



**Universidad  
Nacional de San Luis**



**Facultad de Ciencias Físico  
Matemáticas y Naturales**

# **Trabajo Integrador de Comunicaciones II**

Blanquez, Emanuel

Cardozo, Estefanía

Suarez, Facundo

Año 2020

# Índice

<b>I</b>	<b>Resumen</b>	<b>5</b>
<b>II</b>	<b>Análisis Demográfico y Económico</b>	<b>5</b>
	Descripción Geográfica	6
	Población y comienzo de Análisis Económico	7
	Modelo del Consumo	8
	Análisis de la ocupación . . . . .	8
	Planes y cálculo de capacidad	10
<b>III</b>	<b>Análisis Tecnológico</b>	<b>13</b>
	Red de Distribución por Radioenlace	13
	Ubicación de estaciones . . . . .	13
	Equipos necesarios . . . . .	15
	Red de Distribución por Fibra Óptica	17
	Red de Acceso Inalámbrico	24
	Red de Acceso por Fibra Óptica	30
	Componentes Pasivos . . . . .	31
	Componentes Activos . . . . .	34
<b>IV</b>	<b>Plan Económico de Equipamiento</b>	<b>37</b>
<b>V</b>	<b>Propuesta Tecnológica</b>	<b>37</b>
<b>VI</b>	<b>Plan de Accion</b>	<b>37</b>
<b>VII</b>	<b>Plan de Mantenimiento</b>	<b>37</b>
<b>VIII</b>	<b>Análisis Económico y de Negocio</b>	<b>37</b>

## Índice de figuras

1.	Ubicación de Carpintería y Papagayos. . . . .	6
2.	Condición Ocupación Censo 2010. . . . .	8
3.	Perfil topográfico entre estaciones terminales. . . . .	13
4.	Ubicación de estación transmisora. . . . .	14
5.	Ubicación de estación repetidora. . . . .	14
6.	Ubicación de estación receptora. . . . .	15
7.	Mapa Papagayos - Carpintería . . . . .	17
8.	Trayectoria del enlace troncal. . . . .	19
9.	Trayectoria del enlace troncal. . . . .	20
10.	Terminación del enlace troncal. . . . .	21
11.	Topología planteada para enlace troncal por radioenlace y red acceso inalámbrica. . . . .	24
12.	Topología planteada para enlace troncal por fibra óptica y red acceso inalámbrica. . . . .	24
13.	Estructura General de Red de Acceso Inalámbrica. . . . .	25
14.	Distribución de AP's en la Ciudad de Papagayos. . . . .	27
15.	Soluciones FTTH. . . . .	30
16.	Topología de red GPON. . . . .	30
17.	Tipos de conectores SC. . . . .	32
18.	Disposición de caja de distribución en red acceso. . . . .	33
19.	Ciudad de Papagayos. . . . .	33
20.	Subdivisión de la ciudad en áreas. . . . .	34
21.	Ubicaciones de terminales de acceso FAT. . . . .	34

## Índice de cuadros

1.	Niveles de servicios a brindar. . . . .	11
2.	Distribucion de numeros de clientes por servicio. . . . .	11
3.	Factores de simultaneidad de los servicios. . . . .	11
4.	Alturas de las torres. . . . .	15
5.	Características principales Antena. . . . .	15
6.	Características equipo transmisor y receptor radioenlace. . . . .	16
7.	Estándares aplicados en las fibras opticas monomodo. . . . .	18
8.	Fibras Ópticas Analizadas. . . . .	18
9.	Características transceptor SFP+. . . . .	22
10.	Características del switch. . . . .	27
11.	Características del router. . . . .	27
12.	Características de los AP's. . . . .	27
13.	Características de los CPE's. . . . .	28
14.	Características Fibra Óptica drop. . . . .	31
15.	Características de OLT's. . . . .	35

## Parte I

# Resumen

El presente trabajo consiste en la implementación de una red de telecomunicaciones que permite otorgar un servicio de Triple Play a la ciudad de Papagayos desde la ciudad de Carpintería, ubicadas sobre la Provincia de San Luis. De manera que la empresa ficticia se instalada sobre la ciudad de Carpintería.

El desarrollo del trabajo se ha dividido en 9 partes, sobre la parte II se exhibe un análisis demográfico de la localidad sobre la que se plantea brindar un servicio de comunicación del tipo "Triple Play", en la cual se visualiza la situación socio-económica de la ciudad, y permitiendo definir de la forma más exacta posible el monto que una familia destina para las TIC's.

En la parte III se evalúan las diversas tecnologías para establecer y facilitar la comunicación entre las dos localidades. Se analizan las posibles formas de establecer las Redes de Distribución y Acceso. Cabe destacar que el análisis técnico exhaustivo se presenta de forma adjunta a este informe.

De acuerdo a las tecnologías planteadas, en la parte IV se efectúa un análisis económico de las mismas, para determinar los diversos equipos que pueden utilizarse de acuerdo a las opciones planteadas en la parte anterior y además se exhiben los costos en los que se incurre para la adquisición de los equipos necesarios.

En el apartado V se elige una de las alternativas propuestas para establecer dicha red, considerando los factores más críticos que intervienen. Mientras que la parte VI desarrolla la planificación necesaria para la puesta en funcionamiento inicial de la red, se describe la metodología, el personal que se precisa y los costos necesarios.

Sobre la parte VII se expresa un plan de mantenimiento preventivo en la que se permite observar como se programa la mantención y supervisión de la red, con el propósito de reducir lo más posible la cantidad de fallas o degradaciones de la calidad de funcionamiento.

Una vez determinado la elección de equipos, costos y plan de mantenimiento se desarrolla en la parte VIII el análisis económico del negocio en el que se describe la inversión necesaria para la puesta en funcionamiento y la existencia de la rentabilidad de la solución elegida.

Para finalizar se expresan en la parte ?? los conceptos que se aplicaron, la forma en que se relacionan, y se determina en que medida es posible aplicar esta inversión a partir de los análisis económicos y técnicos que se desarrollan a lo largo del informe.

## Parte II

# Análisis Demográfico y Económico

## Descripción Geográfica

La ciudad de Carpintería se encuentra ubicada en el Departamento Junin de la Provincia de San Luis a 192 km de la Capital, mientras que la ciudad de Papagayos se encuentra ubicada en el Departamento Chacabuco de la Provincia de San Luis, a 31 km hacia el sur de Carpintería.

En la Figura 1 se destacan las 2 ciudades ubicadas sobre el noreste de la Provincia junto con algunas localidades destacables cercanas.

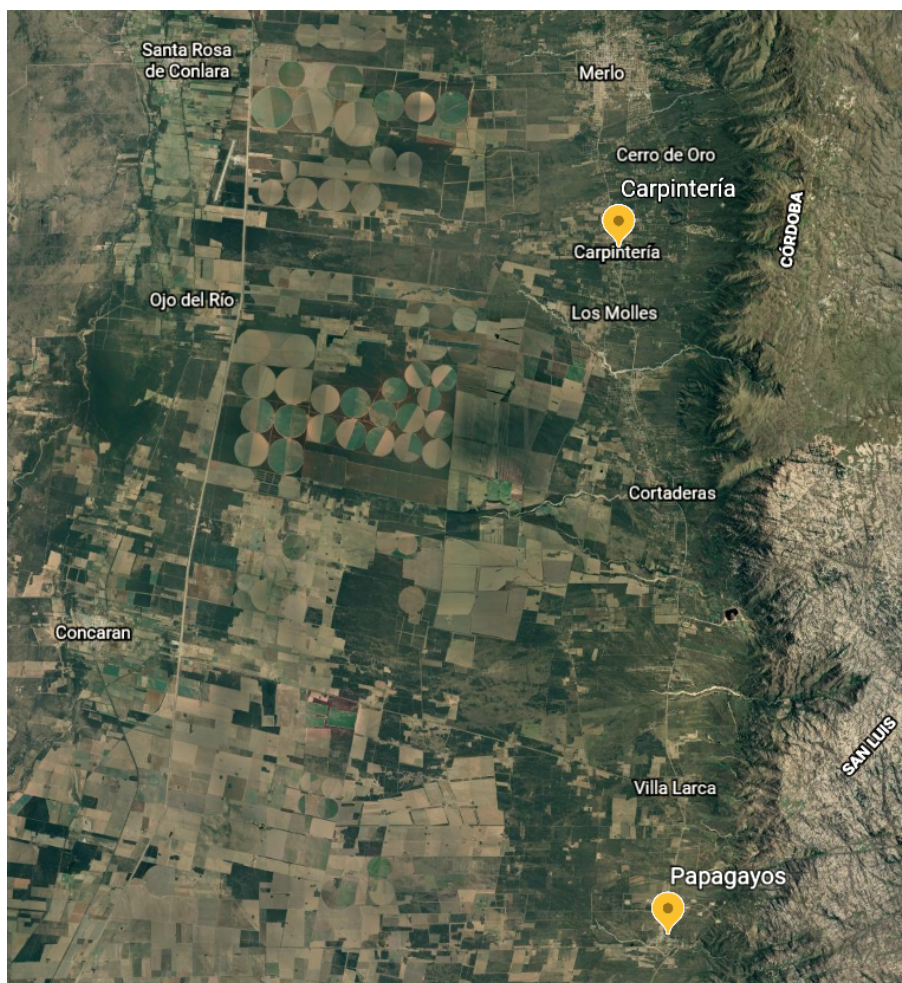


Figura 1: Ubicación de Carpintería y Papagayos.

# Población y comienzo de Análisis Económico

En el presente trabajo, se utiliza la base de datos captados en Censo 2001 y 2010 para visualizar el comportamiento que presenta la localidad de Papagayos en dicho lapso.

Se realizan cálculos y análisis de diferentes indicadores para aspectos socio-económicos y demográficos.

La población de la ciudad de Papagayos según el Censo de 2001 es de 275 habitantes, mientras que en el Censo 2010 es de 433 habitantes [1].

Para calcular la población total en la ciudad en 2019 se calcula de forma aproximada la tasa de crecimiento durante el período 2010-2019 utilizando los datos anteriores. Si bien se omiten algunos factores demográficos y se supone un crecimiento lineal, dicha aproximación es válida para esta aplicación.

- La Ecuación 1 define dicha tasa aproximada:

$$Tasa\ de\ crecimiento = \sqrt[Año\ entre\ Censos]{\frac{Poblacion_{2010}}{Poblacion_{2001}}} - 1 = \sqrt[9]{\frac{433}{275}} - 1 = 5,17 \quad (1)$$

- De esta forma, la cantidad de habitantes previstos en la ciudad se determina en la Ecuación 2.

$$Poblacion_{2019} = Poblacion_{2010} \times \left(1 + \frac{Tasa\ crecimiento}{100}\right)^{2019-2010} = 433 \times \left(1 + \frac{5,17}{100}\right)^9 = 681 \quad (2)$$

Se corrobora este resultado llamando a la municipalidad de Papagayos, obteniendo una respuesta de un valor aproximado.

Tomando en cuenta la base de datos REDATAM del Censo 2010, la tasa de empleo de la Ciudad de Papagayos es del 60 % [2], mientras que la medición trimestral efectuada por el INDEC muestra que la tasa de empleo en la región de Cuyo al comienzo de 2019 es del 42 % [5]. A fines prácticos es posible aproximar una tasa de empleo del 51 % en la localidad. De esta forma es posible formar una idea de la solvencia económica de la región a la que se plantea brindar el servicio. Se deduce que sobre la población económicamente activa, poco mas de la mitad tiene al menos una ocupación asalariada.

Para realizar una estimación del monto destinado a las diversas tecnologías de las telecomunicaciones que puede realizar un hogar en la localidad, se calcula un valor medio del ingreso en un hogar de la ciudad. Dicho análisis se encuentra disponible en el anexo adjunto al informe y en el mismo se determina que el ingreso promedio en un hogar de la localidad de Papagayos en 2019 corresponde a US\$ 994 (cotización oficial dolar 02/01/19: \$ 36,80 ).

El porcentaje que un hogar de la región destina a las TIC's es aproximadamente igual al 4,5 %. Dicho análisis se encuentra disponible de forma adjunta al informe. De forma que es posible de-

terminar que cada familia puede destinar cerca de US\$ 44,73 (cotización oficial dolar 02/01/19: \$ 36,80 ) para el servicio *Triple Play* que se plantea implementar.

## Modelo del Consumo

A partir de la base de datos REDATAM del Censo 2010, se observa la predominancia de 4 personas por hogar [3], por lo que se toma este valor para determinar la cantidad de casas.

En 2019 se estima que hay 681 personas, utilizando el factor de 4 habitantes por casa, se deduce que existen 170 casas en la localidad. De acuerdo de la cantidad de casas estimadas es posible iniciar el análisis del ingreso monetario en base a la cantidad de suscriptores al servicio.

## Análisis de la ocupación

Al considerar que en 2010 la población ocupada eran 177 personas [4] sobre una población económicamente activa de 295 personas, dicha fracción representa aproximadamente un total de 40 % de la población activa, es posible suponer que sobre la ciudad hay una persona ocupada por cada hogar, de manera que de forma potencial el 40 % de los 136 hogares puede aceptar suscribirse al servicio al inicio de las actividades del proveedor, dicha proporción corresponde a un total de 55 hogares.

Condición de actividad	Casos	%	Acumulado %
Ocupado	177	60,00	60,00
Desocupado	5	1,69	61,69
Inactivo	113	38,31	100,00
<b>Total</b>	<b>295</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Figura 2: Condición Ocupación Censo 2010.



## Referencias

- [1] Base datos REDATAM. Censo 2010. Resultados Básicos. Frecuencias. Población. Área # 740280301.
- [2] Base de datos REDATAM. Censo 2010. Indicadores sociodemograficos. Tasa de empleo. 'Área # 740280301.
- [3] Base datos REDATAM. Censo 2010. Resultados Básicos. Frecuencias. Hogares. Total personas en el hogar. Área # 740280301.
- [4] Base datos REDATAM. Censo 2010. Resultados Básicos. Población. Condición de Actividad. Área # 740280301.
- [5] Base datos abiertos " Datos Argentina". Tasa de empleo. Valores trimestrales. 2019-01-01.

## Planes y cálculo de capacidad

Al plantear 55 casas abonadas al servicio, y considerando 6 nuevos abonados correspondientes a establecimientos que no son hogares, sino que son locales comerciales, clubes sociales y deportivos, entre otros, se calcula la capacidad máxima para el enlace junto a las diferentes tasas a ofrecer.

Se investiga que empresas brindan servicio de TICs, consultando por medio de las redes sociales y llamadas a contactos locales del Departamento de Chacabuco.

Las empresas que brindan servicios de televisión en la región son:

- DirecTV proveyendo más de 1.000 canales (HD y SD).
- Proveedores privados los cuales no brindan garantías respecto al servicio.

Se determina brindar 50 canales, los cuales serán 40 canales SD y 10 canales HD.

Mientras que las empresas que brindan servicios de telefonía:

- En telefonía fija: Cooperativa de Merlo y Cooperativa de Concaran.
- En telefonía móvil: la empresa Claro funciona en la periferia del pueblo y Movistar en menor medida.

Las empresas que brindan servicios de Internet:

- Cooperativa de Merlo con una velocidad de 4Mb.
- Antenas del gobiernos 2.0 y 3.0 .

La desventaja de estas últimas es que mirando el mapa de antenas de la localidad se observa que en horas pico tiene 70 conectados aproximadamente. Lo cual nos indica un nivel considerable de la ocupación, por lo que se sospecha que la calidad del servicio es limitada.

De acuerdo con lo investigado a nivel socio-económico de la población de la Localidad, se decide brindar un servicio de Internet el cual tendrá 3 opciones las cuales son: de hasta 2 Mbps, de hasta 4 Mbps y de hasta 6 Mbps teniendo en cuenta un factor de simultaneidad del 25 %, dicho factor es ampliamente utilizado en la región, sin sacrificar la calidad del servicio.

Se decide brindar un servicio de VoIP, el cual tendrá una tasa de 30kbps y no se usa un factor de simultaneidad debido a que su tasa es baja comparada con la de televisión e internet.

Cabe decir que se decide que los servicios a brindar tienen 3 niveles, los cuales se describen en la Tabla 1.

Planes	VoIP	SDTV	HDTV	Internet
<b>Bronce</b>	Si	40 canales	-	2 Mbps
<b>Plata</b>	Si	40 canales	5 canales	4 Mbps
<b>Oro</b>	Si	40 canales	10 canales	6 Mbps

Tabla 1: Niveles de servicios a brindar.

Teniendo en cuenta los 61 clientes y los datos socio-económicos de la Localidad, se realiza una división aproximada de la cantidad de hogares por nivel de servicio. La columna de “Otros clientes” corresponde a candidatos como radios, escuela, restaurant, Municipalidad, etc.

Plan	Casas Clientes	Otros Clientes
<b>Bronce</b>	29	-
<b>Plata</b>	19	-
<b>Oro</b>	7	6

Tabla 2: Distribucion de numeros de clientes por servicio.

Para realizar el cálculo de la capacidad de enlace troncal se tendrá en cuenta la simultaneidad de cada servicio y las tasas de cada servicio que se muestran en la Tabla 3.

Servicio	Factor Simultaneidad
SDTV	1:2
HDTV	1:1
VoIP	1:1
Internet	1:4

Tabla 3: Factores de simultaneidad de los servicios.

Se comienza con el cálculo de la tasa de transmisión del enlace troncal, la cual varía de acuerdo al servicio analizado. Los métodos de cálculo se expresan a continuación:

- Servicio VoIP e Internet: La tasa de transmisión de estos servicios está completamente ligada al número de clientes que lo contrata. La forma de calcular para ambos casos la tasa de transmisión neta, consiste en multiplicar la tasa de transmisión propia de cada servicio por el número de clientes que los contrate.

Para el caso de VoIP:

$$T_{NETA-SERVICIO} = T_{Servicio} * N_{Clientes} * f_{Simultaneidad} \quad (3)$$

Utilizando la Ecuación 3:

$$T_{VoIP} = 30Kbps * 61 * 1 = 1,83Mbps \quad (4)$$

Para el caso de Internet, el cálculo de la tasa para cada uno de los planes ofrecidos se tiene incorporado el factor de simultaneidad.

- Plan Bronce: Utilizando la Ecuación 3 para este plan tenemos:

$$T_{INTERNET-BRONCE} = 2Mbps * N_{Clientes} * f_{Simultaneidad} = 2Mbps * 29 * \frac{1}{4} = 14,5Mbps \quad (5)$$

- Plan Plata: Utilizando la Ecuación 3 para este plan tenemos:

$$T_{INTERNET-PLATA} = 4Mbps * N_{Clientes} * f_{Simultaneidad} = 4Mbps * 19 * \frac{1}{4} = 19Mbps \quad (6)$$

- Plan Oro: Utilizando la Ecuación 3 para este plan tenemos:

$$T_{INTERNET-ORO} = 6Mbps * N_{Clientes} * f_{Simultaneidad} = 6Mbps * 13 * \frac{1}{4} = 19,5Mbps \quad (7)$$

- Servicio de Televisión: La tasa de transmisión de este servicio es totalmente independiente del número de clientes que lo contrata. De acuerdo a la Tabla 1 el método para calcular la tasa neta consiste en multiplicar el número de canales almacenados en el caché del servidor con respecto a la tasa de transmisión que corresponde.

Utilizando la Ecuación 8 para las distintas calidades de televisión tenemos:

$$T_{NETA-TV} = T_{Servicio} * N_{CanalesBuffering} \quad (8)$$

Se decide almacenar 20 canales para el servicio SDTV, de manera que la tasa calculada es la siguiente:

$$T_{SDTV} = 1,5Mbps * N_{Canales} = 1,5Mbps * 20 = 30Mbps \quad (9)$$

Mientras que para el servicio HDTV se decide almacenar en la memoria caché todos los canales, de manera que la tasa calculada es la siguiente:

$$T_{HDTV} = 6Mbps * N_{Canales} = 6Mbps * 10 = 60Mbps \quad (10)$$

La contribución a la Tasa Neta de todos los servicios se calcula a continuación:

$$T_{NETA} = k(T_{VoIP} + T_{INTERNET-BRONCE} + T_{INTERNET-PLATA} + T_{INTERNET-ORO}) + T_{SDTV} + T_{HDTV} = \quad (11)$$

Siendo k igual 1.5, la cual es una constante para establecer una capacidad remanente para posible crecimientos futuros en la misma localidad o hacia pueblos cercanos como Concaran, Cortaderas, Villa Larca, etc.

Utilizando la Ecuación 11:

$$T_{NETA} = 1,5(1,83Mbps + 14,5Mbps + 19Mbps + 19,5Mbps) + 30Mbps + 60Mbps = 172,325Mbps \quad (12)$$

## Parte III

# Análisis Tecnológico

## Red de Distribución por Radioenlace

Para brindar el servicio de *Triple Play* a los abonados de la localidad de Papagayos se plantea un radioenlace punto a punto de Mediana Capacidad (cuya frecuencia se determina entre 3 Ghz y 15 Ghz), digital, de largo alcance y alto ancho de banda, entre dos estaciones terminales ubicadas en las dos localidades mencionadas. Sin embargo, como se puede apreciar en la Figura 3 no hay línea de vista entre las mismas, por lo cual se utiliza una estación repetidora.

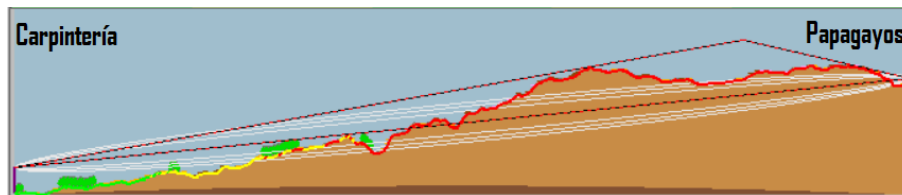


Figura 3: Perfil topográfico entre estaciones terminales.

Se considera utilizar la torre previamente instalada en la oficina central ubicada en Carpintería. De esta forma se plantea la ubicación y equipamiento del repetidor y receptor.

Para la viabilidad del radioenlace se establece que debe haber un despeje de la zona de Fresnel de al menos el 60 % y un margen de recepción de 20 dB. Dicho cálculo se realiza utilizando software desarrollado para esta tarea.

## Ubicación de estaciones

- La estación transmisora se encuentra establecida sobre la ciudad de Carpintería, la Figura 4 permite identificar la posición donde esta ubicada la instalación de la misma.

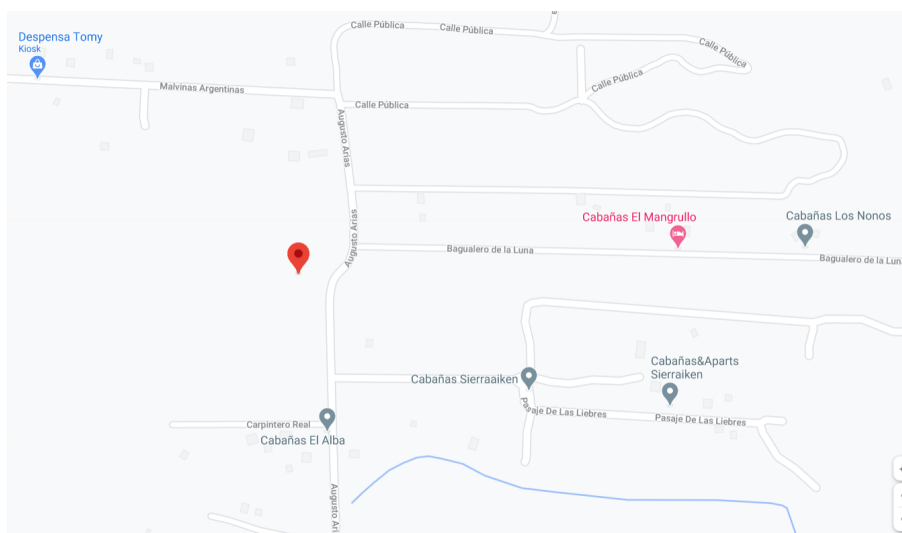


Figura 4: Ubicación de estación transmisora.

- La estación repetidora se coloca aproximadamente a 8 km al este de Concarán, sobre la ruta provincial N° 6 . La Figura 5 ilustra la ubicación de la misma. Dicho lugar es el de mayor cercanía entre las dos localidades que permite la viabilidad del enlace, posee acceso a energía eléctrica, y se encuentra en una posición estratégica para futuras ampliaciones sobre ciudades vecinas.

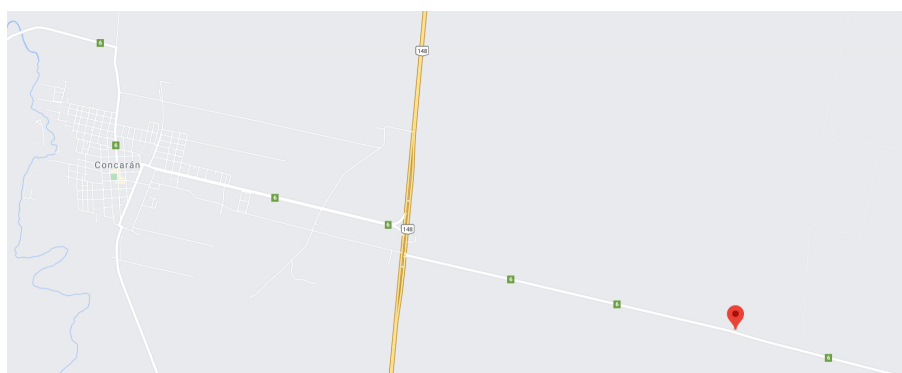


Figura 5: Ubicación de estación repetidora.

- La estación receptora se coloca a la altura de la curva que atraviesa la ciudad de Papagayos. La Figura 6 ilustra la posición de la misma.

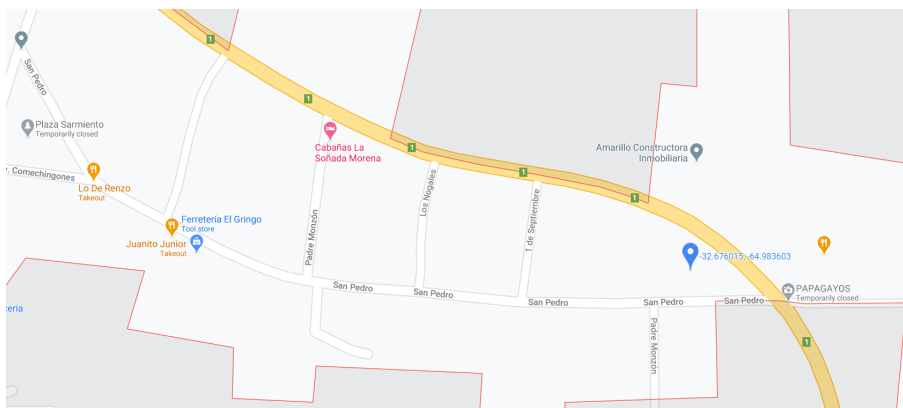


Figura 6: Ubicación de estación receptora.

## Equipos necesarios

Se precisan torres de telecomunicación que permitan el soporte de la antena a las alturas especificadas en la Tabla 4. Se decide colocar una torre autosoportada, ya que las mismas adquieren una cimentación adecuada para terrenos ubicados en áreas urbanas y cerros, de forma que logren resistir las fuerzas a las que están sometidas.

<b>Carpinteria</b>	36 m
<b>Repetidor</b>	32 m
<b>Papagayos</b>	28 m

Tabla 4: Alturas de las torres.

La banda de frecuencias a las cuales se establece el enlace corresponde a 7725 Mhz hasta 8500 Mhz. A pesar que la mayoría de los equipos de transmisión y recepción analizados ofrecen una antena incorporada, no adquieren la ganancia necesaria en la banda especificada. Se decide utilizar una antena exterior, cuyas características se ilustran en la Tabla 5 .

<b>Diametro[m]</b>	<b>Ganancia[dBi]</b>	<b>Discriminación de Polarización Cruzada[dB]</b>	<b>VSWR(R.L.,[dB])</b>
1,2	37,9	32	1,15(23,1)

Tabla 5: Características principales Antena.

Los equipos de transmisión y recepción pueden adquirir diversas configuraciones:

- All Outdoor: Tanto la unidad de radio, como el módem que interconecta la radio con el backbone, se colocan sobre la torre.
- All Indoor: Tanto la unidad de radio, como el módem que interconecta la radio con el backbone, se colocan sobre la caseta.

- Split Mount: La unidad de radio se coloca sobre la torre, mientras que el módem se coloca en la caseta.

Se ha analizado varios equipos del mercado y sobre la Tabla 6 se ilustran las características principales que se tomaron en cuenta tanto para la verificación de la viabilidad del enlace, como así también las diversas tecnologías que ofrecen.

Equipo	Fabricante	TX (dBm)	RX (dBm)	Montaje de Equipo	Estándar	Costo (US\$)
<b>PTP 820-S</b>	Cambium Networks	23	-66	All-outdoor	IEEE 802.3 IEEE 802.3ac IEEE 802.1Q IEEE 802.1p IEEE 802.1ad IEEE 802.3ad	Posibilidad de implementar VLAN's Multicasting, Prioridad de tráfico  3500
<b>FibeAir IP-20C</b>	Ceragon	24	-75	All-OutdoorSplit Mount	IEEE 802.3 IEEE 802.3ac IEEE 802.1Q IEEE 802.1p IEEE 802.1ad IEEE 802.3ad	Posibilidad de implementar VLAN's Multicasting, Prioridad de tráfico  4000
<b>IPASOLINK 400</b>	NEC	24	-66	Split-Mount	IEEE802.3z IEEE802.1ag IEEE802.3ad IEEE802.3ab IEEE802.1Q IEEE802.1ad IEEE802.1w IEEE802.1AX IEEE802.3ah	Además de las características anteriores, se suma la posibilidad de tratamiento de múltiples enlaces punto a punto como si fuera uno solo (802.1AX)  4500

Tabla 6: Características equipo transmisor y receptor radioenlace.

Tras analizar los equipos se pondera el precio como un factor crucial para la decisión, también se tiene en cuenta la disponibilidad de asistencia técnica e información ofrecida. Bajo estas consideraciones se decide utilizar el equipo Cambium PTP 820-S, este es el modelo de menor coste, con locales ubicados en el país y luego de consultar el manual del modelo se aprecia una gran cantidad de información sobre la instalación, configuraciones posibles y alternativas para ofrecer un servicio de mejor calidad.



## Red de Distribución por Fibra Óptica

Para otorgar los servicios del tipo *Triple Play* a los abonados de la localidad de Papagayos, desde la localidad de Carpintería, se plantea un enlace troncal a través de un tendido de fibra óptica.

El objetivo de esta red es la vinculación de la oficina central (ya instalada), en la localidad de Carpintería con los equipos receptores ubicados en Papagayos, con el fin de proveer dichos servicios.

Para la implementación de la red troncal es necesario la elección del tipo, el estándar y la clase de tendido del cable óptico.

La elección del tipo de fibra óptica depende, en primer lugar, de la distancia del enlace.

La utilización de la fibra multimodo es adecuada para distancias de enlaces cortas, generalmente hasta 2 Km. En cambio, la fibra monomodo es utilizada para implementaciones de redes de larga distancia y es apta para velocidades de transmisión mayores a la fibra multimodo.

La Figura 7 muestra un mapa de las localidades de Carpintería y Papagayos. La distancia en línea recta entre ambas localidades ronda alrededor de 30 Km, lo cual infiere la necesidad de la utilización de una fibra monomodo para el establecimiento del enlace.

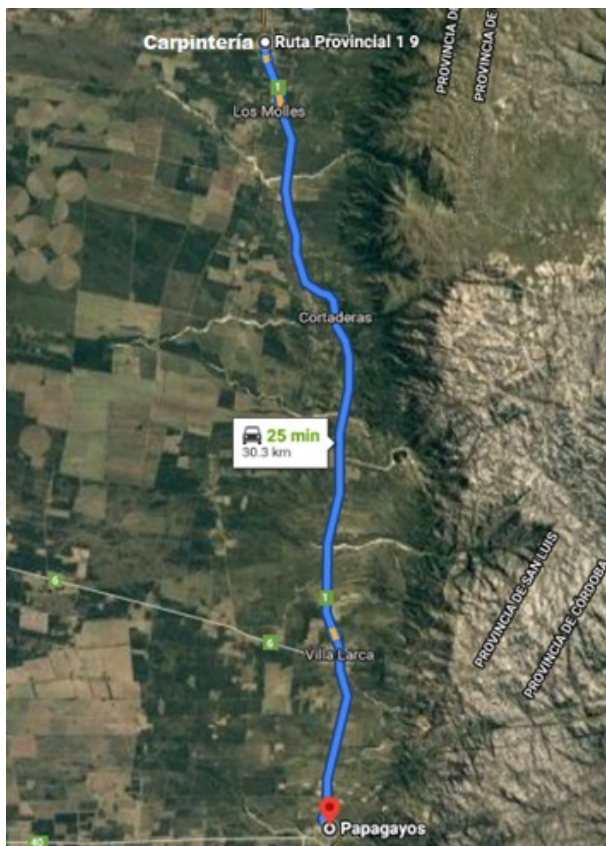


Figura 7: Mapa Papagayos - Carpintería

Para establecer el enlace troncal se opta por utilizar una fibra optica del tipo monomodo. Entre las diferentes fibras ópticas monomodo establecidas por el UIT-T se incluyen las recomendaciones: G.652, G.653, G.654, G.655, G.656 y la G.657. Una descripción resumida se encuentra en la Tabla 7:

Recomendación	Tipos	Atenuación	Uso
UIT- T G.652	UIT- T G.652.A	Menos de 0.5 sobre 1310/1550nm	LAN, MAN, redes de acceso y transmisión CWDM.
	UIT- T G.652.B	Menos de 0.4 sobre 1310/1550nm	
	UIT- T G.652.C	Menos de 0.4 de 1310 a 1625nm	
	UIT- T G.652.D		
UIT- T G.653		Menos de 0.35/0.55 sobre 1550/1310nm	Sistemas de transmisión que utilizan amplificadores de fibra dopados con erbio.
UIT- T G.654		Menos de 0.25 sobre 1550nm	Sistemas submarinos utilizando fibra óptica con corte desplazado.
UIT- T G.655		Menos de 0.27/0.35 sobre 1550/1625nm	Sistemas submarinos utilizando fibra óptica de dispersión desplazada no nula.
UIT- T G.656		Menos de 0.4/0.35/0.5 sobre 1460/1550/1625nm	Sistemas de larga distancia que utilizan rangos de longitud de onda desde 1460 a 1625 nm.
UIT- T G.657	Clase A	Menos de 0.5/0.3 sobre 1310/1550nm	Fibra óptica insensible a la pérdida ocasionada por curvaturas, diseñada para Redes de Acceso.
	Clase B	Menos de 0.5/0.3/0.4 sobre 1310/1550/1625nm	

Tabla 7: Estándares aplicados en las fibras opticas monomodo.

Se opta por la utilización del estándar UIT-T G.652 D, la cual, además de ser la más popular en el mercado, ofrece la posibilidad de futuras expansiones de la red al eliminar el pico de agua para una operación de espectro completo y permitiendo la implementación de WDM. Esta implementación utiliza las regiones de longitud de onda de 1310 nm y 1550 nm.

Una vez presentado el estándar de la fibra óptica, se analizan tres modelos de fibras ópticas ofrecidas en el mercado, las mismas se presentan en la Tabla 8:

Modelo	Fabricante	Nro. de fibras/tubo	Atenuación Típica en dB/km	Costo en US\$	Aspectos Constructivos
<b>SM Mini-Spam 424</b>	AFL	6	0.35/0.25 (1310nm/1550nm)	2,95	Cable tipo ADSS
<b>ADSS-5c86</b>	GT Optical	≥ 10	0.38/0.22 (1310nm/1550nm)	0,65	Cable tipo ADSS Revestimiento PE-LSZH (Poliétileno, Retardante de llama Materiales no halógenos) Hilos de kevlar de aramida
<b>M9W510T</b>	Belden	6	Máx: 0.4/0.3(1310nm/1550nm)	1,7	Cable tipo ADSS (Loose Tube) Revestimiento PBT (Termoplastico) Hilos de kevlar de aramida

Tabla 8: Fibras Ópticas Analizadas.

Las fibras ópticas consideradas satisfacen el cálculo de enlace necesario y todas pertenecen al tipo ADSS (All-dielectric self-supporting), de manera que pueden auto-sostenerse y comparten las mismas estructuras de apoyo que las líneas eléctricas. De todas ellas se decide utilizar la última, dado que se han visto casos de utilización en nuestro país y satisface un compromiso entre precio, calidad y posibilidad de obtención de información sobre los costos.

El recorrido comienza desde la Oficina Central ubicada en Carpintería. Su ubicación se encuentra detallada en la Figura 8 .

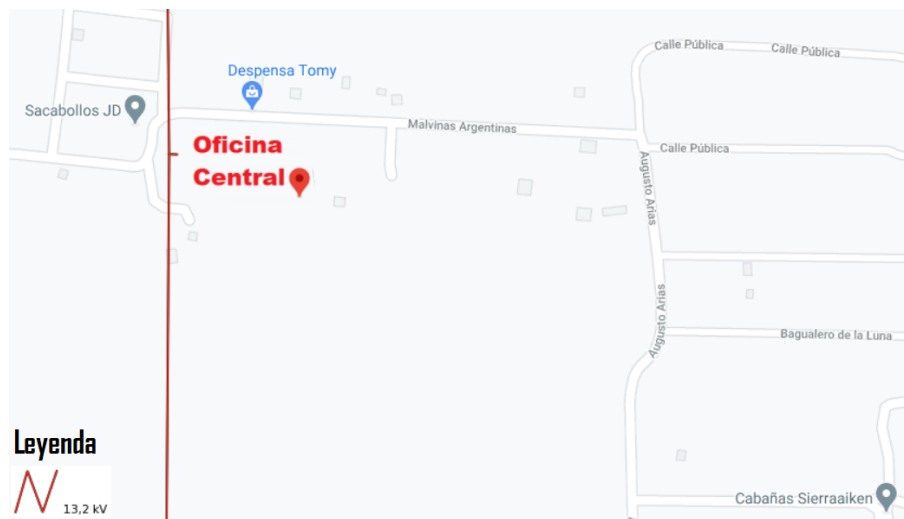


Figura 8: Trayectoria del enlace troncal.

La fibra se despliega a lo largo de la Ruta Provincial N °1, como se observa en la Figura 9, el trayecto tiene una extensión de 30,2 Km aproximadamente [1].

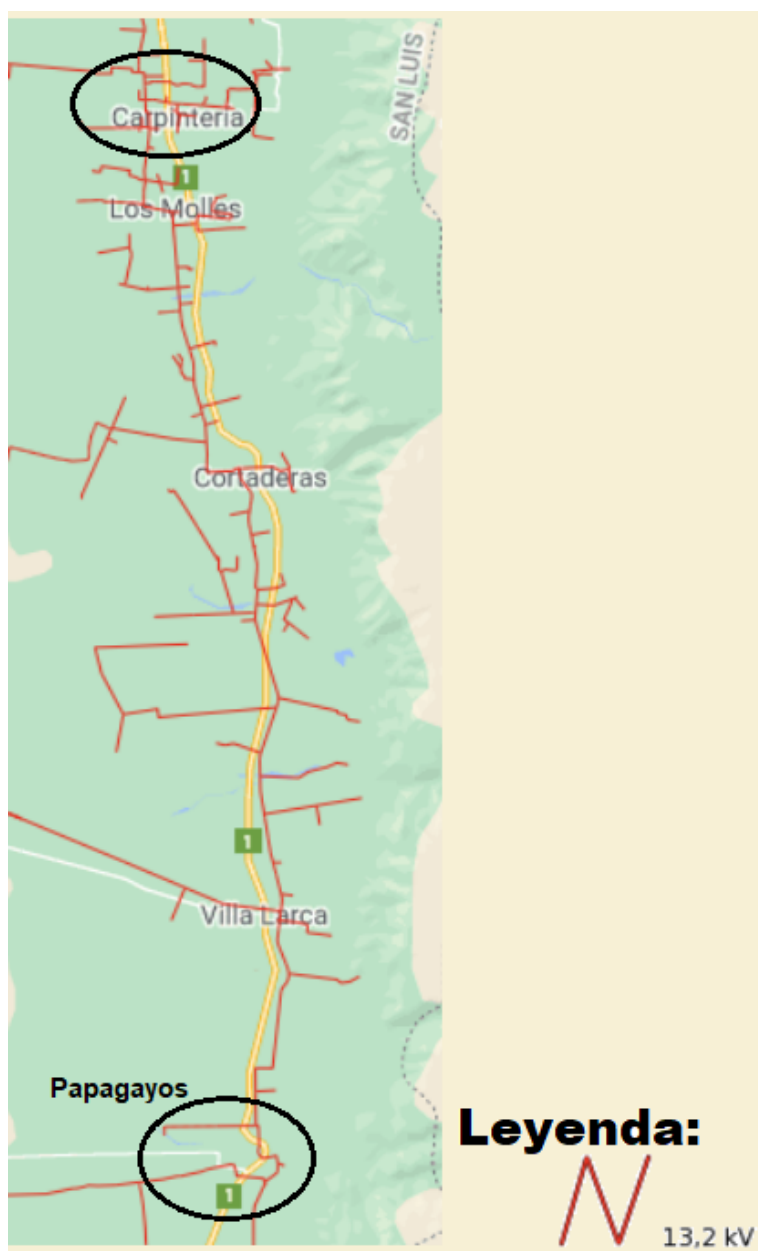


Figura 9: Trayectoria del enlace troncal.

La terminación de la misma se establece en la intersección entre la Ruta Provincial N °1 y la Avenida San Pedro, en la localidad de Papagayos, tal y como se muestra sobre la Figura 10 .

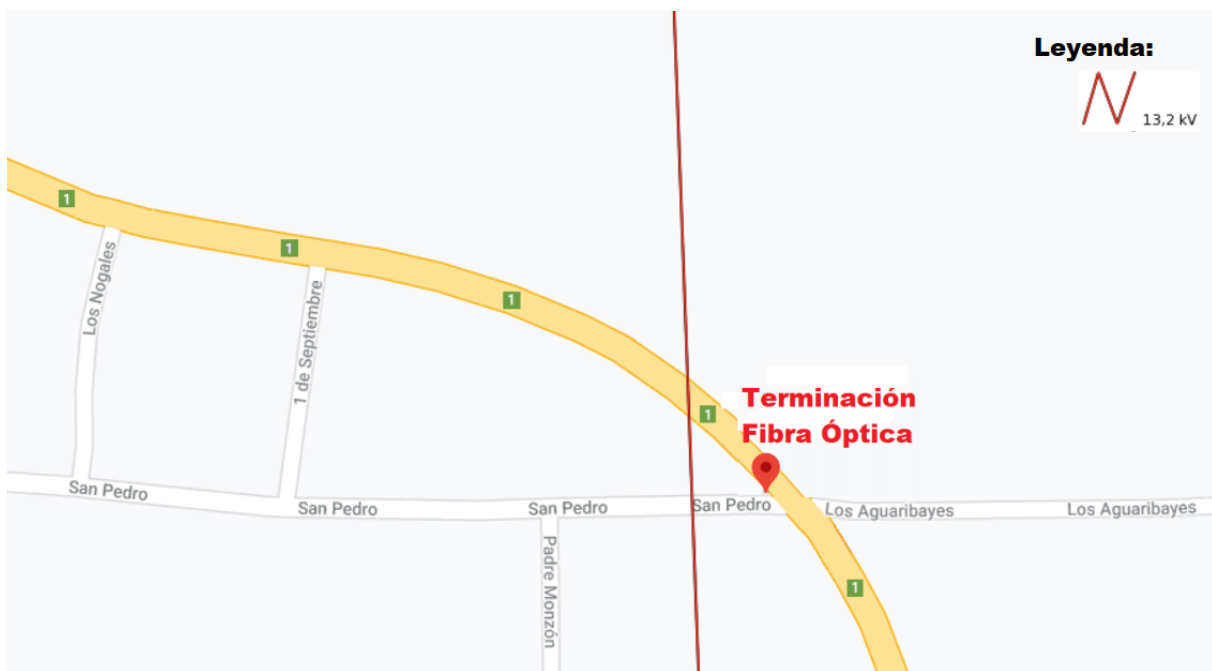


Figura 10: Terminación del enlace troncal.

A través de la herramienta que ofrece la Secretaría de Energía de la Nación se observa un tendido eléctrico al costado de la Ruta Provincial N°1, el cual se extiende hasta Papagayos, atravesando Villa Larca y Cortaderas. Esto facilita la colocación del tendido de fibra óptica ya que se utilizarán los postes de la línea de media tensión ya instalados. Como el tendido se ubica en las cercanías de la ruta, ofrece facilidad en cuanto al acceso del mismo frente a cualquier problemática del servicio (por ejemplo, corte de fibra).

En dicha instalación, además de los 30,2 Km aproximados de fibra óptica, es necesario adicionar cierto extra de fibra debido a la catenaria, el margen de seguridad y la geometría del tendido eléctrico.

Una primera aproximación posible para longitud total de la fibra puede calcularse añadiendo un 10 % de la longitud total del mismo, considerando los extras mencionados anteriormente. Así, son necesarios 33,22 Km de cable óptico en total.

Para la elección del transmisor y receptor también se tiene presente ciertas características elegidas de la red:

- Tipo de fibra.
- Tipo de enlace: Simplex o Half Duplex.
- Longitud del enlace.
- Ventana de operación.
- Rango de potencia de transmisión y recepción.
- Tipo de conector que admite.

Teniendo en cuenta lo mencionado, se escogen los transceptores SFP+ (enhanced small form-factor pluggable) SFP-7060-WA y SFP-7060-WB de ROBOfiber. Cuyas características se mencionan en la Tabla 9.

Modelo	Fabricante	Tipo de Fibra	Tipo de Enlace	Distancia Max.	Rango Funcionamiento	Rango Pot. Tx	Rango Sens. Rx	Tipo Conector
SFP-7060-WA	ROBOfiber	Monomodo	Full-Duplex	60 km	Tx: 1310nm Rx: 1550 nm	0 dBm	-24 dBm	LC
SFP-7060-WB	ROBOfiber	Monomodo	Full-Duplex	60 km	Tx: 1550 nm Rx: 1310 nm	-2 dBm	-25 dBm	LC

Tabla 9: Características transceptor SFP+.

## Referencias

- [1] Dirección Nacional de Información Energética. Secretaria de Energía: <https://sig.se.gov.ar/visor/visorsig.php?t=1>

## Red de Acceso Inalámbrico

Se considera el montaje de una red inalámbrica de acceso sobre la localidad de Papagayos. Para el enlace troncal planteado a través de un radioenlace y por fibra óptica, la interconexión con el mismo se plantea con los siguientes esquemas:

- En el caso de un enlace troncal por microondas, se interconecta a través de la unidad de radio ODU, utilizando un router de última milla junto a un switch. La Figura 11 ilustra el esquema explicado anteriormente.

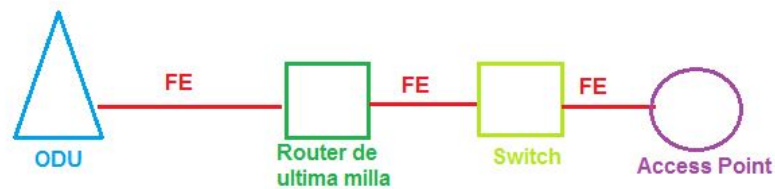


Figura 11: Topología planteada para enlace troncal por radioenlace y red acceso inalámbrica.

- Para un enlace troncal a través de fibra óptica se plantea una topología similar la cuál se ilustra en la Figura 12 .

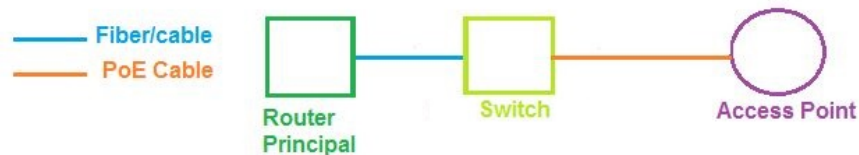


Figura 12: Topología planteada para enlace troncal por fibra óptica y red acceso inalámbrica.

Sobre cada hogar debe colocarse un equipo CPE (*Customer Premises Equipment*) el cuál permite la conexión al servicio desde el AP (Access Point). La estructura general de la red planteada se puede observar en la Figura 13.



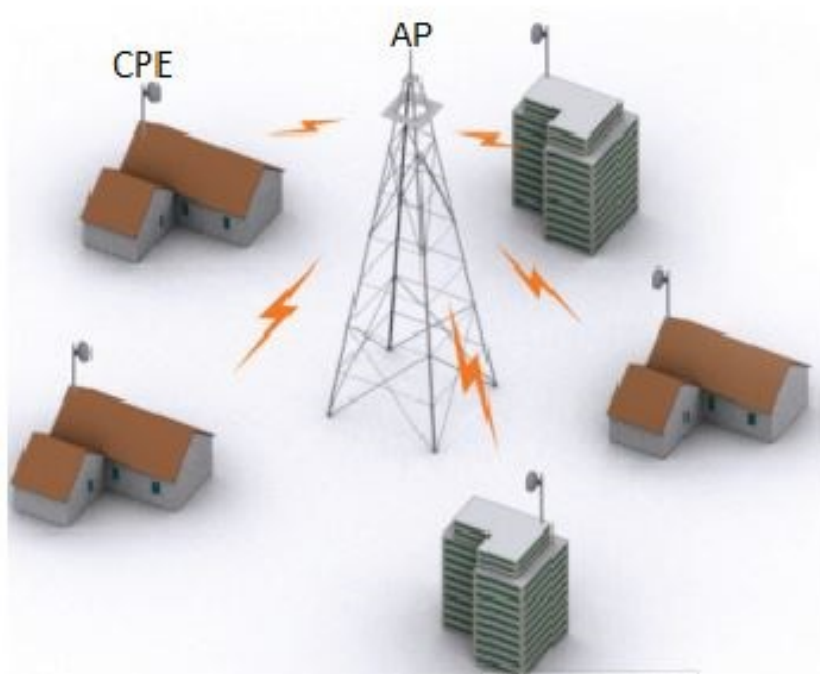


Figura 13: Estructura General de Red de Acceso Inalámbrica.

Para determinar el número de APs necesarios, se determina la máxima tasa demandada por un hogar. Para la cálculo de la tasa necesaria por hogar, se selecciona el pack Oro, el cual posee la tasa de transmisión mayor entre los distintos paquetes. De esta forma, la red de acceso inalámbrica se está sobredimensionando para lograr abastecer un posible crecimiento de demanda de servicios.

Considerando el mayor consumo posible de tasa en un hogar, el cual ocurre con el uso simultaneo de VoIP, Internet y la sintonización de un canal HD y, además, en promedio, existe 1,5 televisores por hogar, se realiza el siguiente análisis.

- Servicio de televisión:

La tasa de este servicio es totalmente independiente del número de clientes que lo contrata. Al tomar un promedio de 1,5 televisores por hogar, el peor de los casos se presenta cuando se utiliza el canal HD. La tasa de bits calculada se muestra continuación:

$$Tasa = 1,5 * 6Mbps = 9Mbps \quad (13)$$

- Internet y VoIP:

La tasa del Plan seleccionado para internet es de 6 Mbps con un índice de simultaneidad de 1:4 y para VoIP de 30 kbps.

La tasa por hogar esta indicada en la Ecuación 14.

$$Tasa_{HOGAR} = Tasa_{VoIP} + \frac{Tasa_{Internet}}{F_{Simultaneidad}} + Tasa_{Canal\ HD} \quad (14)$$

$$Tasa_{HOGAR} = 0,03Mbps + \frac{6Mbps}{4} + 1,5 * 6Mbps = 10,53Mbps \quad (15)$$

A partir de la tasa de televisión, internet y VoIP se requiere que la capacidad total por abonado sea de 10,53 Mbps aproximadamente.

Considerando que el ancho de banda demandado en el peor de los casos corresponde a 61 clientes sintonizando un canal. Entonces la tasa máxima consumida se indica en la ecuación 16.

$$Tasa_{MAXIMA} = N_{USUARIOS} * Tasa_{HOGAR} = 61 * 10,53Mbps = 642,33Mbps \quad (16)$$

El esquema general de la red corresponde al tipo Punto-Multipunto, en el que un terminal efectúa una transmisión sobre un área en el alcance de múltiples usuarios abonados al servicio.

Al tratarse de una transmisión sobre un medio no guiado, existen algunos aspectos que se deben definir:

- El estándar elegido debe permitir algún método de acceso al medio que permita múltiples abonados, tal como TDMA/FDMA/OFDMA, entre otros.
- La banda en el espectro radioelectrico sobre la cuál se trabaja debe corresponder a ISM (*Industrial, Scientific and Medical*).
- Debe brindar un marco de seguridad y calidad de servicio (QoS) suficiente para la aplicación.

Algunas tecnologías inalámbricas en el mercado corresponde a los estándares *WiMax* y *WiFi*, sin embargo en este proyecto se implementa la version 802.11 n del estándar *WiFi* porque cumple con los requerimientos de alcance y ancho de banda necesario (a 50 metros puede brindar una tasa neta de 150 Mbps). Cabe destacar que *WiMAX* se encuentra enfocado más en los operadores del servicio que en los usuarios finales[?].

Teniendo en cuenta la tasa bruta requerida, la tasa real máxima que el estándar puede ofrecer, y que los clientes se encuentran lo suficientemente distribuidos sobre la ciudad. Es posible afirmar que con 5 AP's se logra satifacer tanto la cobertura como la tasa demandada.



Figura 14: Distribución de AP's en la Ciudad de Papagayos.

Teniendo en cuenta el esquema de conexión de las Figuras 11 y 12, se utiliza los siguientes equipos de conectividad.

Modelo	Fabricante	Nro. Puertos	Costo US\$
ES-10X	Ubiquiti	8 puertos GE / 2 puertos SFP+	120

Tabla 10: Características del switch.

Modelo	Fabricante	Nro. Puertos	Costo US\$
EdgeRouter 4	Ubiquiti	4 puertos GE / 1 puerto SFP+ / 1 entrada USB para comunicación interna	120

Tabla 11: Características del router.

Para la elección de los dispositivos APs se tuvieron en cuenta 3 candidatos, mostrados en la Tabla 12.

Modelo	Fabricante	TX(dBm)	RX(dBm)	Montaje de Equipo	Estandar	Costo (US\$)
3917i/e Extreme Wireless	Extreme	25	-94	Outdoor	IEEE 802.11a/b/g	Velocidad de transmision
					IEEE 802.11n	MIMO
					IEEE 802.11ac	Garantizar una mayor velocidad de la red
OSBRiDGBE 5N	4GON solutions	23	-92	Outdoor	IEEE 802.3	CSMA / CD
					IEEE 802.3af	Estándar PoE para alimentar equipos
					IEEE 802.11a / n	Velocidad de transmision
ePMP 1000 Force 180	Cambium Networks	30	-90	Outdoor	IEEE 802.1Q con IEEE 802.1p	VLAN con priorización de tráfico
					IEEE 802.11n	MIMO
					IEEE 802.11a/b/g	Velocidad de transmision

Tabla 12: Características de los AP's.

Estos equipos cumplen con las regulaciones que rigen en el país, ofrecen tasas de transmisión máximas similares, sin embargo se decanta por el último modelo listado ("ePMP 1000 Force

180” de la empresa Cambium Networks), debido a que en la Red de distribución se opta por el uso de dispositivos fabricados por estas empresa, por lo cual es más conveniente para el proceso de capacitación del personal técnico, las posibilidades de trabajo en conjunto con la empresa fabricante incrementan considerablemente, por lo cual es posible obtener beneficios tales como descuentos, o asistencia técnica. Otro motivo importante es la cantidad de información disponible, lo cual adquiere un gran valor en el momento de la resolución de futuros problemas en la red.

El equipo CPE se entrega al abonado en comodato durante el tiempo en el que se asocie al servicio. Considerando que el cuidado del equipo queda bajo responsabilidad del usuario, haciéndose cargo de la reparación de fallas originadas por accidentes tales como: negligencia, abuso, falla eléctrica, causas de fuerza mayor o caso fortuito.

En el análisis de la cobertura del servicio se consideraron dos equipos, los cuales se muestran en la Tabla 13.

Modelo	Fabricante	TX(dBm)	RX(dBm)	Montaje de Equipo	Estandar		Costo (US\$)
ePMP Force 130	Cambium Networks	28	-88	Outdoor	IEEE 802.1Q con IEEE 802.1p	VLAN, priorización de tráfico	140
					IEEE 802.11n	MIMO	
					IEEE 802.11a/b/g	Velocidad de transmision	
DLB 5-15	LigoWave	29	-87	Outdoor	IEEE 802.11 a	Velocidad de transmision de los datos	56
					IEEE 802.11ac	Garantizar una mayor velocidad de la red	
					IEEE 802.11n	MIMO	

Tabla 13: Características de los CPE's.

El primer equipo de la Tabla 13 se encuentra elaborado por el fabricante de los AP's, lo cual cabe suponer que haya compatibilidad entre los mismos y haya mayor posibilidad de satisfacer la calidad del servicio, este último aspecto no se encuentra garantizado si se elige el segundo fabricante, de manera que se decide utilizar el equipo ePMP Force 130.

# Referencias

- [1] Router Ubiquiti: <https://www.landashop.com/ubn-er-4.html>
- [2] Switch Ubiquiti: [https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-861437448-ubiquiti-edgeswitch-es-10xp-8-gigabit-poe-out-2-sfp-\\_JM#position=1&type=item&tracking\\_id=700f6c13-dbd7-432f-98fe-5439c4324646](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-861437448-ubiquiti-edgeswitch-es-10xp-8-gigabit-poe-out-2-sfp-_JM#position=1&type=item&tracking_id=700f6c13-dbd7-432f-98fe-5439c4324646)
- [3] Access Point: [https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-747386210-epmp-1000-5-ghz-force-180-radio-integrado-\\_JM?quantity=1#position=2&type=item&tracking\\_id=286aab7a-b10d-4d0da5c3-2f5bd57cafd6](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-747386210-epmp-1000-5-ghz-force-180-radio-integrado-_JM?quantity=1#position=2&type=item&tracking_id=286aab7a-b10d-4d0da5c3-2f5bd57cafd6)
- [4] Apéndice B.

- [5] CPE Cambium ePMP Force 130: [https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-815770606-cambium-epmp-force-130-5-ghz-sm-c050900c512a-\\_JM?matt\\_tool=68536632&matt\\_word=&matt\\_source=google&matt\\_campaign\\_id=10375307423&matt\\_ad\\_group\\_id=102828799643&matt\\_match\\_type=b&matt\\_network=g&matt\\_device=c&matt\\_creative=444135776619&matt\\_keyword=&matt\\_ad\\_position=&matt\\_ad\\_type=&matt\\_merchant\\_id=&matt\\_product\\_id=&matt\\_product\\_partition\\_id=&matt\\_target\\_id=aud-753845548730:dsa-19959388920&gclid=CjwKCAiA7939BRBMEiWA-hX5J36c9bxCu-Ky1MUFAn4c4U871GQkqQ1fNjSv8M6TCop5b0SgqT49RoC5aYQA\\_vD\\_BwE](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-815770606-cambium-epmp-force-130-5-ghz-sm-c050900c512a-_JM?matt_tool=68536632&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=10375307423&matt_ad_group_id=102828799643&matt_match_type=b&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=444135776619&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=&matt_merchant_id=&matt_product_id=&matt_product_partition_id=&matt_target_id=aud-753845548730:dsa-19959388920&gclid=CjwKCAiA7939BRBMEiWA-hX5J36c9bxCu-Ky1MUFAn4c4U871GQkqQ1fNjSv8M6TCop5b0SgqT49RoC5aYQA_vD_BwE)

## Red de Acceso por Fibra Óptica

Se plantea la instalación de una red de acceso óptica, cuya topología se encuentra caracterizada por la presencia de un nodo de acceso ubicado sobre la terminación del enlace troncal.

Existen diversas tecnologías para una red de acceso por fibra óptica, una de ellas es FTTH (Fiber To The Home), diseñada específicamente para la transmisión de voz, video y datos. En la Figura 15 se puede apreciar diferentes soluciones de FTTH y sus características distintivas.

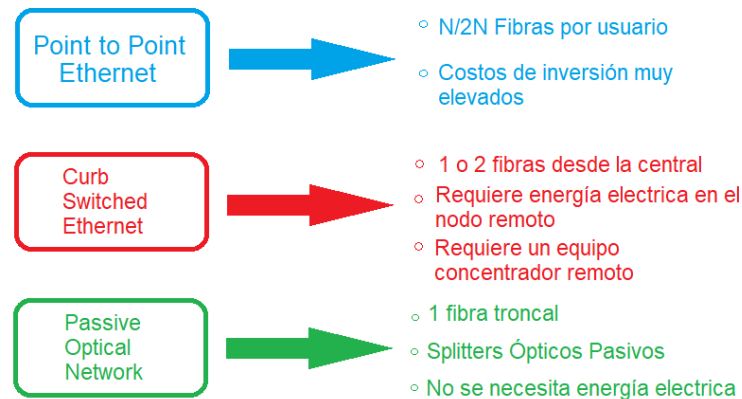


Figura 15: Soluciones FTTH.

De entre todas ellas se decide utilizar una red óptica pasiva (PON), dado que asegura la tasa demandada por cada hogar al tiempo que minimiza los costos económicos al utilizar solamente splitters pasivos.

Entre las diversas tecnologías PON se encuentra el estándar GPON (Gigabit capable Passive Optical Network). El cual permite aplicar una red de acceso punto-multipunto, donde se decide utilizar la versión que soporta hasta 128 usuarios por puerto, alcanzando tasas teóricas de hasta 2,4 Gbps en downstream y 1,2 Gbps en upstream. En la Figura 16 se ilustra la topología de la red, junto con los elementos que la componen.

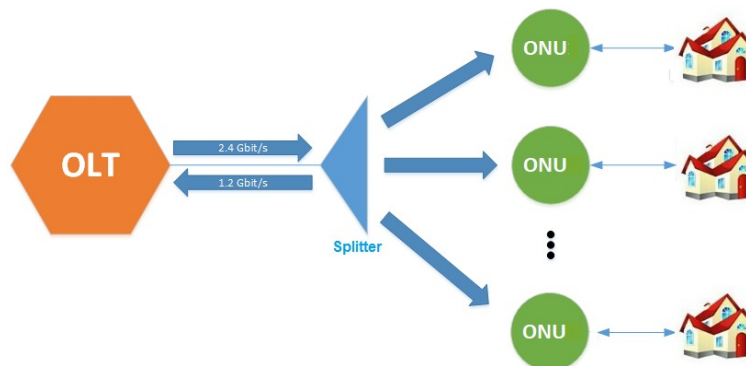


Figura 16: Topología de red GPON.

## Componentes Pasivos

- Fibra Óptica.

- El cable (o el grupo de cables) que interconecta el puerto PON con la entrada al splitter primario se denomina *feeder*, para esta aplicación dicho splitter se encuentra instalado sobre un rack, de forma que este tipo de cable no se utiliza.
- El cable de distribución corresponde a la fibra óptica conectada al splitter secundario, al analizar la ubicación de las cajas terminales de distribución, se plantea la instalación de este tipo de cables a través de los postes de energía. Se utiliza la misma fibra óptica seleccionada para el enlace troncal, en la Tabla 8 se describen sus características más destacadas.
- El cable de *drop* corresponde a la fibra óptica que se tiende desde la salida del splitter secundario, hacia la roseta óptica ubicada en el hogar del abonado. El cable de fibra óptica seleccionado para esta sección de la red, corresponde TW-SCIE del fabricante OEM. La Tabla 14 ilustra sus características mas destacadas.

Modelo	Fabricante	Nro de fibras	Atenuacion en dB/km	Perdida por curvatura en dB	Costo US\$
TW-SCIE	OEM	2	$\leq 0,4$ (1310nm) $\leq 0,3$ (1550nm)	$\leq 0,5$ (1550nm, 7,5mm x 1 vuelta)	0,035

Tabla 14: Características Fibra Óptica drop.

- Empalmes. Su propósito es el de aumentar el alcance de la fibra óptica. Existen dos metodologías principales, los empalmes mecánicos y por fusión. Esta última metodología es la que se utiliza. El cálculo de la perdida de presupuesto óptico, el cual considera las pérdidas producidas, entre otros aspectos, por los empalmes en el enlace troncal, se encuentran detallados en el Apéndice B.

- Splitters.

Dividen la señal óptica en tantos caminos como indique su relación. Pueden ser instalados de distintas formas:

- En armarios ópticos: También llamados tipo "cassette". Este tipo de splitter se utiliza en el primer nivel de splitter.
- Subterráneos: Enterrados de forma tal que no están expuestos a manipulaciones.
- Aéreos: Instalados en una caja de splitter o una caja terminal montada sobre una columna o adosada a una pared. La fibra de entrada se empalma dentro de la caja terminal, mientras que la fibra de salida puede empalmarse directamente al cable de acometida del abonado o puede utilizar conectores. Este tipo se utiliza en el último nivel de splitter. También son denominados "PLC".

- Conectores.

Los conectores más comunes usados en la fibra óptica para redes de área local son los conectores ST, LC, FC Y SC. En este proyecto se considera el conector del tipo SC (Suscriptor Connector) el cual es un conector de broche y esta estandarizado en TIA-568-A( Especifica los requerimientos mínimos para el cableado de establecimientos)

Dentro de los conectores SC se puede clasificar de acuerdo al pulido que poseen:



- PC: Contacto Físico (Physical Contact), el pin está biselado y rematado en una superficie plana. Esto evita espacios vacíos entre los pines de los conectores que están acoplados y logra unas pérdidas de retorno entre los -30 dB y los -40 dB.
- UPC: Ultra Contacto Físico (Ultra Physical Contact), similares a los PC, pero logran reducir las pérdidas de retorno a un margen entre los -40 y los -55 dB gracias a que el bisel tiene una curva más pronunciada.
- APC: Contacto Físico en Ángulo (Angled Physical Contact), el pin termina en una superficie plana y a su vez inclinada 8 grados. Se trata del conector que logra un enlace óptico de mayor calidad ya que consigue reducir las pérdidas de retorno hasta los -60 dB aumentando así el número de usuarios en fibras monomodo. Este conector es el seleccionado para implementar en la red.

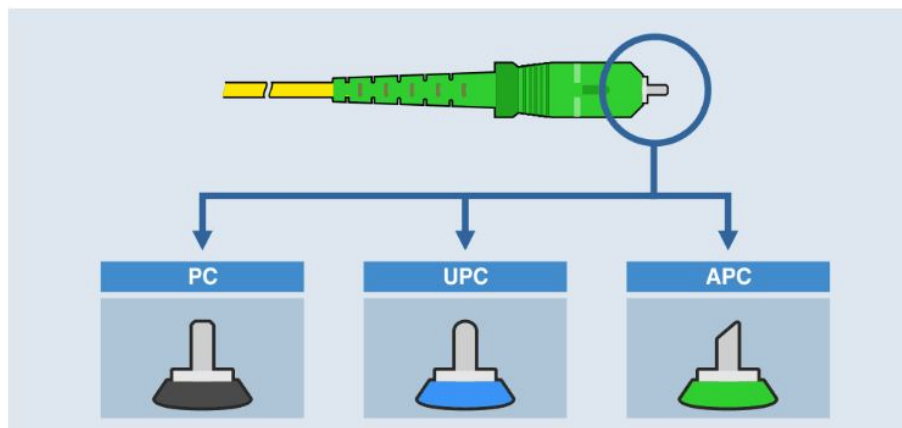


Figura 17: Tipos de conectores SC.

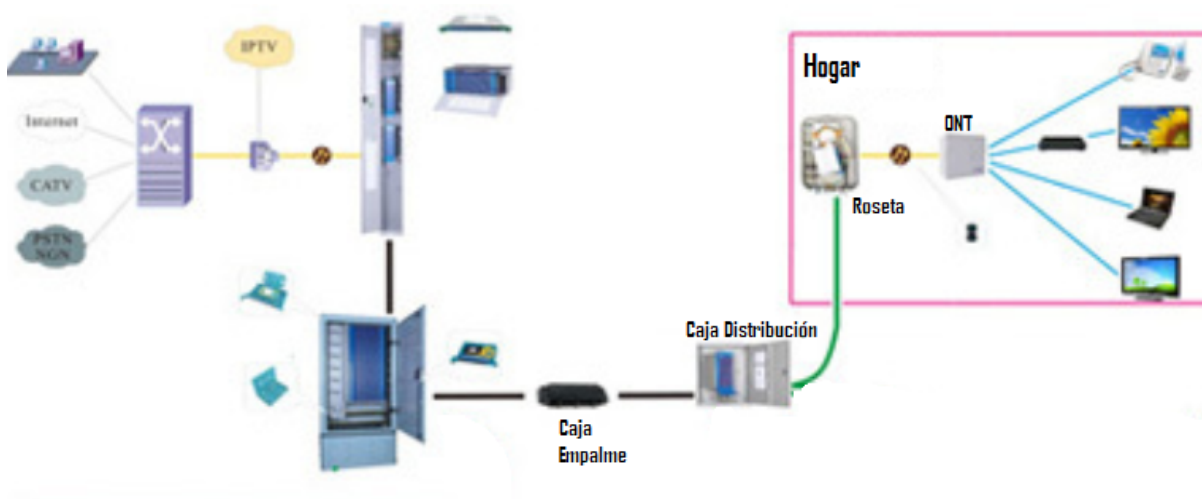
Los conectores SC/APC se utilizan para:

- Conexión en el enlace troncal.
- Conexión entre splitters.
- Conexión de clientes a splitters.
- Armarios/Cajas de Empalme/Cabinas Exteriores.

Los armarios de distribución permiten alojar splitters del tipo modular ("cassette") o también del tipo PLC.

La Figura 18 ilustra la disposición del armario de distribución dentro de la red. En la misma, se ilustra con recuadro de color rosa, la disposición dentro de la tecnología FTTH.





Aclaración: Armario previo a caja de empalme no se instala en este caso particular. Imagen Ilustrativa.

Figura 18: Disposición de caja de distribución en red acceso.

En la Figura 19 se delimita la zona a analizar.



Figura 19: Ciudad de Papagayos.

Se diagrama una repartición geográfica de los hogares, con el propósito de determinar la ubicación de las cajas de distribución. Sobre la Figura 20 se ilustra la subdivisión de la Localidad en diversas áreas, es posible determinar zonas de baja, media y alta dispersión, los cuales permiten delimitar la forma más conveniente de implementar los equipos para la distribución del servicio.

Al considerar el caso en que se elija un enlace troncal por fibra óptica como en la sección anterior, la OLT se observa en la Figura 20(marcada en color naranja).



Figura 20: Subdivisión de la ciudad en áreas.

Se utilizan 2 puertos en la OLT, en ambos se utiliza un patchcord conectado a un splitter de 1:4 del tipo "Cassette", teniendo en cuenta que uno de ellos permanece desconectado ante una eventual falla. En el montaje de los terminales de acceso de fibra (FAT) se coloca un splitter 1:32 del tipo "PLC" para iniciar el recubrimiento del área donde se encuentran dispersos los clientes, la Figura 21 determina la ubicación de cada uno de estos terminales de acceso.



Figura 21: Ubicaciones de terminales de acceso FAT.

## Componentes Activos

En tanto que los elementos activos específicos de la red corresponden a:

- Terminación de Línea Óptica (OLT).

Responsable de la interconexión de la red de acceso con el enlace troncal del operador. Gestiona, administra y sincroniza el tráfico con los equipos terminales (ONT's) en modalidad TDMA de manera que tiene un solo medio compartido por donde viajan los datos sincronizados en uplink y downlink de todas las ONT's asociadas a este equipo.

Debido a que se tiene la transmisión de los datos en ambos sentidos, se utilizan dos longitudes de onda para diferenciar el flujo de datos, siendo los valores usados 1310 nm en upstream y 1550 nm en downstream.

El análisis para verificar si la red soporta todo el tráfico demandado parte de la suposición de que se utiliza el estándar que permite hasta 1,2 Gbps de downstream.

Existen algunas limitaciones que inciden sobre el número ONT's que se utilizan para la distribución del servicio:

- El estándar GPON impone un límite de 64 clientes que puede sincronizar por puerto de la OLT, en particular, las últimas especificaciones permiten hasta 128 usuarios. Esta última especificación es la que se utiliza.
- La tasa ocupada por cada cliente impone una restricción sobre el número de clientes a partir de la velocidad de transmisión aplicada por el protocolo GPON.
- La distribución de los clientes también impone una restricción, dado que no resulta conveniente el montaje de un cable de grandes longitudes para alcanzar clientes repartidos en un área extensa. Sin embargo, a pesar de que no se encuentra recomendado, se estima que en muy pocos hogares se presenta este problema.

Sabiendo la capacidad de una OLT en GPON en ambos sentidos y la tasa de transferencia por hogar máxima posible calculada en la Ecuación 15, se deduce que un puerto OLT puede asociar la cantidad de usuarios indicada en la Ecuación 17.

$$C_{MAX} = \frac{TASA_{MAX}}{TASA_{MAX \text{ POR HOGAR}}} = \frac{1,25Gbps}{15Mbps} = 83 \text{ usuarios} \quad (17)$$

Por lo tanto con la utilización de 1 solo puerto OLT es posible abastecer a los 61 usuarios abonados al servicio.

Para la elección de la OLT a utilizar, se presentan dos opciones de distintos fabricantes, cuyas especificaciones generales están en la Tabla 15.

Equipo	Fabricante	TX (dBm)	RX (dBm)	Interfaces	GPON Speeds	Costo (US\$)
UF-OLT-4	Ubiquiti	1.5 to 5	-28 dBm to -8 dBm	(4) GPON OLT SFP (1) 1G/10G SFP+	2.488 Gbps Upstream (TX) 1.244 Gbps Downstream (RX)	1098
Lucent 7342 ISAM FTTU	Alcatel	5	-28 dBm to -8 dBm	(2) GPON OLT (12) Ethernet	2.488 Gbps Upstream (TX) 1.244 Gbps Downstream (RX)	1000

Tabla 15: Características de OLT's.

Para realizar la elección de los equipos se plantean los siguientes items:

- **Información ofrecida:** Alcatel ofrece una considerable cantidad de información acerca de los recursos que se pueden utilizar para la mejora de la calidad del servicio al cliente.
- **Alcance máximo de la red óptica:** El alcance máximo calculado para ambos equipos es el mismo tanto para el Upstream como el Downstream, por lo que no representa un factor determinante para la elección del equipo.
- **Eficiencia en la utilización de los recursos:** La OLT ofrecida por Ubiquiti posee 4 puertos, donde cada puerto otorga servicio a 128 ONT. La OLT ofrecida por Alcatel posee 8 puertos donde cada puerto otorga servicio a 64 ONT. Con el equipo Ubiquiti, es posible abastecer a todas las ONT potenciales calculadas con un único puerto, quedando solo tres puertos libres, mientras que para la ofrecida por Alcatel, se necesitan 2 puertos para la misma cantidad de ONT, quedando 6 puertos libres. Ubiquiti presenta una mejor eficiencia en cuanto a la utilización de los recursos del equipo.
- **Antigüedad de equipos:** Debido al año de emisión del datasheet y que solo se encuentran a la venta equipos usados de Alcatel, se deduce que se trata de un equipo antiguo y puede no presentar soporte técnico, presentando una gran desventaja.

Con lo mencionado anteriormente, se escoge el equipo de Ubiquiti para la implementación de la red óptica.

- Terminación de Red Óptica (ONT).  
Dispositivo ubicado sobre el hogar del abonado y permite la conexión del mismo sobre la red óptica, sobre la Figura 18 se ilustra su disposición dentro de la red , para así acceder a los servicios *Triple Play*.

**Parte IV**

## **Plan Económico de Equipamiento**

**Parte V**

## **Propuesta Tecnológica**

**Parte VI**

## **Plan de Accion**

**Parte VII**

## **Plan de Mantenimiento**

**Parte VIII**

## **Análisis Económico y de Negocio**