



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA  
ÓPTICA EN SUSTITUCIÓN DE UN  
ENLACE DE MICROONDAS DE LA  
EMPRESA FONET CA PARA  
EL SECTOR CALICANTO**

Autor:

**Javier Colmenares**

Urb. Valle Verde, calle los mangos. Municipio San Diego

Teléfono: (0414) 4968001 – Fax: (0241) 8719654



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES**

**DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN SUSTITUCIÓN DE UN  
ENLACE DE MICROONDAS DE LA EMPRESA FONET CA PARA EL  
SECTOR CALICANTO**

Proyecto del Informe de Pasantías para optar al título de  
**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

Autor:

**Javier Colmenares**

**CI: 28.098.767**

Tutor:

**Ing. Ajax Barrios**

San Diego, febrero de 2023



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

**ACTA DE APROBACIÓN**

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

Diseño de una Red de Fibra Óptica en sustitución de un Enlace de Microondas de la Empresa Tonet CA para el Sector Calicanto.

Realizado por el (la) Br. Javier Colmenares

C.I. N° 28.098.767 cursante de la carrera de Ing. Telecomunicaciones.

hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral,

considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

APROBADO

NO APROBADO

Tutor Académico (Coordinador)

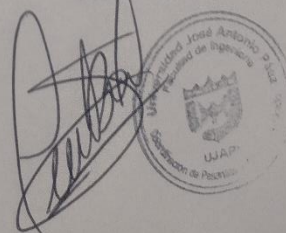
Nombre:  
C.I.: 8.667 378

El Jurado

Jurado  
Nombre: Oliver Mardón B  
C.I.: 16.775.513

Jurado  
Nombre: Jose Villanel  
C.I.: 24193852

Fecha: 28/02/2023





REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN  
PÚBLICA DEL TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, Áyax Pablo Ernesto Barrios Pérez, portador de la cédula de identidad N° 8.667.378, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Javier David Colmenares Fernández, portador de la cédula de identidad N° 28.098.767, titulado **Diseño de una red de Fibra Óptica en sustitución de un enlace de microondas de la Empresa Fonet C.A para el Sector Calicanto**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 2 días del mes de febrero del año dos mil veintitrés.

---

Ing. Áyax Barrios

C.I: 8.667.378



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

FI T 001 2022-2CR IP

Valencia, 18 de enero de 2023

Ciudadano:

COLMENARES FERNANDEZ, JAVIER DAVID

28.098.767

Presente -

Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 12-2022 de fecha 19/09/2022 aprobó el proyecto de grado titulado:

**Diseño de una red de fibra óptica en sustitución de un enlace de microondas de la empresa FONET C.A. para el sector Calicanto.**

Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones.

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a:  
Ing. Áyax Pablo Ernesto Barrios Pérez, titular de la cédula de identidad V- 8.667.378

Atentamente

**Dra. Laura Aurora Sáenz Palencia**  
Decana de la Facultad de Ingeniería



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería

## ÍNDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>pp.</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>x</b>
<b>RESUMEN INFORMATIVO.....</b>	<b>xi</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO</b>	
<b>I LA EMPRESA</b>	
1.1 Descripción de la Empresa.....	3
1.1.1 Ubicación de la Empresa.....	3
1.1.2 Reseña histórica.....	3
1.1.3 Estructura Organizativa.....	3
1.2 Misión, Visión, Objetivos y Valores de la Empresa.....	4
1.2.1 Visión.....	4
1.2.2 Misión.....	4
1.3 Descripción del Departamento .....	5
1.3.1 Estructura Organizativa del Departamento.....	5
<b>II EL PROBLEMA</b>	
2.1 Planteamiento del Problema.....	6
2.2 Formulación del Problema.....	7
2.3 Objetivos de la Investigación.....	7
2.3.1 Objetivo General.....	7
2.3.2 Objetivos Específicos.....	7
2.4 Justificación.....	8
2.5 Alcance de la investigación.....	8
2.6 Limitaciones de la investigación.....	9
<b>III MARCO TEÓRICO</b>	
3.1 Antecedentes de la investigación.....	10

3.2 Bases Teóricas.....	13
3.2.1. Las microondas.....	13
3.2.2. Enlaces de microondas.....	13
3.2.3. Tipos de enlaces de microondas.....	14
3.2.4. Fibra Óptica.....	15
3.2.5. Principales ventajas de la fibra óptica.....	16
3.2.6. Desventajas de la fibra óptica.....	17
3.2.7. Redes ópticas pasivas.....	17
3.2.8. Elementos de una red PON.....	17
3.2.9. OLT Especificaciones de diseño para una red FTTH.....	18
3.3 Bases Legales.....	19
3.3.1. Ley orgánica de Telecomunicaciones.....	19
3.3.2. IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) normativas para fibra óptica.....	20
3.3.3. Estándar IEEE 802.3ae.....	19
3.3.4. Recomendaciones UIT.....	21
3.4 Definición de Términos.....	22

#### **IV MARCO METODOLÓGICO**

4.1 Tipo de Investigación.....	24
4.2 Diseño de la Investigación.....	24
4.3 Nivel de la investigación.....	24
4.4. Población y muestra.....	25
4.4.1. Población.....	25
4.4.2. Muestra.....	25
4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
4.5.1. Técnica de Recolección.....	26
4.5.2. Instrumento de Recolección.....	26

#### **V RESULTADOS**

5.1 Fase I.....	29
-----------------	----

5.1.1. Dashboard o Panel Principal.....	29
5.1.1.1 Performance.....	30
5.1.1.2 Estado MIMO.....	32
5.1.1.3 Detalles de Dispositivo.....	35
5.1.1.4 Medidor de Señal.....	36
5.1.2. Analizador de Espectro.....	36
5.1.2.1 Configuración de Canal y Potencia.....	37
5.1.3 Ajustes de Configuración de TDMA.....	38
5.1.3.1 Adaptación de Velocidad.....	39
5.1.4 Relación Señal-ruido (SNR).....	40
5.1.4.1 SNR Requerido para cada MCS.....	41
5.1.5 Magnitud del Vector de Error (EVM).....	42
5.1.6 Latencia del Enlace.....	43
Fase II.....	45
5.2.1 Fibra Óptica.....	45
5.2.1.1 Fibra óptica Monomodo y Multimodo..	45
5.2.1.2 Tipos de Conectores de Fibra.....	46
5.2.2 Antenas	
5.2.2.1 Antenas Ubiquiti.....	48
5.2.2.2 Antenas Mimosa.....	49
Fase III.....	50
5.3.1 Diseño del Diagrama.....	50
Fase IV.....	59
5.4.1 Identificar la ubicación de los componentes principales PON (redes ópticas pasivas).....	59
5.4.1.1 Equipo OLT (Optical Line Terminal)..	59
5.4.1.2 Equipo ONT/ONU.....	60
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>63</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>64</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>65</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA		pp.
1	Reseña Historia de la Empresa Fonet	3
2	Organigrama de la Empresa Fonet	4
3	Estructura Organizativa del Departamento de Soporte Técnico al cliente	5
4	Reportes de los clientes según cada indicador	7
5	Sistemas de Transmisión: Simplex (a). Full Duplex (b). Half Duplex (c)	14
6	Transmisión punto a punto y punto a multipunto	15
7	Dashboard o Panel Principal de la antena	29
8	Rendimiento MAC de la antena	30
9	Rendimiento MAC estilo grafico	31
10	PHY PER	32
11	PHY PER estilo grafico	32
12	Cadena	34
13	Flujo	35
14	Detalles de la antena Parte 1	35
15	Detalles de la antena Parte 2	35
16	Medidor de señal	36
17	Analizador de Espectro	37
18	Configuración de canal y potencia	38
19	Configuración TDMA	39
20	Adaptación de Velocidad	39
21	Modos de Adaptación de Velocidad	40
22	Gráfico de Relación Señal-Ruido	41
23	Esquema de modulación y codificación (MCS)	42
24	Magnitud del vector de error	43
25	Gráfico de Magnitud del vector de error	43
26	Latencia del Enlace	44
27	Tipos de conectores de fibra óptica	46
28	Distancia entre la OLT y la entrada principal de Calicanto por Google Maps	51
29	Cajas de empalme	52
30	Mangas del recorrido de fibra parte 1	53

<b>31</b>	Mangas del recorrido de fibra parte 2	54
<b>32</b>	Mangas del recorrido de fibra parte 3	54
<b>33</b>	Cajas de empalmes y Mangas	55
<b>34</b>	Despliegue de fibra con el programa Ozmap parte 1	56
<b>35</b>	Despliegue de fibra con el programa Ozmap parte 2	57
<b>36</b>	Despliegue de fibra con el programa Ozmap parte 3	58
<b>37</b>	OLT ZTE C320 - 4/8/16 PUERTOS SFP C++	60
<b>38</b>	ONU Wifi Full Domus	61
<b>39</b>	ONU Wifi Huawei	61
<b>40</b>	ONU Tp Link	62
<b>41</b>	ONU VSOL	62



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

## **DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN SUSTITUCIÓN DE UN ENLACE DE MICROONDAS DE LA EMPRESA FONET CA PARA EL SECTOR CALICANTO**

**Autor: Javier Colmenares**

**Tutor: Ing. Ajax Barrios**

**Fecha: febrero 2023**

### **RESUMEN INFORMATIVO**

La presente investigación se desarrollará en la Urbanización Calicanto ubicada en Valencia Estado Carabobo, la cual es una urbanización con una infraestructura de telecomunicaciones, que ofrece los servicios de internet a través de radio-enlaces (por antena). En la actualidad existe la necesidad de un cambio de tecnología, de la tecnología de antenas a la fibra óptica, que permita obtener un mejor servicio y proponer un diseño de red de fibra óptica para disponer de un medio de comunicación de alta fidelidad que pueda cubrir las necesidades de conexión internas y externas de los usuarios residentes, de este modo se llevará a cabo un diagnóstico de la situación actual, análisis de las causas que origina el problema para así proponer un diseño de red de acceso FTTH con tecnología GPON. La investigación es de tipo proyecto factible, de diseño investigación de campo y de factibilidad, y con una línea de investigación de Ciencias cognitivas y aplicadas, con un nivel descriptivo y metodología cualitativa.

**Descriptor:** Tecnología, Fibra, Telecomunicaciones, radio enlaces

## INTRODUCCIÓN

Las telecomunicaciones son de vital importancia para nuestra vida cotidiana. En consideración a la rapidez con la que avanza la tecnología, es sustancial adaptarse a los requerimientos que se originan con estos avances y con el uso de nuevos medios de comunicación, que evidencian la existencia de fallas y obstáculos en los medios tradicionales, sistemas que disponen de ciertos inconvenientes frente a la plataforma de comunicaciones centrada en fibra óptica y emisión de señales en forma de luz, con un extenso ancho de banda para la conducción de información y rangos bajos de atenuación.

Esto permite, que las redes GPON sean una opción fidedigna para los suministradores de servicios de internet, que están dispuestos a invertir, dedicar y ofrecer mayor calidad de servicio reemplazando las redes de cobre e inalámbricas, por redes FTTH. En Venezuela, los sectores de telecomunicaciones han elaborado el recorrido de fibra óptica, en sus redes troncales.

Actualmente la exigencia de mayores velocidades aumenta, y los inconvenientes que poseen las redes actuales no admiten cumplir los requerimientos de mayor ancho de banda y estabilidad de servicio. Por lo tanto, el presente proyecto se basa principalmente en sustituir la tecnología de antenas por la Fibra Óptica en la urbanización Calicanto del municipio Valencia, estado Carabobo. Haciendo uso de una tecnología adecuada a sus necesidades, basada en fibra óptica que pueda cubrir las exigencias a nivel tecnológico y paralelamente brindar mejoras en otras áreas.

Las redes GPON se presentan como una alternativa cuyo diseño y arquitectura genera menores dificultades, en relación a manipulación de sus elementos, instalación y manejo, como también puede ofrecer una modalidad efectiva y económica de hacer llegar a los usuarios distintos servicios como internet, telefonía y televisión con el uso de un solo medio de transmisión.

Un solo hilo de fibra permite una comunicación full dúplex y entrega una amplia cantidad de información en el orden de los Gigabits por segundo. Quedando en completa ventaja en comparación con la modalidad actual utilizando medios expuestos a múltiples problemas técnicos y daños de tipo ambiental.

**Capítulo I:** Donde se describe la empresa, su misión, visión, objetivos, así como también una breve reseña histórica y cómo está organizada la empresa. A su vez se describe el departamento donde se realiza el estudio.

**Capítulo II:** hace referencia al planteamiento del problema, objetivos generales y específicos, justificación del estudio, alcance del proyecto, limitaciones, y objetivo principal del trabajo de grado el cual hace referencia a Proponer un diseño de una red de fibra óptica para la empresa Fonet en el sector Calicanto, Valencia Estado Carabobo.

**Capítulo III:** se hace mención de los antecedentes, se establecen las bases teóricas que sustentan la realización del proyecto y los antecedentes existentes que brindan aportes para la posible solución del mismo.

**Capítulo IV:** se plantea la metodología de la investigación, la cual, por sus características, se trata de una investigación de campo y descriptiva, de modo que la estrategia metodológica seleccionada sirve de guía para el desarrollo del trabajo de grado.

**Capítulo V:** hacen referencia a todos aquellos recursos utilizados para la realización del presente trabajo.

## **CAPÍTULO I**

### **LA EMPRESA**

#### **1.1.Descripción de la empresa**

##### **1.1.1. Ubicación de la empresa**

Av Bolívar Norte, Edificio Torre Stratos. Piso 5, oficina 5. Sector Guaparo, 2001. Municipio Naguanagua, Carabobo. Venezuela.

##### **1.1.2. Reseña histórica**

FONET, C.A., es una empresa de capital privado, legalmente constituida en el año 2015, y habilitada por CONATEL; sin embargo, cuenta con más de 15 años de experiencia en el sector de las telecomunicaciones, fundada por sus actuales directores Aníbal Delpino y Rosiel Wilchez la cual ofrece como su principal servicio la conexión a internet, actualmente tiene la capacidad de proveer de dicho servicio a través de diferentes modalidades que se ajustan a las necesidades de la población, empleando cables de fibra óptica como también antenas de radiofrecuencias en gran parte del estado Carabobo, principalmente en los municipios Valencia, Los Guayos, San Diego y Naguanagua, entre otros; como motor de desarrollo tecnológico para el país, brindando servicios de internet de calidad a toda casa de familia, empresa, negocio, hospitales públicos y privados, incluso entes gubernamentales que hagan uso de nuestro servicio, disfrutando de los beneficios a los que se puede optar gracias al internet como entretenimiento, comunicación inmediata a largas distancias, acceso a operaciones bancarias, entre muchas más.

A pesar de no cubrir el 100% de la región del Estado Carabobo, nos encontramos en constante desarrollo y crecimiento para cumplir tal objetivo, mediante la ampliación de nuestra red y la actualización constante de los sistemas y equipos que se operan para la transmisión de datos de manera óptima y eficiente. (Ver figura 1)



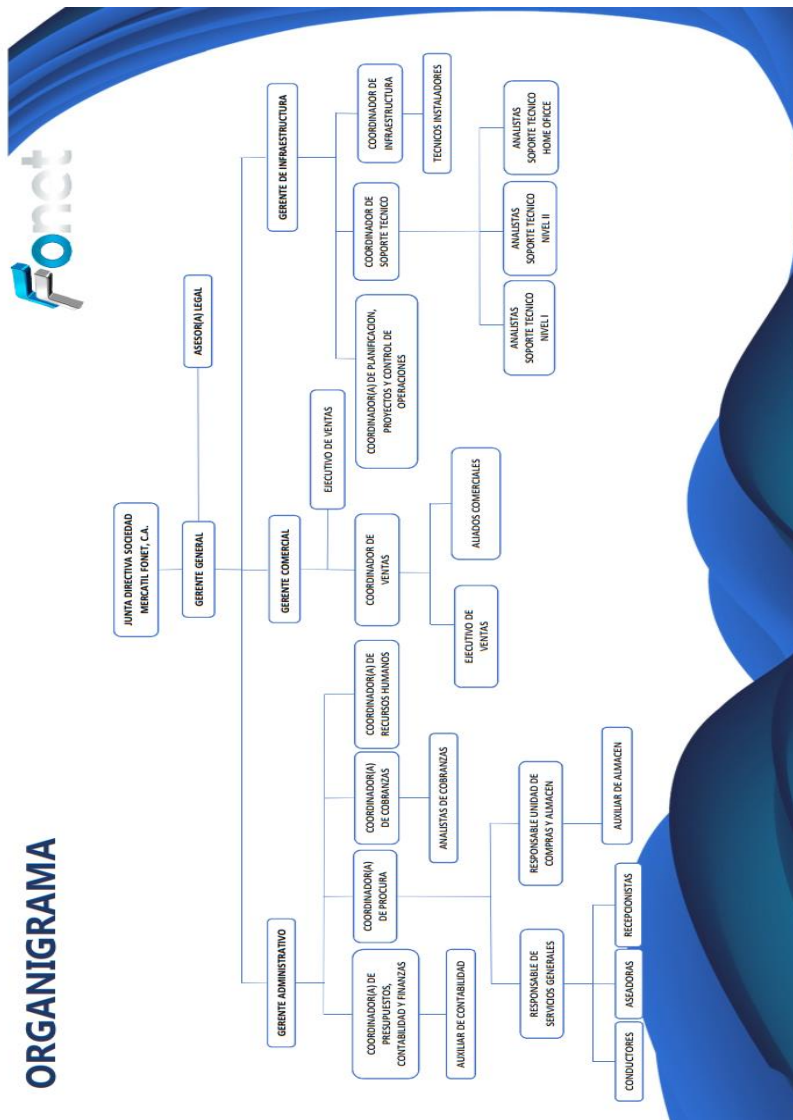
**Abg. Herry Moreno Astudillo**  
Asesor Legal FONET  
Contacto: **+58 414 0957889**

**Figura 1.** Reseña Historia de la Empresa Fonet

**Fuente.** Departamento de Recursos Humanos

##### **1.1.3. Estructura organizativa**

La empresa Fonet está organizada de la siguiente manera. (Ver Figura 1)



**Figura 2.** Organigrama de la Empresa Fonet  
**Fuente.** Departamento de Coordinación de Soporte al Cliente

## 1.2. Misión, Visión, Objetivos de la empresa

### 1.2.1. Visión

Ser una organización líder en tecnologías de comunicación, que brinda soluciones integrales a nivel nacional, buscando la satisfacción del cliente a través de un servicio confiable, con un personal altamente calificado y tecnología de punto.

### 1.2.2. Misión

Ser vistos como una empresa líder reconocida a nivel nacional por la excelencia en la prestación de sus servicios, ofreciendo el más alto nivel de calidad y con el mejor equipo de profesionales.

### 1.3.Descripción del departamento

El departamento de Soporte Técnico al Cliente perteneciente a la empresa Fonet CA es el encargado de llevar un conjunto de reportes (denominados *tickets*) que hace cada cliente de acuerdo al servicio de internet, esto con el fin de localizar de manera ágil el problema o falla que haya en la infraestructura de la red en un momento dado. Se encuentra regido por su jefe de Coordinación de Soporte Técnico, luego se ramifica hacia los analistas de soporte técnico nivel uno y dos, junto con los analistas de soporte de home office.

#### 1.3.1. Estructura organizativa del departamento

El departamento de soporte técnico al cliente está conformado por la Coordinación de Soporte Técnico al cliente, a su vez por su respectivo coordinador Alberto Godoy (hasta la fecha: 12/09/2022). Le sigue los analistas de soporte técnico, integrado por Analistas de Soporte de Nivel uno y Nivel dos, cada analista tiene tareas asignadas de acuerdo al nivel en el que se encuentre en el departamento. (Ver figura 3)



**Figura 3.** Estructura Organizativa del Departamento de Soporte Técnico al cliente  
**Fuente.** Coordinación de Soporte Técnico al Cliente

## **CAPÍTULO II**

### **EL PROBLEMA**

#### **2.1.Planteamiento del Problema**

En informática y telecomunicaciones, se conoce como red inalámbrica a un tipo de conexión entre sistemas informáticos (o sea, entre computadoras) que se lleva a cabo mediante diversas ondas del espectro electromagnético. Es decir, es una conexión de nodos que no requiere de ningún tipo de cableado o dispositivo alámbrico, ya que la transmisión y recepción de la información se produce mediante puertos especializados.

Los enlaces inalámbricos permiten la conectividad a la red sin necesidad de un canal físico o red cableada para enviar o recibir señales, simplificando de esta manera la conexión en áreas extensas o lugares de difícil acceso. Los equipos para conexiones inalámbricas, debidamente conectados, pueden diseñar enlaces punto a punto para interconectar dos redes remotas a través de enlaces inalámbricos a distancias desde 500 metros o menos, hasta los 80 kilómetros.

Estos enlaces inalámbricos se realizan desde un punto donde exista la posibilidad de contratar un acceso a Internet hasta el punto donde sea necesaria dicha conexión. En la actualidad es imprescindible estar conectado a Internet, tanto si eres una persona particular como si eres una empresa que tiene varias sedes. Lamentablemente, existen muchas zonas en las que la cobertura o la banda ancha no llegan para dar servicio o la potencia de la señal es muy débil, afectando a usuarios y a empresas con varias sedes que desean unirlos en una misma red.

La empresa Fonet es una empresa de telecomunicaciones encargada de dar acceso a internet a sus usuarios mediante enlaces inalámbricos (con antenas) y enlaces de fibra (fibra óptica). Para esta investigación solamente se va a dar el enfoque en los servicios por enlace inalámbrico. La empresa Fonet ha trabajado por varios años con los enlaces inalámbricos ofreciendo sus servicios de internet en zonas que probablemente el enlace por fibra no sea factible. El sector Calicanto es una de esas zonas que tiene enlaces inalámbricos para proveer internet de calidad a los hogares del sector. Últimamente la red ha estado congestionada, en el sentido de que los clientes del Sector Calicanto han visto desmejoras en el servicio de internet.

Dicho todo lo anterior, se puede generar diferentes incomodidades hacia el consumidor tales como frustración, molestias, pequeñas angustias, hasta un mal servicio y en los peores

casos pueden creer que el servicio sea un engaño. Es por esto, que la realización de esta investigación sea favorable para minimizar la mayoría de las incomodidades antes planteadas.



**Figura 4.** Reportes de los clientes según cada indicador  
**Fuente.** Coordinación de Soporte Técnico

Por otro lado, una de las causas principales de este problema es el aumento significativo de los clientes debido a que, a más clientes, más carga para el router y para las antenas. Destacando que, si el router tiene muchos clientes conectados éste tiende a colapsar o generar lentitud e intermitencia a los consumidores. Existen varios tipos de tecnología para enlaces inalámbricos, compatibles con dispositivos electrónicos, computadoras, teléfonos inteligentes, tabletas, entre otros.

Hoy en día en la empresa Fonet, el crecimiento de los clientes por la adquisición de los planes ha hecho que el enlace inalámbrico de microondas a la cual están conectados los clientes se sature, lo que genera lentitud y latencia de datos al momento de la navegación por internet causando inconformidad con el servicio. Debido a la saturación del router que da servicio al Sector de Calicanto, la empresa Fonet se ve en la necesidad de evaluar la posibilidad de pasar de un enlace inalámbrico a una red de fibra óptica.

## **2.2. Formulación de la investigación**

¿Qué se puede hacer para aumentar el servicio y las velocidades del internet para los clientes del Sector Calicanto?

## **2.3. Objetivos de la investigación**

### **2.3.1. Objetivo General**

- Proponer un diseño de una red de fibra óptica para la empresa Fonet en el sector Calicanto

### **2.3.2. Objetivos Específicos**

- I.** Diagnosticar la situación en la que se encuentra el enlace Punto a punto: PTP-Calicanto-Arbolito en relación a la calidad del servicio de internet.
- II.** Analizar las tecnologías disponibles ofrecidas por la empresa Fonet que suministra servicio de internet hacia los clientes.
- III.** Diseñar el diagrama de la red de fibra óptica para la zona de calicanto del municipio valencia.
- IV.** Identificar la ubicación de los componentes principales de PON (redes ópticas pasiva) para la realización del tipo de red más adecuada.

### **2.4. Justificación del Problema**

Un hogar conectado por fibra óptica puede ofrecer experiencias excepcionales en todos los dispositivos y sistemas conectados a Internet, desde la seguridad residencial hasta los termostatos, hornos, refrigeradores y otros aparatos inteligentes.

La mayor virtud de la fibra óptica es que no utiliza la corriente eléctrica como otros tipos de conexiones de Internet. Utiliza luz (ondas de luz), que se transmite por el núcleo de la fibra óptica; las tecnologías de Internet evolucionaron de manera vertiginosa con el tiempo.

Las conexiones de Internet de alta velocidad transmiten datos a distintas velocidades. Internet por fibra óptica es una excelente opción para los hogares con gran consumo de ancho de banda donde varios usuarios quieren transmitir videos, jugar en línea, hacer copias de respaldo de datos o enviar y recibir archivos pesados al mismo tiempo, en especial, a largas distancias.

Además de ser más rápida, la fibra óptica se considera mucho más confiable y es una excelente opción para los teletrabajadores, jugadores, hogares con múltiples usuarios y empresas. Actualmente la Empresa Fonet ha estado teniendo una subida (elevación) de clientes en la Zona de estudio (conectados por antena) haciendo lenta la velocidad del internet. Ahora con la realización del esquema de fibra los clientes podrán navegar a la velocidad contratada y además la empresa podrá adquirir clientes potenciales.

Es por esta razón que la presente investigación plantea hacer un esquema de una red de fibra óptica donde se perciba los detalles de la red, para así abastecer y satisfacer a los clientes de la empresa Fonet ubicados en la zona de Calicanto, mejorando la calidad del servicio de internet.

Con la incorporación de la red de fibra óptica los clientes podrán notar una mejora considerable al servicio de internet, debido a que la fibra óptica tiene un mayor ancho de banda

que permite navegar a velocidades superiores en comparación a un enlace de microondas, además de poder expandir la cantidad de clientes y tener ingresos económicos. En ese sentido, se presenta las razones por las que consideramos que se debería de implementar un servicio por fibra óptica para la zona de Calicanto.

### **2.5. Alcance de la Investigación**

El presente informe será presentado al departamento de Infraestructura de la Empresa Fonet C.A., el cual tomará en cuenta este informe para la elaboración, estructuración y puesta en marcha del proyecto, con el fin de aumentar la velocidad de internet, así como también estableciendo una mejor calidad de servicio hacia los clientes.

### **2.6. Limitaciones de la Investigación**

El presente Informe de Pasantía se va a limitar a organizar la esquematización de la red de Fibra Óptica en la Zona de Calicanto del municipio Valencia, para luego sea instalado por los técnicos de la empresa Fonet de manera que contribuya al aumento de la eficiencia del servicio de internet teniendo la menor cantidad de intermitencia en la red.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Antecedentes de la investigación**

En primer lugar, se tiene a López (2016) con su tesis de grado titulado como: “**Diseño de una red de fibra óptica para la implementación en el servicio de banda ancha en COISHCO (ANCASH)**”, elaborado con el fin de optar el título de ingeniero electrónico con mención en telecomunicaciones en la Universidad de Ciencias y Humanidades (UCH), Lima – Perú. Este trabajo tiene como objetivo general diseñar una red que nos permita mejorar la velocidad y la capacidad de transmisión en internet, televisión digital, telefonía y servicios multimedia que incidan en los niveles de satisfacción para los usuarios de Coishco (Ancash).

Así mismo la investigación concluyó que al determinar el uso de las nuevas tecnologías se obtiene un ancho de banda standard necesario de 2,5 Gbps, entonces los habitantes de Coishco requieren aproximadamente este valor. Además, se identificó los elementos de red para precisamente poder implementar posteriormente esta red de fibra óptica para el hogar. Con respecto a las pérdidas, se encontró una pérdida de potencia de 24,55 dB en el cual ese valor indica que los usuarios más alejados van a contar con servicios de banda ancha. Esta investigación se enfocó en el cableado y diseño de la FTTH en Coishco al igual que explicó cada uno de los pasos a seguir para el desarrollo de esta red fibra óptica. Además, mostró y manifestó el esquema funcional del sistema a implementar.

Este trabajo de tesis se vincula con el presente proyecto porque a medida que se avanza se muestran imágenes donde se especifica el lugar de cada uno de los componentes de la red. Asimismo, para la investigación en curso se quiere presentar un diseño estilo esquema donde se logre identificar aquellos elementos útiles para su elaboración.

En segunda instancia, se cuenta con el Proyecto de fin de carrera a nombre de García (2017) elaborado en la Universidad Carlos III de Madrid, titulado como: “**Diseño de la Red de fibra Óptica FTTH para un Municipio**”. El objetivo general de este trabajo fue “**Diseñar una red de fibra óptica FTTH para el Municipio Cabra – Madrid**”, como resultado de este trabajo se presentó el plano final de la red de fibra óptica para el Municipio cordobés de cabra, Madrid. En primer lugar, se ha puesto de manifiesto los cambios sufridos en la sociedad española. Analizando el tiempo medio que dedica un ciudadano español al día, en el consumo de los diferentes medios de comunicación.

El proyecto analizó las diferentes etapas en las que se divide un despliegue, colocando de manifiesto que el orden de las mismas no es el eficiente para los despliegues actuales, en los que la densidad de unidades inmobiliarias es muy baja. Por último, se realizó el diseño de la Red de Alimentación del municipio cordobés de Cabra, incluyendo el presupuesto de la misma, poniendo de manifiesto los problemas antes mencionados en los despliegues actuales de fibra óptica.

El proyecto anterior se toma en cuenta como antecedente porque se investigó cada uno de los temas y pasos a seguir para su debida implementación en el municipio, además se relaciona con la investigación en curso porque a pesar de que fue para un municipio podría adaptarse para un sector en específico, de manera conjunta se espera igualmente obtener un plano o esquema final de la ruta de la red de fibra óptica con sus respectivos detalles y componentes PON.

A su vez, Peñafiel y Jacome (2018) realizó una investigación en la Universidad Estatal De Guayaquil, como proyecto de fin de carrera previo a la obtención de su título en ingeniería en networking y telecomunicaciones se llamó **“Estudio y diseño de una red de fibra óptica GPON de tipo aérea, para sectores que no poseen infraestructura de redes como el sector el Fortín desde el bloque 1 al 7”**. El objetivo del proyecto se basó en “Realizar el estudio de los elementos que harán parte de la infraestructura de una red de fibra óptica con tecnología GPON para brindar los diferentes servicios de telecomunicaciones en el sector Fortín”. El tipo de esta investigación fue de campo: A su vez también cuenta con un diseño de investigación cualitativa debido a que se llevará un estudio y diseño de una red de Fibra óptica GPON tipo aérea en el sector del Fortín,

Se concluye que para el sector el Fortín sería necesaria las cajas de baja, de esta forma optimizar los hilos de fibra dejando 6 hilos por caja y se reservaría según requiera cada cuadra. Dependerá de la correcta implementación del diseño propuesto para prevenir intermitencias que afecten la navegación del usuario. Considerar la ubicación de las cajas para dar cobertura en su totalidad dependiendo la zona geográfica y según la demanda

En relación con este proyecto y la investigación en curso es que ambos trabajos son dirigidos a un sector en específico para hacer el diseño de una red de fibra óptica, sin hacer la implementación de la misma, es por esto que este antecedente es de gran importancia para el proyecto presente.

Asimismo, acerca de Becerra (2019) Trabajo de grado elaborado en la Universidad José Antonio Páez presentado como requisito para optar al título de Ingeniero en telecomunicaciones, titulado como: **“Sistema de telecomunicaciones con tecnología GPON**

**para el restablecimiento del servicio de la zona industrial el recreo de flor amarillo del municipio valencia del Edo Carabobo**”, con el objetivo general de “Proponer un sistema de telecomunicaciones con tecnología GPON (Red Pasiva Óptica con Capacidad de Gigabit) para el restablecimiento del servicio de voz y datos la Zona Industrial EL RECREO de Flor Amarillo del municipio Valencia del Edo Carabobo”. Este trabajo se encargó de reestablecer el servicio haciendo el despliegue de una red GPON por toda la zona de Flor Amarillo. En cuanto al tipo de investigación fue documental y de campo ya que se conocen los datos iniciales que ocasionan el problema.

Este proyecto y la investigación presente tienen correlación debido a que ambos se enfocaron en el diseño de la red de fibra óptica, y eso es justo lo que se busca en el trabajo en curso.

Por último, se tiene a Figueroa y Balza (2022) con su Proyecto del Trabajo de Grado presentado para optar al título de Ingeniero de telecomunicaciones, Universidad José Antonio Páez, titulado como: **“Propuesta de diseño de una red de acceso FTTH con tecnología GPON para la urbanización las Agüitas estado Carabobo”**. El objetivo general de este trabajo fue **“Proponer una red de acceso FTTH con tecnología GPON para el sector 2-C de la urbanización las Agüitas ubicada al Suroeste del municipio Los Guayos, Valencia, estado Carabobo”**. Optó por el diseño de investigación de campo debido a que se realizó una observación directa al sector 2-C, ubicado en la urbanización Las agüitas en Valencia estado Carabobo.

Hay que mencionar que una de las recomendaciones de este proyecto fue que la ubicación de las cajas de empalme debe ubicarse a una distancia no mayor a la recomendada y cerca de los clientes que se les quiere brindar el servicio. Por otra parte, la extensión de fibra requerida para el proyecto no debe exceder los 20km, pasado esta distancia se presentan pérdidas de información por las distintas atenuaciones presentes en la fibra óptica.

Por último, se propuso el diseño de la red FTTH donde se concluye que los pasos para diseñar una red en el software Ozmap son claros y concisos, además las características de los troncales, la distribución de los equipos, las conexiones internas en cada una de las cajas de empalme y la potencia de recepción en la ONT de clientes prospectos es viable, segura y eficiente.

Este trabajo guarda una estrecha relación con la investigación presente porque el diseño propuesto fue para un urbanismo a la cual se sustituye una tecnología por otra. Esta sustitución es lo que se quiere para el presente trabajo ya que la tecnología de antena se sustituye por la tecnología de Fibra Óptica, así como también se va a aplicar a un sector en específico.

## 3.2. Bases Teóricas

### 3.2.1. Las Microondas

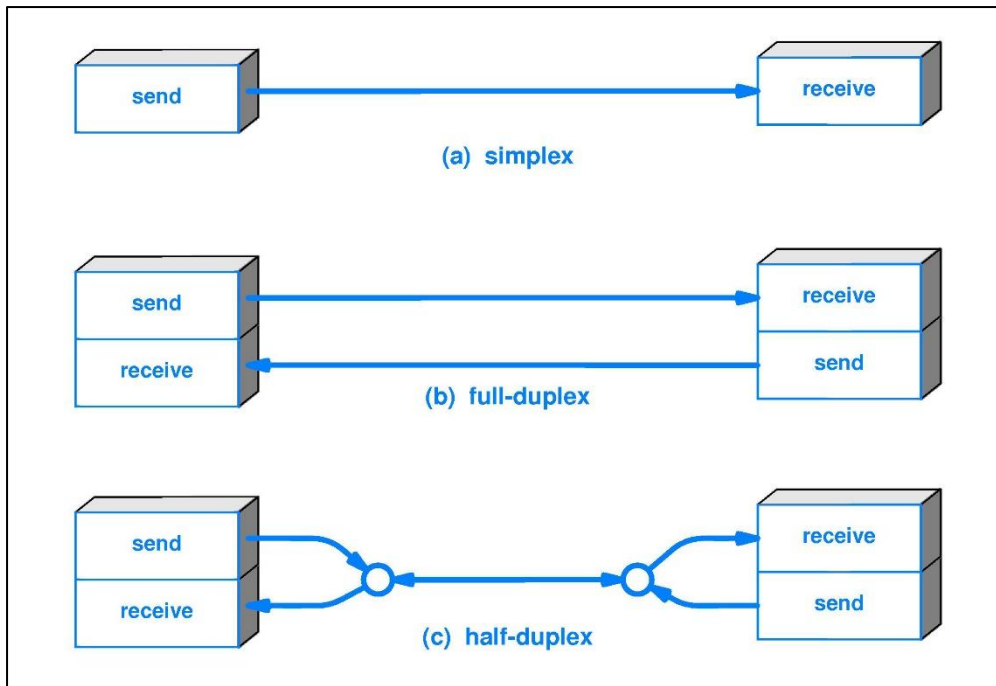
El microondas es una tecnología de comunicación inalámbrica con línea de visión que utiliza haces de ondas de radio de alta frecuencia para proporcionar conexiones inalámbricas de alta velocidad que pueden enviar y recibir información de voz, video y datos. El rango de frecuencia de las microondas va desde los 500 MHz hasta los 300 GHz o aún más. Por consiguiente, las señales de microondas, a causa de sus altas frecuencias, tienen longitudes de onda relativamente pequeñas, de ahí el nombre de “micro” ondas. Así por ejemplo la longitud de onda de una señal de microondas de 100 GHz es de 0.3 cm., mientras que la señal de 100 MHz, como las de banda comercial de FM, tiene una longitud de 3 metros. Las longitudes de las frecuencias de microondas van de 1 a 60 cm., un poco mayores a la energía infrarroja.

Se usa el espacio aéreo como medio físico de transmisión. La información se transmite en forma digital a través de ondas de radio de muy corta longitud (unos pocos centímetros). Pueden direccionarse múltiples canales a múltiples estaciones dentro de un enlace dado, o pueden establecer enlaces punto a punto. Las estaciones consisten en una antena tipo plato y de circuitos que interconectan la antena con la terminal del usuario.

### 3.2.2. Enlaces de Microondas

Un radio enlace de microondas se refiere a un enlace, analógico o digital, entre terminales de telecomunicaciones mediante ondas electromagnéticas, la conexión de estos terminales puede ser punto a punto o punto multipunto. Estos enlaces operan en la banda del espectro radioeléctrico de microondas entre 1GHz y 300GHz, además, puede funcionar en configuración simplex, half duplex o full dúplex (bidireccional). radio enlaces de microondas

- **Modo Simplex:** se hace uso de una frecuencia con la cual un punto transmite datos y el otro solo los recibe.
- **Modo Half Dúplex:** se hace uso de una frecuencia, sin embargo, la transmisión de datos se puede dar en ambos sentidos, pero en un sentido a la vez, es decir, un punto puede transmitir o recibir mientras el otro punto cumple la función opuesta, el cambio de roles, de transmisión o recepción, puede darse mediante un proceso de negociación entre ambos puntos.
- **Modo Full Dúplex:** se tienen dos frecuencias, esto permite que la transmisión de datos pueda darse en ambos sentidos y a la vez, es decir, un punto puede transmitir y recibir al mismo tiempo. (Ver Figura 5).



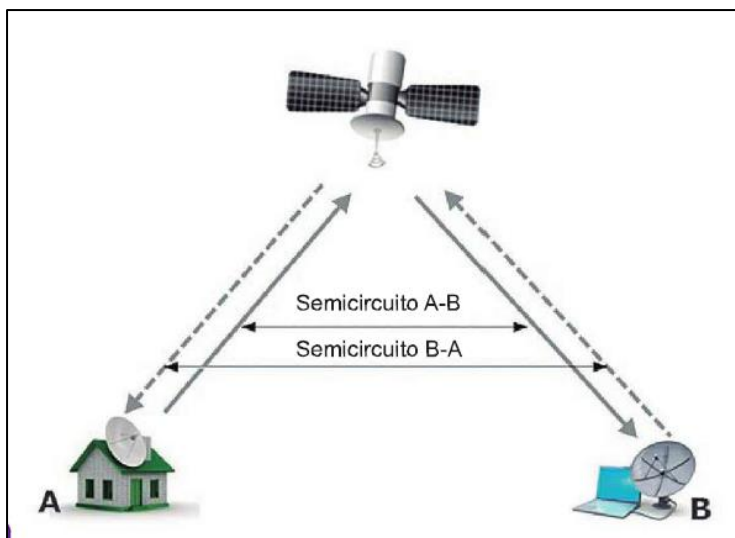
**Figura 5.** Sistemas de Transmisión: Simplex (a). Full Duplex (b). Half Duplex (c)  
**Fuente.** (Services, s.f.)

### 3.2.3. Tipos de enlaces de microondas

#### ➤ Punto a Punto (PTP)

Cuando hablamos de un enlace punto a punto, nos referimos a uno en el cual toda la comunicación se produce entre dos puntos, y sólo entre éstos. El caso más simple y tal vez el más común es el de la unión de dos equipos mediante un cable.

Esta forma de conectividad permite la comunicación entre dos estaciones. En este caso, las dos estaciones participantes pueden intercambiarse tráfico simultáneamente si se requiere, formando un circuito denominado dúplex, constituido por el semicircuito de A hacia B y el semicircuito de B hacia A. Cada estación transmite en una frecuencia diferente al satélite (por su enlace ascendente) y recibe en otra (por su enlace descendente) que corresponde a la transposición de la frecuencia de transmisión de la otra estación, realizada en el repetidor del satélite en que operan. (Ver Figura 6)



**Figura 6.** Transmisión punto a punto y punto a multipunto  
**Fuente.** (Robertocallos2, 2018)

### ➤ Punto a Multipunto

Punto a multipunto de comunicación es un término que se utiliza en el ámbito de las telecomunicaciones, que se refiere a la comunicación que se logra a través de un específico y distinto tipo de conexión multipunto, ofreciendo varias rutas desde una única ubicación a varios lugares. Un ejemplo de esto es una conferencia que puede ser considerada una comunicación punto a multipunto ya que existe solo un orador (transmisor) y múltiples asistentes (receptor). Punto a multipunto es a menudo abreviado como **P2MP, PTMP, o PMP**. Normalmente este tipo de tecnología puede operar en bandas libres 900Mhz, 2.4Ghz, 5.1-5.8Ghz o bandas licenciadas como 3.3-3.5Ghz

Los sistemas punto a multipunto conectan una estación central a un gran número de posibles receptores, Los ejemplos más comunes son los sistemas de difusión AM y FM de radio y televisión comercial, donde un transmisor central usa una antena con haz amplio para alcanzar a muchos oyentes y televidentes.

En un enlace punto a multipunto, existe un punto central que se comunica con varios otros puntos remotos. Generalmente esto implica que la comunicación es solamente entre el punto central y los remotos, y de éstos hacia el central; no existe comunicación entre los remotos.

### 3.2.4. Fibra Óptica

La fibra óptica es un medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el núcleo de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del

ángulo límite de reflexión total, en función de la ley de Snell. La fuente de luz puede ser láser o un LED (Light Emission Diode, Diodo Emisor de Luz).

Las fibras se utilizan ampliamente en telecomunicaciones, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a una gran distancia, con velocidades similares a las de radio y/o cable. Son el medio de transmisión por excelencia al ser inmune a las interferencias electromagnéticas, también se utilizan para redes locales, en donde se necesite una alta confiabilidad y fiabilidad. El actual desarrollo de las telecomunicaciones ha impulsado la necesidad de implementar redes de banda ancha que permitan el transporte de ciertos servicios como: televisión por cable, Internet de alta velocidad, aplicaciones de voz, etc.

En los últimos años la fibra óptica se ha convertido en uno de los medios de transmisión más usados debido a las ventajas que ofrece, como la disminución de ruido e interferencias y la multiplicación de la capacidad de transmisión

### **3.2.5. Principales Ventajas de la Fibra Óptica**

- 1) La fibra óptica hace posible navegar por Internet a una velocidad de dos millones de bps. Su baja atenuación, por ejemplo, en la tercera ventana (1550 nm) la atenuación es de 0.2 dB/km.
- 2) Esto permite realizar enlaces de forma que cada 80 o 100 Km. se coloque un amplificador o regenerador (a diferencia del cable coaxial que necesita un regenerador o amplificador cada 2 km).
- 3) Acceso ilimitado y continuo las 24 horas del día, sin congestiones.
- 4) Video y sonido en tiempo real.
- 5) Fácil de instalar.
- 6) Es inmune al ruido y las interferencias, como ocurre cuando un alambre telefónico pierde parte de su señal a otra.
- 7) Las fibras no pierden luz, por lo que la transmisión es también segura y no puede ser perturbada.
- 8) Carencia de señales eléctricas en la fibra, por lo que no pueden dar sacudidas ni otros peligros. Son convenientes para trabajar en ambientes explosivos.
- 9) Presenta dimensiones más reducidas que los medios preexistentes.

### **3.2.6. Desventajas de la Fibra Óptica**

- 1) El costo de la fibra sólo se justifica cuando su gran capacidad de ancho de banda y baja atenuación es requerida. Para bajo ancho de banda puede ser una solución mucho más costosa que el conductor de cobre.
- 2) La fibra óptica no transmite energía eléctrica, esto limitad su aplicación donde el terminal de recepción debe ser energizado desde una línea eléctrica. La energía debe proveerse por conductores separados.
- 3) Las moléculas de hidrógeno pueden difundirse en las fibras de silicio y producir cambios en la atenuación.
- 4) El agua corroe la superficie del vidrio y resulta ser el mecanismo más importante para el envejecimiento de la fibra óptica. Incipiente normativa internacional sobre algunos aspectos referentes a los parámetros de los componentes, calidad de la transmisión y pruebas.

### **3.2.7. Redes Ópticas Pasivas**

Una red óptica pasiva (del inglés Passive Óptica Network, conocida como PON) permite eliminar todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente introduciendo en su lugar componentes ópticos pasivos (divisores ópticos pasivos) para guiar el tráfico por la red, cuyo elemento principal es el dispositivo divisor óptico conocido como splitter. La utilización de estos sistemas pasivos reduce considerablemente los costes y son utilizados en las redes FTTH.

### **3.2.8. Elementos de una red PON**

#### **➤ Terminal de Línea Óptica (OLT) Optical Line Termination.**

El Terminal de Línea Óptica, conocido como el Equipo Central Óptico, es el elemento activo situado en sitio central de equipamiento. De él parten las fibras ópticas hacia los usuarios (cada OLT suele tener capacidad para dar servicio a varios miles de usuarios). Este equipo agrega el tráfico proveniente de los clientes y lo encamina hacia la red de agregación. Realiza funciones de router para poder ofrecer todos los servicios demandados por los usuarios.

#### **➤ Terminal de Red Óptica (ONT) Optical Network Termination**

También conocido como Modem Óptico, es el elemento situado en casa del usuario que termina la fibra óptica y ofrece las interfaces de usuario. Estos interfaces han evolucionado del fast Ethernet al gigabit Ethernet a la par que las velocidades ofrecidas a los usuarios.

#### **➤ Unidad Remota de Multiviviendas MDU (Multi Dwelling Unit):**

Es la que permite ofrecer servicio a múltiples usuarios, frente a las ONTs que dan servicio a un único cliente. Existen varios modelos de MDU.

MDU xDSL: Termina la fibra óptica que llega de la central telefónica. Utiliza tecnología xDSL para ofrecer servicios a los usuarios. Van integrados dentro de un armario, que se ubica en una zona común del edificio, con fácil acceso a los pares de cobre que llegan a los pisos. La ventaja fundamental que ofrecen respecto a las ONTs es que permiten aprovechar las redes verticales de cobre que existen en los edificios. La desventaja es que tienen todas las limitaciones de las tecnologías xDSL.

MDU con interfaces fast o Giga Ethernet: Están equipadas con una gran cantidad de interfaces Ethernet y permiten dar servicio a un edificio que esté cableado con cable UTP o a una empresa.

➤ **Splitter (Divisor óptico)**

El splitter es el encargado de separar las señales ópticas y entregar cada longitud de onda a cada usuario.

### **3.2.9. OLT Especificaciones de diseño para una red FTTH**

➤ **Residencial - Viviendas -Unifamiliares**

Estas casas pueden formar una manzana o incluso, en núcleos urbanos, estar intercaladas entre bloques de edificios. Como la conexión sería única, solo se realizaría instalación en el domicilio en el caso de que el cliente contratara los servicios ofrecidos por la red diseñada. Por ello, se utilizarán también elementos de distribución con cubierta protectora de exterior, al igual que en los bloques con cableado exterior. Los nodos de acceso que dan servicio a las áreas con viviendas unifamiliares suelen ubicarse en lugares apropiados para ello, que resulta ser el punto más cercano a todos ellos. En estos casos se debe establecer un enlace de conexión punto a punto con un par de fibra entre cada vivienda y el nodo de acceso.

➤ **Edificios – Viviendas Multifamiliares**

Las áreas con bloques de viviendas multifamiliares consisten generalmente en diversos propietarios (que serán abonados finales) distribuidos en varias plantas por bloque. Estas propiedades se encuentran agrupadas dentro de un área limitada y pueden ser viviendas de nueva construcción con canalizaciones internas o viviendas de antigua construcción con cableado por fachada. En caso de fibra hasta el hogar, se instalará un divisor en una caja de empalmes perteneciente a la red de alimentación para desplegar una única fibra a cada edificio, introduciéndola por la arqueta de entrada o por la misma pared de la estructura, en caso de una instalación de fachada.

### **3.3.Bases legales**

#### **➤ Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (CRBV)**

A partir de la Constitución de 1999, Venezuela ha experimentado un intenso desarrollo legislativo, dentro de estos cambios, la tecnología ha ocupado un lugar de destacada importancia. En el propio texto constitucional se puede apreciar la influencia de la tecnología en el ámbito jurídico, al consagrarse el acceso a la tecnología como un derecho fundamental de los ciudadanos, reconociéndose dentro de los derechos culturales, el carácter de interés público de la ciencia, la tecnología, el conocimiento y la innovación.

#### **3.3.1. Ley orgánica de telecomunicaciones**

##### **➤ Artículo 1**

Esta Ley tiene por objeto establecer el marco legal de regulación general de las Telecomunicaciones, a fin de garantizar el derecho humano de las personas a la Comunicación y a la realización de las actividades económicas de telecomunicaciones Necesarias para lograrlo, sin más limitaciones que las derivadas de las leyes y de la Constitución de la República. Se excluye del objeto de esta Ley la regulación del contenido de las transmisiones y Comunicaciones cursadas a través de los distintos medios de telecomunicaciones, la cual se regirá por las disposiciones constitucionales, legales y reglamentarias correspondientes.

##### **➤ Artículo 2**

#### **Los objetivos generales de esta Ley son:**

- 1) Defender los intereses de los usuarios, asegurando su derecho al acceso a los Servicios de telecomunicaciones, en adecuadas condiciones de calidad, y salvaguardar, en la prestación de estos, la vigencia de los derechos constitucionales, en particular el del respeto a los derechos al honor, a la intimidad, al secreto en las comunicaciones y el de la protección a la juventud y la infancia. A estos efectos, podrán imponerse obligaciones a los operadores de los servicios para la garantía de estos derechos.
- 2) Promover y coadyuvar el ejercicio del derecho de las personas a establecer medios de Radiodifusión sonora y televisión abierta comunitarias de servicio público sin fines de lucro, para el ejercicio del derecho a la comunicación libre y plural.
- 3) Procurar condiciones de competencia entre los operadores de servicios.
- 4) Promover el desarrollo y la utilización de nuevos servicios, redes y tecnologías cuando estén disponibles y el acceso a Éstos, en condiciones de igualdad de personas e impulsar la integración del espacio geográfico y la cohesión económica y social.
- 5) Impulsar la integración eficiente de servicios de telecomunicaciones.

- 6) Promover la investigación, el desarrollo y la transferencia tecnológica en materia de Telecomunicaciones, la capacitación y el empleo en el sector.
- 7) Hacer posible el uso efectivo, eficiente y pacífico de los recursos limitados de Telecomunicaciones, tales como la numeración y el espectro radioeléctrico, así como la Adecuada protección de este último.
- 8) Incorporar y garantizar el cumplimiento de las obligaciones de Servicio Universal, calidad y metas de cobertura mínima uniforme, y aquellas obligaciones relativas a Seguridad y defensa, en materia de telecomunicaciones.
- 9) Favorecer el desarrollo armónico de los sistemas de telecomunicaciones en el espacio Geográfico, de conformidad con la ley.
- 10) Favorecer el desarrollo de los mecanismos de integración regional en los cuales sea Parte la República y fomentar la participación del país en organismos internacionales de Telecomunicaciones.
- 11) Promover la inversión nacional e internacional para la modernización y el desarrollo del sector de las telecomunicaciones.

### **3.3.2. IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) Normativa para fibra óptica**

#### **Estándar ansi/tia/eia-568-b.3-1**

Aunque ya hace varios años que 10 GBE es soportado por fibra óptica, parece que sabemos muy poco al respecto, a pesar de que se cuenta con el estándar IEEE 802.3ae por el lado del equipamiento activo y con el estándar ANSI/TIA/EIA-568-B.3-1 por el lado de la infraestructura pasiva de telecomunicaciones. Conozcamos un poco acerca de ambos estándares.

#### **3.3.3. Estándar IEEE 802.3ae**

- Radio de curvatura mínimo: 20 veces el diámetro del cable o inferior.
- Normativa a cumplir.
- UIT G-651
- IEC 60793 (Incluyendo IEC 60793-2-10)
- ISO/IEC 11801 Ed.2.0
- TIA/EIA-492AAAC
- IEC-60331
- IEC-60332-3-C
- IEC 60754

- Atenuaciones máximas: 3,0 dB/km a 850nm y 1,0 dB/km a 1300 nm.
- Diámetro del núcleo:  $50\pm 3,0$  mm
- Diámetro de revestimiento:  $125 \pm 2,0$  mm
- Recubrimiento primario: aplicado directamente sobre la FO (libre de gel) en una o dos de compuesto de acrilato, silicona multicapa u otro material de características similares
- Apertura numérica:  $0,200\pm 0,015$
- Índice de refracción: 1,482 a 850nm , 1,477 a 1300nm
- Ancho de Banda: a 850 nm: mayor a 600MHz.km y a 1300nm mayor a 120Mhz.km

#### **3.3.4. Recomendaciones UIT.**

Debido a la necesidad de brindar al usuario mejores costos, competitividad y diversidad de marcas, se han propuesto un conjunto de recomendaciones que regulan las diferentes características de los equipos desarrollados para el soporte del estándar GPON. Las presentes recomendaciones se enmarcan en el mejoramiento de algunas de las características de la serie ITU-T G.983.X, la cual considera el mismo método de transmisión sobre redes ópticas pasivas para el protocolo ATM, por tanto, su alcance resulta ampliado en cuanto a las velocidades de manejo de la información, Gigabits por segundo. Cinco recomendaciones aprobadas en la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT O ITU en la serie G: (Sistemas y Medios De Transmisión, Sistemas y Redes Digitales).

UIT-T G.984.1: Se trata de la introducción hacia el estándar GPON, presentando características generales de funcionamiento y constitución, con el fin de llegar a la convergencia de equipos, así como mostrar la topología utilizada.

UIT-T G.984.2: Se describe una red flexible de acceso en fibra óptica capaz de soportar los requisitos de banda ancha de los servicios a empresas y usuarios residenciales. La descripción de esta recomendación abarca servicios de voz, distributivos y de datos con velocidades en Gbps. En febrero del 2006, es publicada la recomendación ITU-T G.984.2 Enmienda 1 “Nuevo apéndice III – Prácticas idóneas utilizadas en la industria para redes ópticas pasivas con capacidad de 2,488Gbit/s en sentido descendente y 1,244Gbit/s en sentido ascendente”, con lo cual se dictan las correspondientes normas de uso del estándar GPON en las velocidades indicadas.

UIT-T G.984.3: Denominada como la especificación de la Capa de convergencia de Transmisión TC (Transmission Convergence), expone los formatos de trama, el método de

control de acceso, el método ranging, aspectos de fibra óptica, explicando algunas de las redes con acceso flexible para este medio, describiendo las características de las redes PON.

Además, involucra los pasos que se deben considerar para el diseño de la red GPON en base a las distancias, funcionalidad y seguridad. UIT -T G.984.4: Especificación de la interfaz de control y gestión OMCI (ONT Management and Control Interface) de la terminación de red óptica

ONT, donde el análisis se enfoca en los recursos y servicios procesados de una base de información de gestión o manejo MBI (Management Información Base) independiente del protocolo de comunicación entre OLT y ONT. La MBI específicamente dirige la gestión o manejo de la configuración, averías y de calidad de funcionamiento de la ONT, considerando lo siguiente: las capas de adaptación que en el estándar ATM son la 1, 2 y 5, la capa de adaptación GEM, los servicios de emulación de circuitos, servicios de Ethernet, servicios de voz y el tipo de multiplexación que maneja el estándar WDM (Wavelength División Multiplexing).

Logrando con ello establecer o terminar las conexiones a través de la ONT, manejar las interfaces usuario-red UNI en la ONT, pedir información de configuración y estado de la calidad de operación e informar sin necesidad de intervenciones ajenas las posibles fallas en los Enlaces.

UIT-T G.984.5: Recomendación que sugiere el rango de bandas y longitudes de onda que se reservan para en un futuro, implementar señales de nuevos servicios, usa la técnica de multiplexación de información (WDM), para aprovechar de mejor manera en el caso de nuevas redes ópticas pasivas, en virtud del manejo recomendable de las ODN.

### **3.4. Definición de términos básicos**

**ACK:** Acuse De Recibo

**Atenuación:** Significa la disminución de potencia de la señal óptica, en proporción inversa a la longitud de fibra. La unidad utilizada para medir la atenuación en una fibra óptica es el decibel (dB).

**Banda ancha:** Capacidad para transmitir datos un canal compartido.

**Conector:** Son uniones desmontables que permiten la conexión y la desconexión.

**dB/Km:** decibelios por kilómetros. Unidad para medir la pérdida o atenuación en una fibra óptica.

**Dispersión:** el cambio de dirección de la luz.

**Distribuidor de fibra óptica (ODF):** Un distribuidor óptico (ODF) se utiliza principalmente para conectar y programar fibras y cables ópticos. Es aplicable a las intersecciones de fibras entre una red y los dispositivos de transmisión óptica, así como entre los cables ópticos de las redes de acceso.

**Ethernet:** estándar de redes de área local para computadoras.

**Fast o Giga Ethernet:** ampliación del estándar Ethernet que consigue una capacidad de un gigabit por segundo

**Fibra hasta el hogar (FTTH):** también conocida como fibra hasta el hogar.

**Núcleo:** El centro de la fibra, donde se transmite la luz.

**PHY:** Capa Física (Corresponde al Modelo OSI)

**Red troncal (o backbone):** es una red utilizada para interconectar otras redes, es decir, un medio que permite la comunicación de varias LAN o segmentos.

**Red:** conjunto de equipos y dispositivos periféricos conectados entre sí. Se debe tener en cuenta que la red más pequeña posible está conformada por dos equipos conectados.

**SSID:** Identificador de Conjunto de Servicios (Normalmente se le conoce como el nombre de una red inalámbrica).

**TDMA:** Acceso Múltiple Por División De Tiempo

## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **4.1. Tipo de investigación**

La metodología propuesta, en la cual se enmarca la investigación a realizar, es la de proyecto factible, la cual:

Consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El Proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades (Hernández, s.f.).

La presente investigación se considera proyecto factible, debido a que consiste en el desarrollo de una solución en materia de telecomunicaciones, diseñada para responder a la desprovisión de servicios de conexión a Internet a través de las antenas de alto rendimiento que enfrentan los usuarios de la urbanización Calicanto, Valencia Estado Carabobo

#### **4.2. Diseño de la investigación**

“El diseño de investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. En atención al diseño, la investigación se clasifica en: documental, de campo y experimental...” (Arias, 2012, p.27).

En el desarrollo de esta tesis se está empleando la investigación de campo, la misma que permitirá obtener nuevos conocimientos respecto a la necesidad que tienen los habitantes del sector en cuestión y comprobar que la solución propuesta es la indicada, al mismo tiempo fortalecer.

De tal manera, se propone una investigación de campo, sustentado en Cajal (2020), quien la define como:

Un tipo de investigación en la cual se adquieren o miden datos sobre un suceso en particular, en el lugar donde suceden (...) Se recopilan datos con el objetivo de ampliar los conocimientos para realizar un estudio. Por otro lado, se puede utilizar la información obtenida con fines prácticos, realizando diagnósticos y proponiendo cambios. (página web).

#### **4.3. Nivel de la investigación**

“El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio...” (Arias, 2012, p.23).

La presente investigación se considera de tipo descriptivo, debido a que se busca diseñar un elemento de respuesta ante una situación previamente identificada. Bernal (2006) refiere que:

En la investigación descriptiva, se muestran, narran, reseñan o identifican hechos, situaciones, rasgos, características de un objeto de estudio, o se diseñan productos, modelos, prototipos, guías, etc., pero no se dan explicaciones o razones del porqué de las situaciones o hechos. La investigación descriptiva se guía por las preguntas de investigación que formula el investigador; se soporta en técnicas como la encuesta, entrevista, observación y revisión documental.

#### **4.4.Población y muestra**

##### **4.4.1. Población**

La población es definida, según Arias (2012) como: “...Un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para las cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación...” (p.81).

La población representa la totalidad del fenómeno a estudiar, donde las unidades de esta poseen una característica común, que da origen a los datos de la investigación.

Según Castro (2003), según su tamaño puede ser:

- (a). Finita: Cuando el número de elementos que la forman es finito o definido.
- (b). Infinita: Cuando el número de elementos que la forman es infinito, o tan grande que pudiesen considerarse infinitos.

En el presente trabajo de investigación la población se considera finita y representada por las redes de telecomunicaciones, que se definen como:

Un conjunto de nodos y enlaces que proporcionan conexiones entre dos o más puntos definidos para realizar un servicio de telecomunicación entre ellos. En los nodos y enlaces se instalan sistemas y medios correspondientes desarrollados y fabricados por fabricantes de equipos de telecomunicación. (Hackbarth, K.D., 2012, diapositiva 3).

Las redes de telecomunicaciones se pueden agrupar según diversos criterios, a saber: Según su alcance, su topología física, la direccionalidad de los datos y la tecnología de conexión. Esta última categoría resulta relevante para la investigación debido a que contiene la tecnología de la red a diseñar. (Morales, 2013).

#### **4.4.2. Muestra**

Por otra parte, la muestra es definida por Bernal (2010) como: "...la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se adquiere la información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuó la medición y la observación de las variables objeto de estudio." (p.161).

La red propuesta en el presente trabajo de investigación consiste en una solución comunicacional que permita la conexión a Internet, haciendo uso de fibra óptica como medio de transmisión.

De tal manera, se considera como muestra del proyecto, las redes de comunicaciones que utilizan fibra óptica como medio guiado de transmisión, basadas en las recomendaciones ITU-T G.984 (*Gigabit-capable Passive Optical Network*).

### **4.5. Técnica e instrumentos de recolección de datos.**

#### **4.5.1. Técnica de Recolección**

Arias (2012) establece lo siguiente: "Se entenderá por técnica de investigación, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información (...) Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener o registrar información...". (p.67)

Durante el avance de la investigación se aplicaron diversos métodos para la obtención de información referente a la situación inicial y el entorno de desarrollo del proyecto, en busca de garantizar el diseño y desarrollo de la mejor propuesta. A saber:

##### **➤ Revisión Documental**

La revisión documental es definida por Hurtado (2010) como: "El proceso mediante el cual un investigador recopila, revisa, analiza, selecciona y extrae información de diversas fuentes, acerca de un tema en particular, con el propósito de llegar al conocimiento y comprensión más profundos del mismo". (p.90)

En el marco de la investigación, se revisó una amplia cantidad de material técnico y metodológico contenido en libros, tesis de pregrado, tesis de máster y publicaciones en línea, que sirvieron de marco teórico y establecieron las bases de desarrollo de cada uno de los elementos inherentes al presente informe.

##### **➤ Observación directa**

La observación directa es el proceso en el cual el investigador recolecta datos directamente desde el medio ambiente del fenómeno a estudiar, por otro lado, Hurtado (2010)

la define como: "... un proceso de atención, recopilación, selección y registro de información para el cual el investigador se apoya en sus sentidos" (p.459).

#### **4.5.2. Instrumento de recolección**

##### **➤ Gráficos**

Definidos por Castellero, O (2015) como:

Aquella representación visual a partir de la cual pueden representarse e interpretarse valores generalmente numéricos. De entre las múltiples informaciones extraíbles de la observación de la gráfica podemos encontrar la existencia de relación entre variables y el grado en que se da, las frecuencias o la proporción de aparición de determinados valores.

##### **➤ Telefono Celular**

Como un instrumento fundamental, va a ser utilizado el teléfono celular del autor de este informe, para poder tomar las fotografías y los datos obtenidos provenientes de la observación directa.

#### **4.6.Fases Metodológicas**

La propuesta fue concebida a partir de una serie de pasos, los cuales fueron creados con orden lógico y son los siguientes:

**Fase I: Diagnosticar la situación en la que se encuentra el enlace Punto a punto: PTP-Calicanto-Arbolito en relación a la calidad del servicio de internet.** Esta primera fase de la investigación se establecerá con el objetivo de dar un diagnóstico de la situación actual sobre los equipos, tales como las antenas, switches, routers y cableado, además de los elementos los cuales serían los niveles de potencia del radioenlace, su frecuencia, la interfaz hacia los usuarios y el nivel de tráfico de internet; todos ellos servirán para hacer el análisis de los radioenlaces PTP Calicanto. Este diagnóstico se realizará con las normas pertinentes de seguridad. No obstante, se concluyó que es necesario este análisis y diagnóstico para el diseño de las mejoras de estos radioenlaces, lo cual es lo que la empresa requiere.

**Fase II: Analizar las tecnologías disponibles ofrecidas por la empresa Fonet que suministra servicio de internet hacia los clientes.** En esta segunda fase de la presente investigación se va a dar a conocer todas aquellas tecnologías que la empresa Fonet utiliza o emplea para ofrecer internet a sus usuarios, tales como, fibra óptica, microonda o híbridos. Para la realización de esto se va hablar y consultar con el Departamento de Coordinación de Soporte Técnico, junto con el Departamento de Infraestructura con el fin de saber cuál es la más utilizada y en qué zona, cual es la pueda producir menor

perdidas en dB, cual podría ser la más factible y tiempo de instalación. Todos estos datos serán usados para la realización de esta fase.

**Fase III: Diseñar el diagrama de la red de fibra óptica para la zona de calicanto del municipio valencia.** Para esta fase se va a utilizar el programa Ozmap, el será de utilizada para desarrollar el diseño y arquitectura de la red basada en la tecnología GPON, a su vez se procura cubrir las expectativas en cuanto a capacidad y rendimiento para satisfacer las necesidades previamente planteadas tomando en cuenta la estructura y características de esta localidad. El uso del programa Ozmap conlleva a hacer una profunda investigación sobre el uso y funciones del respectivo programa para minimizar los errores que se puedan cometer al momento del diseño final de la red de fibra óptica.

**Fase IV: Identificar la ubicación de los componentes principales de PON (redes ópticas pasiva) para la realización del tipo de red más adecuada.** Finalmente, para esta fase se basa en la investigación de los equipos más utilizados para los diseños de redes de fibra óptica, tomando en cuenta de igual manera aquellos equipos utilizados en la empresa Fonet, también se va a definir la ubicación geográfica de los equipos y componentes de las redes ópticas pasivas con la orientación del Departamento de Infraestructura para la mejor ubicación y cuidado de estos equipos

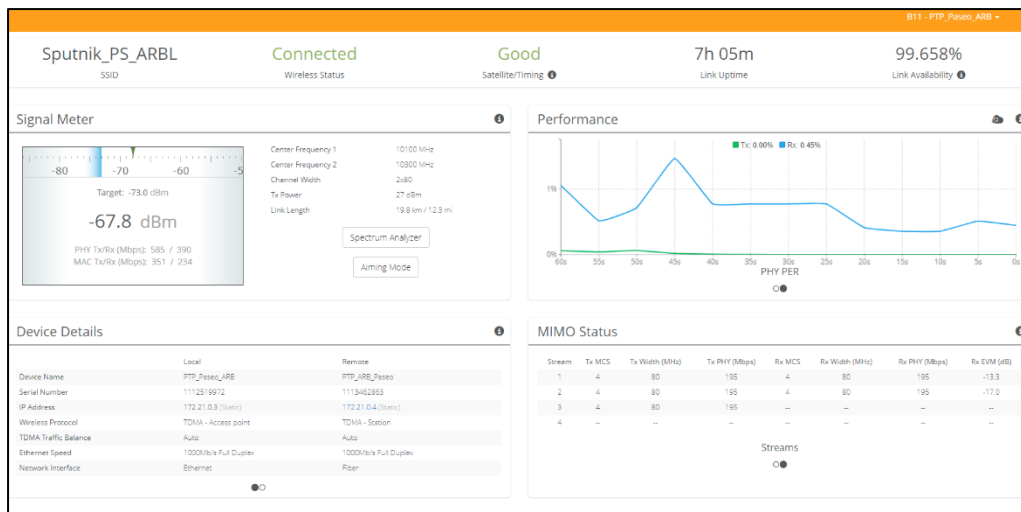
## CAPÍTULO V RESULTADOS

### 5.1.Fase I: Diagnosticar la situación en la que se encuentra el enlace PTP-Paseo-Arbolito en relación a la calidad del servicio de internet

Para realizar este diagnóstico del PTP (Point to Point, al español es Punto a Punto) se usó la página propia de Mimosa, en cual nos permitió extraer datos y gráficos relevantes para la investigación realizada. Se visualizó que las antenas utilizadas para este PTP son antenas Mimosa B11. Las B11 tienen un rango de frecuencia de 10000-11700 MHz. El B11 transmite y recibe en dos polarizaciones: horizontal y vertical. Los cuatro flujos MIMO se dividen tanto por frecuencia como por polarización. En cuanto al diagnóstico, se presenta a continuación:

#### 5.1.1. Dashboard o Panel Principal

El Tablero (Figura 7) contiene varios paneles que se utilizan para agrupar elementos relacionados. El panel de estado en la parte superior de la página muestra el SSID del enlace, el estado del enlace, la calidad de la señal GPS, el tiempo de actividad del enlace desde la asociación y la disponibilidad del enlace desde el último reinicio.



**Figura 7.** Dashboard o Panel Principal de la antena

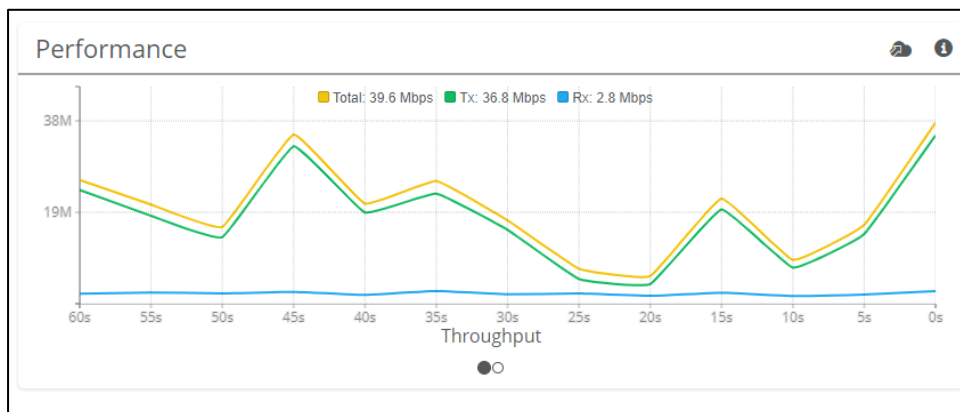
**Fuente:** Colmenares (2023)

Para el diagnóstico se va a enfocar dentro de este panel de información del enlace del PTP, tendremos Performance, MIMO Status, Detalles del dispositivo y por último el medidor de señal del enlace. Para el Performance se habló acerca del Rendimiento de Control de acceso a los medios (MAC) y luego del PHY PER (Ver figura 7).

### 5.1.1.1. Performance

#### ➤ Rendimiento MAC

El gráfico de rendimiento MAC (Ver figura 8) traza tres líneas que representan los rendimientos de transmisión, recepción y agregados (sumados) en la capa de datagrama (o paquete), excluyendo cualquier sobrecarga de protocolo o encapsulación. Los resultados aquí pueden diferir de los medidos con herramientas de prueba de velocidad, debido a la sobrecarga del protocolo y la encapsulación.

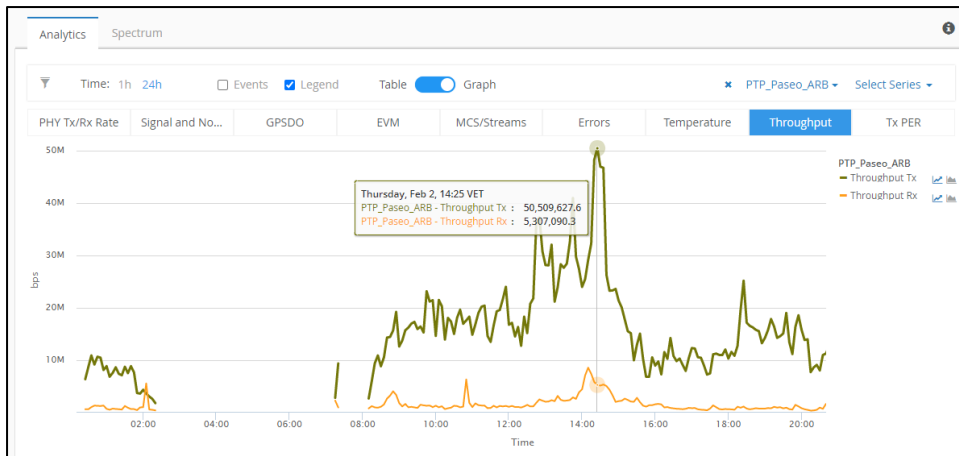


**Figura 8.** Rendimiento MAC de la antena

Fuente: Colmenares (2023)

El rendimiento MAC se muestra en el medidor de señal del tablero como "MAC Tx/Rx (Mbps)". El acrónimo MAC es la abreviatura de "Control de acceso a los medios", que es una de las dos subcapas dentro de la Capa 2 del modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI). La capa 2 es responsable de la corrección de errores de envío y la gestión del canal (por ejemplo, control de flujo, prevención de colisiones y temporización TDMA). Estas funciones son necesarias para que la red funcione correctamente, pero agregan una sobrecarga de procesamiento que da como resultado un rendimiento más bajo.

- **Rendimiento Tx:** es desde la radio local a la radio remota.
- **Rendimiento Rx:** es desde la radio remota a la radio local.



**Figura 9.** Rendimiento MAC estilo grafico

**Fuente:** Colmenares (2023)

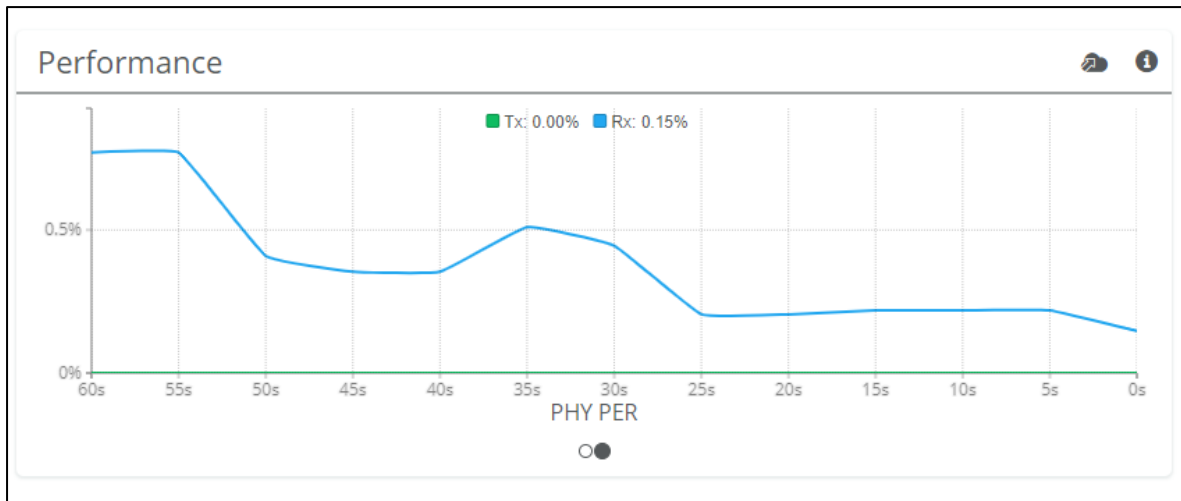
Siguiendo la misma idea, el rendimiento de MAC se puede ajustar ya que es una función de los ajustes TDMA configurables: división de tráfico TDMA y ventana de transmisión TDMA. Cuando se utiliza TDMA, un protocolo MAC basado en el tiempo, cada radio se turna para enviar y recibir. El tiempo asignado a cada lado para la transmisión se controla con la división de tráfico TDMA.

La eficiencia de MAC varía con el tamaño de la ventana TDMA (2/4/8 ms). Ventanas más grandes permiten una mayor proporción de datos a la sobrecarga requerida que lo acompaña. Por el contrario, las ventanas más pequeñas permiten que se transmitan menos datos a la vez, lo cual es necesario para las aplicaciones que son sensibles a la latencia (como VoIP), pero la sobrecarga es la misma.

Evaluando lo antes expuesto, se concretó que el rendimiento MAC no estaba funcionando de la mejor manera incluso se puede notar la separación del rendimiento en un tiempo dado (Figura 9). También el alza de megas que tuvo en un lapso de tiempo determinado y luego como disminuyó drásticamente.

### ➤ PHY PER

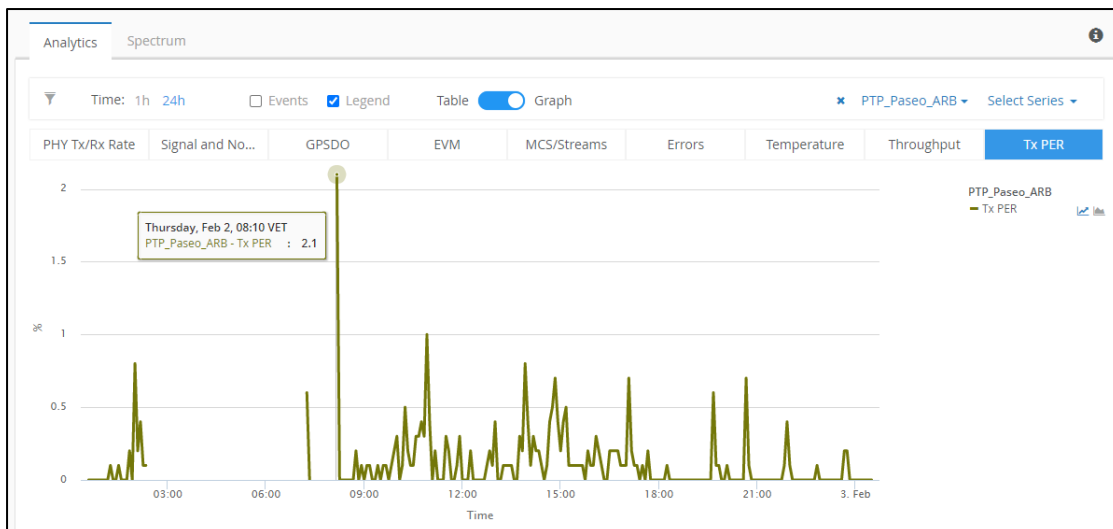
La tasa de errores de paquetes (PER) es el número de paquetes con errores dividido por el número total de paquetes enviados en un período de 5 segundos. Idealmente, este valor debería estar por debajo del 2%, mientras que los valores más altos indican la presencia de interferencia. Tx PER es una indicación de que la radio local no recibió un ACK de la radio remota, por lo que se ve obligada a retransmitir la misma información nuevamente. Rx PER es un valor enviado desde la radio remota a la radio local (Ver figura 10).



**Figura 10.** PHY PER

Fuente: Colmenares (2023)

Una relación señal-ruido (SNR) baja puede conducir a un PER más alto. El PER no pasa por alto en este diagnóstico, debido a que sobrepasó el límite por el cual debe estar regido este parámetro. Así que se observó que un tiempo determinado logró tener un PER mayor al 2% nombrado anteriormente. (Ver figura 11)



**Figura 11.** PHY PER estilo grafico

Fuente: Colmenares (2023)

### 5.1.1.2. Estado de MIMO

El panel Estado de MIMO contiene dos tablas: Cadenas y Flujos. Las cadenas representan el medio físico (valores RF Tx/Rx), mientras que los flujos representan datos. Las cadenas y los flujos no están necesariamente correlacionados uno a uno porque el algoritmo de adaptación de velocidad puede aumentar o disminuir periódicamente la cantidad de flujos de datos enviados a través del medio físico cuando reaccionan a la interferencia.

La tabla Cadenas describe la potencia, el ruido, la SNR, la frecuencia y la polarización de cada cadena. La tabla Streams (Flujos) describe el índice MCS de cada flujo espacial, las tasas de PHY y la magnitud del vector de error Rx (EVM). Cada tabla se puede seleccionar haciendo clic en los círculos de navegación en la parte inferior del panel.

### ➤ **Cadenas**

La tabla de Cadenas (Figura 12) contiene 6 valores: Tx Power, Rx Power, Rx Noise, SNR, Center Frequency y Polarization. A cada canal se le asignan dos cadenas (horizontal y vertical). Si se seleccionan dos canales, el Canal 1 usa las Cadenas 1 y 2, mientras que el Canal 2 usa las Cadenas 3 y 4.

- **Tx Power:** es la cantidad de energía aplicada a cada una de las cadenas MIMO.
- **Rx Power:** es el nivel de señal entrante de la radio remota. Los valores más grandes son mejores (por ejemplo, -50 dBm es mejor que -60 dBm).
- **Rx Noise:** es una combinación del piso de ruido térmico más la interferencia detectada por la radio local. Los valores más pequeños son mejores (por ejemplo, -90 dBm es mejor que -80 dBm). Las fuentes de ruido pueden estar muy cerca de la radio local o pueden ser transmisores remotos que apuntan hacia la radio local.
- **La relación señal-ruido (SNR):** es la diferencia entre Rx Power y Rx Noise, y es una medida de qué tan bien el receptor local puede detectar señales del transmisor remoto y distinguirlas claramente del ruido. Los valores más altos son mejores (por ejemplo, 30 dB es mejor que 10 dB).

Si se seleccionan dos canales, puede observar que la SNR es mucho más baja en un canal que en el otro. Esto podría deberse a que Tx Power está configurado más bajo en el transmisor remoto o debido a niveles de interferencia más altos en el canal. Para resolver esto, aumente Tx Power o cambie el canal que tiene menor SNR.

Las cadenas 1 y 3 tienen polarización horizontal y las cadenas 2 y 4 tienen polarización vertical. Las cadenas con la misma polarización se combinan internamente en la radio antes de salir a los conectores de la antena.

MIMO Status					
Chain	Rx Power (dBm)	Rx Noise (dBm)	SNR (dB)	Center Freq. (MHz)	Pol
1	-74.6	-89.9	15	10100	H
2	-71.4	-89.9	18	10100	V
3	-72.7	-90.9	18	10300	V
4	-77.3	-90.9	13	10300	H

Chains

●○

**Figura 12.** Cadena

Fuente: Colmenares (2023)

### ➤ Flujos

La tabla Streams (Ver figura 13) contiene el índice Tx MCS, la tasa Tx PHY, el índice Rx MCS, la tasa Rx PHY y el Rx EVM para cada flujo espacial. El Tx MCS es un indicador de qué tan bien la radio remota puede recibir datos del transmisor local. El Rx MCS indica qué tan bien la radio local está recibiendo datos del transmisor remoto.

El esquema de codificación de modulación (MCS) representa la cantidad de datos que se pueden enviar a la vez, por lo que afecta directamente el rendimiento potencial representado por la tasa PHY. Cuanto mayor sea el índice MCS (que va de 0 a 9), más datos se pueden enviar por transmisión. Una desventaja de los índices MCS más altos es que requieren una SNR más alta, ya que son más vulnerables al ruido.

La magnitud del vector de error (EVM) indica la diferencia entre la amplitud y la fase reales y esperadas de una señal entrante. Los valores más pequeños son mejores (por ejemplo, -30 dB es mejor que -10 dB). La adaptación de velocidad ajusta dinámicamente tanto el MCS como el número de flujos según las condiciones de RF. Las malas condiciones de RF (es decir, la interferencia) hacen que aumente el PER. PER y MCS están inversamente correlacionados, lo que significa que a medida que aumenta PER, MCS disminuye y viceversa.

MIMO Status							
Stream	Tx MCS	Tx Width (MHz)	Tx PHY (Mbps)	Rx MCS	Rx Width (MHz)	Rx PHY (Mbps)	Rx EVM (dB)
1	4	80	195	4	80	195	-13.3
2	4	80	195	4	80	195	-15.9
3	4	80	195	--	--	--	--
4	--	--	--	--	--	--	--

Streams  
○●

**Figura 13.** Flujo  
Fuente: Colmenares (2023)

### 5.1.1.3. Detalles del dispositivo

En esta zona del panel principal, describe algunas características de la antena Mimosa B11

Device Details		
	Local	Remote
Device Name	PTP_Paseo_ARB	PTP_ARB_Paseo
Serial Number	1112519972	1113462863
IP Address	172.21.0.3 (Static)	172.21.0.4 (Static)
Wireless Protocol	TDMA - Access point	TDMA - Station
TDMA Traffic Balance	Auto	Auto
Ethernet Speed	1000Mb/s Full Duplex	1000Mb/s Full Duplex
Network Interface	Ethernet	Fiber

●○

**Figura 14.** Detalles de la antena Parte 1  
Fuente: Colmenares (2023)

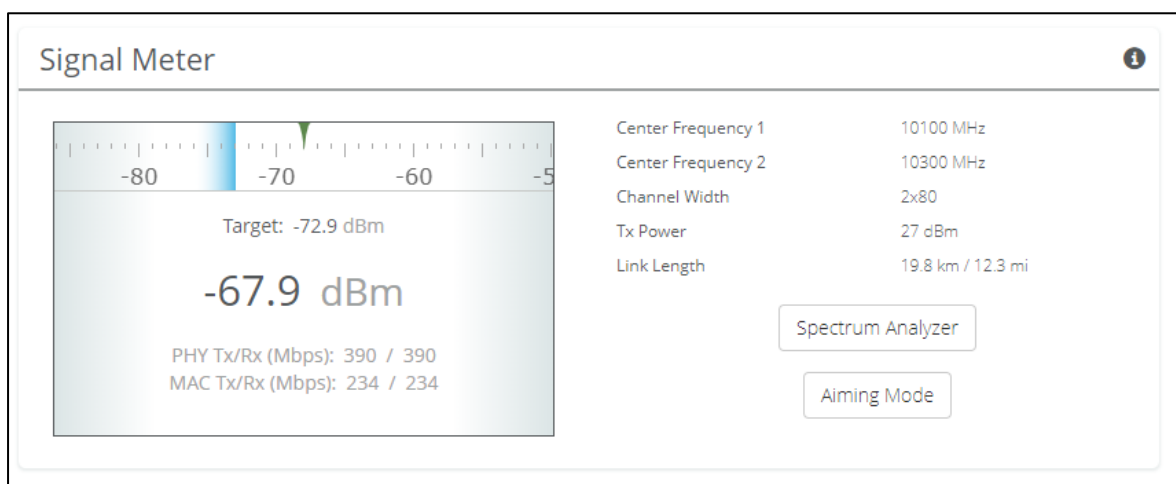
Device Details		
	Local	Remote
Firmware	1.5.5	1.5.5
Internal Temp	32.4°C / 90.3°F	31.8°C / 89.2°F
2.4 GHz MAC	20:B5:C6:16:38:E7	00:02:03:04:05:06
11 GHz MAC	20:B5:C6:13:D4:14	20:B5:C6:13:CD:4F
Ethernet MAC	20:b5:c6:16:38:e6	20:B5:C6:16:8A:F2
Last Reboot	2023-02-02 12:36:20 (UTC +0000)	2023-01-21 13:01:25 (UTC +0000)

○●

**Figura 15.** Detalles de la antena Parte 2  
Fuente: Colmenares (2023)

Los datos que muestran en las figuras 14 y 15 son tanto de la antena local como de la antena remota.

#### 5.1.1.4. Medidor de señal



**Figura 16.** Medidor de señal

Fuente: Colmenares (2023)

La información que se muestra en la figura 16, es la frecuencia central 1, frecuencia central 2, el ancho del canal, potencia de transmisión y longitud del enlace. Se tomó en cuenta el modelo de la antena y la distancia del enlace de casi 20Km, para ese trayecto no debería estar presentando fallas ya que las antenas Mimosa B11 tienen capacidad para transmitir hasta más de 50Km longitud del enlace. Otro parámetro que se atendió fue la potencia del enlace, se considera baja potencia a partir de -70dBm y la lectura que arrojó fue muy cercano a esta medida.

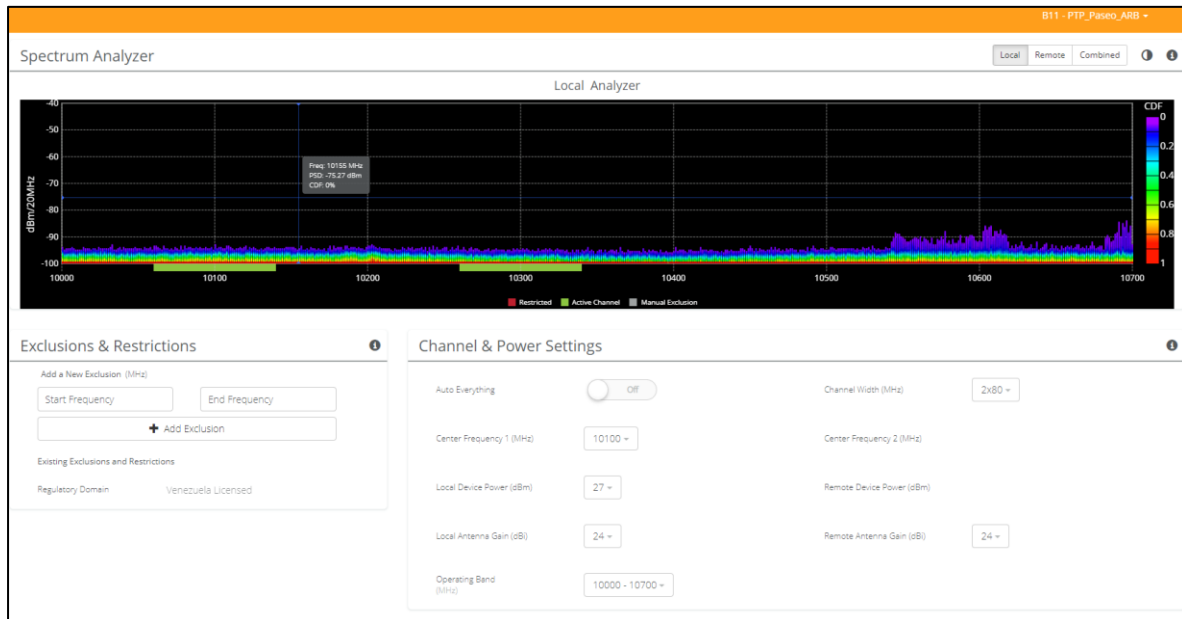
#### 5.1.2. Analizador de espectro

El analizador de espectro escanea activamente el espectro en segundo plano para informar sobre las fuentes de interferencia que pueden afectar el rendimiento del enlace.

Los canales en uso tienen una mayor densidad espectral de potencia (PSD) en el eje vertical y están sombreados en diferentes colores para representar la frecuencia con la que es probable que las señales estén en la misma frecuencia con la misma amplitud. La leyenda a la derecha del gráfico explica el código de color de la función de distribución acumulativa (CDF). El color rojo sugiere la probabilidad más alta (1 = 100 %), mientras que el morado representa la probabilidad más baja (0 = 0 %).

Aparecen cruces en el gráfico (Figura 17) debajo del puntero del mouse junto con un cuadro de información que contiene los valores de frecuencia (canal), PSD y CDF. Hay tres tipos de marcas, o barras, inmediatamente debajo del eje horizontal del gráfico que indican rangos de frecuencia que están restringidos, excluidos manualmente o en uso activo por este

enlace. Tenga en cuenta que el tráfico del canal activo se excluye de la pantalla para que se pueda detectar el ruido.



**Figura 17.** Analizador de Espectro

**Fuente:** Colmenares (2023)

#### 5.1.2.1. Configuración de canal y potencia

Ancho de canal (MHz): en modo manual, elija el ancho de canal (20, 40 u 80 MHz). Frecuencia central (1 y 2): seleccione la frecuencia central del canal utilizado en el enlace (Ver figura 18). En todos los modos, la frecuencia central representa el centro absoluto del ancho del canal seleccionado sin ninguna compensación, y el centro se puede mover en incrementos de 5 MHz.

- **Potencia del dispositivo local y remoto:** establezca los niveles de potencia de transmisión deseados en el AP.
- **Ganancia de la antena (dBi):** Establezca la ganancia de acuerdo con las especificaciones de la antena y reste cualquier pérdida del cable/conector.
- **Banda operativa (MHz):** seleccione el rango de frecuencia en el que funcionará la radio: 10000-10700 o 10700-11700.

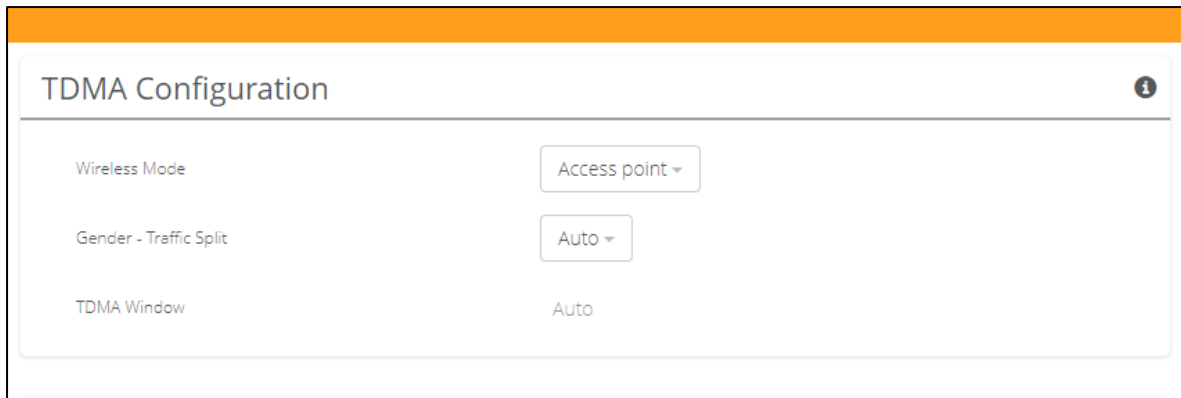
**Figura 18.** Configuración de canal y potencia

Fuente: Colmenares (2023)

### 5.1.3. Ajustes de configuración de TDMA

El panel Configuración de TDMA contiene controles para configurar y ajustar el rendimiento de TDMA. Un lado del enlace de radio debe configurarse como punto de acceso y el otro como estación. La Estación hereda las demás configuraciones del AP, por lo que los otros campos están atenuados y no se puede acceder a ellos cuando se selecciona Estación (Ver figura 19).

- **Modo inalámbrico:** elija si el dispositivo actuará como un punto de acceso o una estación.
- **Género - División de tráfico:** la radio se puede configurar para asignar ancho de banda simétricamente (50/50) o sesgado hacia el flujo descendente (75/25) en entornos donde se espera que la dirección del tráfico sea más intensa en una dirección que en la otra. Con una división asimétrica, la radio local se representa primero en la notación de barra (local/remoto). Por ejemplo, en la división (75/25), la radio local obtiene 75, mientras que la radio remota obtiene 25. Si se selecciona "Auto", la radio determinará automáticamente, según el flujo de tráfico, qué relación se utilizará. La radio continuará evaluando el flujo y se ajustará en consecuencia.
- **Ventana TDMA:** determina la duración del intervalo de tiempo de transmisión en milisegundos. Si se selecciona "Auto" como división de género y tráfico, este valor se establece dinámicamente.



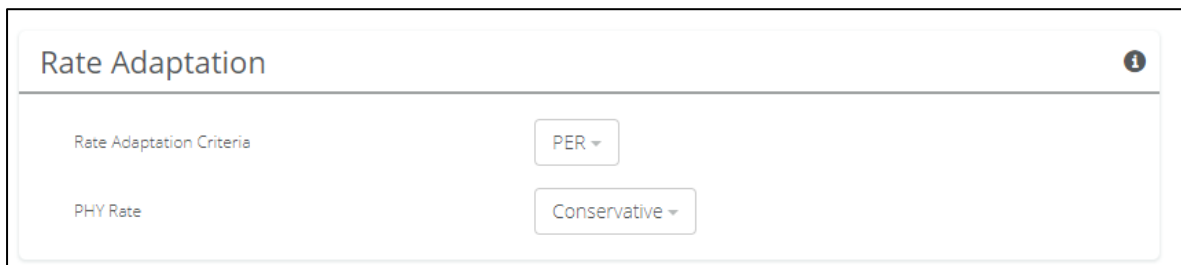
**Figura 19.** Configuración TDMA

**Fuente:** Colmenares (2023)

Para este caso se dejó la opción de División de tráfico en modo Auto para que de este modo los cambios se hagan de forma automática, de acuerdo a la estabilidad del enlace.

### 5.1.3.1. Adaptación de Velocidad

Criterios de adaptación de Velocidad: elija PER o EVM. El modo PER ajusta la modulación en función de la tasa de error de paquetes Tx calculada en la radio local. El modo EVM ajusta la modulación según la magnitud del vector de error informada por la radio remota. Con Adaptive PER, el umbral de PER cambia según la calidad del enlace. Si la calidad del enlace es mala, el umbral PER se relaja (Ver figura 20).



**Figura 20.** Adaptación de Velocidad

**Fuente:** Colmenares (2023)

**Tasa PHY:** elija Conservador (predeterminado) o Agresivo. El modo conservador da como resultado el PER más bajo, pero también puede evitar una modulación más alta. El modo Agresivo optimiza la modulación, pero también puede resultar en un PER más alto. En la figura 21 se muestra una tabla de los modos de adaptación de velocidad según cada el EVM y PER.

Rate Adaptation Mode	PHY Rate	B5, B5c, B5-Lite, C5c PTP, C5x PTP PER Allowed	B11, B24 PER Allowed
EVM	Conservative	5	3
	Aggressive	10	5
PER	Conservative	3	3
	Aggressive	5	5

**Figura 21.** Modos de Adaptación de Velocidad

Fuente: Colmenares (2023)

La figura antes muestra, describe el límite de PER por encima del cual la Adaptación de velocidad reducirá la modulación para mantener un enlace estable

#### 5.1.4. Relación señal-ruido (SNR)

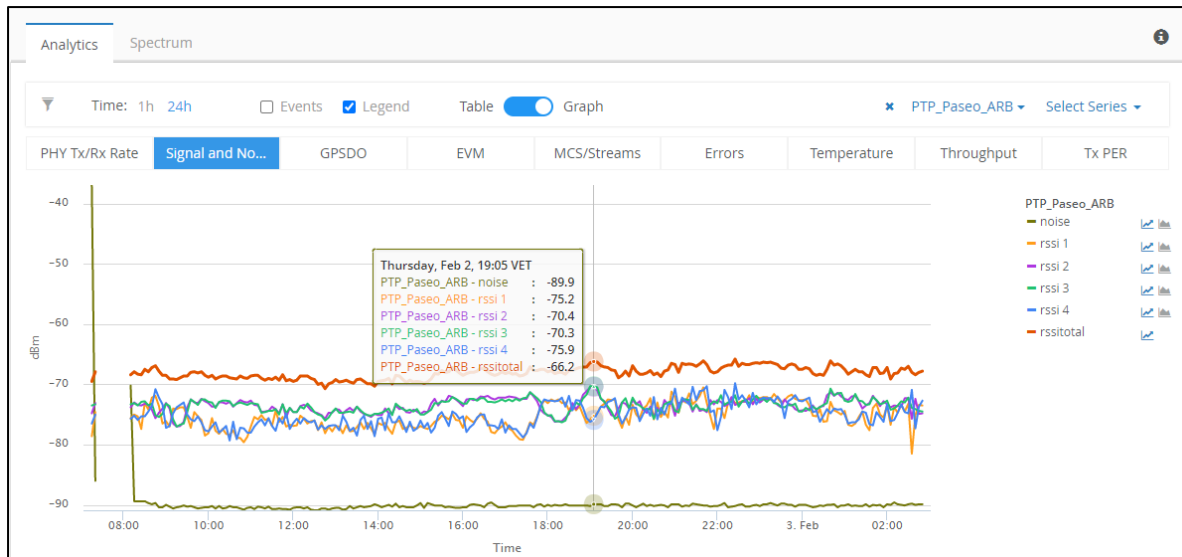
La pestaña Señal y ruido en la página Detalles del dispositivo muestra el Indicador de intensidad de la señal recibida (RSSI) para cada canal y el Ruido Rx para la radio local. La relación señal/ruido (SNR) de cada cadena es la diferencia entre la potencia Rx (RSSI) y el ruido Rx.

La relación señal-ruido (SNR) es el indicador más importante del estado del enlace. Representa la diferencia de magnitud entre la potencia Rx y el ruido Rx, que se correlaciona positivamente con el índice del esquema de codificación de modulación (MCS). Hasta cierto punto, cuanto mayor sea la SNR, mayor será el MCS y el rendimiento resultante.

Evaluar y ajustar la potencia Tx. La potencia de Tx que es demasiado baja puede resultar en una SNR baja, mientras que la potencia de Tx que es demasiado alta puede resultar en distorsión (saturación en el receptor). Mimoso recomienda establecer la potencia Tx en el nivel modelado en la aplicación Diseño y luego realizar cambios incrementales hacia arriba o hacia abajo para determinar el nivel óptimo (PER más bajo, MCS más alto).

Elija los canales RF más claros disponibles. La interferencia (ruido) en la misma frecuencia puede aumentar el PER porque la radio receptora no tiene suficiente SNR. En radios que admiten dos canales, evalúe la calidad de ambos canales. La calidad de la señal puede ser mejor con un canal despejado que con dos canales que contengan interferencia.

En la figura 22 de Señal y ruido muestra el Indicador de intensidad de la señal recibida (RSSI) para cada canal y el Ruido Rx para la radio local. La relación señal/ruido (SNR) de cada cadena es la diferencia entre la potencia Rx (RSSI) y el ruido Rx.



**Figura 22.** Gráfico de Relación Señal-Ruido

Fuente: Colmenares (2023)

- Promedio de RSSI: el promedio de todos los valores de RSSI.
- RSSI 0: la potencia Rx recibida del radio remoto en la polarización horizontal del canal 1.
- RSSI 1: la potencia Rx recibida de la radio remota en la polarización vertical del canal 1.
- RSSI 2: la potencia Rx recibida de la radio remota en la polarización horizontal del canal 2.
- RSSI 3: la potencia Rx recibida de la radio remota en la polarización vertical del canal 2.
- Ruido: el valor de ruido Rx medido por la radio local.

#### 5.1.4.1. SNR requerido para cada MCS

La siguiente figura 23 es una tabla que muestra la SNR requerida para cada índice MCS, así como la modulación, la codificación y la velocidad de datos por flujo según el ancho del canal en MHz. Tenga en cuenta que cada canal utiliza hasta dos flujos. Ejemplos:

- Los canales de 2x80 MHz que funcionan en MCS 8 con 4 flujos producirían 1560 Mbps (390 Mbps \* 4 flujos).

- 1 canal de 40 MHz operando en MCS 6 con 2 flujos produciría 270 Mbps (135 Mbps \* 2 flujos).

Modulation and Coding Scheme (MCS)				PHY Data Rate (Mbps/stream)		
Index	Modulation	Coding	Required SNR (dB)	20 MHz	40 MHz	80 MHz
0	BPSK	1/2	5	7.2	15	32.5
1	QPSK	1/2	7.5	14.4	30	65
2	QPSK	3/4	10	21.7	45	97.5
3	16-QAM	1/2	12.5	28.9	60	130
4	16-QAM	3/4	15	43.3	90	195
5	64-QAM	2/3	17.5	57.8	120	260
6	64-QAM	3/4	20	65	135	292.5
7	64-QAM	5/6	22.5	72.2	150	325
8	256-QAM	3/4	25	86.7	180	390
9	256-QAM	5/6	27.5	n/a	200	433

**Figura 23.** Esquema de modulación y codificación (MCS)

Fuente: Colmenares (2023)

Las radios Mimosa reducen el Esquema de codificación de modulación (MCS) en respuesta a PER en un proceso llamado Adaptación de velocidad. PER y MCS están inversamente correlacionados; a medida que aumenta el PER, disminuye el MCS y viceversa. Los efectos de esto se pueden ver en el Tablero en forma de cambios en la tasa de PHY.

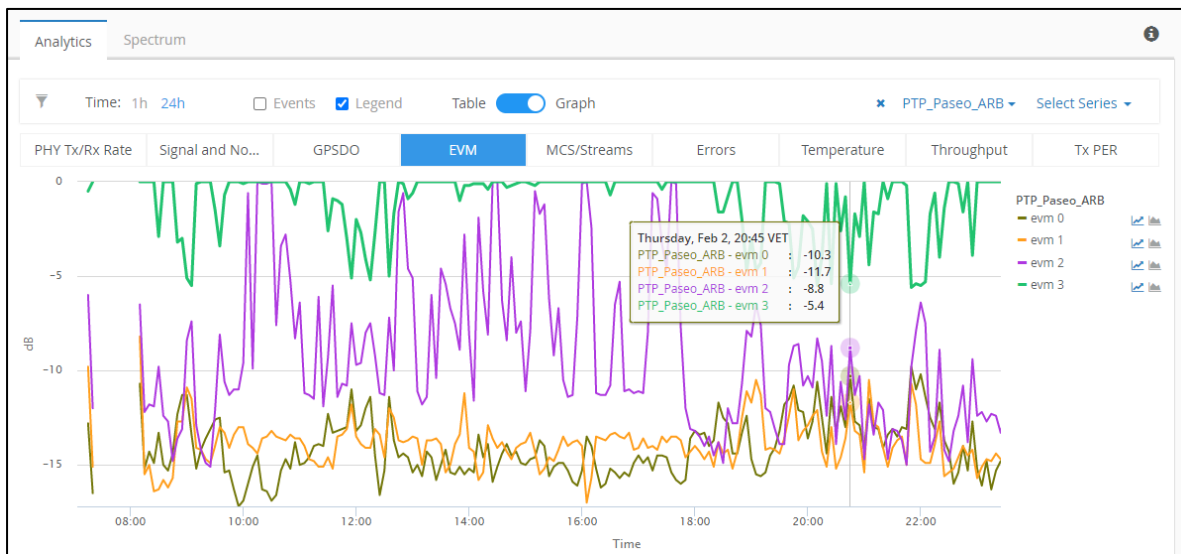
### 5.1.5. Magnitud del vector de error (EVM)

La magnitud del vector de error o EVM describe qué tan bien el receptor puede detectar símbolos (datos) dentro de una constelación de símbolos en el plano IQ para una modulación particular. Es la diferencia de potencia RMS entre el punto donde se recibe un símbolo y donde debería estar el símbolo. Esta diferencia es causada por el ruido. Al analizar EVM, cuanto menor sea el número, mejor. (Ver figura 24 y 25)

EVM (dB)	EVM (%)	Assessment
0	100.0	Poor
-5	56.2	Poor
-10	31.6	Poor
-15	17.8	OK
-20	10.0	Good
-25	5.6	Good
-30	3.2	Excellent
-35	1.8	Excellent

**Figura 24.** Magnitud del vector de error

**Fuente:** Colmenares (2023)



**Figura 25.** Gráfico de Magnitud del vector de error

**Fuente:** Colmenares (2023)

### 5.1.6. Latencia del enlace

Las pruebas de latencia generalmente se realizan desde una utilidad de ping de línea de comando, o desde la interfaz integrada (Diagnóstico > Ping), que devuelve el tiempo de ida y vuelta (RTT) a través del enlace y viceversa. La latencia de enlace promedio se configura con el tamaño de la ventana TDMA.

La opción Auto TDMA (Ver figura 26) ofrece la latencia más baja, pero puede resultar en una mayor fluctuación dependiendo de los patrones de tráfico. Ajustará dinámicamente la división del tráfico en función de la carga útil (demanda). Las opciones fijas son compatibles con Spectrum Reuse Synchronization (SRS), pero el modo automático no lo es.

TDMA Window	Average Latency (ms)	SRS Compatible	Applications
Auto (Dynamic)	<1 → 10	No	Lowest possible latencies; varies based on load
2 ms (Fixed)	5	Yes	Low latency
4 ms (Fixed)	10	Yes	Blend of throughput and MAC efficiency
8 ms (Fixed)	20	Yes	Highest throughput and MAC efficiency

**Figura 26.** Latencia del Enlace

**Fuente:** Colmenares (2023)

La latencia de la red interna y externa también puede ser introducida por otros dispositivos, como conmutadores y enrutadores entre cada host y las radios Mimosas Backhaul. Pruebe los tiempos de ida y vuelta entre dispositivos para determinar su impacto en la latencia general. La latencia del enlace, o el tiempo de ida y vuelta (RTT), a través del enlace de Mimosas se puede reducir de las siguientes maneras:

- **TDMA fija:** la latencia se puede controlar seleccionando una configuración de ventana TDMA adecuada (2/4/8 ms). El tiempo de ida y vuelta (RTT) se puede calcular como se describe en el artículo Cálculo de la latencia del enlace y medir empíricamente con los resultados de ping.
- **Auto TDMA:** este modo da como resultado la latencia más baja, pero no es compatible con el uso compartido de espectro sincronizado por GPS. La ventana de transmisión es tan larga como sea necesario (hasta 4 ms) para enviar cualquier dato que esté disponible en ese momento, y luego el control se devuelve al otro lado. Seleccione "Auto" como división de género y tráfico (Inalámbrico > Enlace > Configuración TDMA) en el AP para operar en este modo.

La latencia también puede ocurrir si el enlace ya está saturado y algunos flujos de TCP están en cola mientras esperan el acceso al medio. Si es posible, aumente el ancho del canal para agregar capacidad o mejore la SNR para permitir una modulación de mayor orden.

La tasa de errores de paquetes (PER) puede causar variaciones en la latencia porque los paquetes recibidos con errores deben reenviarse de radio a radio en la capa MAC. Esta latencia

puede hacer que TCP reduzca la ventana de transmisión máxima, por lo que se debe tener cuidado de seguir el proceso de sintonización de RF de Backhaul para minimizar (y estabilizar) el PER antes de intentar las pruebas de rendimiento.

La pérdida de paquetes puede ocurrir en Ethernet entre hosts y radios Mimosa debido a problemas de cableado o puertos, cuya cantidad es detectada e informada por la mayoría de los enrutadores comerciales. La pérdida de paquetes también puede ocurrir en los enrutadores debido a la falta de políticas de QoS o en presencia de límites de velocidad que pueden aplicarse.

Dando por terminado este diagnóstico, hay parámetros con buenos valores y otros con valores bajos. Es por esto que se recomendó a la empresa Fonet CA, que para el sector Calicanto la mejor forma es instalar la troncal de fibra óptica y dejar el enlace de microondas como un backup o respaldo para así evitar la desconexión de internet hacia los clientes de dicho sector.

## **5.2.Fase II: Analizar la tecnología disponible ofrecida por la empresa Fonet CA que suministra servicio de internet hacia los clientes**

La empresa Fonet CA se encarga de la distribución de los servicios de internet a través de 2 tecnologías: Fibra óptica y Antenas; de las cuales cada tecnología está posicionada estratégicamente para su correcto uso y aprovechamiento de los equipos alrededor de varios municipios de Valencia. En este apartado se realizó un análisis de las características de cada tecnología, se presentan a continuación:

### **5.2.1. Fibra Óptica**

La fibra óptica es uno de los medios de transmisión más conocidas a nivel mundial para transmitir información (por un haz de luz) de un lugar a otro de forma rápida y eficaz. Es por esto que tiende a ser la mejor opción para comunicación de datos, como lo es el internet, debido a que ofrece gran capacidad de ancho de banda, velocidad y baja latencia. La empresa Fonet CA emplea la fibra óptica para distribuir sus servicios de internet en el cual tiene a una mayoría de clientes conectados a ella. Para estos despliegues de fibra que requieren de varios kilómetros usa la fibra óptica monomodo y de tipo drop, con conectores SC. Se describen a continuación:

#### **5.2.1.1. Fibra óptica monomodo y multimodo**

Las principales características de la **fibra óptica monomodo** es que tiene un diámetro muy pequeño, de unos 9  $\mu\text{m}$  aproximadamente, además, solo permite un modo de transmisión, y permite transportar la señal a velocidades mucho mayores y a mayor distancia. Este tipo de

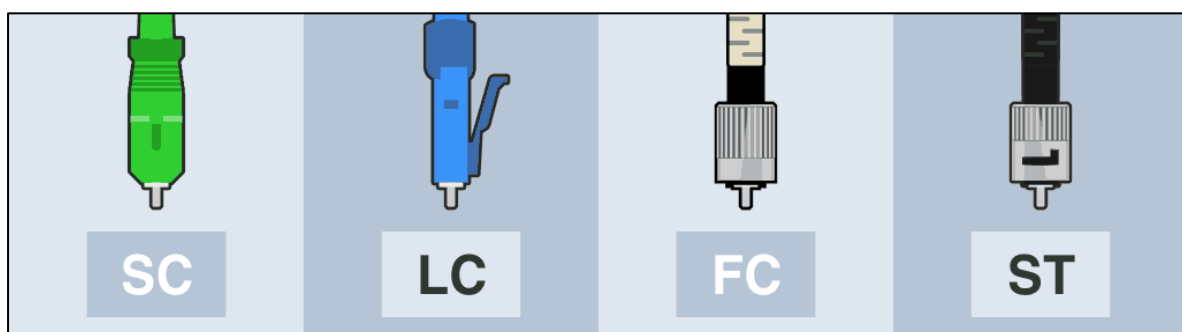
fibra óptica es ideal para cubrir largas distancias, ideal para interconectar switches o equipamiento de red entre diferentes salas, y poder llegar mucho más lejos sin tener demasiada atenuación.

Este tipo de fibra permite la descarga y subida de datos en un mismo cable, realizando multiplexación por división de onda, de esta forma, tendremos una longitud de onda específica para la descarga y otra para la subida.

Por otra parte, la **fibra óptica multimodo** tiene un diámetro mayor, normalmente de 62,5  $\mu\text{m}$ , al tener mayor diámetro, la señal se puede transportar en más de un modo de transmisión. Se suele utilizar para distancias cortas, son algo más baratas que la monomodo, y se puede utilizar un diodo láser o LED que son más baratos. Este tipo de fibra también permite multiplexación por división de onda, para proporcionar Full-Dúplex (descarga y subida simultáneamente).

#### 5.2.1.2. Tipos de conectores de fibra

Existen diferentes tipos de conectores de fibra, en algunos casos tenemos conectores de fibra LC-LC y SC-SC, pero en otros casos tenemos tipos de conectores diferentes a ambos lados, esto dependerá de qué dispositivos queremos interconectar, pero lo más normal es que sea el mismo tipo de conector a ambos extremos del cable. En la siguiente imagen se puede ver los tipos de conectores más habituales:



**Figura 27.** Tipos de conectores de fibra óptica

Fuente: <https://www.promax.es/esp/noticias/578/tipos-de-conectores-de-fibra-optica-guia-sencilla/>

- **El conector SC** (Suscriptor Connector) es el tipo de conector más barato, se ajusta a presión, es compacto y se usa habitualmente en redes FTTH conectando la OLT al ONT del cliente final. Es compatible con fibra monomodo y multimodo, tiene una pérdida de señal de en torno a 0,25dB.
- **El conector LC** (Lucent Connector) es el tipo de conector más utilizado en los transceptores SFP de los switches profesionales, es de tipo push and pull, es muy

compacto y permite mayor densidad de conectores en racks. Es compatible con fibra monomodo y multimodo, tiene una pérdida de señal de en torno a 0,10dB. Este conector vio la luz en el año 1997, y desarrollado por Lucent Technologies. Su ajuste es similar a un RJ-45, y resulta más seguro y compacto que el SC. Por lo cual la densidad de conexiones que se pueden establecer en un mismo rack o panel, aumenta de forma considerable.

- **El conector FC** (Ferrule Connector) también era muy usado hace años, pero ahora está cayendo en desuso a favor de los conectores SC y LC. Este conector se rosca y tiene una fijación resistente a vibraciones. Es compatible con fibra monomodo y tiene una pérdida de señal de en torno a 0,30dB. Este fue el primer conector óptico con ferrule cerámico, el cual desarrolló Nippon Telephone. Se utilizaba en gran medida para instrumentos de precisión como los OTDR.
- **El conector ST** (Straight Tip) ha sido utilizado en entornos profesionales y redes militares, se parece bastante al conector FC, pero su ajuste es similar al de un conector BNC (montura de bayoneta). Se usa en fibras multimodo y la pérdida es de 0,25dB. Fue desarrollado en EEUU por AT&T, y se utilizó en entornos profesionales como las redes corporativas y el ámbito militar.

La fibra óptica drop se utiliza para realizar la conexión final del NAP (del inglés, Network Access Point) hacia la vivienda en una topología FTTH o hasta el punto donde se vaya a llegar con FTTx. Normalmente, este tipo de cables de fibra óptica tienen una cubierta LSZH (baja emisión de humo y cero halógenos), por lo tanto, este tipo de cable puede ser instalado en casi cualquier casa, edificio, antena o hasta donde se requiera llevar el servicio FTTX.

Además, para realizar la conexión de esta fibra se puede realizar un empalme por fusión o se puede terminar fácil y rápidamente con un conector mecánico. Al estar la mayor parte de las redes FTTH en el aire (postes) al llegar a una vivienda la fibra drop baja hacia ella, de ahí su nombre de fibra drop (del inglés, bajar/caer).

### **5.2.2. Antenas**

Durante la realización de este trabajo de investigación se ha hablado suficiente de las antenas, en especial las antenas mimosas. Para complementar, en esta sección se analizó e investigó las antenas de la empresa Fonet CA que usa para la distribución de los servicios de internet a sus clientes. Estas antenas son: Ubiquiti y Mimosa, cada una con características y funciones totalmente distintas, dependiendo del para qué se usará, si es para cliente final o

como Backhaul, o si es punto a punto o punto a multipunto entre otras características. En los siguientes párrafos se realizó una breve descripción de las antenas antes nombradas.

#### **5.2.2.1. Antenas Ubiquiti**

Las configuraciones de las antenas Ubiquiti se hacen a través del software AirControl, allí es donde se pueden hacer tanto las configuraciones básicas de la antena como las avanzadas

##### **➤ LiteBeam M5**

Antena direccional de alta ganancia. El LiteBeamM proporciona 23 dBi de ganancia para conectividad de larga distancia y utiliza un patrón de antena direccional para mejorar la inmunidad del ruido.

La nueva LiteBeam M5 viene en su variante conocida como LBE-M5-23 con un diseño compacto, ideal para conexiones externas como wireless broadband (CPE), diseñada para ser económica y con performance para enlaces de larga distancia y wireless bridging. Opera en el rango mundial no-licenciado de 5 GHz con rangos que le brindan alta performance de hasta 100Mbps reales de transferencia en un rango de hasta 30km.

##### **➤ Powerbeam M2**

El dispositivo se caracteriza por su posibilidad de trabajar en modo Router y Bridge. La antena del dispositivo se caracteriza por una ganancia máxima de 18 dBi. El modelo PBE-M2-400 es compatible con el protocolo AirMax, lo que garantiza una transmisión sin colisiones. Además, su interfaz Wifi es compatible con los modos Access Point, Access Point WDS, Client y Client WDS. Características principales de este modelo de antena son: funciona en la banda 2.4 GHz, alcance hasta unos 20 km, y permite un ancho de banda 150 Mbps

##### **➤ Powerbeam M5**

El Ubiquiti Powerbeam PBE-M5-400 es un punto de acceso exterior de 5GHz N de alto rendimiento con conectores de antena. Especialmente diseñado para aplicaciones punto a punto y punto a multipunto, el Powerbeam PBE-M5-400 incorpora la tecnología AirMax de Ubiquiti.

Esto permite velocidades de datos de hasta 150Mbps LAN. Las principales características Powerbeam M5 es la compatibilidad con la red inalámbrica de alta velocidad 802.11a/n, 1 puerto Ethernet 10/100/1000, temperatura extrema de funcionamiento de -40° a +70°C, perfecto para trabajos en exteriores, potencia de salida hasta 26 dBm, modos WiFi: Punto de acceso, Cliente, Punto de acceso + WDS, Cliente + WDS

### ➤ **LiteBeam 5AC**

El LiteBeam 5AC Gen 2 dirige la energía de RF en un ancho de haz más estrecho. Con el enfoque en una dirección, el LiteBeam 5AC Gen 2 bloquea o filtra espacialmente el ruido, por lo que se mejora la inmunidad al ruido. Esta característica es especialmente importante en un área llena de otras señales de RF de la misma frecuencia o similar.

La tecnología InnerFeed® de Ubiquiti integra la radio en la bocina de alimentación de una antena, por lo que no es necesario un cable. Esto mejora el rendimiento porque elimina las pérdidas de cables. Con un alto rendimiento y un diseño mecánico innovador, el LiteBeam 5AC Gen 2 es versátil y rentable de implementar con la capacidad de trabajar como PTP de largo alcance en las frecuencias de 10/20/30/40/50/60/80 MHz (seleccionables), control de potencia de transmisión: automático o manual

#### **5.2.2.2. Antenas Mimosa**

Con respecto a las antenas mimosas, no se quedan atrás al momento de su uso y funcionamiento para favorecer las redes inalámbricas de la empresa Fonet CA. Fonet instaló antenas mimosas en terrenos donde la fibra óptica no tuvo acceso, estas antenas están configuradas como AP (Access Point), Backhaul o CPE (Equipo Local del Cliente) dependiendo de los que se requiera. Mimosa tiene una gran variedad de productos para cada caso de estudio, por efectos de esta investigación se analizaron 2 antenas: Mimosa C5X y Mimosa A5x, que se explican a continuación:

### ➤ **Mimosa C5X**

La Mimosa C5x es la radio integrada más versátil de la industria con cuatro opciones de antena modular giratoria. La solución ultrarresistente proporciona una operación de frecuencia extendida de 4,9 a 6,4 GHz, con la mejor inmunidad al ruido de su clase. Al ofrecer lo último en flexibilidad y rentabilidad, el C5x es la solución PTP o PTMP junto con un rendimiento máximo de 700Mbps para implementaciones de 5 GHz.

La ganancia nativa de 8 dBi del C5x se puede aumentar a 12, 16, 20 o 25 dBi usando las antenas giratorias modulares de la serie X de Mimosa, que ofrecen la facilidad y simplicidad de las radios integradas, pero con mucha más flexibilidad. Una de las aplicaciones de esta antena es para redes de seguridad pública, proveedor de servicio de banda ancha, distribución multipunto para seguridad, entre otros.

### ➤ **Mimosa A5X**

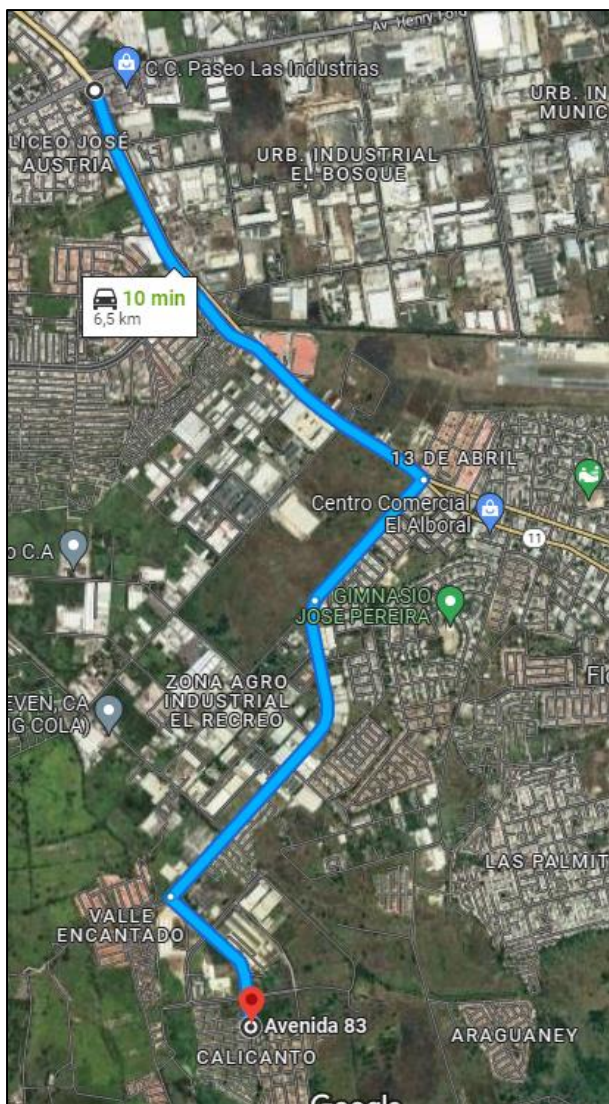
El A5x está diseñado para aplicaciones punto a multipunto (PTMP) de poste y torre de corto a largo alcance. Con el nuevo espectro disponible en 4,9 y 6 GHz, la amplia frecuencia del A5x (4,9–6,4 GHz con el producto ROW) permitirá un acceso asequible a más espectro de bajo ruido para aumentar la velocidad y la confiabilidad, especialmente en combinación con SRS (GPS sincronización) para la reutilización del canal.

Con una capacidad como punto de acceso de hasta 700 Mbps, el modelo A5x brinda las velocidades que los consumidores y los usuarios empresariales requieren a un costo menor. Las aplicaciones para esta antena son PTMP de corto a largo alcance, conectividad empresarial y campus, redes de seguridad pública, entre otros.

### **5.3.Fase III: Diseñar el diagrama de la red de fibra óptica para la zona de Calicanto del Municipio de Valencia**

#### **5.3.1. Diseño del diagrama**

Se midió la distancia desde la OLT, ubicada en el CC Paseo las Industrias, hasta la entrada principal del Sector Calicanto y según Google maps hay 6,5Km distancia lo que es totalmente factible ya que teóricamente una OLT y un ONT pueden estar conectados aproximadamente a 20 Km de distancia ITU-T (2003), esto depende de la potencia de transmisión del equipo OLT, la pérdida total en la trayectoria hasta el ONT y la sensibilidad del equipo ONT (Ver figura 28).



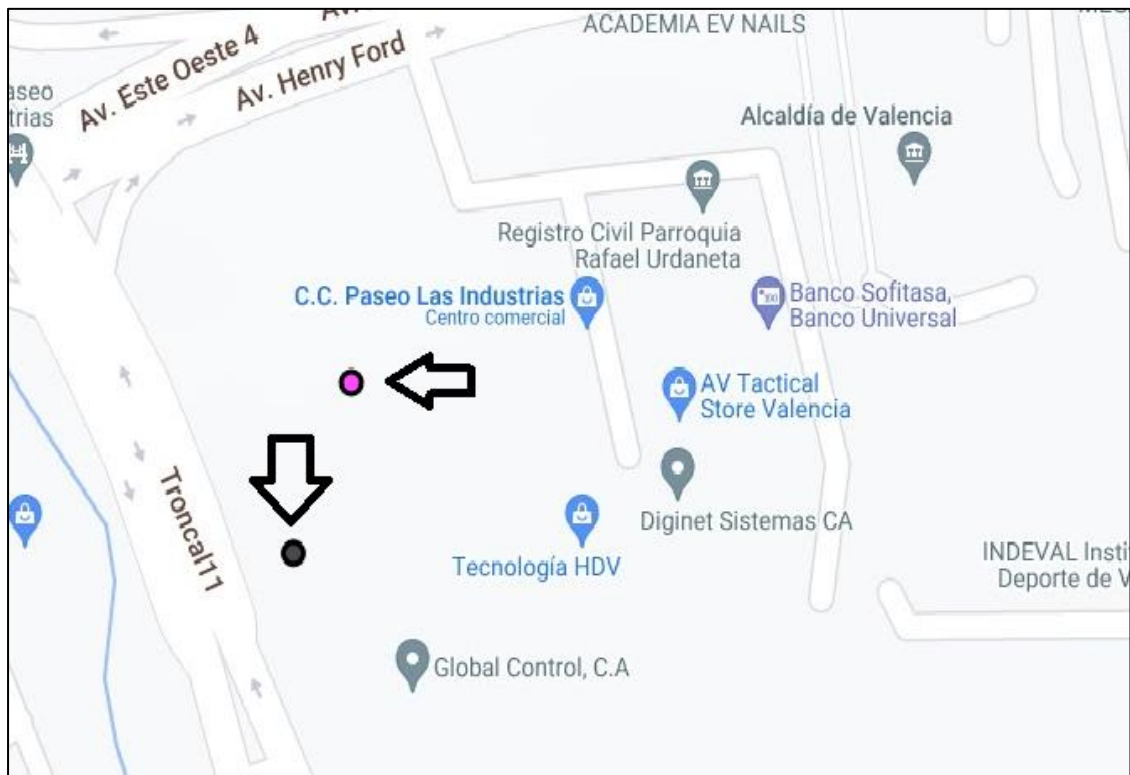
**Figura 28.** Distancia entre la OLT y la entrada principal de Calicanto por Google Maps

**Fuente:** Colmenares (2023)

Luego de saber la trayectoria total de ambos lugares, se procede a hacer el diagrama en un software llamado Ozmap. Ozmap es un software para crear y administrar un mapa de red óptica en línea permitiendo documentar y gestionar las redes de fibra óptica para proveedores ISP. Este software está todo georreferenciado, desde el proceso de viabilidad comercial, pasando por todos los postes, cajas, conectores, hasta POP donde podremos saber exactamente dónde está todo sin necesidad de ningún registro previo. Debido a que este proyecto se basa básicamente en la propuesta de un diagrama FTTH para el Sector Calicanto, los datos suministrados aquí fueron aproximados.

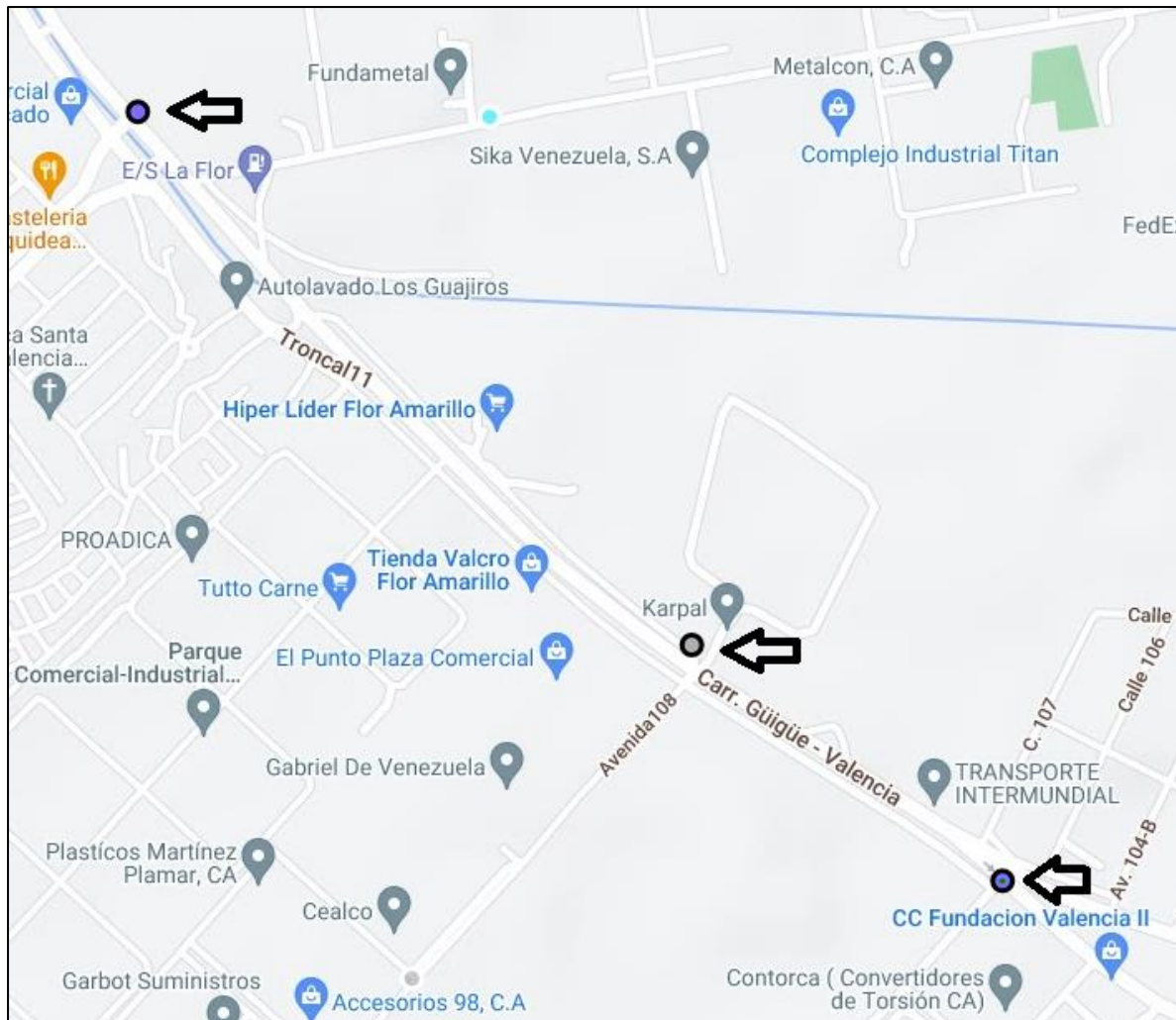
Para dar inicio al diagrama FTTH se hizo una caja de empalme en la calle hasta la OLT dentro del CC Paseo las industrias. Las figuras siguientes se van mostrando la trayectoria de los empalmes y mangas. Se promedió un total de 18 cajas de empalme y 17 mangas. El mapa

se hizo en modo Relieve para obtener una mejor visualización de los componentes plasmados en el software.

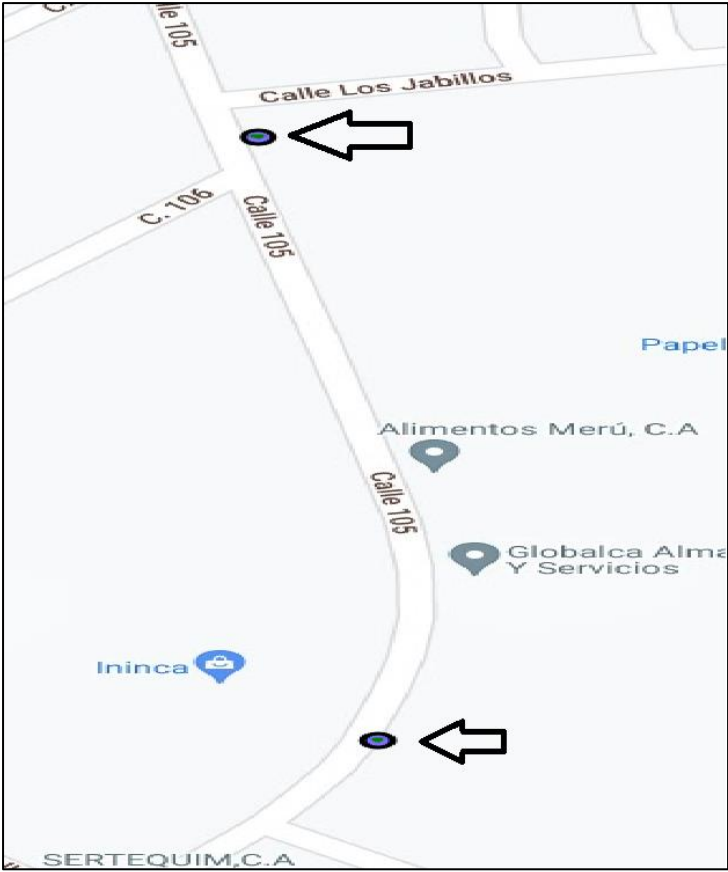


**Figura 29.** Cajas de empalme

Fuente: Colmenares (2023)



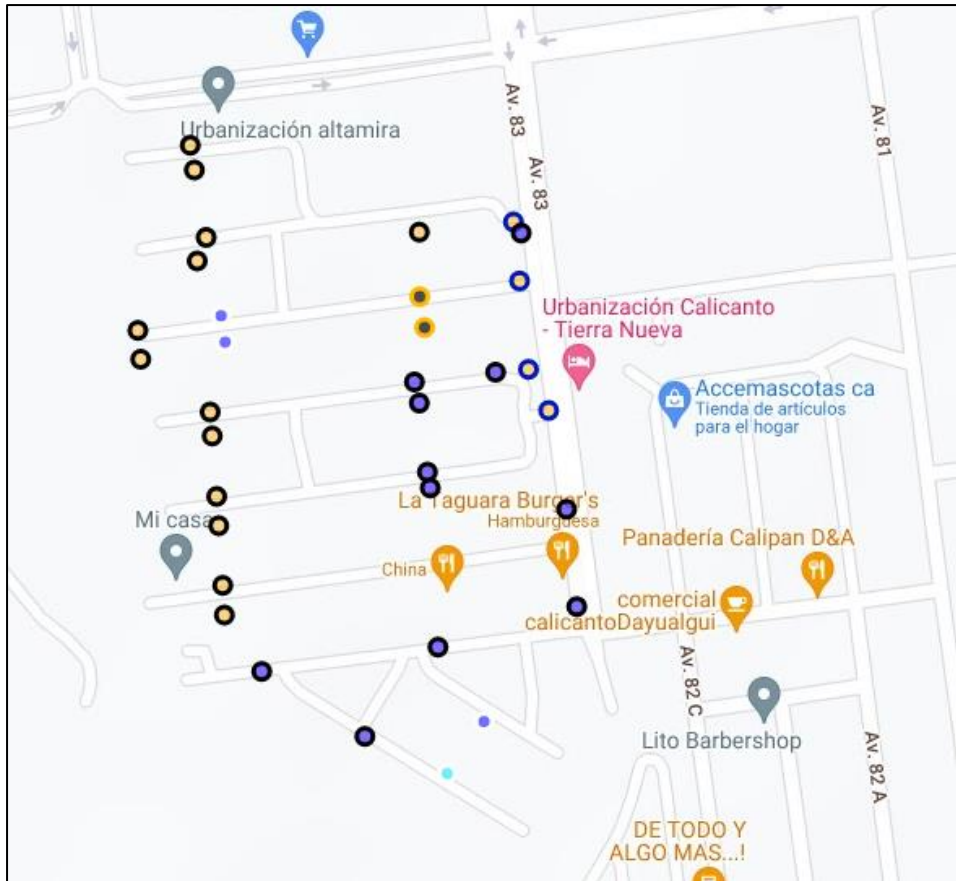
**Figura 30.** Mangas del recorrido de fibra parte 1  
**Fuente:** Colmenares (2023)



**Figura 31.** Mangas del recorrido de fibra parte 2  
Fuente: Colmenares (2023)



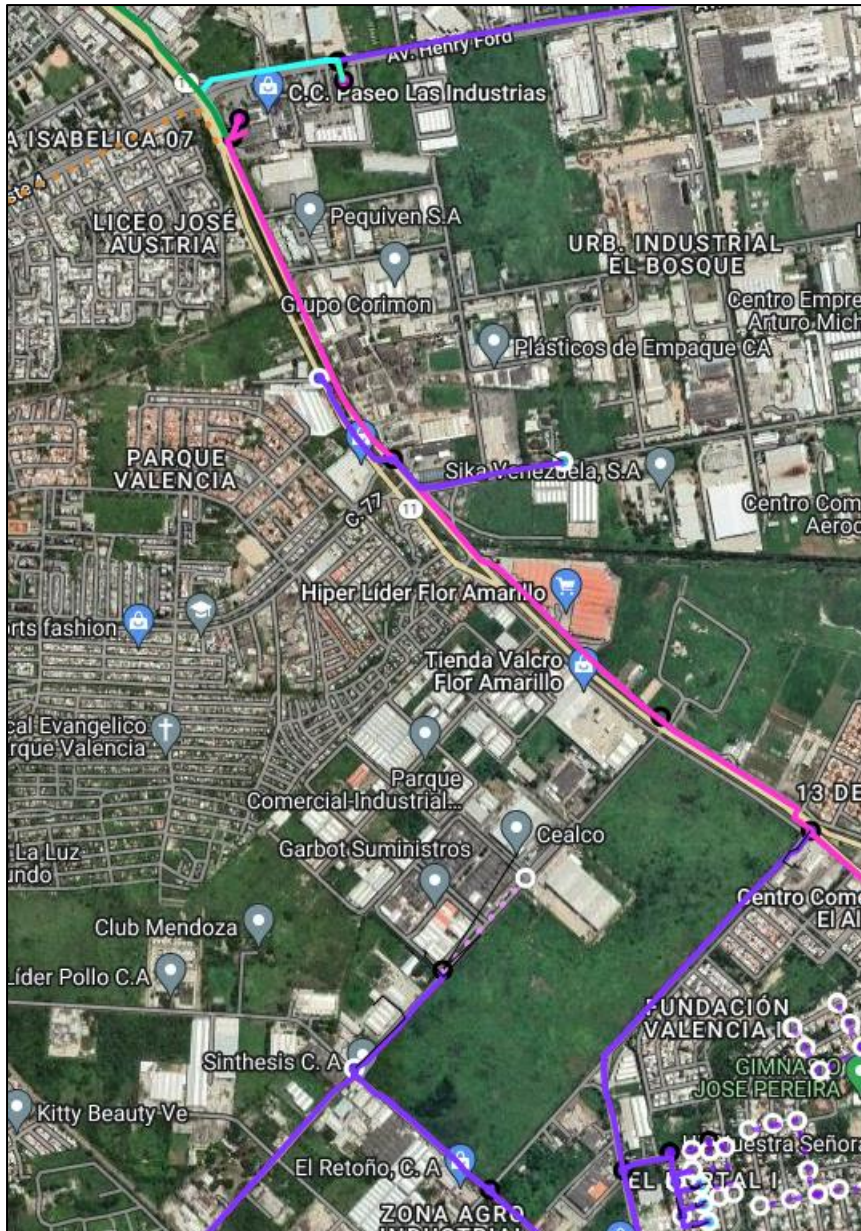
**Figura 32.** Mangas del recorrido de fibra parte 3  
Fuente: Colmenares (2023)



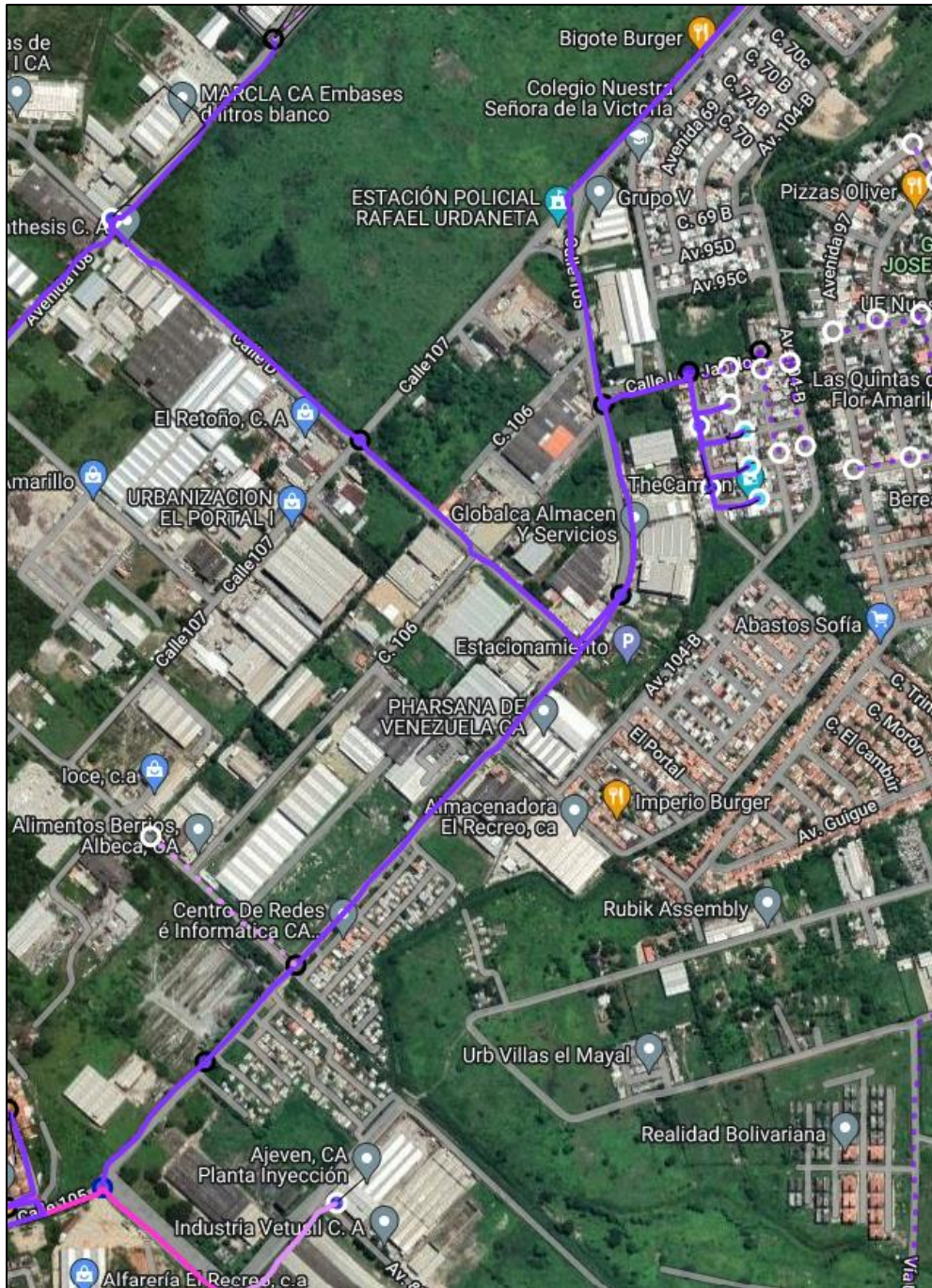
**Figura 33.** Cajas de empalmes y Mangas

**Fuente:** Colmenares (2023)

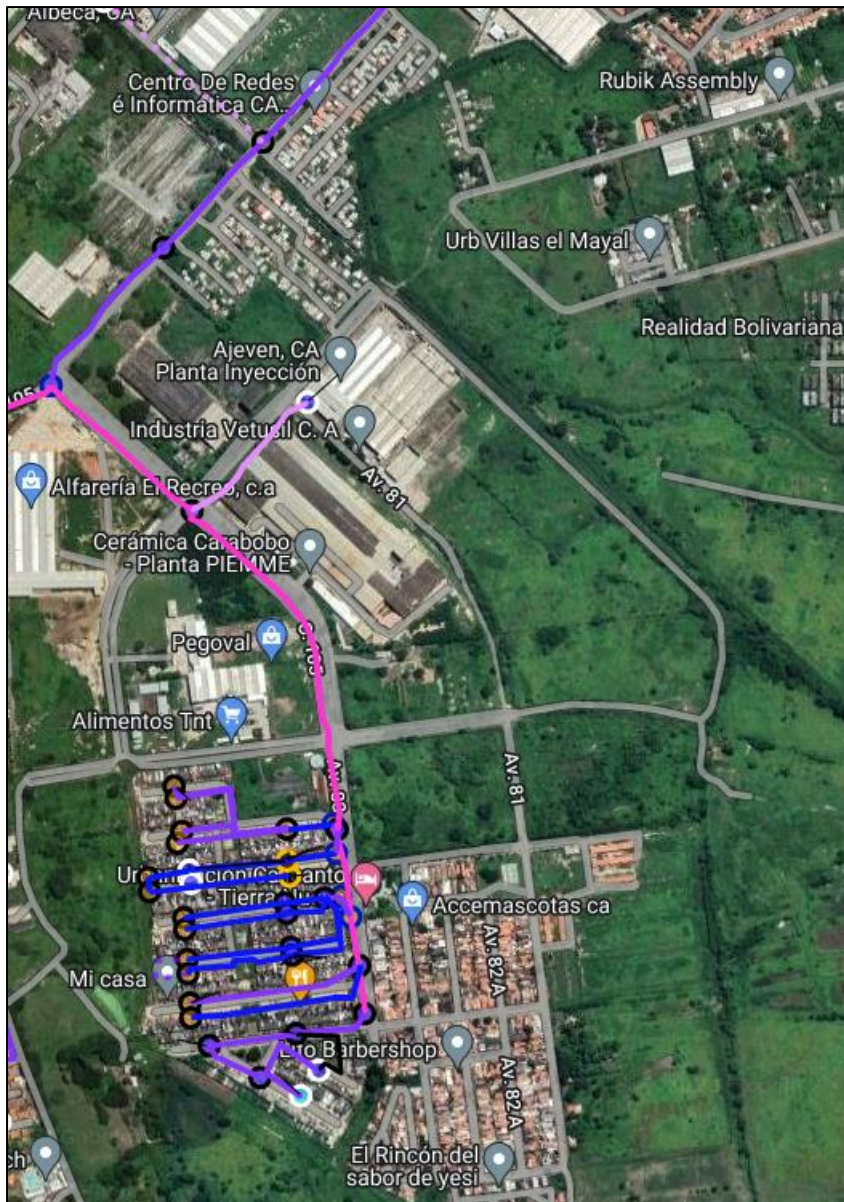
Después de tener las cajas de empalmes y las mangas hechas en el programa, se procedió a colocar el cableado en el Ozmap. Ahora para hacer el cableado se colocó en modo satélite para una visión diferente de los componentes. Se presentan a continuación:



**Figura 34.** Despliegue de fibra con el programa Ozmap parte 1  
Fuente: Colmenares (2023)



**Figura 35.** Despliegue de fibra con el programa Ozmap parte 2  
Fuente: Colmenares (2023)



**Figura 36.** Despliegue de fibra con el programa Ozmap parte 3  
**Fuente:** Colmenares (2023)

Se capturó la foto por tramos para tener un enfoque claro del diagrama y así identificar los componentes colocados en el software. Como se puede detallar en las figuras anteriores, existe la posibilidad de seguir expandiendo la red de fibra de Fonet a través de los condominios alrededores y anteriores al Sector Calicanto. Con esto se evidenció la realización del diagrama de fibra óptica mediante el software Ozmap

#### **5.4.Fase IV: Identificar la ubicación de los componentes principales PON (redes ópticas pasivas) para la realización del tipo de red más adecuado**

##### **5.4.1. Identificar la ubicación de los componentes principales PON (redes ópticas pasivas)**

La fibra seleccionada es de tipo monomodo ADSS (single mode o SM), específicamente de 12 hilos, que debe cumplir con el estándar G.652, pues este permite trabajar en un rango de 1310 nm a 1625 nm. Dentro de las subcategorías de la norma G.652, se sugiere la de tipo D, en este tipo de fibra se reduce el pico de dispersión por iones de hidroxilo (OH<sup>-</sup>), aumentando de esta manera las velocidades de transmisión (ITU-T, 2001). En ese mismo sentido, se determinó usar este tipo de fibra y con capacidad de 12 hilos primeramente porque la fibra monomodo puede llegar a cubrir distancias de 40 km o más, sin dañar la señal, siendo ideal para aplicaciones de largo alcance lo que puede proporcionar, así como la cantidad elegida de hilos una escalabilidad en la red.

##### **5.4.1.1. Equipo OLT (Optical Line Terminal)**

Entre los equipos OLT que se sugiere utilizar tendremos al ZTE ZXA10 C320 que es una plataforma convergente de acceso óptico de servicio completo y tamaño pequeño, que además proporciona QoS de clase de operador y red confiable para cumplir con los requisitos de implementación a pequeña escala de servicios FTTx. Su determinación radica por lo comercial y económica que es comparación con la OLT Ubiquiti y por permitir la escalabilidad de las redes FTTx en el sentido de poder proporcionar el cambio de la bandeja de sus puertos PON y expandirlo.

Por otra parte, este OLT posee una ventaja frente a la OLT Ubiquiti basada en los niveles de salida de potencia, donde un OLT Ubiquiti posee una máxima salida de +3 dBm mientras que el OLT ZTE su máxima salida es de +7 dBm, además este OLT es compatible con diferentes ONT como por ejemplo ONT de las marcas (ZTE, TP-LINK, ADC, etc) mientras que el Ubiquiti solo es compatible con sí mismo (Ver figura 37)



**Figura 37.** OLT ZTE C320 - 4/8/16 PUERTOS SFP C++

**Fuente:** <https://importfiber.com/producto/olt-zte-c320-4-8-16-puertos-sfp-c-gpon/>

#### **5.4.1.2. Equipo ONT (Optical Network Terminal) /ONU (Optical Network Unit)**

Para aclarar estos dos conceptos de antemano; las Unidades de Red Óptica (ONU por sus siglas en inglés) son básicamente lo mismo que las ONT (Terminales de red óptica), lo que pasa es que el término ONU es más aceptado dentro de los estándares de la IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos), mientras que ONT es un término más usado dentro del marco de la ITU-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones).

Las recomendaciones de equipos ONT/ONU para este proyecto son bastante diversas porque la OLT ZTE es compatible con variedad marcas como Full Domus, Huawei, VSOL, TP Link, ADC, entre otras marcas (Ver figuras 38, 39, 40, 41). Por mi observación, sugiero instalar los equipos Full Domus y Huawei Wifi ya que estos ONU permiten un mejor control de la red de fibra óptica desde las oficinas de la empresa, para hacer modificaciones como cambio de clave y nombre del wifi, bloquear usuarios, cambiar de VLAN. También hay que tener en cuenta la disponibilidad económica de la empresa y la solicitud del cliente.



**Figura 38.** ONU Wifi Full Domus

Fuente: <https://fulldomus.com/wp-content/uploads/2022/01/onu-2.png>



**Figura 39.** ONU Wifi Huawei

Fuente: <https://support.huawei.com/enterprise/es/index.html>

Estos equipos de las figuras 38 y 39 normalmente se instalan cuando el cliente no posee router en su domicilio. Ya que son equipos Modem/Router



**Figura 40.** ONU Tp Link

Fuente: <https://www.senetic.es/product/XZ000-G3>



**Figura 41.** ONU VSOL

Fuente: <https://es.vsolcn.com/collections/onu-28>

Estos equipos actúan solamente como Modem, es decir, la instalación de estos equipos solo se hace en tal caso que el cliente tenga router en su domicilio.

## **CONCLUSIÓN**

En primera instancia, se analizó el enlace PTP Paseo-Arbolito la cual está conectado por la antena mimosa B11, se verificaron varios valores de la antena junto con el software propio de mimosa. Se concluyó que la antena posee buenos valores, y algunos no tan buenos, sin embargo, se le está dando un sobreuso lo que hace que la antena tenga lentitud en la transmisión de datos hacia los clientes.

Como segunda parte, se investigaron las 2 tecnologías (Fibra Óptica y Antenas) ofrecidas por la empresa Fonet, concluyendo que para el Sector Calicanto es muy buena opción de hacer el despliegue de fibra por dicha zona, tanto para expandir la red como para captar clientes potenciales.

En tercer lugar, se concluyó que el lugar de la OLT ZTE está muy bien ubicado debido a que está bien resguardada, en cuarto con aire acondicionado, así como también el uso de los equipos ONT/ONU para los clientes.

Finalmente, el presente trabajo de investigación da como conclusión el diagrama en su totalidad para ser llevado a cabo por la empresa y sus respectivos técnicos.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda dejar instaladas el enlace PTP Paseo-Arbolito como un sistema de Backup para momentos en el la fibra óptica presente inconvenientes.

Se recomienda que al momento de llevar a cabo este diagrama de fibra óptica sea instalado por un personal con experiencia y conocimientos en redes de fibra óptica GPON, así como también los materiales, equipos y componentes necesarios para cumplir con los parámetros del diseño.

Se recomienda que la extensión de fibra requerida para el proyecto no debe exceder los 20km, pasado esta distancia se presentan pérdidas de información por las distintas atenuaciones presentes en la fibra óptica.

Se recomienda contar con anticipación con los permisos pertinentes por parte de los entes que regulan las normas de Telecomunicaciones en el país para así darle más provecho en tiempo al proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alfa Telecom. (s.f.). *ALFA TELECOM*. Obtenido de <https://www.alfatelecom.mx/punto-a-multipunto/>
- Alvear, J. D. (2011). Estudio y Diseño de una red de Fibra optica FTTH para brindar servicio de Voz, video y datos para la Urbanizacion Los Olivos. Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1076/12/UPS-CT002134.pdf>
- Arias, F. (2012). En F. Arias, *El Proyecto de Investigacion: Introduccion a la Metodologia Cientifica* (6° Edicion ed.). Caracas: Editorial Episteme.
- B11 Especificaciones*. (s.f.). Obtenido de <https://mimosa.co/products/specs/b11>
- Balza, y. F. (2022). PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO FTTH CON TECNOLOGÍA GPON PARA LA URBANIZACIÓN LAS AGUITAS ESTADO CARABOBO. Valencia.
- Barrera, J. H. (2000). Metodologia de la Investigacion Holística. (3ra Edicion ). Caracas. Obtenido de <https://ayudacontextos.files.wordpress.com/2018/04/jacqueline-hurtado-de-barrera-metodologia-de-investigacion-holistica.pdf>
- Bernal, C. (2010). Metodologia de la Investigacion. Colombia: PEARSON. Obtenido de <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
- Bienvenido a la comunidad de la interfaz de usuario*. (s.f.). Obtenido de <https://community.ui.com/>
- Bitsuser. (2016). *Todo lo bueno de los enlaces inalámbricos*. Tecnologia de la Informacion. BITS INNOVATION 28 GREAT. Obtenido de <https://www.bits.com.mx/todo-bueno-los-enlaces-inalambricos/>
- Cajal Flores, A. (15 de abril de 2020). *Investigación de campo: características, diseño, técnicas, ejemplos*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/investigacion-de-campo/>
- CAMPOS, J. A. (2021). DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA PARA SERVICIO DE DATOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MERCEDES INDACOCHEA LOZANO. Peru.

Castro, F. (2003). El Proyecto de Investigacion y su Esquema de Elaboracion. (2da Edicion). (Uyapar, Ed.) Caracas.

*Declaration of Conformity*. (s.f.). Obtenido de <https://mimosa.co/uploads/B11-DOC-EU-RED.pdf?mtime=20170927171737>

Delpino, A. (septiembre de 2022). Reseña Historica Empresa Fonet. Valencia, Carabobo, Venezuela.

ELECTRONICA, C. (s.f.). *Principios de comunicaciones de datos*. Obtenido de <https://www.cika.com/newsletter/archives/pp1.pdf>

Equipo editorial, E. (16 de julio de 2021). *Concepto*. Obtenido de <https://concepto.de/red-inalambrica/>

Fernández López, I. (2018). Diseño de una red de fibra óptica FTTH para un bloque de edificios. VALLADOLID. Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/28906/TFG-P%20742.pdf;jsessionid=9257B42F647C71C360D72B941EEFCF97?sequence=1>

FIIXCOM. (s.f.). *FIIXCOM*. Obtenido de <https://www.fiixcom.mx/es/redes/enlaces-inalambricos/>

Fmuser. (16 de noviembre de 2020). *Fmuser*. Obtenido de <https://es.fmuser.net/content/?7725.html>

Godoy, A. (septiembre de 2022). Coordinacion de Soporte Tecnico al Cliente. Valencia, Carabobo, Venezuela .

*Guía de inicio rápido de LBE-5AC-Gen2*. (s.f.). Obtenido de [https://dl.ubnt.com/qsg/LBE-5AC-Gen2/LBE-5AC-Gen2\\_ES.html](https://dl.ubnt.com/qsg/LBE-5AC-Gen2/LBE-5AC-Gen2_ES.html)

*Guía de inicio rápido de LBE-M5-23*. (s.f.). Obtenido de [https://dl.ubnt.com/qsg/LBE-M5-23/LBE-M5-23\\_ES.html](https://dl.ubnt.com/qsg/LBE-M5-23/LBE-M5-23_ES.html)

*Guía de inicio rápido de PBE-M2-400*. (s.f.). Obtenido de [https://dl.ubnt.com/qsg/PBE-M2-400/PBE-M2-400\\_ES.html](https://dl.ubnt.com/qsg/PBE-M2-400/PBE-M2-400_ES.html)

*Guía de inicio rápido de PBE-M5-300*. (s.f.). Obtenido de [https://dl.ui.com/qsg/MX/PBE-M5-300/PBE-M5-300\\_MX.html](https://dl.ui.com/qsg/MX/PBE-M5-300/PBE-M5-300_MX.html)

HACKBARTH, K. D. (15 de agosto de 2012). Redes de Comunicación: Introducción General y Modelos para Redes. Obtenido de <https://www.tlmat.unican.es/siteadmin/submaterials/582.pdf>

Hernández, A. L. (s.f.). *El Proyecto Factible como Modalidad en la Investigación Educativa*. Tachira: UPEL. Obtenido de <https://luiscastellanos.files.wordpress.com/2014/02/el-proyecto-factible-como-modalidad-en-la-investigacion-educativa-ana-hernandez.pdf>

Juan, D. (23 de octubre de 2018). *MEDIUM*. Obtenido de <https://xxxamin1314.medium.com/an%C3%A1lisis-de-pon-qu%C3%A9-es-olt-onu-ont-y-odn-8e78eb25e4bb>

Juárez, B. (s.f.). *TIAMERICA*. Obtenido de <https://www.ti-america.com/enlaces-inalambricos/>

Leanmarys, P. (2020). REINGENIERÍA DEL SISTEMA DE TV POR CABLE MEDIANTE TECNOLOGÍA DE REDES GPON PARA UN CONJUNTO RESIDENCIAL DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA URBANIZACIÓN LA GAVIOTA DEL MUNICIPIO SAN DIEGO. Venezuela.

Link, C. (s.f.). *Century Link*. Obtenido de [https://espanol.centurylink.com/home/help/internet/fiber/what-is-fiber-internet.html#:~:text=La%20Internet%20por%20fibra%20%C3%B3ptica,Mbps\)%2C%20con%20poca%20demora](https://espanol.centurylink.com/home/help/internet/fiber/what-is-fiber-internet.html#:~:text=La%20Internet%20por%20fibra%20%C3%B3ptica,Mbps)%2C%20con%20poca%20demora)

*Lite\_Beam\_M5.pdf*. (s.f.). Obtenido de [https://aui.sanluis.gob.ar/AUIWeb/Antenas/Lite\\_Beam\\_M5.pdf](https://aui.sanluis.gob.ar/AUIWeb/Antenas/Lite_Beam_M5.pdf)

LÓPEZ POLO, E. D. (2016). DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN EL SERVICIO DE BANDA ANCHA EN COISHCO (ANCASH). Lima, Peru. Obtenido de <https://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12872/47/lopez-polo-elliott.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mimenza, O. C. (24 de agosto de 2017). *Psicología y Mente*. Obtenido de <https://psicologiaymente.com/miscelanea/tipos-de-graficas>

Mimosa. (s.f.). Obtenido de <http://backhaul.help.mimosa.co/home>

*Mimosa B11 Datasheet*. (s.f.). Obtenido de [https://mimosa.co/uploads/datasheets/Mimosa-by-Airspan-B11-Datasheet\\_DS-0007-04.pdf](https://mimosa.co/uploads/datasheets/Mimosa-by-Airspan-B11-Datasheet_DS-0007-04.pdf)

*Mimosa by Airspan.* (s.f.). Obtenido de <https://mimosa.co/support>

Morales Flores, L. C. (2013). MODELO DE OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UNA RED WIMAX PARA DAR COBERTURA A UN CONJUNTO DE PUNTOS GEOGRÁFICAMENTE DISTANTES. Obtenido de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/70427/>

OndaSAT. (s.f.). *Onda Satelital*. Obtenido de Sistema de Control Satelital: <https://www.ondasat.net/enlaces-inalambricos/>

Otero, J. M. (2017). DISEÑO DE LA RED DE FIBRA OPTICA FTTH PARA UN MUNICIPIO. Madrid. Obtenido de [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/31281/PFC\\_Jorge\\_Martin\\_Otero.pdf?sequence=1](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/31281/PFC_Jorge_Martin_Otero.pdf?sequence=1)

RedTaurus. (s.f.). RADIO ENLACES TERRESTRES | MICROONDAS. Colombia. Obtenido de [http://www.redtauros.com/Clases/Medios\\_Transmision/04\\_Radioenlaces\\_Terrestres\\_Microondas\\_.pdf](http://www.redtauros.com/Clases/Medios_Transmision/04_Radioenlaces_Terrestres_Microondas_.pdf)

Robertocallos2. (25 de octubre de 2018). *Radio Comunicaciones*. Obtenido de <https://robertocallos2.wordpress.com/2018/10/25/1-6-transmision-punto-a-punto-y-punto-a-multipunto/>

Rodriguez, A. (s.f.). *fibropticaahoy*. Obtenido de <https://www.fibropticaahoy.com/tipos-de-cables-de-fibra-optica/>

RZ Redes Zone. (s.f.). Obtenido de <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-cable/cableado-fibra-optica-caracteristicas-tipos-conectores/>

SAS, M. (Dirección). (2020). *Diagnóstico de Fallas en radio enlaces* [Película]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=0NpmwkiHm2U>

*Senetic logo*. (s.f.). Obtenido de <https://www.senetic.es/product/PBE-M2-400>

Services, B. B. (s.f.). *Black Box Network Services*. Obtenido de <https://www.blackbox.com.mx/mx-mx/page/25065/Recursos/Technical/black-box-explica/Fibre-Optic-Cable/Simplex-vs-duplex-fiber-patch-cable>

*Sincronización de colocación y TDMA.* (s.f.). Obtenido de <https://mimosa.co/white-papers/TDMA>

Software, S. &. (s.f.). *IMPLEMENTACIÓN DE ENLACES INALAMBRICOS.* Obtenido de <https://www.servsoft.com.co/infraestructura-it/enlaces-inalambricos/>

Telectronika. (junio de 2018). Capítulo II: Fundamentos de Radio Enlaces de Microondas. *Telectronika.* Obtenido de <https://www.telectronika.com/articulos/radio-enlaces/fundamentos-de-radioenlaces-de-microondas/>

Toledo, T. (s.f.). *TWIN TELCOM S.L.* Obtenido de <https://www.twintelcom.com/internet-por-radio-enlace-wifi-que-es-como-funciona/>

*UBIQUITI LiteBeam AC GEN2 Manual del usuario.* (s.f.). Obtenido de <https://manuals.plus/es/ubiquiti/litebeam-ac-gen2-manual#axzz7slpotuw1>

ZAPARDIEL, J. P. (2014). DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO MEDIANTE FIBRA OPTICA. Madrid. Obtenido de [https://oa.upm.es/33869/1/PFC\\_jaime\\_prieto\\_zapardiel.pdf](https://oa.upm.es/33869/1/PFC_jaime_prieto_zapardiel.pdf)

ZTE. (2016). Obtenido de [http://www.ztegon.cz/pdf/ZXA10\\_C320\\_Datasheet.pdf](http://www.ztegon.cz/pdf/ZXA10_C320_Datasheet.pdf)

ztegon. (s.f.). *OFA - ZTE.* Obtenido de <http://www.ztegon.cz/>