarios para lograr dicha interconexión.

Lista de Materiales Tendido		
ELEMENTOS DE TRONCAL		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Postes De Eucalipto 9 M	485	uni.
Conjunto De Suspensión C/ Atadura Y Aro Guardacabo	364	uni.
Conjunto De Retención Adss Con Prolong. Ojo-Ojo	25	uni.
Conjunto De Retención C/ Porlong Mh Y Grillete Guardacabo	194	uni.
Cierre De Empalme 24 Pelos	10	uni.
FO 12	44049	m

6.1.2. Materiales Nodo Metán

6.1.2.1. Sistema de Energía

Materiales de Energía			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	IMAGEN
INVERSOR Y CARGADOR DE BATERÍAS - PWM - ICB-3K-24	1	Uni.	
Bateria PowerSafe SBS-190F 12V 100Ah	2	Uni.	
Barra de cobre para vincular baterías en serie	1	Uni.	
Cable unipolar 16 [mm2] color rojo	10	M.	
Cable unipolar 16 [mm2] color negro	10	M.	
Cable Solar fotovoltaico de 6 mm2 unipolar doble vaina para panel solar negro	10	M.	
Cable Solar fotovoltaico de 6 mm2 unipolar doble vaina para panel solar rojo	10	M	

540wmonocrystal PANEL SOLAR	2	Uni.	
Estructura de soporte para Panel Solar Monocrystalino	2	Uni.	
Bulón hexagonal Hierro Zincado con arandela plana, grower, tuerca y contra tuerca	30	Uni.	
Conector MC4 2a1 paralelo Hembra para vincular Panel Solar	1	Uni.	
Conector MC4 2a1 paralelo Macho para vincular Panel Solar	1	Uni.	
Borneras 16 [mm] vpn color rojo	2	Uni	
Borneras 16 [mm] vpn color negro	2	Uni.	
Borneras 16 [mm] vpn color verde-amarillo	2	Uni.	
Puente para bornera con tornillos	4	Uni.	
Separador de borneras	3	Uni.	
Terminal de punta TIF para cable de 16 [mm]	9	Uni.	
Termocontraibles para cables de 16 [mm]	1	M	
Terminal estañado con ojal para cable de 16 [mm]	2	Uni.	
Canal De Tensión Rackeable 5 Tomas C/ Termica Zapatilla PDU	2	Uni.	
Riel Din Perforado Simétrico 35mm X 1000mm Aluminio	2	Uni	

6.1.2.2. Materiales de Puesta a Tierra

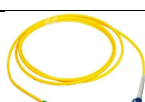
MATERIALES DE PUESTA A TIERRA			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	IMAGEN
Cable unipolar 6 [mm2] color verde-amarillo	10	M.	
Cable desnudo PRYSCU 50 mm2 - 19 hilos	15	M.	
Terminal con ojal para cable de 50 [mm]	1	M.	
Caños PVC 110 [mm]	1	Uni.	
Coppercon, Grasa selladora y conductiva	1	Uni.	
Jabalina Lisa 3/4 Para Puesta A Tierra de 3 [m]	1	Uni.	
Conector C de Cobre para Derivacion de Puesta a Tierra	1	Uni.	
Caja de inspección de puesta a tierra de PVC 15x15cm	1	Uni.	

6.1.2.3. Materiales del Sistema de Datos

Materiales de Datos			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	IMAGEN
Ficha Cat5E Blindada	2	Uni.	
Cable UTP Cat5E	2	M.	
ODF - Patch panel 12 puertos SC/apc	1	Uni.	
Switch NetPower 16P	1	Uni.	
Patch cord monomodo Lc/upc - Sc/apc	2	Uni.	
SFP HUAWEI 10G-1310nm-80KM	2	Uni.	

6.1.3. Lista de materiales en NOC - Nodo Rosario de la Frontera

6.1.3.1. Sistema de Datos

Materiales de Datos			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	IMAGEN
Ficha Cat6A IP65	2	Uni.	
Cable UTP Cat5E	2	M.	
ODF - Patch panel 12 puertos SC/apc	1	Uni.	
Cloud Core Router 1072	1	Uni.	
Patch cord monomodo Lc/upc - Sc/apc	3	Uni.	
SFP HUAWEI 10G-1310nm-80KM	2	Uni.	
OLT HUAWEI MA5800 X17	1	Uni.	

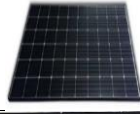
Materiales de Distribución de Fibra Óptica en Nodo			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	IMAGEN
ODF - Patch panel 12 puertos SC/apc	1	Uni.	
Patch cord monomodo Lc/upc - Sc/apc	160	Uni.	

6.1.3.2. Sistema de Puesta a Tierra

MATERIALES DE PUESTA A TIERRA			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	IMAGEN
Cable unipolar 6 [mm ²] color verde-amarillo	10	M.	
Cable desnudo PRYSCU 50 mm ² - 19 hilos	15	M.	
Terminal con ojal para cable de 50 [mm]	1	M.	
Caños PVC 110 [mm]	1	Uni.	
Coppercon, Grasa selladora y conductiva	1	Uni.	
Jabalina Lisa 3/4 Para Puesta A Tierra de 3 [m]	1	Uni.	
Conector C de Cobre para Derivación de Puesta a Tierra	1	Uni.	
Caja de inspección de puesta a tierra de PVC 15x15cm	1	Uni.	

6.1.3.3. Sistema de Energía

MATERIALES DE ENERGÍA			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	IMAGEN
INVERSOR Y CARGADOR DE BATERÍAS - PWM - ICB-5K-24	1	Uni.	
Bateria PowerSafe SBS-190F 12V 100Ah	4	Uni.	
Barra de cobre para vincular baterías en serie	3	Uni.	

Cable unipolar 16 [mm ²] color rojo	10	M.	
Cable unipolar 16 [mm ²] color negro	10	M.	
Cable Solar fotovoltaico de 6 mm ² unipolar doble vaina para panel solar negro	10	M.	
Cable Solar fotovoltaico de 6 mm ² unipolar doble vaina para panel solar rojo	10	M	
540wmonocristal PANEL SOLAR	4	Uni.	
Estructura de soporte para Panel Solar Monocristalino	2	Uni.	
Bulón hexagonal Hierro Zincado con arandela plana, grower, tuerca y contra tuerca	80	Uni.	
Conector MC4 2a1 paralelo Hembra para vincular Panel Solar	1	Uni.	
Conector MC4 2a1 paralelo Macho para vincular Panel Solar	1	Uni.	
Borneras 16 [mm] vpn color rojo	2	Uni	
Borneras 16 [mm] vpn color negro	2	Uni.	
Borneras 16 [mm] vpn color verde-amarillo	2	Uni.	
Puente para bornera con tornillos	4	Uni.	
Separador de borneras	3	Uni.	
Terminal de punta TIF para cable de 16 [mm]	9	Uni.	

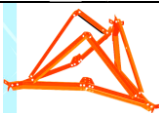
Termocontraíbles para cables de 16 [mm]	1	M	
Terminal estañado con ojal para cable de 16 [mm]	2	Uni.	
Canal De Tensión Rackeable 5 Tomas C/ Termica Zapatilla PDU	2	Uni.	
Riel Din Perforado Simétrico 35mm X 1000mm Aluminio	2	Uni	

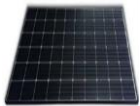
6.1.4. Listado De Materiales Total – Red De Distribución FTTH

LISTA DE MATERIALES TOTALES		
ELEMENTOS DE TRONCAL		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
POSTES DE EUCALIPTO 7.5 M	349	uni.
CONJUNTO DE SUSPENSIÓN C/ ATADURA Y ARO GUARDACABO	265	uni.
CONJUNTO DE RETENCIÓN ADSS CON PROLONG. OJO-OJO	21	uni.
CONJUNTO DE RETENCIÓN C/ PORLONG MH Y GRILLETE GUARDACABO	143	uni.
CIERRE DE EMPALME 96 PELOS	7	uni.
CIERRE DE EMPALME 48 PELOS	40	uni.
FO 96	5.191	m.
FO 48	6.134	m.
FO 24	4.358	m.
FO 12	946	m.
ELEMENTOS DE DISTRIBUCIÓN		
POSTES DE EUCALIPTO 7,5M	1.733	uni.
CONJUNTO DE RETENCIÓN C/ MÉNSULA OJAL ABIERTO "TU"	844	uni.
CONJUNTO DE SUSPENSIÓN P/ DISTRIBUCIÓN Y ACOMETIDA	1.266	uni.
CDO C/ SPLITTER 1x8 CONECTORIZADO	1.246	uni.
CIERRE DE EMPALME 24 PELOS	86	uni.
FO 8	64.959	m.
FO 4	3.314	m.
DROP 2 HILO con portante de acero	10.296	m.
ELEMENTOS DE BAJADA DOMICILIARIA		
CONJUNTO DE SUSPENSIÓN CADENA Y GANCHO P/ MORDAZA	20.476	uni.
ROSETA P/ REDES FTTH	10.238	uni.
CONECTOR MECÁNICO SC/APC PARA FO SM	20.476	uni.
DROP 1 HILO	435.767	m
ONU con wifi Huawei EchoLife EG8141A5	10.238	uni.

6.2. LISTADO DE MATERIALES NODO WIRELESS

6.2.1. Materiales para Torres y Sistema de Energía Fotovoltaica

LISTA DE MATERIALES TORRE				
ELEMENTO	MARCA	MODELO	CANTIDAD	IMAGEN
Tramo De Torre 6mt	-	C35	4 U (24mt) 5 U (30mt) 7 U (42mt)	
Estrella Antirotor	-	-	1 U (24/30 mt) 2 U (42mt)	
Bobina De Cable Acerado	-	-	1 U	
Tillas Con Aletas De Tiburon	-	-	3 U	
Bulon Arandela Plana Grower Tuercas Contra Tuercas	-	-	18 U (24mt) 24 U (30mt) 36 U (42mt)	
Grilletes	-	-	12 U (24mt) 15 U (30mt) 21 U (42mt)	
Tensores Tipo U 5/8	-	-	12 U (24mt) 15 U (30mt) 21 U (42mt)	
Baliza De 48v	-	-	1 U	
Base En T	-	-	1 U	
Riel Din Aluminio	-	35MM X 1000MM	2 U	
Jabalina 3/4’’	-	3MT	4 U	
Conector De Cobre	-	16 A 25MM	4 U	
Cable De Cobre Desnudo	-	50MM	80 MT	

Panel Solar	VERTEX	TSM-DE19 540W MONOCRISTAL	2 U	
Soporte Panel Solar	TALESUN	TP672M-385WP	2 U	
Baterías	POWERSAFE	SBS-100F 12V 100AH	4 U	
Cable Unipolar Rojo	-	16MM	10 MT	
Cable Unipolar Negro	-	16MM	10 MT	
Cable Unipolar Amarillo-Verde	-	6MM	10 MT	
Cable Sintenax	-	2X6MM	15 MT	
Cable Fotovoltaico Rojo Y Negro	-	10MM	20 MT	
Inversor Y Cargador De Baterías	-	PWM - ICB-5K-24	1 U	
Conector MC4 2a1 Paralelo Hembra Para Vincular Panel Solar	-	1	Uni.	
Conector MC4 2a1 Paralelo Macho Para Vincular Panel Solar	-	1	Uni.	

6.2.2. Materiales Nodo Rosario de la Frontera

LISTADO DE MATERIALES				
ELEMENTO	FABRICANTE	MODELO	CANTIDAD	IMAGEN
Radio Troncal	Airspan	Mimosa C5c	2 u	
Parábola	ALGCom	UHP-5800-32-09-DP	2 u	

Pigtail	MikroTik	RP-SMA Male	4 u	
Cable UTP	Furukawa	Cat6E	100 mts	
Conector RJ45	Furukawa	Cat6 Blindado	12 u	
Soporte de Torre	-	C35	2 u	
Abrazaderas Caño de Escape	-	3/4'	8 u	
Abrazadera Acero Inoxidable	-	-	2 u	
Cinta Aisladora	3M	19MM x 20M	1 u	
Cinta Autosoldante	-	-	1 u	
Precintos	-	-	30 u	

6.2.3. Materiales Nodo Termas

LISTADO DE MATERIALES				
ELEMENTO	FABRICANTE	MODELO	CANTIDAD	IMAGEN
Radio Troncal	Airspan	Mimosa C5c	2 u	
Parábola	ALGCom	UHP-5800-32-09-DP	2 u	
Pigtail	MikroTik	RP-SMA Male	4 u	
Cable UTP	Furukawa	Cat6E	100 mts	
Conector RJ45	Furukawa	Cat6 Blindado	12 u	

Soporte de Torre	-	C35	2 u	
Abrazaderas Caño de Escape	-	3/4'	8 u	
Abrazadera Acero Inoxidable	-	-	2 u	
Cinta Aisladora	3M	19MM x 20M	1 u	
Cinta Autosoldante	-	-	1 u	
Precintos	-	-	30 u	
Switch L3	Netonix	WS-12-250-DC	1 u	

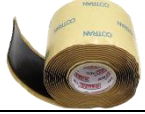
6.2.4. Materiales Nodo Almirante Brown

LISTADO DE MATERIALES				
ELEMENTO	FABRICANTE	MODELO	CANTIDAD	IMAGEN
Radio Troncal	Airspan	Mimosa C5c	2 u	
Parábola	ALGCom	UHP-5800-32-09-DP	2 u	
Pigtail	MikroTik	RP-SMA Male	4 u	
Switch L3	Netonix	WS-12-250-DC	1 u	
Cable UTP	Furukawa	Cat 6E	120 mts	
Conector RJ45	Furukawa	Cat6 Blindado	20 u	
Soporte de Torre	-	C35	2 u	
Radio Panel	Cambium Network	ePMP 3000	1 u	

Antena Sectorial	Cambium Network	ePMP 3000 Antenna Series	1 u	
Pigtail Sectorial	Cambium Network	RP-SMA Male	4 u	
Soporte de Torre	-	C35	1 u	
Abrazaderas	-	3/4'	12 u	
Cinta Aisladora	-	-	1 u	
Cinta Autosoldante	-	-	1 u	
Precintos	-	-	40 u	
Rack Exterior	American Racks	401-33-41	1 u	
Abrazadera Acero Inoxidable	-	-	2 u	

6.2.5. Materiales Nodo Pivot Copo Quile

LISTADO DE MATERIALES				
ELEMENTO	FABRICANTE	MODELO	CANTIDAD	IMAGEN
Radio Troncal	Airspan	Mimosa C5c	2 u	
Parábola	ALGCom	UHP-5800-32-09-DP	2 u	
Pigtail	MikroTik	RP-SMA Male	4 u	
Cable UTP	Furukawa	Cat6E	100 mts	
Conector RJ45	Furukawa	Cat6 Blindado	12 u	

Soporte de Torre	-	C35	2 u	
Abrazaderas Caño de Escape	-	3/4'	8 u	
Abrazadera Acero Inoxidable	-	-	2 u	
Cinta Aisladora	3M	19MM x 20M	1 u	
Cinta Autosoldante	-	-	1 u	
Precintos	-	-	30 u	
Switch L3	Netonix	WS-12-250-DC	1 u	

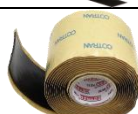
6.2.6. Materiales Nodo Copo Quile

LISTADO DE MATERIALES				
ELEMENTO	FABRICANTE	MODELO	CANTIDAD	IMAGEN
Radio Troncal	Airspan	Mimosa C5c	2 u	
Parábola	ALGCom	UHP-5800-32-09-DP	2 u	
Pigtail	MikroTik	RP-SMA Male	4 u	
Switch L3	Netonix	WS-12-250-DC	1 u	
Cable UTP	Furukawa	Cat 6E	200 mts	
Conector RJ45	Furukawa	Cat6 Blindado	20 u	
Soporte de Torre	-	C35	2 u	
Radio Panel	Cambium Network	ePMP 3000	3 u	

Antena Sectorial	Cambium Network	ePMP 3000 Antenna Series	3 u	
Pigtail Sectorial	Cambium Network	RP-SMA Male	12 u	
Soporte de Torre	-	C35	3 u	
Abrazaderas	-	3/4'	20 u	
Cinta Aisladora	-	-	1 u	
Cinta Autosoldante	-	-	1 u	
Precintos	-	-	50 u	
Rack Exterior	American Racks	401-33-41	1 u	
Abrazadera Acero Inoxidable	-	-	2 u	

6.2.7. Materiales Nodo Potrero

LISTADO DE MATERIALES				
ELEMENTO	FABRICANTE	MODELO	CANTIDAD	IMAGEN
Radio Troncal	Airspan	Mimosa C5c	2 u	
Parábola	ALGCom	UHP-5800-32-09-DP	2 u	
Pigtail	MikroTik	RP-SMA Male	4 u	
Switch L3	Netonix	WS-12-250-DC	1 u	
Cable UTP	Furukawa	Cat 6E	200 mts	

Conector RJ45	Furukawa	Cat6 Blindado	20 u	
Soporte de Torre	-	C35	2 u	
Radio Panel	Cambium Network	ePMP 3000	3 u	
Antena Sectorial	Cambium Network	ePMP 3000 Antenna Series	3 u	
Pigtail Sectorial	Cambium Network	RP-SMA Male	12 u	
Soporte de Torre	-	C35	3 u	
Abrazaderas	-	3/4'	20 u	
Cinta Aisladora	-	-	1 u	
Cinta Autosoldante	-	-	1 u	
Precintos	-	-	50 u	
Rack Exterior	American Racks	401-33-41	1 u	
Abrazadera Acero Inoxidable	-	-	2 u	

6.2.8. Materiales Nodo Antillas

LISTADO DE MATERIALES				
ELEMENTO	FABRICANTE	MODELO	CANTIDAD	IMAGEN
Radio Troncal	Airspan	Mimosa C5c	2 u	
Parábola	ALGCom	UHP-5800-32-09-DP	2 u	

Pigtail	MikroTik	RP-SMA Male	4 u	
Switch L3	Netonix	WS-12-250-DC	1 u	
Cable UTP	Furukawa	Cat 6E	200 mts	
Conector RJ45	Furukawa	Cat6 Blindado	20 u	
Soporte de Torre	-	C35	2 u	
Radio Panel	Cambium Network	ePMP 3000	3 u	
Antena Sectorial	Cambium Network	ePMP 3000 Antenna Series	3 u	
Pigtail Sectorial	Cambium Network	RP-SMA Male	12 u	
Soporte de Torre	-	C35	3 u	
Abrazaderas	-	3/4'	20 u	
Cinta Aisladora	-	-	1 u	
Cinta Autosoldante	-	-	1 u	
Precintos	-	-	50 u	
Rack Exterior	American Racks	401-33-41	1 u	
Abrazadera Acero Inoxidable	-	-	2 u	

CAPITULO 7: Operación y Mantenimiento

En el siguiente capítulo se desarrollarán temas relacionados al funcionamiento y administración de las diferentes tecnologías a implementar en el proyecto. Cada dispositivo se escogió estratégicamente para que cumpla un rol específico en la puesta en marcha de esta red de conectividad, por lo tanto, se debe contemplar cuales son las características y capacidades de cada uno de ellos para así garantizar la mayor eficiencia al momento de esta puesta en marcha.

Es necesario describir las especificaciones físicas y técnicas de las tecnologías para no provocar incongruencias en la red y así mismo, esto nos permitirá detectar rápidamente los posibles puntos de falla al momento de la implementación.

En los capítulos anteriores se realizó la descripción de los equipos a utilizar por lo que ahora se definirán las características técnicas y lógicas de cada uno de ellos.

16.1. Equipamiento de una red GPON

Una red óptica pasiva Gigabit (GPON) es un mecanismo de acceso punto a multipunto que brinda a los usuarios finales la capacidad de consolidar múltiples servicios en una sola red de transporte de fibra. Aplicar esta tecnología, requiere de la utilización de varios dispositivos encargados que conforman la estructura propia de la red.

En nuestro Shelter, las cabeceras de red y los principales responsables de que el servicio sea entregado adecuadamente a los suscriptores son la OLT y el router de borde.

7.1.1. Terminal de Línea Óptica - OLT

Es el equipo de hardware de punto final ubicado en una oficina central de la red PON. Su función básica es controlar la información flotante en la red de distribución óptica (ODN) para ir en ambas direcciones. Una OLT convierte las señales estándar utilizadas por el servicio de fibra óptica (FiOS) a la frecuencia y el marco utilizados por el sistema PON. Además, coordina la multiplexación entre los dispositivos de conversión ONT.

Hay dos direcciones flotantes para el sistema OLT. Una es la dirección ascendente para distribuir diferentes tipos de datos y tráfico de voz de los usuarios. La otra es la dirección descendente que obtiene el tráfico de datos, voz y video de la red de metro o de una red de larga distancia y lo envía a todos los módulos ONT en la ODN.

Directamente desde la OLT se realiza la verificación de los diferentes parámetros provenientes de las ONT (Terminales Ópticos de Red). Estos dispositivos son los que se instalan en los domicilios de los usuarios y que forman parte de la red de última milla, son los encargados de realizar la conversión de las señales y proporcionar el servicio solicitado por el cliente.

7.1.2. Router de Borde

El router que se encuentra a la entrada de la red central (LAN), recibe el nombre de Router de Borde o de frontera. Es el dispositivo encargado de separar la red WAN de una LAN, de realizar el enrutamiento BGP y ciertas configuraciones como NAT, balanceo de carga, administrar diferentes tipos de tráfico, entre otras cosas. Son dispositivos robustos ya que se encargan de todo el tráfico entrante y saliente de la WAN.

Para este proyecto, dicho dispositivo realiza la recepción del servicio contratado a nuestro carrier (ARSAT) y otorga un identificador a cada uno cliente. Este router trabaja en conjunto con la OLT, se encarga de asignar y administrar las direcciones IP a cada de las ONT, mientras que la OLT define a qué placa y puerto pertenece dicha ONT (olt/placa/puerto-pon).

Se escogió el router Mikrotik 1072 para nuestra red ya que dispone de una arquitectura con buenas prestaciones y una gran capacidad de procesamiento, lo que permitirá hacer frente a las altas tasas de tráfico que este proyecto implica, puesto que la red propuesta englobaría hasta un total de 10.000 (diez mil) usuarios.

16.2. Gestión del Router de Borde y OLT

7.2.1. OLT

La gestión del terminal óptico de línea será a través de comandos luego de inicializar una sesión por protocolo SSH que permite a los usuarios controlar y modificar sus servidores remotos en Internet.

La necesidad de un sistema de comunicación de red más seguro inspiró la creación de este protocolo y posteriormente, comenzó a reemplazar los primeros protocolos de red existentes como TELNET y RSH. Su principal ventaja es el uso de cifrado, garantiza que la comunicación entre servidores remotos se realice de forma segura.

Para inicializar la conexión SSH y establecer la comunicación con los diversos dispositivos podemos hacer uso de diferentes aplicativos “open source”, por lo que, en el presente proyecto, la herramienta de software a utilizar será PuTTY.

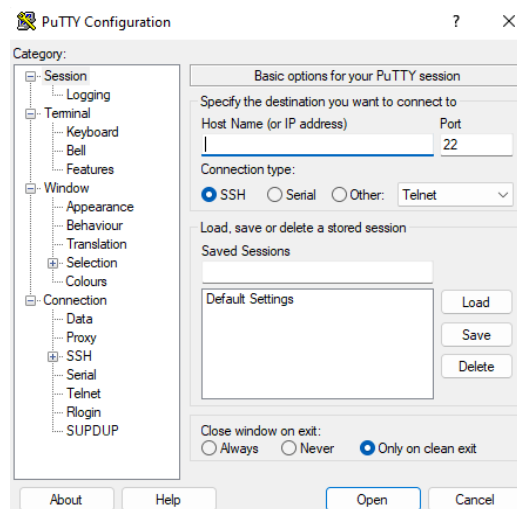


Fig. 73: Inicialización de sesión SSH mediante PuTTY

En este sistema, posterior a su ejecución, especificamos la IP pública suministrada por LACNIC, que es el Registro de Direcciones de Internet de América Latina y Caribe que administra recursos de numeración de Internet (IPv4/IPv6), y determinamos el tipo de conexión deseada.

Luego de iniciar la sesión es necesario obtener los permisos de administrador, que será nuestro Login y así, podemos ejecutar comandos sobre el equipo en cuestión para poder administrar sus parámetros.

Dado el alcance estimado para éste proyecto, se contará con 9 placas en la OLT Huawei escogida. Cada una de estas placas cuenta con 16 puertos PON, por lo que considerando el nivel de splitteo a utilizar podremos brindar servicio a 9216 usuarios, ya que cada uno de dichos puertos PON administrará 64 usuarios.

En cada placa se gestionará el nivel de potencia de señal que suministra la OLT a las ONT del usuario. El rango de potencia óptica deseada en el dispositivo cliente para que la

misma no sea baja o demasiado alta como para provocar un aturdimiento en el equipo está comprendida entre los -8 dB a -28 dB, pero en la práctica, se observa que para niveles de potencia inferior a los -24 dB el servicio ya comienza a degradarse. En esto último, también se debe contemplar el tipo de tecnología a utilizar, pero particularmente en las ONT del fabricante Huawei hasta ese umbral definido, el servicio llega en correctas condiciones.

También podremos administrar los distintos planes a brindar, para este proyecto se prevén planes de 15 MB, 30 MB, 50MB y 100 MB.

Con respecto a la administración de los dispositivos de usuario directamente desde la OLT, es decir adicionar una ONT, es necesario que en principio esté conectado al Patch cord de fibra que baja desde la caja NAP hasta la ONT. Una vez que esa conexión esté realizada, la ONT va a recibir la señal emitida por la OLT y de esta forma se procederá a suministrar la información necesaria para establecer la primera conexión:



Fig. 74: ONT Cliente para servicio

La OLT con el comando de “autofind” brinda todas las ONTs disponibles en nuestra red para ser registradas. Este comando permite visualizar:

- El número de MAC de la ONT (número de identificación único de cada dispositivo).
- SN (serial number) que es el número de identificación de cada marca.
- FrameID de OLT
- La placa o Slot a la cual está conectada la ONT.

- El Puerto de la placa a la que está conectada la ONT.
- Otros datos como la fecha donde se conectó la ONT.

```
SIMPSON-OLT(config)#display ont autofind all
-----
Number          : 1
F/S/P           : 0/0/14
Ont SN          : 48575443D1E3335F (HWTC-D1E3335F)
Password        : 0x313136303030303030303030 (11600000000)
Loid            : 34553101231160000000
Checkcode       :
VendorID        : HWTC
Ont Version     : 685.A
Ont SoftwareVersion : V3R017C00S100
Ont EquipmentID  : 010C
Ont autofind time : 2020-12-31 23:51:50+08:00
-----
Number          : 2
F/S/P           : 0/1/13
Ont SN          : 485754432AE3ED9A (HWTC-2AE3ED9A)
Password        : 0x000000000000000000000000
Loid            :
Checkcode       :
VendorID        : HWTC
Ont Version     : 10C7.A
Ont SoftwareVersion : V3R017C10S125
Ont EquipmentID  : HG8546M
```

Fig. 75: Respuesta OLT comando "autofind"

Con la información adquirida del comando “autofind” podemos situarnos en la placa a la cual está conectada la ONT y seguir con el proceso de registración definiendo los siguientes parámetros:

- El puerto a la que estamos adicionando la ONT.
- El número de ONT que se registra en dicha puerta.
- SN que nos proporciona el “autofind”.
- Vlan que definimos por cada puerto.
- El nombre del cliente que estará registrada la ONT.

```
ont add 15 58 sn-auth "48575443B10E5F9E" omci ont-lineprofile-id 1001 ont-srvprofile-id 1001 desc
"Simone_Costa" (Acá MODIFICAMOS la PUERTA, Nro de ONU, S/N, VLAN y NOMBRE)

ont port native-vlan 15 58 eth 1 vlan 1001 priority 0
(Acá MODIFICAMOS la PUERTA, NRO ONU y VLAN)

service-port vlan 1001 gpon 0/1/15 ont 58 gempport 1001 multi-service user-vlan 1001 tag-transform
translate
(Acá MODIFICAMOS VLAN, PUERTA, NRO ONT y valores de VLAN en gempport, etc...)
```

Fig. 76: Comandos para adicionar ONT Cliente

En la última línea de comando determinamos el Service-Port que establece una conexión lógica que es necesaria para finalizar el proceso de conectividad entre OLT y ONT.

7.2.2. Router de borde

Este equipo también contará con una dirección IP pública suministrada por LACNIC, por lo que se verán involucrados diferentes aspectos de seguridad para llevar a cabo un correcto funcionamiento de la red. Toda la gestión del router se realizará a través de WINBOX que es el software propio de Mikrotik.

Teniendo administración del router de borde procederemos a definir los siguientes parámetros:

7.2.2.1. VLAN

Como ya se definió anteriormente se requiere establecer una Vlan por cada puerto de la OLT y también debe estar definido en nuestro router que establecerá la comunicación con la OLT y la gestión sobre cada uno de los puertos.

Name	Type	MTU	Actual MTU	L2 MTU	Tx	Rx	Tx Packet (p/s)	Rx Packet (p/s)	FP Tx
R [] Vlan100_frame0_slot1_port0	VLAN	1500	1500	1576	14.4 Mbps	207.0 kbps	1 463	248	0 bps
R [] Vlan101_frame0_slot1_port1	VLAN	1500	1500	1576	250.2 kbps	81.4 kbps	99	87	0 bps
R [] Vlan102_frame0_slot1_port2	VLAN	1500	1500	1576	39.5 kbps	21.3 kbps	13	13	0 bps
R [] Vlan103_frame0_slot1_port3	VLAN	1500	1500	1576	793.7 kbps	29.3 kbps	79	28	0 bps
R [] Vlan104_frame0_slot1_port4	VLAN	1500	1500	1576	32.4 Mbps	506.0 kbps	3 154	720	0 bps
R [] Vlan105_frame0_slot1_port5	VLAN	1500	1500	1576	2.0 Mbps	237.2 kbps	321	226	0 bps
R [] Vlan106_frame0_slot1_port6	VLAN	1500	1500	1576	2.8 Mbps	79.1 kbps	324	65	0 bps
R [] Vlan107_frame0_slot1_port7	VLAN	1500	1500	1576	7.2 Mbps	34.8 kbps	622	43	0 bps
R [] Vlan108_frame0_slot1_port8	VLAN	1500	1500	1576	26.1 Mbps	234.0 kbps	2 639	295	0 bps
R [] Vlan109_frame0_slot1_port9	VLAN	1500	1500	1576	0 bps	0 bps	0	0	0 bps
R [] Vlan110_frame0_slot1_port10	VLAN	1500	1500	1576	253.3 kbps	59.6 kbps	63	45	0 bps
R [] Vlan111_frame0_slot1_port11	VLAN	1500	1500	1576	13.8 kbps	7.6 kbps	7	6	0 bps
R [] Vlan112_frame0_slot1_port12	VLAN	1500	1500	1576	21.7 Mbps	310.9 kbps	1 893	522	0 bps
R [] Vlan113_frame0_slot1_port13	VLAN	1500	1500	1576	5.6 Mbps	98.3 kbps	583	93	0 bps
R [] Vlan114_frame0_slot1_port14	VLAN	1500	1500	1576	22.9 Mbps	689.1 kbps	2 089	962	0 bps
R [] Vlan115_frame0_slot1_port15	VLAN	1500	1500	1576	0 bps	0 bps	0	0	0 bps
R [] Vlan200_frame0_slot2_port0	VLAN	1500	1500	1576	13.9 kbps	0 bps	6	0	0 bps
R [] Vlan201_frame0_slot2_port1	VLAN	1500	1500	1576	30.1 Mbps	145.2 kbps	2 619	229	0 bps
R [] Vlan202_frame0_slot2_port2	VLAN	1500	1500	1576	0 bps	0 bps	0	0	0 bps
R [] Vlan203_frame0_slot2_port3	VLAN	1500	1500	1576	603.5 kbps	159.5 kbps	90	50	0 bps
R [] Vlan204_frame0_slot2_port4	VLAN	1500	1500	1576	1624.3 kbps	38.2 kbps	173	32	0 bps
R [] Vlan205_frame0_slot2_port5	VLAN	1500	1500	1576	14.4 Mbps	371.8 kbps	1 341	425	0 bps
R [] Vlan206_frame0_slot2_port6	VLAN	1500	1500	1576	9.0 Mbps	205.0 kbps	806	293	0 bps
R [] Vlan207_frame0_slot2_port7	VLAN	1500	1500	1576	29.7 Mbps	684.0 kbps	2 581	798	0 bps
R [] Vlan208_frame0_slot2_port8	VLAN	1500	1500	1576	11.5 Mbps	278.6 kbps	1 057	363	0 bps
R [] Vlan209_frame0_slot2_port9	VLAN	1500	1500	1576	11.5 Mbps	281.0 kbps	1 091	296	0 bps
R [] Vlan210_frame0_slot2_port10	VLAN	1500	1500	1576	0 bps	0 bps	0	0	0 bps
R [] Vlan211_frame0_slot2_port11	VLAN	1500	1500	1576	1238.6 kbps	346.7 kbps	198	142	0 bps
R [] Vlan212_frame0_slot2_port12	VLAN	1500	1500	1576	102.2 kbps	8.7 kbps	17	13	0 bps
R [] Vlan213_frame0_slot2_port13	VLAN	1500	1500	1576	659.6 kbps	28.1 kbps	77	24	0 bps
R [] Vlan214_frame0_slot2_port14	VLAN	1500	1500	1576	2.6 Mbps	312.0 kbps	304	170	0 bps
R [] Vlan215_frame0_slot2_port15	VLAN	1500	1500	1576	0 bps	0 bps	0	0	0 bps
R [] Vlan300_frame0_slot3_port0	VLAN	1500	1500	1576	61.6 kbps	27.6 kbps	24	19	0 bps
R [] Vlan301_frame0_slot3_port1	VLAN	1500	1500	1576	405.7 kbps	146.9 kbps	93	93	0 bps
R [] Vlan302_frame0_slot3_port2	VLAN	1500	1500	1576	9.9 Mbps	146.5 kbps	781	120	0 bps

Fig. 77: VLAN declaradas en Router de Borde

Como se muestra en la imagen, se lleva a cabo la definición de las VLAN de servicio que serán requeridas para tratar a cada puerto PON de forma individual y así también se determina una VLAN de gestión. Esto mismo nos permitirá una mayor escalabilidad y

flexibilidad en nuestra red. Todas las VLAN van a estar definidas sobre nuestro puerto SFP que se comunica con la OLT mediante un patch cord LC/upc - LC/upc y nuestra VLAN de gestión estará definida sobre el puerto de llegada de nuestro carrier (ARSAT).

Name	Type	Actual MTU	L2 MTU	Tx	Rx	Tx Packet (p/s)	Rx Packet (p/s)	FP Tx	FP Rx
Loopback	Bridge	1500	65535	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps
SFP1_LANGPON	Ethernet	1500	1580	512.2 Mbps	102.0 Mbps	51 447	23 630	512.2 Mbps	102.0 Mbps
Vlan100_frame0_slot1_port0	VLAN	1500	1576	3.0 Mbps	302.6 kbps	460	303	0 bps	302.6 kbps
Vlan101_frame0_slot1_port1	VLAN	1500	1576	241.0 kbps	95.7 kbps	92	76	0 bps	95.7 kbps
Vlan102_frame0_slot1_port2	VLAN	1500	1576	4.6 Mbps	93.8 kbps	426	95	0 bps	93.8 kbps
Vlan103_frame0_slot1_port3	VLAN	1500	1576	611.0 kbps	83.8 kbps	96	74	0 bps	83.8 kbps
Vlan104_frame0_slot1_port4	VLAN	1500	1576	4.1 kbps	4.1 kbps	6	6	0 bps	4.1 kbps
Vlan105_frame0_slot1_port5	VLAN	1500	1576	1185.7 kbps	184.4 kbps	205	181	0 bps	184.4 kbps
Vlan106_frame0_slot1_port6	VLAN	1500	1576	1057.6 kbps	12.2 kbps	108	12	0 bps	12.2 kbps
Vlan107_frame0_slot1_port7	VLAN	1500	1576	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps
Vlan108_frame0_slot1_port8	VLAN	1500	1576	8.1 Mbps	228.9 kbps	893	135	0 bps	228.9 kbps
Vlan109_frame0_slot1_port9	VLAN	1500	1576	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps
Vlan110_frame0_slot1_port10	VLAN	1500	1576	3.6 Mbps	255.6 kbps	499	185	0 bps	255.6 kbps
Vlan111_frame0_slot1_port11	VLAN	1500	1576	2.6 Mbps	32.3 kbps	270	34	0 bps	32.3 kbps
Vlan112_frame0_slot1_port12	VLAN	1500	1576	2.4 Mbps	250.9 kbps	281	114	0 bps	250.9 kbps
Vlan113_frame0_slot1_port13	VLAN	1500	1576	3.7 kbps	5.0 kbps	4	6	0 bps	5.0 kbps
Vlan114_frame0_slot1_port14	VLAN	1500	1576	7.9 Mbps	309.4 kbps	761	417	0 bps	309.4 kbps
Vlan115_frame0_slot1_port15	VLAN	1500	1576	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps
Vlan200_frame0_slot2_port0	VLAN	1500	1576	4.4 kbps	4.8 kbps	4	5	0 bps	4.8 kbps
Vlan201_frame0_slot2_port1	VLAN	1500	1576	24.8 Mbps	58.4 kbps	2 161	106	0 bps	58.4 kbps
Vlan202_frame0_slot2_port2	VLAN	1500	1576	0 bps	8.1 kbps	0	15	0 bps	8.1 kbps
Vlan203_frame0_slot2_port3	VLAN	1500	1576	4.3 Mbps	277.8 kbps	418	180	0 bps	277.8 kbps
Vlan204_frame0_slot2_port4	VLAN	1500	1576	4.9 Mbps	77.3 kbps	469	147	0 bps	77.3 kbps
Vlan205_frame0_slot2_port5	VLAN	1500	1576	17.3 Mbps	268.8 kbps	1 581	328	0 bps	268.8 kbps
Vlan206_frame0_slot2_port6	VLAN	1500	1576	3.3 Mbps	14.1 kbps	299	27	0 bps	14.1 kbps
Vlan207_frame0_slot2_port7	VLAN	1500	1576	21.8 kbps	4.5 kbps	7	7	0 bps	4.5 kbps
Vlan208_frame0_slot2_port8	VLAN	1500	1576	1812.2 kbps	93.4 kbps	190	107	0 bps	93.4 kbps
Vlan209_frame0_slot2_port9	VLAN	1500	1576	410.5 kbps	293.9 kbps	121	95	0 bps	293.9 kbps
Vlan210_frame0_slot2_port10	VLAN	1500	1576	8.0 Mbps	59.9 kbps	693	91	0 bps	59.9 kbps
Vlan211_frame0_slot2_port11	VLAN	1500	1576	10.2 Mbps	159.4 kbps	888	142	0 bps	159.4 kbps
Vlan212_frame0_slot2_port12	VLAN	1500	1576	305.8 kbps	33.2 Mbps	366	3 233	0 bps	33.2 Mbps
Vlan213_frame0_slot2_port13	VLAN	1500	1576	848 bps	624 bps	1	1	0 bps	624 bps
Vlan214_frame0_slot2_port14	VLAN	1500	1576	818.1 kbps	214.9 kbps	116	140	0 bps	214.9 kbps
Vlan215_frame0_slot2_port15	VLAN	1500	1576	528 bps	0 bps	1	0	0 bps	0 bps

Fig. 78: VLAN sobre la interfaz

7.2.2.2. IP

Ahora definiremos todas las direcciones de red necesarias por cada componente, tanto privadas como públicas:

- Para gestionar nuestra red local es necesario definir una dirección IP privada que estará creada sobre la VLAN de gestión.
- Las VLAN para cada puerta de la OLT serán declaradas en un bridge y a su vez éste será declarado sobre el puerto que establece conexión de nuestro router con la OLT.
- Será necesario declarar una IP pública sobre cada puerto de nuestra OLT y de esta manera cada cliente correspondiente a cada puerta PON adquirirá servicio enmascarado por esa dirección IP.
- En nuestro router, para identificar cada puerto lo hacemos mediante VLAN y por lo tanto, será necesario definir una dirección IP privada sobre cada VLAN que representarán dichos puertos:

Address List			
     			
Address	Network	Interface	
10.161.0.1/24	10.161.0.0	Vlan100_frame0_slot1_port0	
10.161.1.1/24	10.161.1.0	Vlan101_frame0_slot1_port1	
10.161.2.1/24	10.161.2.0	Vlan102_frame0_slot1_port2	
10.161.3.1/24	10.161.3.0	Vlan103_frame0_slot1_port3	
10.161.4.1/24	10.161.4.0	Vlan104_frame0_slot1_port4	
10.161.5.1/24	10.161.5.0	Vlan105_frame0_slot1_port5	
10.161.6.1/24	10.161.6.0	Vlan106_frame0_slot1_port6	
10.161.7.1/24	10.161.7.0	Vlan107_frame0_slot1_port7	
10.161.8.1/24	10.161.8.0	Vlan108_frame0_slot1_port8	
10.161.9.1/24	10.161.9.0	Vlan109_frame0_slot1_port9	
10.161.10.1/24	10.161.10.0	Vlan110_frame0_slot1_port10	
10.161.11.1/24	10.161.11.0	Vlan111_frame0_slot1_port11	
10.161.12.1/24	10.161.12.0	Vlan112_frame0_slot1_port12	
10.161.13.1/24	10.161.13.0	Vlan113_frame0_slot1_port13	
10.161.14.1/24	10.161.14.0	Vlan114_frame0_slot1_port14	
10.161.15.1/24	10.161.15.0	Vlan115_frame0_slot1_port15	
10.162.0.1/24	10.162.0.0	Vlan200_frame0_slot2_port0	
10.162.1.1/24	10.162.1.0	Vlan201_frame0_slot2_port1	
10.162.2.1/24	10.162.2.0	Vlan202_frame0_slot2_port2	
10.162.3.1/24	10.162.3.0	Vlan203_frame0_slot2_port3	
10.162.4.1/24	10.162.4.0	Vlan204_frame0_slot2_port4	
10.162.5.1/24	10.162.5.0	Vlan205_frame0_slot2_port5	
10.162.6.1/24	10.162.6.0	Vlan206_frame0_slot2_port6	
10.162.7.1/24	10.162.7.0	Vlan207_frame0_slot2_port7	
10.162.8.1/24	10.162.8.0	Vlan208_frame0_slot2_port8	
10.162.9.1/24	10.162.9.0	Vlan209_frame0_slot2_port9	
10.162.10.1/24	10.162.10.0	Vlan210_frame0_slot2_port10	
10.162.11.1/24	10.162.11.0	Vlan211_frame0_slot2_port11	
10.162.12.1/24	10.162.12.0	Vlan212_frame0_slot2_port12	
10.162.13.1/24	10.162.13.0	Vlan213_frame0_slot2_port13	
10.162.14.1/24	10.162.14.0	Vlan214_frame0_slot2_port14	
10.162.15.1/24	10.162.15.0	Vlan215_frame0_slot2_port15	
10.163.0.1/24	10.163.0.0	Vlan300_frame0_slot3_port0	
10.163.1.1/24	10.163.1.0	Vlan301_frame0_slot3_port1	
10.163.2.1/24	10.163.2.0	Vlan302_frame0_slot3_port2	
10.163.3.1/24	10.163.3.0	Vlan303_frame0_slot3_port3	
10.163.4.1/24	10.163.4.0	Vlan304_frame0_slot3_port4	
10.163.5.1/24	10.163.5.0	Vlan305_frame0_slot3_port5	

Fig. 79: Direcciones IP definidas para cada VLAN

- Las direcciones IP públicas que enmascaran el tráfico proveniente de cada puerto de la OLT se crean sobre un segundo bridge de loopback, esto nos permite no depender de los puertos físicos, es decir que creamos un puerto lógico que siempre se encuentra habilitado. Por esa razón la definimos sobre este bridge.

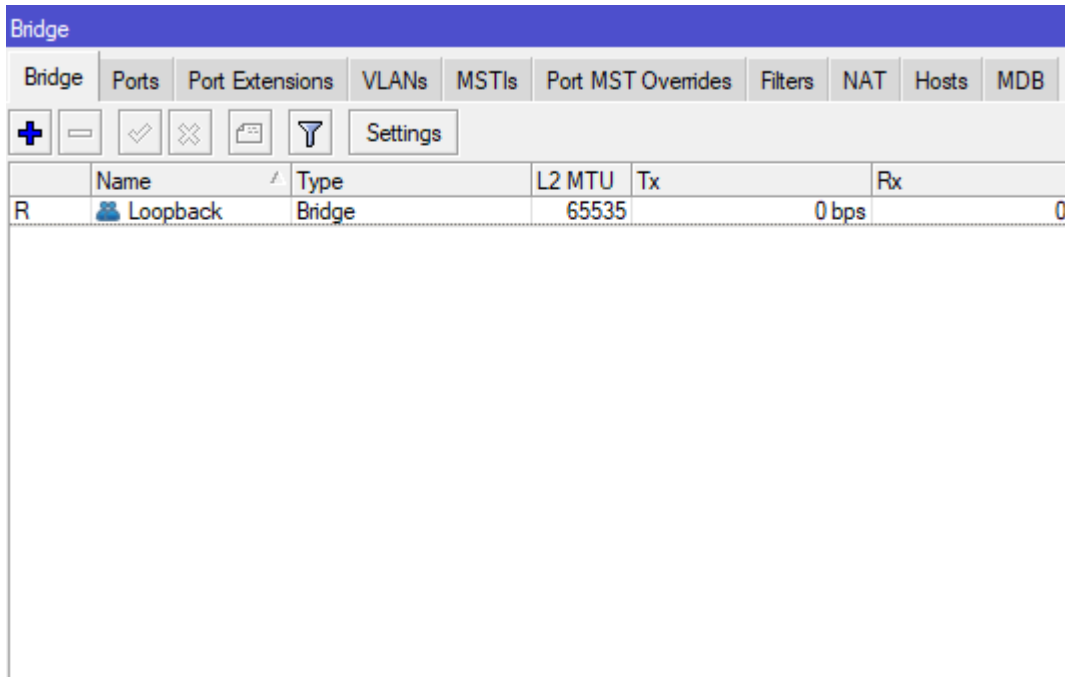


Fig. 80: Bridge de Loopback

7.2.2.3. Seguridad

Es necesario determinar los parámetros que se requieran asegurar:

- Es necesario contar con la última versión del RouterOS en LongTerms ya que esta es la versión más estable que existe con respecto a fallas del Sistema Operativo del router.

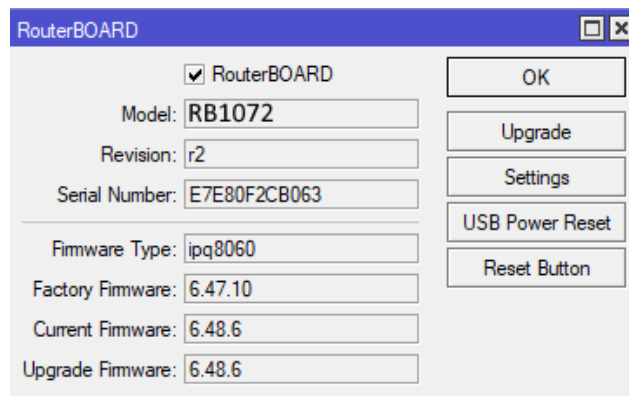
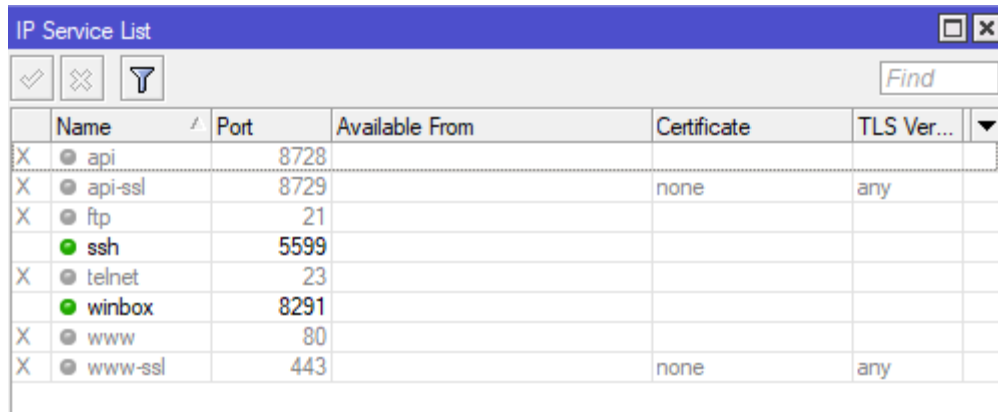


Fig. 81: Firmware del Router de Borde

- Procedemos a definir qué tipos de accesos estarán habilitados en el router, es decir, por qué medios vamos a tener administración del mismo. Éste parámetro es fundamental ya que al reducir los métodos de acceso reducimos también los canales por los cuales podríamos sufrir ataques. Para nuestra red, los únicos

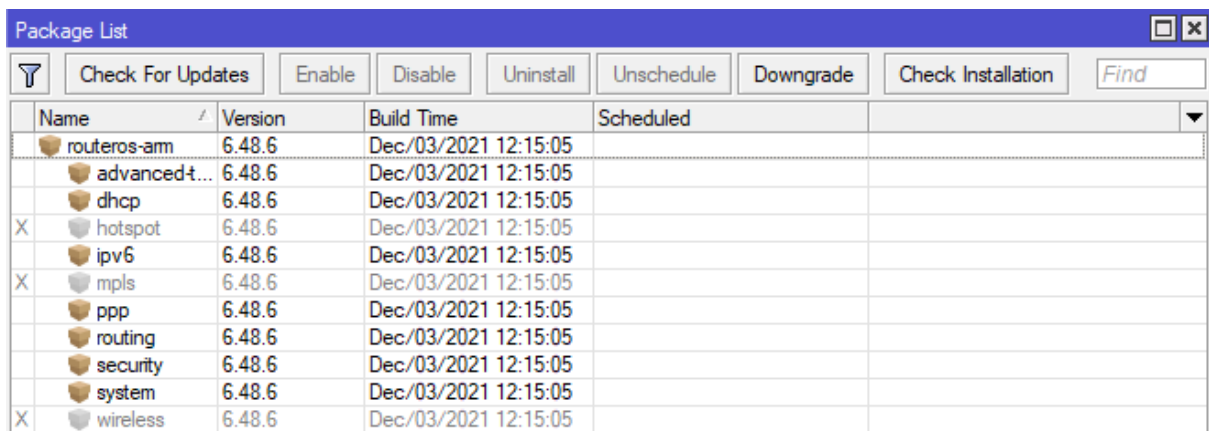
servicios habilitados serán SSH con el puerto 5599 y Winbox, cuyo puerto por defecto es el 8291.



	Name	Port	Available From	Certificate	TLS Ver...	
X	api	8728				
X	api-ssl	8729		none	any	
X	ftp	21				
	ssh	5599				
X	telnet	23				
	winbox	8291				
X	www	80				
X	www-ssl	443		none	any	

Fig. 82: Lista de Servicios habilitados

- Los paquetes que requerimos también deben ser administrados, ya que habrá algunos que no serán necesarios y al tenerlos habilitados podría llegar a provocar un mayor procesamiento en el router.



	Name	Version	Build Time	Scheduled	
	routeros-arm	6.48.6	Dec/03/2021 12:15:05		
	advanced-t...	6.48.6	Dec/03/2021 12:15:05		
	dhcp	6.48.6	Dec/03/2021 12:15:05		
X	hotspot	6.48.6	Dec/03/2021 12:15:05		
	ipv6	6.48.6	Dec/03/2021 12:15:05		
X	mpls	6.48.6	Dec/03/2021 12:15:05		
	ppp	6.48.6	Dec/03/2021 12:15:05		
	routing	6.48.6	Dec/03/2021 12:15:05		
	security	6.48.6	Dec/03/2021 12:15:05		
	system	6.48.6	Dec/03/2021 12:15:05		
X	wireless	6.48.6	Dec/03/2021 12:15:05		

Fig. 83: Lista de Paquetes habilitados

- Nuestro router de borde no requerirá de los paquetes de Wireless ya que este dispositivo no integra una placa para tal fin.
- Los paquetes para IPv6 serán necesarios, debido a que el rango de direcciones IPv4 se encuentra colapsado. La principal ventaja del protocolo IPv6 es que puede manejar paquetes de manera más eficiente, mejorar el rendimiento y aumentar la seguridad. Permite a los proveedores de servicios de internet reducir el tamaño de sus tablas de enrutamiento haciéndolas más jerárquicas.

7.2.2.4. Servidor DHCP

Se debe tener un Servidor DHCP por cada puerto de la OLT, entonces vamos a contar con diferentes pool de direcciones para lograr una correcta identificación de a qué VLAN y puerto pertenece el rango de direcciones. Los servidores DHCP son creados en esta sección y se le definen parámetros como:

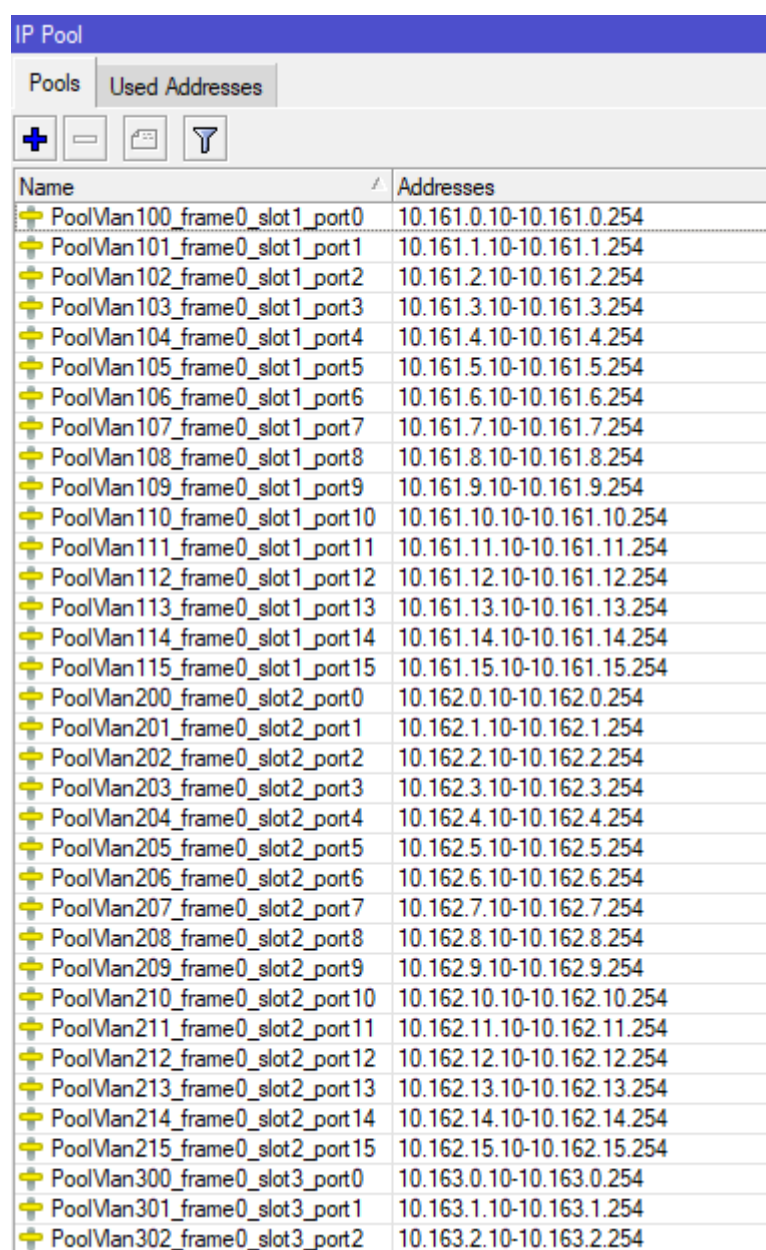
- Ip de red.
- Gateway.
- Lease Time.
- Rango de direcciones.
- DNS primarios y secundarios.

DHCP Server						
DHCP Networks Leases Options Option Sets Vendor Classes Alerts						
+ – ✓ ✗ ⌵ DHCP Config DHCP Setup						
Name	Interface	Relay	Lease Time	Address Pool	Add AR...	
Vlan100_frame0_slot1_port0	Vlan100_frame0_...		00:10:00	PoolVlan100_...	no	
Vlan101_frame0_slot1_port1	Vlan101_frame0_...		00:10:00	PoolVlan101_...	no	
Vlan102_frame0_slot1_port2	Vlan102_frame0_...		00:10:00	PoolVlan102_...	no	
Vlan103_frame0_slot1_port3	Vlan103_frame0_...		00:10:00	PoolVlan103_...	no	
Vlan104_frame0_slot1_port4	Vlan104_frame0_...		00:10:00	PoolVlan104_...	no	
Vlan105_frame0_slot1_port5	Vlan105_frame0_...		00:10:00	PoolVlan105_...	no	
Vlan106_frame0_slot1_port6	Vlan106_frame0_...		00:10:00	PoolVlan106_...	no	
Vlan107_frame0_slot1_port7	Vlan107_frame0_...		00:10:00	PoolVlan107_...	no	
Vlan108_frame0_slot1_port8	Vlan108_frame0_...		00:10:00	PoolVlan108_...	no	
Vlan109_frame0_slot1_port9	Vlan109_frame0_...		00:10:00	PoolVlan109_...	no	
Vlan110_frame0_slot1_port10	Vlan110_frame0_...		00:10:00	PoolVlan110_...	no	
Vlan111_frame0_slot1_port11	Vlan111_frame0_...		00:10:00	PoolVlan111_...	no	
Vlan112_frame0_slot1_port12	Vlan112_frame0_...		00:10:00	PoolVlan112_...	no	
Vlan113_frame0_slot1_port13	Vlan113_frame0_...		00:10:00	PoolVlan113_...	no	
Vlan114_frame0_slot1_port14	Vlan114_frame0_...		00:10:00	PoolVlan114_...	no	
Vlan115_frame0_slot1_port15	Vlan115_frame0_...		00:10:00	PoolVlan115_...	no	
Vlan200_frame0_slot2_port0	Vlan200_frame0_...		00:10:00	PoolVlan200_...	no	
Vlan201_frame0_slot2_port1	Vlan201_frame0_...		00:10:00	PoolVlan201_...	no	
Vlan202_frame0_slot2_port2	Vlan202_frame0_...		00:10:00	PoolVlan202_...	no	
Vlan203_frame0_slot2_port3	Vlan203_frame0_...		00:10:00	PoolVlan203_...	no	
Vlan204_frame0_slot2_port4	Vlan204_frame0_...		00:10:00	PoolVlan204_...	no	
Vlan205_frame0_slot2_port5	Vlan205_frame0_...		00:10:00	PoolVlan205_...	no	
Vlan206_frame0_slot2_port6	Vlan206_frame0_...		00:10:00	PoolVlan206_...	no	
Vlan207_frame0_slot2_port7	Vlan207_frame0_...		00:10:00	PoolVlan207_...	no	
Vlan208_frame0_slot2_port8	Vlan208_frame0_...		00:10:00	PoolVlan208_...	no	
Vlan209_frame0_slot2_port9	Vlan209_frame0_...		00:10:00	PoolVlan209_...	no	
Vlan210_frame0_slot2_port10	Vlan210_frame0_...		00:10:00	PoolVlan210_...	no	
Vlan211_frame0_slot2_port11	Vlan211_frame0_...		00:10:00	PoolVlan211_...	no	
Vlan212_frame0_slot2_port12	Vlan212_frame0_...		00:10:00	PoolVlan212_...	no	
Vlan213_frame0_slot2_port13	Vlan213_frame0_...		00:10:00	PoolVlan213_...	no	
Vlan214_frame0_slot2_port14	Vlan214_frame0_...		00:10:00	PoolVlan214_...	no	
Vlan215_frame0_slot2_port15	Vlan215_frame0_...		00:10:00	PoolVlan215_...	no	
Vlan300_frame0_slot3_port0	Vlan300_frame0_...		00:10:00	PoolVlan300_...	no	
Vlan301_frame0_slot3_port1	Vlan301_frame0_...		00:10:00	PoolVlan301_...	no	
Vlan302_frame0_slot3_port2	Vlan302_frame0_...		00:10:00	PoolVlan302_...	no	
Vlan303_frame0_slot3_port3	Vlan303_frame0_...		00:10:00	PoolVlan303_...	no	

Fig. 84: Servidor DHCP

El pool de direcciones de cada puerto se lo arma de la siguiente manera:

- Pool de dirección IP 10.16S.P.0/24 → de dicho pool se harán uso de 64 direcciones IP ya que por cada puerto PON administramos 64 usuarios según nuestro nivel de splitteo. Donde:
 - S (Slot): Hace referencia al slot y por lo tanto en la OLT estarán en uso 9 slots de los 17 que podemos colocar, entonces la numeración irá desde el 1 al 9.
 - P (Port): Este describe al puerto del cual pertenece el pool de direcciones, este va desde el 0 al 15.



IP Pool	
Pools Used Addresses	
Name	Addresses
PoolVlan100_frame0_slot1_port0	10.161.0.10-10.161.0.254
PoolVlan101_frame0_slot1_port1	10.161.1.10-10.161.1.254
PoolVlan102_frame0_slot1_port2	10.161.2.10-10.161.2.254
PoolVlan103_frame0_slot1_port3	10.161.3.10-10.161.3.254
PoolVlan104_frame0_slot1_port4	10.161.4.10-10.161.4.254
PoolVlan105_frame0_slot1_port5	10.161.5.10-10.161.5.254
PoolVlan106_frame0_slot1_port6	10.161.6.10-10.161.6.254
PoolVlan107_frame0_slot1_port7	10.161.7.10-10.161.7.254
PoolVlan108_frame0_slot1_port8	10.161.8.10-10.161.8.254
PoolVlan109_frame0_slot1_port9	10.161.9.10-10.161.9.254
PoolVlan110_frame0_slot1_port10	10.161.10.10-10.161.10.254
PoolVlan111_frame0_slot1_port11	10.161.11.10-10.161.11.254
PoolVlan112_frame0_slot1_port12	10.161.12.10-10.161.12.254
PoolVlan113_frame0_slot1_port13	10.161.13.10-10.161.13.254
PoolVlan114_frame0_slot1_port14	10.161.14.10-10.161.14.254
PoolVlan115_frame0_slot1_port15	10.161.15.10-10.161.15.254
PoolVlan200_frame0_slot2_port0	10.162.0.10-10.162.0.254
PoolVlan201_frame0_slot2_port1	10.162.1.10-10.162.1.254
PoolVlan202_frame0_slot2_port2	10.162.2.10-10.162.2.254
PoolVlan203_frame0_slot2_port3	10.162.3.10-10.162.3.254
PoolVlan204_frame0_slot2_port4	10.162.4.10-10.162.4.254
PoolVlan205_frame0_slot2_port5	10.162.5.10-10.162.5.254
PoolVlan206_frame0_slot2_port6	10.162.6.10-10.162.6.254
PoolVlan207_frame0_slot2_port7	10.162.7.10-10.162.7.254
PoolVlan208_frame0_slot2_port8	10.162.8.10-10.162.8.254
PoolVlan209_frame0_slot2_port9	10.162.9.10-10.162.9.254
PoolVlan210_frame0_slot2_port10	10.162.10.10-10.162.10.254
PoolVlan211_frame0_slot2_port11	10.162.11.10-10.162.11.254
PoolVlan212_frame0_slot2_port12	10.162.12.10-10.162.12.254
PoolVlan213_frame0_slot2_port13	10.162.13.10-10.162.13.254
PoolVlan214_frame0_slot2_port14	10.162.14.10-10.162.14.254
PoolVlan215_frame0_slot2_port15	10.162.15.10-10.162.15.254
PoolVlan300_frame0_slot3_port0	10.163.0.10-10.163.0.254
PoolVlan301_frame0_slot3_port1	10.163.1.10-10.163.1.254
PoolVlan302_frame0_slot3_port2	10.163.2.10-10.163.2.254

Fig. 85: Pool de direcciones IP

Al estar definidas todas las direcciones correspondientes a cada puerto y slot, a medida que se vayan registrando usuarios el servidor DHCP les suministra una dirección y estas serán registradas en el “LEASES”.

DHCP Server									
DHCP Networks Leases Options Option Sets Vendor Classes Alerts									
+ − ✓ ✗ 📄 🔍 Check Status									
MAC Address in									
	Address	MAC Address	Client ID	Server	Active Address	Active MAC Address	Active Hos...	Expires After	Status
D	10.161.0.10	20:AB:48:26:7C:37	1:20:ab:48:26:7c...	Vlan100_fra...	10.161.0.10	20:AB:48:26:7C:37	EG8141A5	00:08:01	bound
D	10.161.0.11	30:C5:0F:05:43:74	1:30:c5f:5:43:74	Vlan100_fra...	10.161.0.11	30:C5:0F:05:43:74	EG8141A5	00:06:51	bound
D	10.161.0.12	20:AB:48:21:2A:81	1:20:ab:48:21:2a...	Vlan100_fra...	10.161.0.12	20:AB:48:21:2A:81	EG8141A5	00:09:23	bound
D	10.161.0.13	20:AB:48:1B:FC:48	1:20:ab:48:1b:fc:48	Vlan100_fra...	10.161.0.13	20:AB:48:1B:FC:48	EG8141A5	00:09:08	bound
D	10.161.0.14	20:AB:48:1B:EB:2B	1:20:ab:48:1b:eb...	Vlan100_fra...	10.161.0.14	20:AB:48:1B:EB:2B	EG8141A5	00:09:29	bound
D	10.161.0.15	20:AB:48:1B:F8:38	1:20:ab:48:1b:f8:38	Vlan100_fra...	10.161.0.15	20:AB:48:1B:F8:38	EG8141A5	00:07:56	bound
D	10.161.0.16	20:AB:48:1B:F9:BE	1:20:ab:48:1b:f9:be	Vlan100_fra...	10.161.0.16	20:AB:48:1B:F9:BE	EG8141A5	00:09:47	bound
D	10.161.0.17	20:AB:48:21:37:74	1:20:ab:48:21:37...	Vlan100_fra...	10.161.0.17	20:AB:48:21:37:74	EG8141A5	00:09:12	bound
D	10.161.1.10	20:AB:48:26:C1:61	1:20:ab:48:26:c1...	Vlan101_fra...	10.161.1.10	20:AB:48:26:C1:61	EG8141A5	00:09:17	bound
D	10.161.1.11	E4:3E:C6:E6:7E:12	1:e4:3e:c6:e6:7e...	Vlan101_fra...	10.161.1.11	E4:3E:C6:E6:7E:12	EG8141A5	00:09:20	bound
D	10.161.2.10	34:58:40:41:5F:77	1:34:58:40:41:5f:77	Vlan102_fra...	10.161.2.10	34:58:40:41:5F:77	EG8141A5	00:06:20	bound
D	10.161.3.10	20:AB:48:08:C2:02	1:20:ab:48:8:c2:2	Vlan103_fra...	10.161.3.10	20:AB:48:08:C2:02	EG8141A5	00:06:48	bound
D	10.161.3.11	20:AB:48:22:8E:FE	1:20:ab:48:22:8e:fe	Vlan103_fra...	10.161.3.11	20:AB:48:22:8E:FE	EG8141A5	00:09:20	bound
D	10.161.4.10	34:58:40:41:02:07	1:34:58:40:41:2:7	Vlan104_fra...	10.161.4.10	34:58:40:41:02:07	EG8141A5	00:09:57	bound
D	10.161.5.10	30:C5:0F:05:81:41	1:30:c5f:5:81:41	Vlan105_fra...	10.161.5.10	30:C5:0F:05:81:41	EG8141A5	00:09:15	bound
D	10.161.5.11	30:C5:0F:05:A7:D9	1:30:c5f:5:a7:d9	Vlan105_fra...	10.161.5.11	30:C5:0F:05:A7:D9	EG8141A5	00:05:28	bound
D	10.161.5.12	20:AB:48:1B:EC:BE	1:20:ab:48:1b:ec...	Vlan105_fra...	10.161.5.12	20:AB:48:1B:EC:BE	EG8141A5	00:06:12	bound
D	10.161.5.13	34:58:40:41:55:1B	1:34:58:40:41:55...	Vlan105_fra...	10.161.5.13	34:58:40:41:55:1B	EG8141A5	00:08:04	bound
D	10.161.6.10	20:AB:48:1B:DE:1E	1:20:ab:48:1b:de...	Vlan106_fra...	10.161.6.10	20:AB:48:1B:DE:1E	EG8141A5	00:09:20	bound
D	10.161.7.10	20:AB:48:1B:F9:F2	1:20:ab:48:1b:f9:f2	Vlan107_fra...	10.161.7.10	20:AB:48:1B:F9:F2	EG8141A5	00:08:09	bound
D	10.161.7.11	20:AB:48:1B:F7:9C	1:20:ab:48:1b:f7:9c	Vlan107_fra...	10.161.7.11	20:AB:48:1B:F7:9C	EG8141A5	00:09:09	bound
D	10.161.8.10	20:AB:48:26:10:75	1:20:ab:48:26:10...	Vlan108_fra...	10.161.8.10	20:AB:48:26:10:75	EG8141A5	00:07:08	bound
D	10.161.8.11	20:AB:48:26:9F:4E	1:20:ab:48:26:9f:4e	Vlan108_fra...	10.161.8.11	20:AB:48:26:9F:4E	EG8141A5	00:08:39	bound
D	10.161.8.12	20:AB:48:1B:D5:2E	1:20:ab:48:1b:d5...	Vlan108_fra...	10.161.8.12	20:AB:48:1B:D5:2E	EG8141A5	00:09:46	bound
D	10.161.8.13	20:AB:48:1B:D9:0A	1:20:ab:48:1b:d9:a	Vlan108_fra...	10.161.8.13	20:AB:48:1B:D9:0A	EG8141A5	00:09:14	bound
D	10.161.8.14	20:AB:48:1C:00:72	1:20:ab:48:1c:0:72	Vlan108_fra...	10.161.8.14	20:AB:48:1C:00:72	EG8141A5	00:09:13	bound
D	10.161.8.15	20:AB:48:1C:00:CD	1:20:ab:48:1c:0:cd	Vlan108_fra...	10.161.8.15	20:AB:48:1C:00:CD	EG8141A5	00:08:33	bound
D	10.161.8.16	20:AB:48:1B:F7:F7	1:20:ab:48:1b:f7:f7	Vlan108_fra...	10.161.8.16	20:AB:48:1B:F7:F7	EG8141A5	00:06:04	bound
D	10.161.8.17	20:AB:48:1B:FC:CA	1:20:ab:48:1b:fc:ca	Vlan108_fra...	10.161.8.17	20:AB:48:1B:FC:CA	EG8141A5	00:05:55	bound
D	10.161.8.18	E4:3E:C6:EF:FF:B2	1:e4:3e:c6:ef:ff:b2	Vlan108_fra...	10.161.8.18	E4:3E:C6:EF:FF:B2	EG8141A5	00:09:33	bound
D	10.161.8.19	20:AB:48:08:E0:A3	1:20:ab:48:8:e0:a3	Vlan108_fra...	10.161.8.19	20:AB:48:08:E0:A3	EG8141A5	00:09:21	bound
D	10.161.9.10	20:AB:48:26:35:1F	1:20:ab:48:26:35:1f	Vlan109_fra...	10.161.9.10	20:AB:48:26:35:1F	EG8141A5	00:09:02	bound
D	10.161.9.11	C8:C4:65:FA:24:16	1:c8:c4:65:fa:24:16	Vlan109_fra...	10.161.9.11	C8:C4:65:FA:24:16	HG8145V5	00:08:19	bound

Fig. 86: Asignaciones de IP por DHCP

En la sección “LEASES” quedan registrados los siguientes parámetros:

- IP que se le asignó automáticamente por el DHCP.
- El Serial Number de la ONT
- La vlan a la cual quedó registrada la ONT.
- El tiempo de expiración de IP: Se le configura un tiempo máximo por el cual puede estar esa IP asociada a una ONT en particular, luego de que ese tiempo expire, el servidor vuelve a suministrar una dirección IP al equipo y ésta será asignada solo si el dispositivo sigue activo. Esto nos permite el reúso de direcciones ya que, ante eventuales caídas en el dispositivo cliente o si un usuario da de baja al servicio, la dirección IP otorgada a estos dispositivos no serán permanentes y puede reasignarse a otro diferente. Es un parámetro a

manejar cuidadosamente ya que un tiempo muy bajo provocará un mayor procesamiento del CPU y uno demasiado alto no detectaría a tiempo si algún equipo se encuentra desconectado.

7.2.2.5. Rutas

Todas las direcciones IP creadas, las IP públicas y privadas que se requieren para la configuración del Router de Borde, crean rutas dinámicas en la tabla de ruteo. Estas rutas son creadas por defecto y no pueden ser modificadas o eliminadas.

Para que todo el tráfico generado por los usuarios sea dirigido a nuestra salida del proveedor, en la ruta se especifica que todo ese tráfico apunte al gateway de nuestra WAN.

Route List						
Routes Nexthops Rules VRF						
	Dst. Address	#	Gateway	Distance	Routing Mark	Pref. Source
AS	▶ 0.0.0.0/0		172.20.52.1 reachable Vlan1452_WanIPv4	10		
S	▶ 0.0.0.0/0		172.20.53.1 unreachable	20		
DAC	▶ 10.161.0.0/24		Vlan100_frame0_slot1_port0 reachable	0		10.161.0.1
DAC	▶ 10.161.1.0/24		Vlan101_frame0_slot1_port1 reachable	0		10.161.1.1
DAC	▶ 10.161.2.0/24		Vlan102_frame0_slot1_port2 reachable	0		10.161.2.1
DAC	▶ 10.161.3.0/24		Vlan103_frame0_slot1_port3 reachable	0		10.161.3.1
DAC	▶ 10.161.4.0/24		Vlan104_frame0_slot1_port4 reachable	0		10.161.4.1
DAC	▶ 10.161.5.0/24		Vlan105_frame0_slot1_port5 reachable	0		10.161.5.1
DAC	▶ 10.161.6.0/24		Vlan106_frame0_slot1_port6 reachable	0		10.161.6.1
DAC	▶ 10.161.7.0/24		Vlan107_frame0_slot1_port7 reachable	0		10.161.7.1
DAC	▶ 10.161.8.0/24		Vlan108_frame0_slot1_port8 reachable	0		10.161.8.1
DAC	▶ 10.161.9.0/24		Vlan109_frame0_slot1_port9 reachable	0		10.161.9.1
DAC	▶ 10.161.10.0/24		Vlan110_frame0_slot1_port10 reachable	0		10.161.10.1
DAC	▶ 10.161.11.0/24		Vlan111_frame0_slot1_port11 reachable	0		10.161.11.1
DAC	▶ 10.161.12.0/24		Vlan112_frame0_slot1_port12 reachable	0		10.161.12.1
DAC	▶ 10.161.13.0/24		Vlan113_frame0_slot1_port13 reachable	0		10.161.13.1
DAC	▶ 10.161.14.0/24		Vlan114_frame0_slot1_port14 reachable	0		10.161.14.1
DAC	▶ 10.161.15.0/24		Vlan115_frame0_slot1_port15 reachable	0		10.161.15.1
DAC	▶ 10.162.0.0/24		Vlan200_frame0_slot2_port0 reachable	0		10.162.0.1
DAC	▶ 10.162.1.0/24		Vlan201_frame0_slot2_port1 reachable	0		10.162.1.1
DAC	▶ 10.162.2.0/24		Vlan202_frame0_slot2_port2 reachable	0		10.162.2.1
DAC	▶ 10.162.3.0/24		Vlan203_frame0_slot2_port3 reachable	0		10.162.3.1
DAC	▶ 10.162.4.0/24		Vlan204_frame0_slot2_port4 reachable	0		10.162.4.1
DAC	▶ 10.162.5.0/24		Vlan205_frame0_slot2_port5 reachable	0		10.162.5.1
DAC	▶ 10.162.6.0/24		Vlan206_frame0_slot2_port6 reachable	0		10.162.6.1
DAC	▶ 10.162.7.0/24		Vlan207_frame0_slot2_port7 reachable	0		10.162.7.1
DAC	▶ 10.162.8.0/24		Vlan208_frame0_slot2_port8 reachable	0		10.162.8.1
DAC	▶ 10.162.9.0/24		Vlan209_frame0_slot2_port9 reachable	0		10.162.9.1
DAC	▶ 10.162.10.0/24		Vlan210_frame0_slot2_port10 reachable	0		10.162.10.1
DAC	▶ 10.162.11.0/24		Vlan211_frame0_slot2_port11 reachable	0		10.162.11.1
DAC	▶ 10.162.12.0/24		Vlan212_frame0_slot2_port12 reachable	0		10.162.12.1
DAC	▶ 10.162.13.0/24		Vlan213_frame0_slot2_port13 reachable	0		10.162.13.1
DAC	▶ 10.162.14.0/24		Vlan214_frame0_slot2_port14 reachable	0		10.162.14.1
DAC	▶ 10.162.15.0/24		Vlan215_frame0_slot2_port15 reachable	0		10.162.15.1
DAC	▶ 10.163.0.0/24		Vlan300_frame0_slot3_port0 reachable	0		10.163.0.1

Fig. 87: Lista de rutas

La ruta con Dirección de Destino 0.0.0.0/0 hace referencia a todas las direcciones IP que ingresen al router sean dirigidas al Gateway WAN definido en el router de Borde.

7.2.3. Software para monitoreo y gestión de la red

La implementación de sistemas de monitoreo de red resulta algo fundamental ya que no solo es utilizado para visualizar el estado de nuestros dispositivos, sino que también permite anticiparnos a posibles fallos que estén a punto de ocurrir. Por esta razón, procedemos a especificar los diferentes softwares que implementaremos en el proyecto.

7.2.3.1. Zabbix

Zabbix es un software de monitorización de código abierto para redes y aplicaciones. Ofrece monitorización en tiempo real de miles de métricas recogidas de servidores, equipos virtuales, dispositivos de red y aplicaciones web.

Es utilizado para las diferentes redes ya que permite llevar un registro de los equipos instalados en la red y recoger cierta información de interés de acuerdo a las necesidades de cada ISP, a su vez dispone de un dashboard que nos permite visualizar de manera simplificada los cambios o problemáticas que se produzcan en nuestros dispositivos para dar de esta manera una rápida solución.

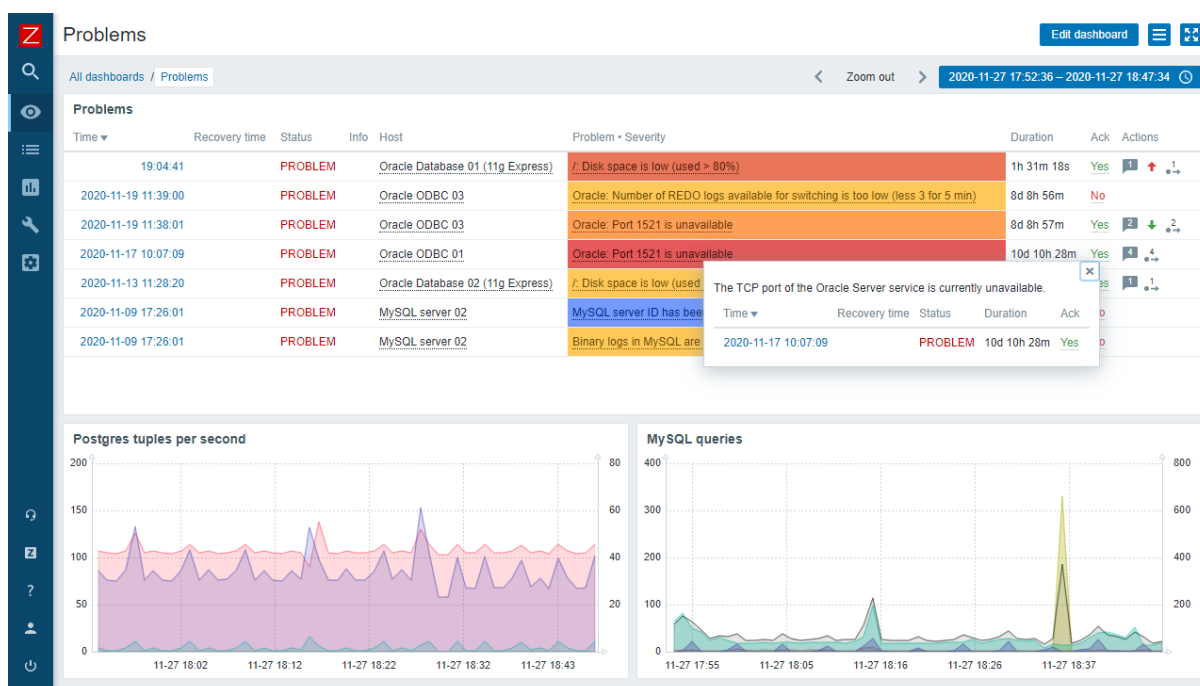


Fig. 88: Visualización Dashboard Zabbix

Permite registrar el dispositivo y la dirección IP. También permite crear ciertos templates que son los que capturan los datos de cada equipo registrado en el servidor, como ser:

- Tiempo de uptime.
- Valores de alineación.
- Número de serie.
- Velocidad de negociación de la interfaz ETH.
- Protocolo ICMP.
- Taza de Trafico.
- Niveles de consumo de energía en W.
- Monitoreo de banco de energía.

Toda esta información es recopilada de los diferentes dispositivos gracias al Protocolo Simple de Administración de Red (SNMP). Este protocolo de la capa de aplicación facilita el intercambio de información de administración entre diferentes dispositivos de red y es el que permite supervisar el funcionamiento de la red, buscar y resolver problemas, como también planear futuros crecimientos.



Fig. 89: Gráficas en Zabbix

Esta herramienta nos permite llevar un mejor control sobre los dispositivos en nuestra red y a su vez visualizar cómo se establece la comunicación entre ellos. A continuación, mostramos un ejemplo de interconexión de equipos y cómo se visualizan en este sistema, como así también las alertas en caso de caída de alguno de ellos.

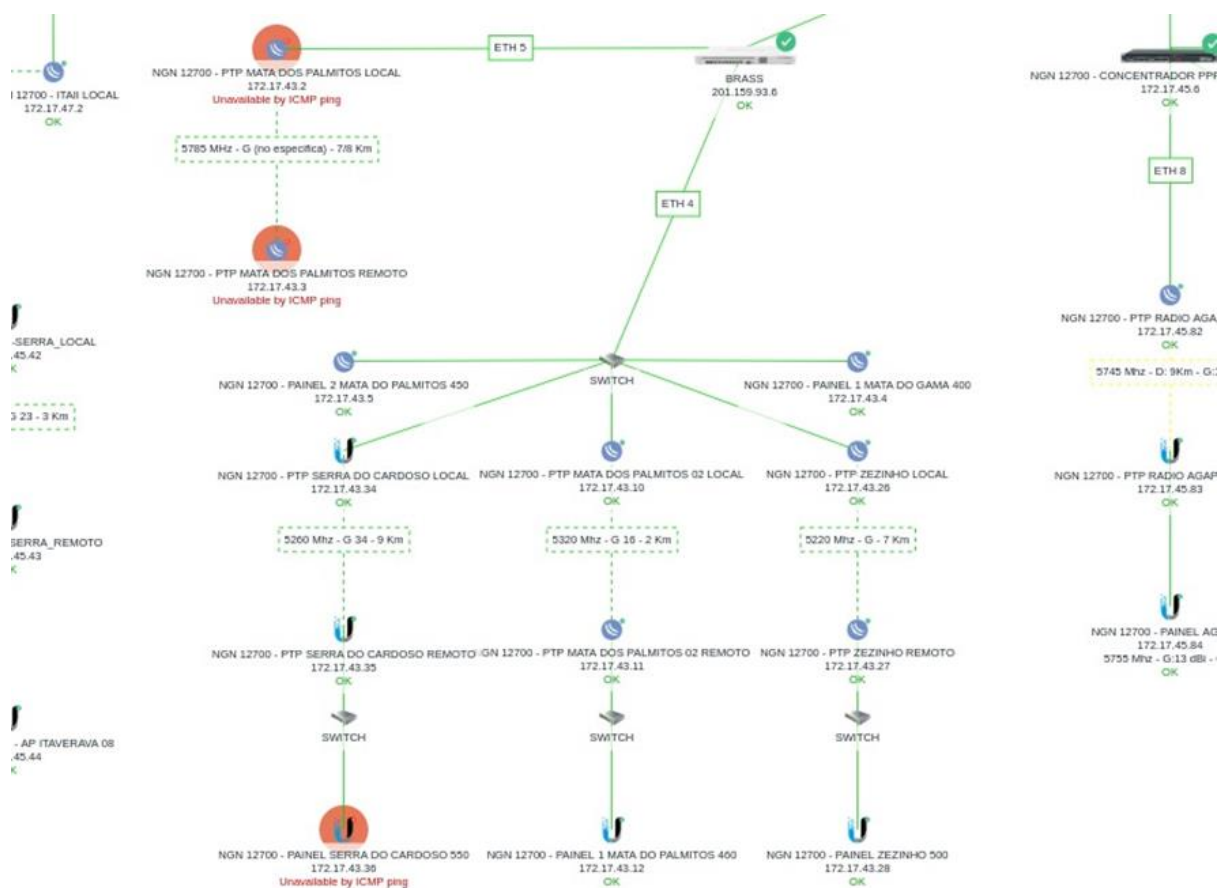


Fig. 90: Mapas en Zabbix

La imagen describe la interconexión de equipos de distintas marcas, a los cuales el software les captura la información especificada en el template.

7.2.3.2. LibreNMS

Este software va a ser capaz de descubrir todos los equipos de la red local utilizando diferentes protocolos, como CDP de Cisco, FDP, LLDP y ARP, es capaz de monitorizar los equipos a través de SNMP, e incluso es capaz de monitorizar routers que usan protocolos de routing como OSPF y BGP.



Fig. 91: Monitoreo de CPU de Router de Borde

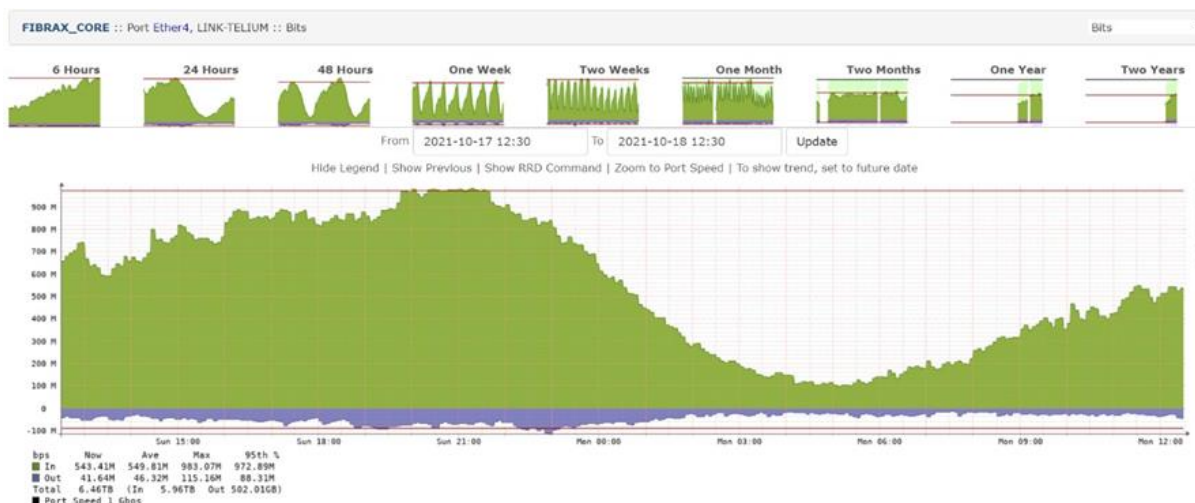


Fig. 92: Monitoreo de consumo de Red

Nos proporciona información de importancia como ser, tiempo de encendido de los equipos, consumo de procesador, consumo de memoria, velocidad de giro de ventiladores de disipación de calor, niveles de tráfico alcanzado, tiempos de respuesta de PING o ICMP, etc.

También permite visualizar el consumo general de nuestra red en tiempo real y así poder determinar si requerimos de contratar más ancho de banda cuando el tráfico está llegando al umbral del servicio contratado con el carrier.

7.2.3.3. CnMaestro

cnMaestro es una solución de administración de red de próxima generación simple pero sofisticada para las soluciones inalámbricas y cableadas de Cambium Networks.

Es una plataforma disponible en la nube o instalable en lugares físicos, creada desde cero para una gestión segura de ciclo vital de red de extremo a extremo: gestión de inventario, dispositivos de integración, operaciones diarias y mantenimiento.

Hacer uso de esta herramienta del fabricante Cambium Networks nos permite llevar un control tanto de los dispositivos de distribución como son los paneles ePMP3000 para la conexión de última milla como también de los dispositivos de usuario.

Permite llevar un registro de funcionamiento de los equipos dentro de los últimos 7 días, podemos visualizar cierta información como ser:

- Tiempo de Uptime.
- Dirección IP y MAC Address.
- Frecuencia utilizada.
- Ancho de canal utilizado.
- Registro de consumo.
- Valores de alineación y modulación.
- Tiempo de establecimiento de sesión.

También permite administrar remotamente los equipos y efectuar ciertas acciones en los mismos:

- Pruebas de velocidad.
- Ping.
- Reinicio de los dispositivos.

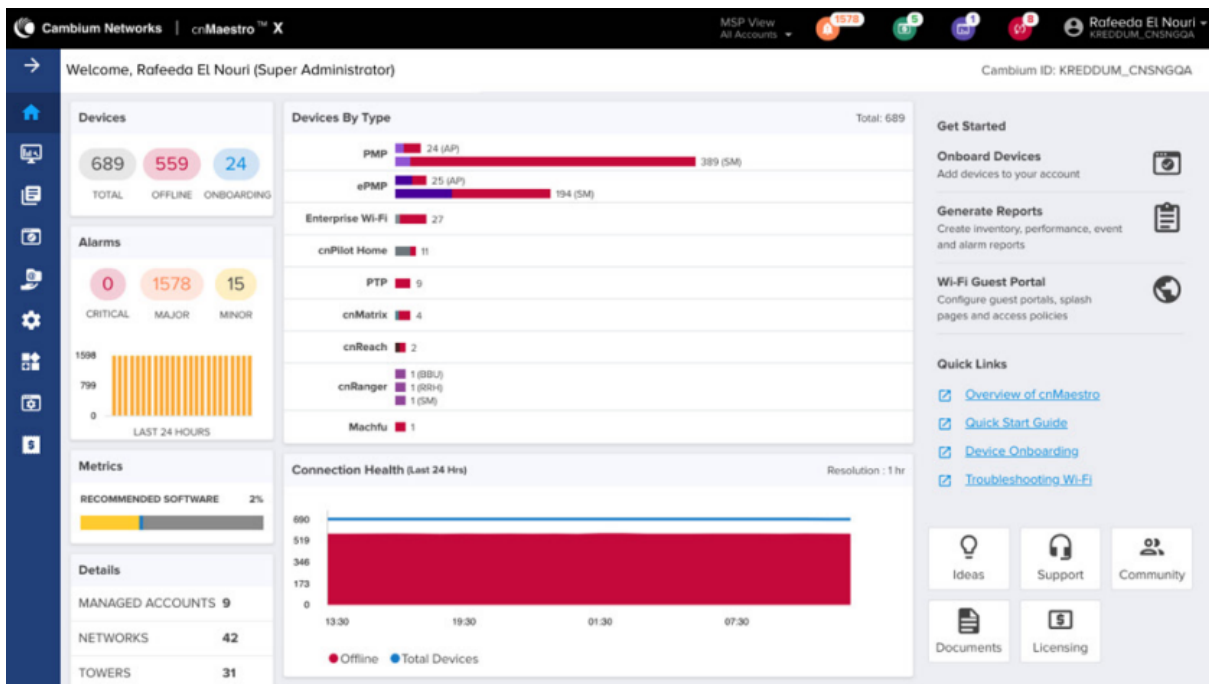


Fig. 93: Dashboard cnMaestro

7.2.3.4. MIMOSA Cloud

Airspan, fabricante de los dispositivos Mimosa Networks proporciona una herramienta para el diseño, registro y administración de todos sus dispositivos, una solución a ser utilizada por los diferentes ISP que hagan uso del equipamiento de la marca.

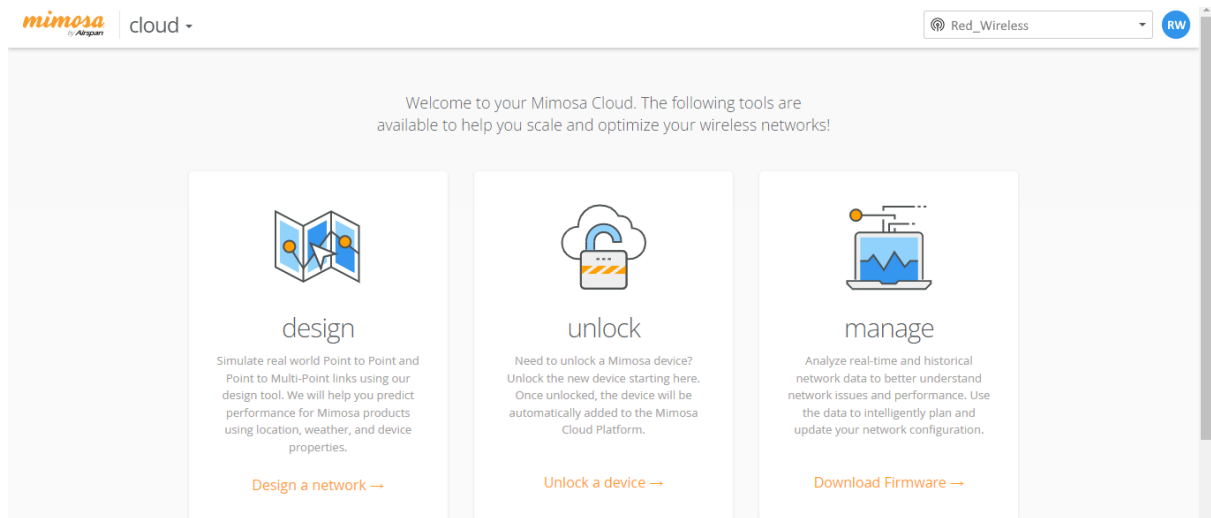


Fig. 94: Interfaz de acceso Mimosa Cloud

Es un sistema basado en la nube con interfaz gráfica a la cual accedemos por el navegador y es utilizada por cada ISP para efectuar tareas de diseño y evaluar factibilidad de un enlace proyectado, verificar el correcto funcionamiento de enlaces que ya se encuentren operativos, entre otras opciones. Una de las herramientas más importantes es la que permite a cada ISP registrar y bloquear todos los dispositivos adquiridos bajo su propio nombre. Esto es importante ya que en el caso de sufrir un ataque de vandalismo donde se produzca el hurto de equipos de radio, estos únicamente podrán ser desbloqueados para volver a utilizarse por el propietario que adquirió el dispositivo y por lo tanto en el caso que no sea el propietario el que quiere hacer uso del mismo, este no podrá volver a utilizarse.

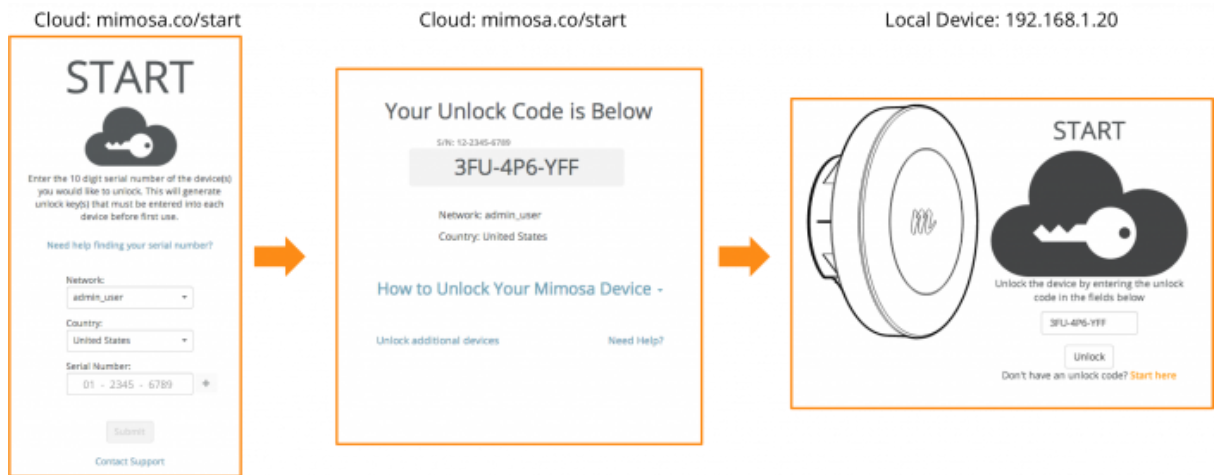


Fig. 95: Etapas de desbloqueo de dispositivo Mimosa

Como se mencionó anteriormente, la herramienta de diseño es especialmente utilizada para evaluar factibilidad y estimar los niveles de señal esperados cuando procedemos a realizar un nuevo enlace o también para verificar el alcance y capacidad de throughput que podemos llegar a alcanzar con el mismo. Esto es utilizado en las tareas de implementación ya que, tomando de referencia el resultado del diseño realizado, procedemos a efectuar una correcta alineación para alcanzar los valores óptimos de operación del enlace, tanto a nivel de potencia como de modulación y así obtener la máxima tasa de transferencia posible.

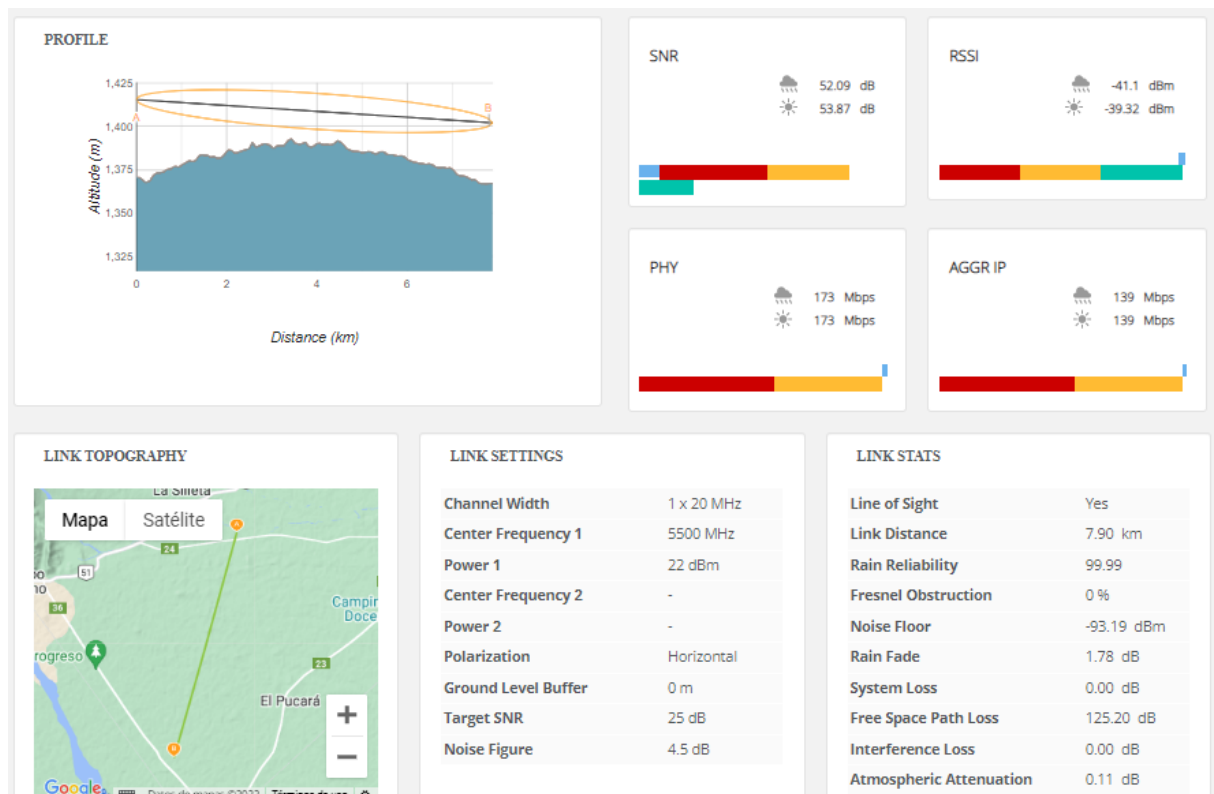


Fig. 96: Informe de planificación de enlace mediante Mimosa Design

7.2.3.5. WispHub

Es un sistema de administración para Proveedores de Servicio de Internet Inalámbrico (WISP) y es otra herramienta basada en la nube. Es una solución que permite llevar un registro del estado de cuenta de los clientes en redes inalámbricas y está basada en la API de los routers de la marca MikroTik. Esta herramienta permite administrar altas y bajas de clientes, suspender su servicio ante falta de pago ya que integra un área para finanzas y soporte técnico. Además, proporciona la opción de cortes y facturación automática.

Este sistema se comunica directamente con el Router de Borde para administrar a los clientes que reciben el servicio wireless.

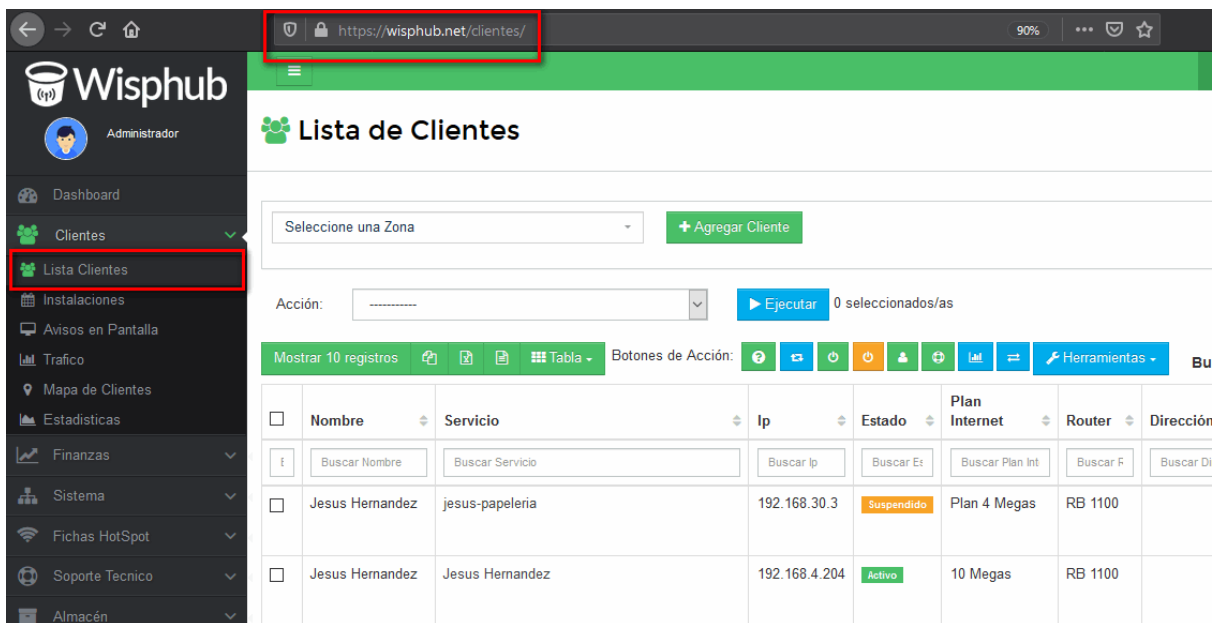


Fig. 97: Interfaz de acceso WispHub

7.2.3.6. LinkPlanner

Software de planificación wireless del fabricante Cambium Networks. Herramienta gratuita de gran utilización por los ISP del mundo para diseñar y calcular enlaces radioeléctricos Punto-Punto (PtP) y Punto-Multipunto (PtMP). Entre sus características encontramos:

- Diseño y evaluación de enlaces inalámbricos incluso para situaciones comprometidas.
- Análisis de torres con paneles sectoriales y factibilidad para nuevos puntos suscriptores, asignándolos al mejor punto de acceso dentro de la región de cobertura.

- Carga automática de perfiles del terreno y de factores ambientales tales como desvanecimiento por lluvia.
- Visualización de la red planificada mediante Google Earth.
- Generación de informes donde se detallen las configuraciones a tener en cuenta en la implementación de nuevos enlaces
- Creación de listado de materiales necesarios para las implementaciones
- Exportación de lista de suscriptores y modos de modulación asociados.

7.2.3.7. GoogleEarth

Google Earth es un sistema de información geográfica que muestra un globo terráqueo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, basado en imágenes satelitales y además permite la creación de entidades de puntos, líneas y polígonos, contando también con la posibilidad de crear mapas.

Se aplica este sistema para una representación gráfica de redes FTTH y Wireless.

7.2.4. Centro de Operaciones de Red

Dado que hoy en día todas las empresas mueven una gran cantidad de información a través de sus redes y al encontrarnos en una era donde la información no solo es poder, sino también dinero es cuando resulta indispensable contar con un subsistema encargado de asegurar toda esta red y monitorear a diario el estado de la infraestructura desplegada. Por esta razón, un Centro de Operaciones de Red (NOC) se convierte en una pieza fundamental en toda empresa de telecomunicaciones.

Un NOC, como su nombre lo indica, es un sitio especializado en el control de redes de comunicación desde el cual los administradores supervisan, monitorean y mantienen estas redes de datos.

El personal que conforma este centro de operaciones tiene como función principal operar, monitorear la red y atender las averías que puedan llegar a presentarse por cualquier motivo o bien anticiparse a las mismas haciendo uso de las herramientas de análisis a disposición. Consiste en una sala que contiene múltiples pantallas para visualizaciones de la red o redes que se estén supervisando, estaciones de trabajo en las que se puede ver el estado detallado de la red y el software necesario para gestionar las mismas.

El centro de operaciones de red es el punto focal para la resolución de problemas de red, de distribución y actualización de software, administración de enrutadores y nombres de dominio, monitoreo de desempeño y coordinación con redes afiliadas, como así también el lugar en donde se evalúa y planifica el futuro crecimiento de la red.

CONCLUSIONES

El proyecto está abocado a la interconexión del departamento de Rosario de la Frontera, provincia de Salta. A partir los resultados obtenidos del “CENSO NACIONAL DE POBLACIÓN, HOGARES Y VIVIENDAS” realizado en el año 2010 en todo el país, se pudo conocer la escasa conectividad existente en la provincia.

Así, con el desarrollo de un proyecto de estas características, en las localidades como Metán, Rosario de la Frontera, La Candelaria, entre otras, que se encuentran ubicadas sobre Ruta Nacional 9 y 34, podrán tener e incluso mejorar los servicios de conexión digital y con ello incorporar la provincia a la Red Federal de Fibra Óptica.

En la actualidad Rosario de la Frontera cuenta con un servicio de conectividad con una cobertura reducida y velocidades limitadas, que no logra satisfacer la demanda de la población o bien, el acceso a un servicio de calidad con buenas prestaciones conlleva incurrir en costos mensuales elevados. Por lo tanto, mediante este proyecto pretendemos brindar una solución a estas problemáticas ofreciendo un servicio que garantice un correcto equilibrio entre costo/beneficio y cuya finalidad primordial sea satisfacer las necesidades existentes de la comunidad.

Además, la proyección de obra realizada sobre el departamento objetivo proporciona otros beneficios de importancia que permiten aprovechar el despliegue del troncal de fibra óptica de interconexión que irá desde el nodo ARSAT, ubicado en el departamento de Metán y tendrá continuidad desde Rosario de la Frontera por Ruta Nacional 9 y Ruta Provincial 310 hacia el nodo del mismo proveedor ubicado en el departamento Trancas, Provincia de Tucumán.

A partir de esto, los troncales desplegados permitirían unificar el anillo de la Red Federal de Fibra Óptica, cerrando la brecha digital de conectividad existente entre ambas provincias, obra estratégica que hasta el momento no fue prevista.

Bibliografía

- 1) Marco Jesus Pachas Matias (Lima, 2018). *Diseño de una red FTTH con despliegue de fibra óptica mediante el sistema de alcantarillado en el distrito de El Agustino*.
- 2) “Boletín UNSTA. Desarrollo de Tecnologías de Comunicaciones en las zonas rurales de la provincia de Tucumán” <https://www.unsta.edu.ar/editorial-unsta/bun-boletin-unsta-noticias/#bun-boletin-unsta-noticias-edicion-iv-julio-2020/30/>
- 3) “Índice de refracción - Refracción de la luz”. Obtenido de: <https://calculadorasonline.com/calculadora-ley-de-snell-indice-de-refraccion/>
- 4) “Fibra Óptica Monomodo”. Obtenido de: <https://lafibraoptica Peru.com/conceptos-basicos/Fibra-%C3%B3ptica-monomodo>
- 5) “Fibra monomodo vs multimodo”. Obtenido de: <https://xxxamin1314.medium.com/cu%C3%A1l-es-la-diferencia-entre-fibra-monomodo-y-multimodo-807869303486>
- 6) “FIBRA ÓPTICA: Diferentes tipos y aplicaciones”. Obtenido de: <https://www.instantbyte.com/blog/fibra-optica-diferentes-tipos-y-aplicaciones-bl-254/>
- 7) “DENSE WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING”. Obtenido de: <https://www.ramonmillan.com/tutoriales/dwdm.php>
- 8) “La longitud de onda: el factor clave que influye en la atenuación”. Obtenido de: <https://www.adslzone.net/2017/11/03/fibra-optica-intensidad-atenuacion/>
- 9) “Longitud de Onda y Frecuencia”. Obtenido de: http://esero.es/practicas-en-abierto/decodifica-imagenes-iss/longitud_de_onda_y_frecuencia.html
- 10) “Pérdida de señal de cable de fibra óptica, atenuación y dispersión”. Obtenido de: <https://www.juniper.net/documentation/es/release-independent/junos/topics/concept/fiber-optic-cable-signal-loss-attenuation-dispersion-understanding.html>
- 11) “Fibras ópticas por Sergio Schnitzler”. Obtenido de: <http://www.yio.com.ar/fo/atenuacion.html>
- 12) “La Atenuación De La Fibra Óptica”. Obtenido de: <https://lafibraoptica Peru.com/la-atenuacion-de-la-fibra-optica/>
- 13) “Medición y comprobación de reflectancia y pérdida de retorno óptica (ORL)”. Obtenido de: <https://es.flukenetworks.com/knowledge-base/optifiber/reflectance-and-optical-return-loss-orl-optifiber>
- 14) “Data Sheet ePMP 3000 Series”. Obtenido de: https://www.cambiumnetworks.com/wp-content/uploads/2020/11/Cambium_Networks_data_sheet_ePMP_3000_Series_07272022.pdf

- 15) “Qué es la tecnología MU-MIMO”. Obtenido de: <https://www.testdevelocidad.es/2020/04/07/que-es-tecnologia-mu-mimo/>
- 16) “Switch WS-12-250-DC”. Obtenido de: <https://netonix.com/ws-12-250-dc.html>
- 17) “Armarios para uso en interperie”. Obtenido de: <http://www.americanracks.com.ar/assets/pdf/55-65.pdf>
- 18) “Conjunto de Retención Preformada C/Ménsula Ojal Abierto-TU”. Obtenido de: https://todoconectores.com.ar/uploads/PDF/431/Conjunto_Retencion_Mens_TU.pdf
- 19) “Conjunto de amarre en vano corto para cables ADSS (AWRFO)”. Obtenido de: <https://www.relsamex.com/shop/relsamex/conjunto-de-amarre-en-vano-corto-para-cables-adss-awrfo/>
- 20) “Conjunto de Retencion Preformada”. Obtenido de: https://todoconectores.com.ar/uploads/PDF/399/Conjunto_Retencion_ADSS_Prolong_Ojo-Ojo.pdf
- 21) “Caja de distribución del terminal de fibra óptica de FTTH / caja del divisor / caja terminal”. Obtenido de: <http://www.rzfibra.com/passive-fiber-optics/fiber-optic-distribution-box/ftth-fiber-optic-terminal-distribution-box.html>
- 22) “Protocolo simple de administración de red”. Obtenido de: https://es.wikipedia.org/wiki/Protocolo_simple_de_administraci%C3%B3n_de_red
- 23) “Energía Solar VS Grupo Electrógeno – Comparativo”. Obtenido de: <https://www.suriaenergy.com/energia-solar-vs-grupo-electrogeno>
- 24) “Proceso para desbloquear un radio Mimosa”. Obtenido de: <https://conocimiento.syscom.mx/article/mimosa-proceso-para-desbloquear-un-radio-mimosa/>
- 25) “Listado de Clientes – Wisphub”. Obtenido de: <https://wisphub.net/documentacion/articulo/listado-de-clientes-56/>
- 26) “Todas las empresas tienen uno, pero pocos lo conocen, ¿qué es un NOC?”. Obtenido de: <https://hardzone.es/reportajes/que-es/noc-infraestructura-redes-nacional-empresas/>
- 27) “Cambium Networks amplía el software LINKPlanner para soportar aplicaciones punto-multipunto”. Obtenido de: <https://www.interempresas.net/TIC/Articulos/177394-Cambium-Networks-amplia-software-LINKPlanner-para-soportar-aplicaciones-punto-multipunto.html>
- 28) “Data Sheet cnMaestro X Management System”. Obtenido de: https://www.cambiumnetworks.com/wp-content/uploads/Cambium_Networks_data_sheet_cnMaestro_X.pdf