

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Estudio de ingeniería para el despliegue eficiente de recursos y servicios de Internet y Telefonía Fija en ciudadela del cantón Playas.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Telecomunicaciones

Presentado por:

John Javier Piyasagua Macías

Wendy Zulay Quinchuqui Gunsha

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018 |

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me(nos) corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; (*nombre de los participantes*) y doy(damos) mi(nuestro) consentimiento para que la ESPOI realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

John Javier Piyasagua
Macías

Wendy Zulay Quinchuqui
Gunsha

EVALUADORES

.....
Ph.D Francisco Novillo Parales

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
Mg. Miguel Molina Villacís

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El propósito de este trabajo es dar una solución alternativa a los problemas de acceso a internet en el interior de ciudadelas ubicadas en zonas vacacionales, para ello, se realiza el diseño de red para la distribución de servicios avanzado tales como, internet de banda ancha y telefonía, mediante el uso de la tecnología de fibra óptica. La red será totalmente pasiva, óptica, y de gran ancho de banda, Tipo GPON (Passive Optical Network), de manera que el haz de luz del emisor se distribuye hacia múltiples fibras siguiendo diferentes direcciones, o las confina en el sentido opuesto usando técnicas WDM y TDMA.

En primer lugar, se realizó un estudio técnico sobre las características de la fibra óptica y el terreno de la instalación para lograr un diseño eficaz en la urbanización Altamar II, Gral. Villamil Playas en las costas del Ecuador.

Después se realizó el respectivo análisis de tráfico de datos y voz para una urbanización en hora pico para determinar el ancho de banda a contratar (proveedor ISP).

Todo este análisis llevó al diseño de la red de fibra óptica para los servicios de telecomunicaciones y observando factores del medio como la provisión de redes subterráneas, cuartos de generadores, entre otros.

Ante muchos diseños de redes de telecomunicaciones se hizo el estudio económico en base a los presupuestos de levantamiento de la arquitectura de red, los equipos operativos y las tarifas comerciales por proveedores tales como CNT, NETLIFE e INTERCOM, y con esa información se hizo la comparación entre un servicio particular y un servicio comunitario de red, aparte de mostrar el tiempo de inversión del proyecto y la relación de beneficio – costo de este.

Palabras Clave: Proyecto Integrador, telecomunicaciones, fibra óptica, redes, telefonía IP.

ABSTRACT

The purpose of this work is to provide an alternative solution to the problems of access to the internet inside citadels located in holiday areas. To do this, the network design for the distribution of advanced services such as broadband internet and telephony is made using fiber optic technology.

The network will be fully passive, optical, and high bandwidth, Type GPON (Passive Optical Network), so that the light beam of the emitter is distributed to multiple fibers in different directions or confined in the opposite direction using techniques WDM and TDMA.

In the first place, a technical study was carried out on the characteristics of the optical fiber and the terrain of the installation to achieve an efficient design in the Altamar II urbanization, Gral. Villamil Playas on the coasts of Ecuador.

After that, the respective data and voice traffic analysis was carried out for a peak hour urbanization to determine the bandwidth to be contracted (ISP provider).

All this analysis led to the design of the fiber optic network for telecommunications services and observing environmental factors such as the provision of underground networks, generator rooms, among others.

Before many designs of telecommunication networks, the economic study was made based on the assumptions of survey of the network architecture, the operative equipment and the commercial rates by suppliers such as CNT, NETLIFE and INTERCOM, and with that information the comparison was made between a service and a community network service, apart from showing the investment time of the project and its benefit - cost relation.

ÍNDICE GENERAL

ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
INTRODUCCIÓN	1
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	3
JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	5
OBJETIVOS	6
1.1.1 Objetivo General.....	6
1.1.2 Objetivos Específicos	6
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1 RED EXTERNA:	7
Planeación de la ruta externa.....	8
Tendido de la fibra óptica por canalización exterior	8
Elementos de la red externa.....	9
Terminal de fibra óptica OLT	10
2.2 ÚLTIMA MILLA	11
Fibra óptica.....	12
Estándares para la instalación de fibra óptica	12
Empalmes de fibra óptica.	14
TOPOLOGÍA DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA	15
Operación en anillo de fibra óptica.	15
Conexión de red punto a multipunto con fibra óptica (P2MP)	16
Red óptica pasiva Gigabit (GPON).....	16
PARÁMETROS DE DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA.....	17
Tipo de fibra óptica a usar	18
Números de hilos de fibra óptica	18

DIVISORES DE FIBRA ÓPTICA – SPLITTER.....	19
Terminal de red óptica ONT	19
Tipos de conectores	20
PRESUPUESTO DE ENLACE DE FIBRA ÓPTICA	20
Atenuación [α]	21
CENTRAL TELEFÓNICA – PBX	22
ELEMENTOS PARA EL ANÁLISIS DE TRÁFICO DE VOZ Y DATOS	25
ANÁLISIS DE TRÁFICO VOIP	27
ANÁLISIS DEL TRÁFICO DE DATOS SOBRE LA RED DE FIBRA ÓPTICA	30
2) LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN PARA EL SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES.....	31
3.1 TARIFAS PARA EL SERVICIO DE INTERNET.....	31
3.2 TARIFAS PARA EL SERVICIO DE VOZ.	33
3.3 PLANOS OTORGADOS POR LA URBANIZACIÓN.....	34
3.4 Plano de la red telefónica	37
3.5 Plano de una casa modelo de la urbanización.	38
3) DISEÑO DE LA RED COMUNITARIA PARA BRINDAR SERVICIOS DE VOZ Y DATOS.....	39
4.1 REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO PARA LA RED COMUNITARIA.....	39
4.2 PARÁMETROS NECESARIOS PARA EL DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA.....	41
Volumen proyectado de tráfico en hora pico para el sistema de VoIP	42
4.3 ANÁLISIS DEL TRÁFICO DE VOZ	42
Cálculo de la tasa de voz sobre IP (VoIP).....	43
Valor del ancho de banda para la red VoIP.....	44
Estimación del número de troncales para contratar los servicios de telefonía fija a nivel residencial y local.....	46
4.4 ANÁLISIS DEL TRÁFICO DE LA RED DE DATOS	47
4.5 DISPONIBILIDAD DE LA TECNOLOGÍA PARA LA RED COMUNITARIA:.....	48
Dimensión de los recursos necesarios.....	48
Descripción de la implementación de una red para brindar servicios de telecomunicaciones.....	49

4.6 DISEÑO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA.....	50
Esquema de la interconexión entre villas en la red de fibra óptica.....	52
4.7 PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DESIGNADA A LAS TELECOMUNICACIONES – OBRA CIVIL Y ELÉCTRICA.	53
4.8 PRESUPUESTO DEL PROYECTO TOTAL PARA LA RED MIXTA: TELEFONÍA Y DATOS.....	57
4.9 INSTRUMENTACIÓN PARA REDES FTTH (TENDIDO DE FIBRA PARA EL HOGAR) Y REDES FFTB (TENDIDO DE FIBRA PARA EL EDIFICIO).	59
4.10 PRESUPUESTO DE ENLACE PARA EL CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA	60
4.11 DISEÑO DE LA RED ELÉCTRICA	64
Diagrama de la red eléctrica de los contactos a instalar	65
4.12 DISEÑO DE LA FIBRA ÓPTICA	66
5. ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO ECONÓMICO DE LOS PROVEEDORES ESTUDIADOS VERSUS EL DISEÑO PROPUESTO DE LA RED COMUNITARIA	67
5.1 ANÁLISIS DE LAS TARIFAS MENSUALES DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES BRINDADAS POR ESTE PROYECTO.....	67
5.2 COMPARACIÓN DE GASTOS DE LA CONTRATACIÓN DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES DE FORMA PERSONAL VERSUS LA CONTRATACIÓN DE LA RED COMUNITARIA.	68
5.3 EVALUACIÓN FINANCIERA	71
CONCLUSIONES.....	75
RECOMENDACIONES	76
REFERENCIAS.....	78

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

ISP: Internet Service Provider (Proveedor de Servicios de Internet)

CNT: Corporación Nacional de Telecomunicaciones

FTTH: Fiber to the Home (Fibra hasta la Casa)

FTTN: Fiber to the Node, (Fibra hasta el Nodo).

FTTB: Fiber to the Building, (Fibra hasta el Edificio)

FTTC: Fiber to the Curb, (Fibra hasta la Acera)

FTTX: Fiber To The X (Cualquier Lugar), Fibra hasta X (Cualquier Lugar)

ITU: International Telecommunications Union (Unión Internacional de telecomunicaciones)

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)

DSL: Línea de abonado digital síncrona

VoIP: Voz sobre IP, comunicación de voz que utiliza las redes de datos como medio de transporte.

SIMBOLOGÍA

Leyenda en Diagramas FTTH

	OLT		Derivación
	SC		Cable de 144 hilos
	FDT		Cable de 48 hilos
	FAT		
	Contacto de 127 Vca		
	Centro de carga de 6 braker		
	Caja de conexiones		
	Circuito 1 de 127Vca		
	Circuito 2 de 127Vca		
	Circuito 3 de 127Vca		
	Circuito 4 de 127Vca		
	Circuito 5 de 127Vca		

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

La urbanización Altamar II Gral. Villamil Playas situado en la provincia de Guayas del país Ecuador, fue designado como objeto de estudio para el despliegue eficiente de recursos de telecomunicaciones. Cuenta con 122 residencias, entre villas y departamentos en el edificio principal, un área social para eventos, piscinas, parqueos y bodegas [1].

Este sector es un proyecto reciente de la inmobiliaria Ambiansa y por la inspección que hicimos en el lugar, nos percatamos la falta de un sistema de red interna que permita la comunicación entre los usuarios, por lo tanto, para cualquier residente o miembro de la directiva del sector se dificulta realizar funciones administrativas de los recursos de personal y de bienes. También, no cuentan con un servicio de telefonía e Internet, en consecuencia, genera malestares al usuario para disfrutar del lugar en su totalidad sin dejar descuidado sus negocios.

Se propone la solución de diseñar una arquitectura de red con conexión cableada de fibra óptica para la urbanización mencionada en este documento, para contratar un paquete de ancho de banda a 800 Mbps y hacer el diseño administrativo de la red. Las limitantes de este proyecto son: los servicios que ofrecen las compañías ISP (proveedor de servicios de Internet), el ancho de banda y la compartición que ofrecen, los dispositivos para fibra óptica que se encuentran en el país por su costo elevado y el personal calificado para el trabajo de fibra óptica.

En el capítulo 2 se propone un marco teórico para mostrar los conceptos utilizados para la implementación de una red de fibra óptica.

Para llevar a cabo esta arquitectura de red, en el capítulo 3 se desarrolla un levantamiento de información de los recursos necesarios tales como: herramientas, equipos tecnológicos presentes en el mercado, capacidad técnica para la transferencia de datos, planos técnicos entre otros [2]

El proyecto se enfoca en los estándares de calidad como es la norma ITU-T G.657 [3] para fibras monomodo y para su interconexión la norma G.652.D [4], con esto el diseño de la red está basado en la topología P2MP (Punto a multipunto) para abastecer con el servicio de telecomunicaciones a todos los residentes de la urbanización.

En el capítulo 4 se detalla los precios de Internet y telefonía IP de la red comunitaria para mostrar las posibles aportaciones de los clientes junto con el precio de implementación.

El costo total del proyecto se determina por la calidad y cantidad de equipos a usar, los materiales y la mano de obra del diseño e implementación del proyecto.

La comparación de la red comunitaria con un servicio contratado individualmente se lo muestra en el capítulo 5 dando un contraste entre los dos servicios y ver cuál es el más rentable con el precio de implementación adjunto. Para dar credibilidad del precio de la inversión se realiza el estudio necesario para evaluar los índices financieros como el VAN y la relación de beneficio – costo y concluir si es aceptable y que el costo de acceso a Internet y de telefonía ha sido reducida con respecto a los servicios particulares.

Descripción del problema

El problema de esta urbanización es la deficiencia del servicio de datos y voz, por lo cual los residentes solicitan de forma independiente el recurso según el paquete del proveedor seleccionado, pero eso no significa que la persona vaya a consumir toda la cantidad de ancho de banda por motivos que se encuentra en la localidad para descanso, entretenimiento o fines administrativos.

Ahora en el sector los residentes por tener su servicio de manera privada, ha surgido una contaminación visual porque se observó instalaciones de redes telefónicas que afectan a la imagen de la urbanización y la implementación de antenas parabólicas en las terrazas que están afectadas por la salinidad del ambiente presentando corrosión en la superficie del material.

Otro factor que ocasiona molestia a los usuarios es la falla en la prestación de servicios de Internet o telefonía particulares porque presentan consecutivos cortes de servicio, técnicos incompetentes y velocidad real diferente al contratado, todo esto reducen la fiabilidad al momento de solicitar un servicio, pero como no existen suficientes alternativas, entonces el futuro cliente tendrá que solicitar a menudo quejas por fallas de conexión [5].

Viendo desde un punto de vista administrativo como urbanización, el costo de tarifas y el ancho de banda que proporcionan los proveedores ISP (Proveedores de Servicios de Internet) no están destinadas de acuerdo con el consumo del cliente, sino por el paquete seleccionado. Centrándonos en los proveedores minoritarios, como es el caso de Intercom, las tarifas no decrecen con los estándares del mercado sin embargo no exigen costo de instalación para Internet en el hogar, convirtiéndose en un servicio tentativo para cualquier usuario necesitado de conexión a la web. A simple vista no parece existir problema, pero siendo una empresa carente de recursos de personal capacitado y equipos de alta tecnología, dificulta brindar el servicio técnico ante fallas de la red, considerado así un servicio de mala calidad y no muy rentable a largo plazo [6].

En contraste con las empresas mayoritarias, el simple hecho de tener trayectoria profesional y contar con la aceptación de los clientes por sus servicios ofrecidos, por lo tanto, cobrar por un trabajo más, que es de instalación del modem no le afecta en el número de clientes.

Justificación del problema

El motivo de este proyecto es realizar un estudio de una red de fibra óptica con equipos que administren los servicios contratados del ISP (Proveedores de Servicios de Internet) y servicios de telefonía.

Para conseguir personas que inviertan en este proyecto se demuestra la rentabilidad de un servicio de voz y datos que ofrecemos en una misma red de fibra óptica y además aseguramos el rendimiento de ésta con una cantidad óptima del ancho de banda a contratarse.

Debido a esta problemática del ancho de banda que existen en las redes tradicionales (redes de cable de cobre), se decidió trabajar con cables de fibra óptica porque se requiere un mayor ancho de banda para incrementar la velocidad de transmisión de los datos y aparte da mayor alcance del tramo del cable para llegar hasta el cuarto de rack [7].

Al ofrecer un recurso administrado de la red de fibra óptica nos enfocamos a las limitantes del servicio de telefonía e Internet que ofrecen las compañías ISP, tanto como es el tema de comparticiones de la red y el costo de los equipos para fibra óptica. Esto se convierte en un reto para el diseño porque además de preocuparnos del ancho de banda del proveedor, se debe tomar en consideración el ancho de banda del enlace por motivo de velocidad de datos.

OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Analizar el despliegue eficiente de recursos y servicios de internet y telefonía fija en ciudadela del cantón Playas basado en proveedores tradicionales y cooperativos.

1.1.2 Objetivos Específicos

Presupuestar el proyecto de acuerdo con el número de troncales a contratar.

Diseñar una red de voz y datos con acceso comunitario.

Comparar la solución individual y comunitaria.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

Para la implementación de la red de servicios de telecomunicaciones en una urbanización, se debe conocer los tipos de cableado en la materia de fibra óptica, las normativas de la ITU (organismo encargado de la reglamentación, normalización y desarrollo de las telecomunicaciones en todo el mundo) [8] correspondientes a los proveedores de servicios telefónicos y de ISP (Proveedor de Servicios de Internet) [9], tener presentes los términos técnicos para evitar cualquier inconveniente en el desarrollo de este proyecto.

Esta sección se divide en dos partes: Red externa y última milla (Red de Acceso), más conocidas también como tecnologías de acceso, que realiza el vínculo con el proveedor de servicios de telecomunicaciones con el cliente [10].

2.1 Red externa:

Se refiere a la conexión entre nuestro proveedor de servicios hasta la acometida del cliente mostrado en la Figura 2.1. Según los documentos técnicos también es llamado red externa de comunicación y está compuesta por cables UTP, cables de fibra óptica, postes, herrajes, gabinetes, equipos y productos que permitan la conexión entre la red del proveedor y la red del usuario [11].

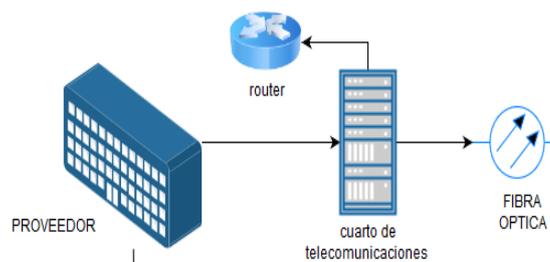


Figura 2.1 Sistema de red externa.

Planeación de la ruta externa

Para diseñar una ruta de telecomunicaciones debemos de observar la infraestructura existente y el tendido del cableado subterráneo de la fibra óptica, junto con el cumplimiento de la norma ANSI C12.22 (que permite la operabilidad entre módulos de comunicaciones y medidores. Este estándar usa el cifrado AES para permitir comunicaciones fuertes y seguras) [12].

Tendido de la fibra óptica por canalización exterior

El cableado subterráneo con ducto es el más caro para una red de telecomunicaciones y es donde puede alojar la mayor cantidad de cables dependiendo del ducto utilizado como se muestra en la Figura 2.2. En nuestro proyecto, el tema consiste en el tendido de la fibra óptica en una canalización existente, comprobando la continuidad del conducto usando mandriles.



Figura 2.2 Mandril usado para la continuidad del cableado de fibra óptica.

Fuente: Blog de Fibra Óptica y Redes del CIFP Tartanga

Antes de realizar la ruta de comunicación, se recomienda el estudio de terreno y dejar espacio para futuras cajas de empalme y otra sección para el mantenimiento de los ductos [13].

Elementos de la red externa

Para el correcto diseño de una red basada en fibra óptica, es importante considerar los elementos o componentes que intervienen en la conexión de la red y estos son:

Cable: grupo de conductores dieléctricos o armados, utilizados para la transmisión de luz.

Caja de empalme: Usado para alojar y proteger las conexiones del cableado de fibra óptica

ODF: Organizador de fibra óptica. Se coloca en la cabecera y es el que marca el fin de la planta interna y el inicio de la planta externa. [14]

Conectores SC/APC: Se prefiere el tipo de corte con 8 grados, para evitar la reflexión y con una pérdida típica de 0.5 dB. Mas adelante se definirán los tipos de conectores para fibra óptica.

EL Centro o Hub de distribución de fibra (FDH): Su función es conectar la red de acceso de última milla a la red de distribución, es decir, a la red del proveedor. Véase la Figura 2.3 como ejemplo de un centro de distribución de fibra. [15]



Figura 2.3 Interior de un centro de distribución de fibra [FDH]

Fuente: ITNEWS

Terminal de fibra óptica OLT

El terminal de línea óptica (OLT) es el equipo de hardware de punto final de la red externa hasta el cuarto de telecomunicaciones de un sector como se presenta en la Figura 2.4. Es el encargado del tráfico de voz y datos hasta que lleguen al usuario final (ONT). [16]



Figura 2.4 Módem OLT

Fuente: Fiber Optical Networking

2.2 Última milla

Es el tramo final de una línea de comunicación representada en la Figura 2.5, ya sea de tipo cableado de cobre o fibra óptica llegando así al usuario final [17].

Uno de los problemas que afronta una empresa de telecomunicaciones es llegar al usuario final, porque se requiere grandes inversiones para concretar los trazados de fibra óptica que conecten con el exterior y los enlaces internos que conecten con el centro de comunicaciones. En la última milla dependiendo de la red puede ser menor el costo para llegar a un sector con fibra óptica.

Para transportar información en la última milla se varía el enlace de tipo alámbrico e inalámbrico, sin ser el primero más conveniente que el segundo, pero cada uno tiene sus ventajas y desventajas.

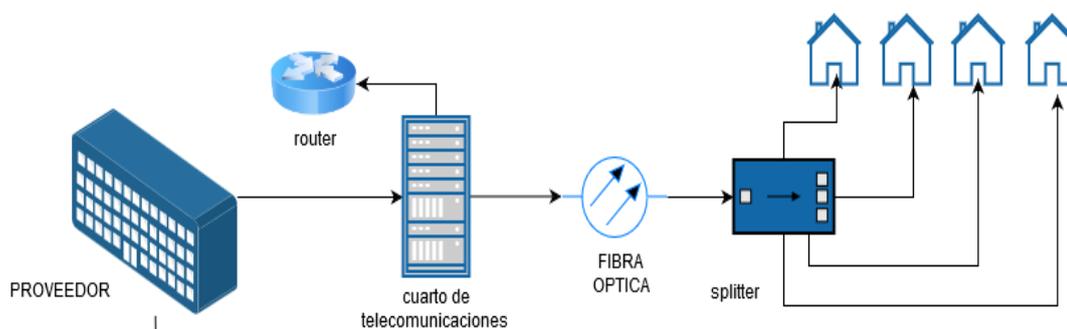


Figura 2.5 Esquema de la definición última milla.

A continuación, se expondrá la tecnología para el cableado en la urbanización de estudio.

Fibra óptica

Se trata es una delgada hebra de vidrio o silicio fundido que conduce energía de naturaleza óptica. Su estructura es cilíndrica con tres secciones radiales: núcleo, revestimiento y cubierta.

El núcleo está formado por una o varias fibras muy finas de cristal o plástico. Cada fibra consta con un revestimiento de cristal o plástico con diferentes propiedades ópticas distintas al del núcleo. Alrededor este hilo se encuentra una cubierta capaz de aislar el contenido de aplastamientos, abrasiones, humedad entre otros. [18]

Es un medio muy apropiado para largas distancias cuyos beneficios son los siguientes:

- Mayor ancho de banda
- Menor en peso
- Menor atenuación
- Aislador electromagnético
- Soporta mayor separación entre repetidores

Estándares para la instalación de fibra óptica

La mayoría de los estándares de cableado estructurado incluyen mejora en: prácticas de tendido, seguridad, conexión y prueba de circuitos del cableado en telecomunicaciones, entre otras. Al instalar una solución de cableado basada en estándares, los trabajadores tendrán que aplicarlas, de lo contrario se puede limitar severamente la capacidad del enlace y disminuir su rendimiento.

Al momento de garantizar un proyecto, los ingenieros nos basamos en una serie de normas del cableado estructurado, establecidas por las cuatro organizaciones principales que elaboran los estándares o normas, cuyos logos se representan en la Figura 2.6 y estas son:

ANSI - Instituto Nacional Estadounidense de Estándares: Es una organización sin ánimo de lucro que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos.

ISO (International Standards Organization): Es una organización no gubernamental creada en 1947 a nivel mundial, estableciendo normas nacionales, con más de 140 países.

EIA - Asociación de Industrias Electrónicas: Su misión es promover el desarrollo de mercado y la competitividad de la industria de alta tecnología de los Estados Unidos con esfuerzos locales e internacionales de la política.

TIA - Asociación de la Industria en Telecomunicaciones: Elabora normas de cableado industrial para varios productos basados en telecomunicaciones.

IEEE - Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica: Principalmente responsable por las especificaciones de redes de área local como 802.3 Ethernet, 802.5 TokenRing, ATM y las normas de GigabitEthernet. [19]



Figura 2.6 Organismos mundiales encargado de las normas de telecomunicaciones.

Fuente: UNITEL

El estándar relacionado a la instalación de fibra óptica es ANSI/TIA/EIA-569-C [20], el cual hace referencia a espacios y canalizaciones para telecomunicaciones.

También el estándar ANSI/TIA/EIA-568-C.3 [21], describe de los componentes del cableado de fibra óptica, incluyendo aspectos mecánicos, ópticos y requisitos de compatibilidad. Otro es ANSI/TIA/EIA 568-B.3 [22], en el describe los empalmes de fibra óptica por fusión o mecánicos. A su vez el estándar ANSI/TIA/EIA 598-C [23] describe el código de colores de la fibra óptica

Empalmes de fibra óptica.

El empalme de fibra óptica es la unión de dos piezas de cable de esta, vistas en la Figura 2.7. El estándar ANSI/TIA/EIA 568-B.3 admite dos métodos utilizados para empalmar el cable de fibra óptica: el método mecánico y el método de fusión. En cualquiera de los casos, cada empalme no debe obtener pérdidas mayores de 0.3 dB. La preparación es la misma independientemente del tipo de método utilizado.

El empalme de fibra óptica mecánico provee un medio económico a diferencia de la fusión, este mecanismo debe proporcionar baja pérdida de conexión entre las fibras y protección mecánica del empalme en sí. Este empalme consiste en alinear los hilos de fibra óptica y unirlos con el empalme óptico, debidamente cortados y limpios para permitir el paso de luz de una fibra a otra. Al cerrar el empalme, este desprende un adhesivo adaptador de índice, que fija los extremos de las fibras [24]

Su aplicación del empalme mecánico es principalmente en las instalaciones donde el desmontaje es frecuente. Además, puede ser aplicado para fibra óptica multimodo y monomodo.



Figura 2.7 Empalme de fibra óptica.

Fuente: Instaladores de Telecom hoy (2001)

Topología de la red de fibra óptica

Una topología se refiere a la forma que toma el diagrama de conexión entre el medio físico y los dispositivos necesarios para la comunicación.

En esta sección nos enfocaremos en topologías más usadas en el cableado de fibra óptica.

Operación en anillo de fibra óptica.

La operatividad de una red en configuración anillo se refiere a que dos caminos diferentes para llegar a su destino representadas en la Figura 2.8, pasando por el nodo B, o entre los nodos A y C, en caso de fallar la continuidad del tráfico no se vería afectada. Cuando el destino del paquete no es accesible se tendrá un bucle ethernet

El protocolo ERPS implementa un mecanismo de evitación de bucle bloqueando uno de los enlaces de anillo durante la operación normal denominado enlace de protección de anillo [25].

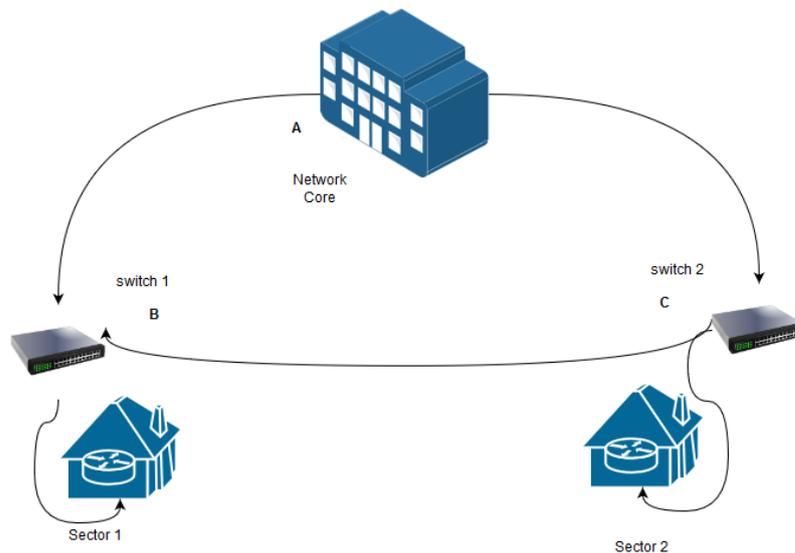


Fig. 2.8 Diagrama de funcionalidad de configuración en anillo

Conexión de red punto a multipunto con fibra óptica (P2MP)

Es una topología de red para la comunicación de datos que se lleva a cabo a través de la conexión que proporciona múltiples rutas desde una sola ubicación a múltiples ubicaciones, presentadas en la Figura 2.9.

El primer nodo de agregación está transmitiendo información a un número de usuarios finales sobre el mismo medio compartido, usando un transmisor. En la actualidad la topología punto a multipunto está en desarrollo. [26]

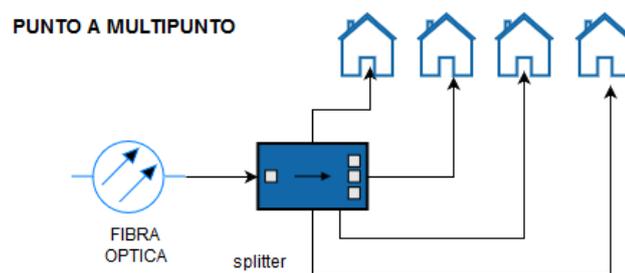


Fig. 2.9 Topología de la red punto a multipunto.

Red óptica pasiva Gigabit (GPON)

Una topología para llegar la fibra óptica hasta el hogar (FTTH) es GPON. Es una red de acceso punto a multipunto (P2MP) usando solo divisores ópticos pasivos en la red de distribución, vistas en la Figura 2.10.

La red GPON tiene una capacidad de descarga de 2.488 Gb/s y de subida 1.244 Gb/s. [27]

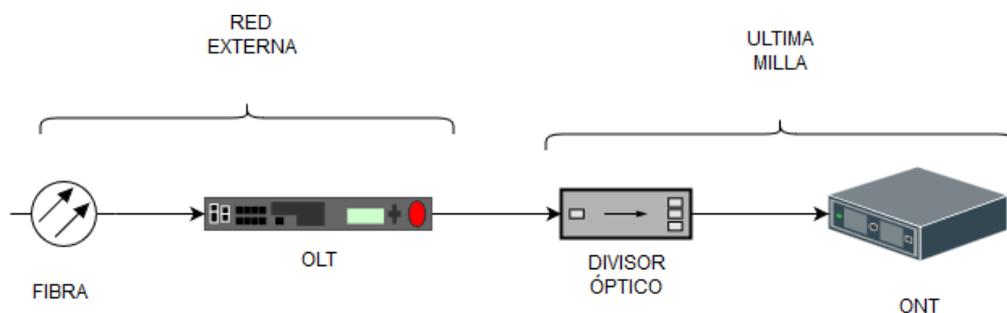


Fig. 2.10 Red de acceso GPON

Parámetros de diseño de una red de fibra óptica.

El diseño de la red comprende de dos capas: la activa y la pasiva. La infraestructura pasiva comprende todos los elementos físicos necesarios para construir la red de fibra óptica. Esto incluye objetos físicos como zanjas, ductos y postes en los que se despliega la fibra, cajas, marcos de distribución óptica, paneles de conexión, estantes de empalme, etc. La organización a cargo de esta obra normalmente será responsable de la planificación de rutas de red, negociaciones de derecho de paso y las obras civiles para instalar la fibra.

La red activa se refiere al equipo de red electrónica necesario para mantener viva la infraestructura pasiva, así como los sistemas de soporte operacional necesarios para comercializar la conectividad de fibra. El responsable de esta capa diseñará, construirá y operará la parte del equipo activo de la red. Para el diseño de una red o enlace FTTB y FTTH [28], necesita establecer y cumpliendo los siguientes parámetros:

- Distancia máxima de transmisión
- Balance de atenuación óptica para el sistema
- Tipo de fibra
- Atenuación para conectores
- Atenuación por unión o empalme
- Reflexión máxima (hacia atrás)
- Tipos de conectores
- Rango de envejecimiento o vida útil mecánica

Como usamos la fibra óptica tanto como la red telefónica y la red de datos, porque generalmente la transmisión de información es dato en sí, se acoplará el diseño dado en las secciones anteriores de telefonía.

Tipo de fibra óptica a usar

En el presente proyecto se usará la Fibra monomodo, como se observa en la Figura 2.11. El diámetro del núcleo de la fibra es muy pequeño y sólo permite la propagación de un único rayo (fundamental), el cual no se refleja en la fibra. Este efecto causa que su ancho de banda sea muy elevado, por lo que su utilización se suele reservar a grandes distancias. superiores a 10 km.

Antes de comprar la fibra óptica, tener en consideración acerca de los proveedores de servicios privados y sus exigencias a los fabricantes de cable para que cumplan las normas ITU-T G.657 [3]. Esta norma describe dos categorías de fibra óptica monomodo adecuada para su uso en las redes de acceso y la que más se ajusta para la urbanización es la categoría A por tener propiedades de transmisión e interconexión como las fibras G.652.D [4] con flexión mejorada pérdida y especificaciones dimensionales más ajustadas.

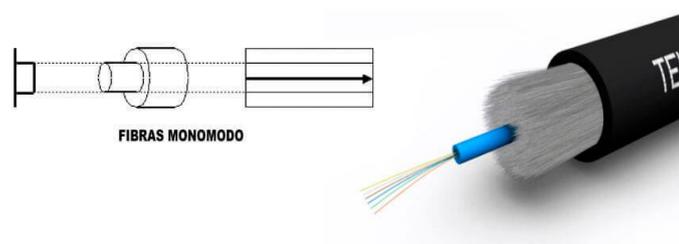


Fig. 2.11 Fibra Monomodo

Fuente: TelecOcable

Números de hilos de fibra óptica

El número total de fibras por usuario final o suscriptor está determinado por grado de utilización de componentes opto eléctricos activos que existen en la red.

En este proyecto se usa la tecnología WDM [29], los canales de enlace ascendente y enlace descendente viajarán a través de misma fibra, pero a

diferentes longitudes de onda. Esto implica que la cantidad de fibras y los conectores se cortan a la mitad, ahorrando costos y espacio.

Por lo tanto, para las 122 familias y residentes se pueden acortar ese número de fibras usando un splitter.

Divisores de fibra óptica – splitter

Un divisor de fibra óptica es un dispositivo óptico pasivo (no genera energía ni requiere potencia) que permite que una señal de luz en una fibra óptica se distribuya entre dos o más fibras. [30]

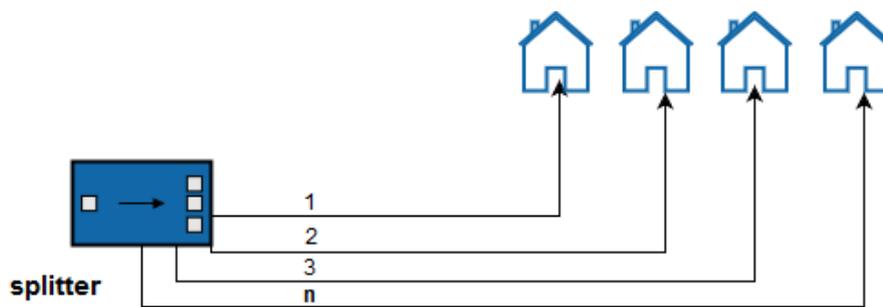


Fig. 2.12 Divisor de fibra óptica.

Como ejemplo básico, la Figura 2.12 muestra cómo la luz en una sola fibra de entrada puede dividirse entre cuatro fibras individuales.

Terminal de red óptica ONT

ONT es un módem óptico que se conecta al final de la red de última milla, como se muestra en la Figura 2.13. Los datos del proveedor provienen desde el OLT hasta el ONT. [16]



Fig. 2.13 Módem ONT

Tipos de conectores

En nuestra red FTTB, puede usar diferentes tipos de conectores: SC, LC, MU como se visualiza en la Figura 2.14 dependiendo del precio, el rendimiento, la esperanza de vida y el uso, aunque hay algunas recomendaciones para elegir una basada en la red final, y están enumeradas abajo [31]:

- Use conectores SC, LC o MU para sistemas WDM monomodo que tienen una fibra por suscriptor.
- Use cualquier tipo de conectores dúplex para sistemas con dos modos monomodo fibras por suscriptor.
- Use conectores dúplex SC, LC o MT para sistemas multimodo con dos fibras por suscriptor.



Fig. 2.14 Tipos de conectores para fibra óptica

Presupuesto de enlace de fibra óptica

Para el diseño del enlace o red de fibra óptica se deben tener en cuenta las pérdidas y limitaciones, el diseño consiste básicamente de dos funciones: (1) cálculo de las pérdidas de la potencia óptica que ocurre entre la fuente de luz y el fotodetector. (2) Determinación de las limitaciones de ancho de banda para la transmisión de datos impuestas por el transmisor, la fibra y el receptor.

Las principales causas de la atenuación en sistemas de fibra óptica son

- Pérdidas por acoplamiento
- Pérdidas por fibra óptica
- Pérdidas por conectores
- Pérdidas por empalmes

La suma de estas pérdidas de cada uno de los componentes entre transmisor y receptor determina el presupuesto de potencia del enlace óptico.

A continuación, veremos los parámetros a definir para el cálculo del presupuesto de fibra óptica.

Atenuación [α]

La atenuación en la fibra óptica es producida por la dispersión como consecuencia de los defectos microscópicos de la fibra, la absorción por motivo de materiales no deseados de la fibra y flexión debida a las curvaturas [32], su ecuación es:

$$P_{out} = P_{in} e^{-\alpha L} \quad (2.1)$$

Donde:

P_{out} es la potencia del receptor

P_{in} es la potencia del transmisor

L corresponde a la longitud de la fibra óptica

Ahora para conocer la pérdida total de la señal, desde el transmisor hasta el receptor, se debe calcular la pérdida por fibra que consiste en multiplicar la atenuación por la distancia en kilómetros, a ese resultado se debe sumar con las pérdidas de conectores (dependiendo del número de conectores, se debe multiplicar por el valor de pérdida de un conector) y la pérdida por empalme.

Central Telefónica – PBX

Las centrales telefónicas cubren la demanda de servicios telefónicos que existe en las compañías privadas. Se pretende evitar el gran número de conexiones entre los distintos aparatos telefónicos de los abonados a este servicio, de manera que todos los teléfonos de abonados están conectados a esta central, y es a través de ellas como se pueden comunicar con cualquier aparato telefónico de otro abonado sin necesidad de tener que conectar a todos los aparatos telefónicos entre sí [33].

Por lo tanto, una central telefónica es el punto de unión de todas las conexiones de todos los teléfonos de los abonados de un determinado lugar. La función que realizan las centrales telefónicas es conectar de manera correcta a los abonados al servicio telefónico entre sí; ponen en contacto al abonado que llama con el destinatario de la llamada (abonado de destino).

Parámetros de los códecs de voz para comunicaciones VoIP

Un códec es necesario para la conversión de señal de audio analógico a señal digital para transmitirlo en la red de datos. Las características de un códec para comunicación son las siguientes:

Bit Rate

Es la tasa de bits procesados por el tiempo de la muestra, es decir, cuanta información se envía por un tiempo determinado. [34]

Sampling Rate

Es la frecuencia de muestreo o número de muestras que se transportan por la red de comunicaciones por una unidad de tiempo [34].

Frame Size

Medición dado en milisegundos de que informa el tiempo de envío entre paquetes de voz. [34]

Jerarquía de centrales telefónicas

Los centros de conmutación (nodos) de comunicaciones, son el punto donde se reúnen las conexiones de todos los equipos terminales de comunicación (teléfonos) de una “Área Local” o área del nodo de conmutación.

Al conjunto de elementos necesarios para unir al usuario con la central telefónica (como el par de cables, canalizaciones, cajas de registro, etc.) se le denomina red de usuarios o bucle local.

Las redes de telefonía que pueden dividirse en dos partes:

Red de acceso. Permite la conexión del usuario a la red troncal, dispone de centrales (nodos) de pequeña y mediana capacidad.

Red Troncal. Constituida por dos niveles: la red nodal de conmutación, tránsito y la red de transporte.

Para que tenga un correcto funcionamiento, es necesario que las centrales telefónicas o áreas locales de diferentes lugares estén conectadas entre sí, como se observa en la Figura 2.15, para ello existe la central primaria de mayor categoría que la local. Esta central primaria se encarga de conectar a todas las todas las centrales de las diferentes áreas locales.

Un área primaria sería un conjunto de áreas locales pertenecientes a centrales locales que dependen de una misma central primaria. Por lo que cada central local depende de una sola central primaria, mientras que cada central primaria tiene a varias centrales locales a las que les presta sus servicios [35]

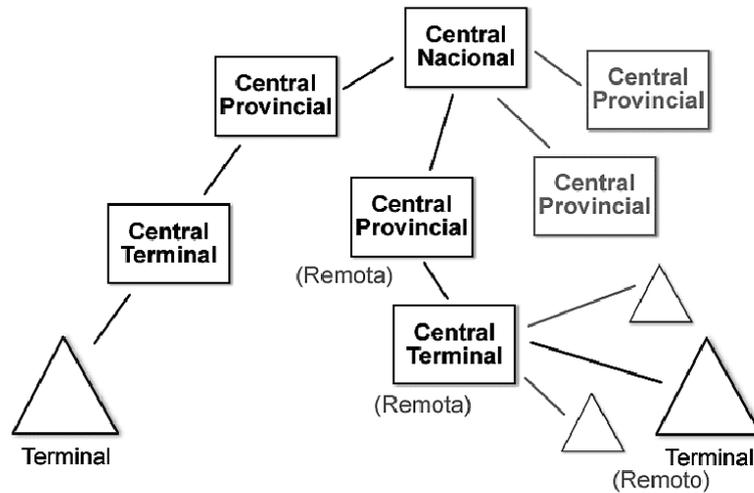


Figura 2.15 Estructura Jerárquica de la Red Telefónica.

Fuente: Principios Básicos de la Red Telefónica, la Conmutación y el Teletráfico.

Cálculo del número de líneas telefónicas

Tener el número correcto de líneas troncales en su lugar es fundamental para el rendimiento de su sistema telefónico, para el nivel de servicio que reciben sus clientes y prospectos, y para la rentabilidad de su negocio. Para determinar cuál es ese número, la ingeniería de tráfico usa análisis de probabilidad y herramientas de pronóstico estadístico para predecir los niveles de actividad de la persona que llama a fin de establecer la cantidad de líneas necesarias para manejar un volumen esperado de llamadas. Estos cálculos hacen uso de la ley de números grandes, que para nuestros propósitos infiere que el comportamiento general de las llamadas en un sistema puede predecirse con certeza razonable, incluso si el comportamiento de cualquier llamada en el sistema no puede.

La empresa CNT provee líneas telefónicas con una capacidad de 2048 bps y el tiempo de llegada al concentrador es de cada 0.208 segundos. Con esa información podemos calcular el número mínimo de líneas de salida para cursar el tráfico mostrado con anterioridad, como se representa en la Tabla 2.1 que usa la Ecuación 2.1 [36]

Usando la fórmula de Earlangs [37]:

$$E(v, C) = \frac{v^C}{C!} \left[\sum_{i=0}^C \frac{v^i}{i!} \right]^{-1} \quad (2.2)$$

Donde C es el número de líneas, con un promedio de v llamadas que comienzan por minuto, y que la duración promedio de una llamada es de un minuto. E (v, C) representa la proporción de personas que llaman que encuentran todas las líneas ya llenas, por lo que no podrían realizar su llamada hasta más tarde.

Tabla 2.1 Número de troncales según Erlang.

Fuente: VoIP: la telefonía de Internet (Carballar F.,2008)

n (Número de troncales)	Probabilidad de pérdida				
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02
1	0.00705	0.00806	0.00908	0.01010	0.02041
2	0.12600	0.13532	0.14416	0.15259	0.22347
3	0.39664	0.41757	0.43711	0.45549	0.60221
4	0.77729	0.81029	0.84085	0.86942	1.0923
5	1.2362	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571
6	1.71531	1.8093	1.8610	1.9090	2.2759

Elementos para el análisis de tráfico de voz y datos

Para enviar información en una red IP se debe codificar y armar paquetes de datos. Con la información del códec G.711 que se usará en nuestro proyecto, nos brinda la información de ancho de banda, la velocidad de bits, el empaquetamiento de la trama y el retardo para sí poder calcular el tráfico de voz. [38]

Con respecto al tráfico de datos, nos enfocaremos en la trama de datos en general ya que tenemos la velocidad de la trama dado por el proveedor de ISP y se definen a continuación las expresiones matemáticas para analizar los tráficos de datos y voz en secciones separadas en el capítulo 4 de este documento. [39]

Intensidad de Tráfico de voz

El volumen de un circuito telefónico durante un periodo es igual al número de líneas ocupadas durante ese tiempo [40]. Su ecuación es:

$$V = n d \quad (2.3)$$

Donde:

V representa el volumen promedio de tráfico,
d es el tiempo medio de duración de llamadas, y
n es el número de llamadas.

Intensidad

La intensidad es el promedio de llamadas realizadas y se representa con la unidad Erlang. Un Erlang significa que el elemento de red está ocupado durante el tiempo de observación, normalmente es de 1 hora [41].

Procedemos a calcular el tráfico mediante la ecuación:

$$E(v, C) = \frac{v^C}{C!} \left[\sum_{i=0}^C \frac{v^i}{i!} \right]^{-1} \quad (2.4)$$

Donde:

V es el volumen del tráfico
tobs es igual al tiempo de observación

Análisis de tráfico VoIP

Para transmitir la voz en la red de datos se debe empaquetar las señales con el protocolo de transporte en tiempo real (RTP), el datagrama de usuario (UDP) y los encabezados de IP para encapsularlos en la interfaz de red. [42] En la figura 2.16 se ilustra un paquete IP con una carga de voz comprimida.



Figura 2.16 Encabezados IP para la carga útil de voz comprimida.

Fuente: VoIP Voice and Fax Signal Processing [43]

Estos encabezados sirven para la entrega final del paquete de datos para la red de comunicación.

Con esto se usará la etiqueta MPLS que es el estándar del transporte de datos en redes (recuerde que actualmente la voz también es considerada dato), y con esto se puede calcular el tráfico de voz en la red.

Una vez buscado la longitud del paquete, un dato ofrecido por el proveedor de servicio de voz, se calcula la tasa de tráfico definido por [44]:

$$Bw = Nc \frac{(Lp \times \text{UDP header})}{N \times T} \quad (2.5)$$

Donde:

Nc es el número de celdas

Lp es la longitud de la trama

UDP header es la cabecera del protocolo UDP

N es la cantidad de tramas por paquete

T es el tiempo de la trama

Ahora para conocer el número de celdas, es necesario conocer que trabajamos sobre una red IP y por eso se selecciona el tipo ruteado y la ecuación es la siguiente [44]:

$$N_c = \text{floor} \left(\frac{8\text{bytes(RFC1483)} + 8\text{bytes(AAL5)} + \text{Longitud del paquete IP}}{48} \right) + 1 \quad (2.6)$$

Considerando la estructura del header en modo ruteado es:



Figura 2.17 Estructura del Header Ruteado

Fuente: VoIP Voice and Fax Signal Processing [43]

A continuación, se define el ancho de banda en función del paquete VoIP sin incluir las interfaces de red.

Ancho de banda de una llamada

El ancho de banda está relacionado con el uso del códec y el ancho de banda propia de la compresión [45].

$$B_w = (\text{codec [bit/trama]}) \times \left(\left[\frac{\text{tramas}}{\text{segundo}} \right] \right) \quad (2.7)$$

Para calcular el ancho de banda total requerido en una red VoIP (IP Voz), se calcula el ancho de banda de la primera llamada y luego multiplicar ese valor por el número de llamadas simultáneas. [45]

Las llamadas que pueden establecerse en una red equivalen al concepto de troncales, por lo tanto, la ecuación general es:

$$\text{Ancho de banda Total} \\ = \text{Ancho de banda de una llamada} \times \text{número de troncales} \quad (2.8)$$

Para tener el ancho de banda requerido considerando el número de llamadas recurrentes de debe multiplicar el ancho de banda total por la cantidad de llamadas concurrentes [46].

$$Bw_{\text{correspondido}} = Bw * \text{llamadas concurrentes} \quad (2.9)$$

Calidad de servicio (QoS)

En un sistema ideal se espera que todas las líneas que ingresan a una central de conmutación se efectúe la comunicación. Por lo tanto, el QoS mide las tomas o líneas exitosas haciendo un barrido total de llamadas que ingresan al sistema [45]

Pérdida de paquetes para voz

Si el número de servidores es menor que la máxima carga de tráfico posible existe la probabilidad que en cualquier momento no se pueda aceptar las solicitudes de llamadas. [47]

Para representar la pérdida se usa la fórmula de Erlang B siendo ésta recursiva [47]:

$$B(N, A) = \frac{A * B(N - 1, A)}{N + A * B(N - 1, A)} \quad (2.10)$$

Donde:

$B(0, A) = 1$

N: número de canales o servidores

A: tráfico ofrecido

Análisis del tráfico de datos sobre la red de fibra óptica

Para conocer el retardo en la transmisión de un paquete de fuente hasta el destino final, es decir desde el cuarto de telecomunicaciones donde se encuentra la red del proveedor hasta el cliente, se realiza la medición de ida y vuelta (RTT).

El tiempo necesario para que los bits pasen hasta la etapa final, es decir lleguen hasta el usuario, viene dada por:

$$d = L/R \quad (2.11)$$

R es la tasa de bits

L es la longitud del paquete

d es el retardo

La velocidad de propagación del enlace depende del medio físico y la ecuación que la representa es:

$$D_p = d/s \quad (2.12)$$

Donde d es la distancia, s es la velocidad de propagación y D_p es la velocidad del enlace en Mbps. [48]

Pérdida de paquetes para datos

Las pérdidas son producidas porque el sistema de colas (búfer), que son destinadas para guardar datos del emisor hasta que lleguen al usuario final, no es infinito y al momento de sobrecargarse, se pierde los paquetes.

Para controlar esa pérdida lo aconsejable es limitar la tasa de envío ya que los dispositivos receptores no pueden procesar a la misma velocidad del que envía los datos. [48]

CAPÍTULO 3

2) LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN PARA EL SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES.

En esta sección se realiza el levantamiento de información relacionado a las tarifas y servicios de datos que ofrecen las empresas de telecomunicaciones tanto particular o comunitario. Además, para el diseño contamos con los planos civil y telefónico ya que nos ayuda con el esquema del cableado si es de tipo aéreo o subterráneo y de esta manera cotizamos la implementación en el capítulo 4.

3.1 Tarifas para el servicio de Internet.

Los resultados de la estimación tarifaria para un usuario particular se dan en la Tabla 3.1, en donde se aprecia los planes de internet clasificados según los megas adquiridos.

Tabla 3.1 Planes de Internet de fibra óptica de CNT

Fuente: CNT [49]

SERVICIO	Velocidad del paquete [Mbps]	Precio
INTERNET Fibra óptica	5	\$23,41
	10	\$27,89
	15	\$33,49
	25	\$ 40,32
	50	\$ 55,89
	80 Mbps	\$ 89,60

La empresa Netlife también ofrece en su página oficial los planes de Internet para residencias y corporaciones en la Tabla 3.2 [50]

Tabla 3.2 Planes de Internet de la empresa Netlife

Fuente: Precios ofrecidos por Netlife (2018).

Tipo	Mbps	Total (USD)
Starter Defense	20	\$ 38,49
Geek Cloud	50	\$ 62,98
Gamer Defense	75	\$ 75,49
	100 Mbps	\$ 115,90
	200 Mbps	\$ 224,00

Dadas las tablas 3.1 y 3.2 respectivamente, si un usuario contrata el servicio de telefonía de CNT y de Internet básico de 5 Mbps, sumando esos valores se paga en total \$32,36 incluidos impuestos y fuera de otros gastos de consumo de ancho de banda.

También tenemos al proveedor de Intercom con su sucursal en Playas descrito en la Tabla 3.3:

Tabla 3.3 Planes de Internet de la empresa Intercom

Fuente: Precios ofrecidos por Intercom (2017).

SERVICIO	Velocidad del paquete [Mbps]	Precio
INTERNET Radioenlace	1	\$22,80
	1.5	\$28,50
	2	\$34,20
	2.5	\$ 45,60

De acuerdo con la Tabla 3.3 el proveedor Intercom ofrece el servicio de Internet con tecnología de radioenlace, pero con respecto al proyecto no nos abastece su cantidad de ancho de banda.

3.2 Tarifas para el servicio de voz.

De acuerdo con la demanda generalizada de datos del sector, podemos analizar las tarifas que oferta el proveedor CNT según la tabla 3.4:

Tabla 3.4 Demanda de voz de acuerdo con los planes de CNT.

Fuente: (CNT, 2014)

Tarifa	Velocidad down kbps	Velocidad up Kbps	Velocidad total Kbps	Demanda
1	600	250	850	5.6%
2	1024	250	1274	2%
3	1400	250	1650	1.65%

La Tabla 3.4 detalla las diferentes tarifas o planes de voz que ofrece CNT, tanto la velocidad de voz de subida y de bajada y se muestra el total de esa capacidad de transmisión. Ahora de acuerdo con CNT, detalla los porcentajes de demanda de sus clientes con respecto a cada velocidad de transmisión. Con esta información nos ayuda a escoger el ancho de banda necesario para nuestra red comunitaria y ofrecer el servicio de voz.

Tabla 3.5 Planes de voz de la empresa CNT

Fuente: Precios ofrecidos por CNT (julio 2018).

Usuario	Fijo (USD)	Número de troncales	Minutos Incluidos	Total (USD)
Particular [51]	\$6.944	1	150	\$6.944
Corporativo [52]	\$168.00	20	-	\$ 4.666

La tabla 3.5 dada con anticipación fue escogida de la página de CNT donde muestran los precios de las tarifas de voz de acuerdo con los números de troncales.

Para la implementación de nuestro proyecto se recomienda el plan de Troncal Telefónica de 20 líneas ofrecidos por CNT ya que cubre los requerimientos mencionados en el capítulo 4 de este documento.

3.3 Planos otorgados por la urbanización.

En la Figura 3.18 se muestra la ubicación general de la zona en donde se realizará el proyecto, esta zona corresponde a Villamil Playas en Ecuador con una distancia de 13,64 km desde la vía Data de Posorja.

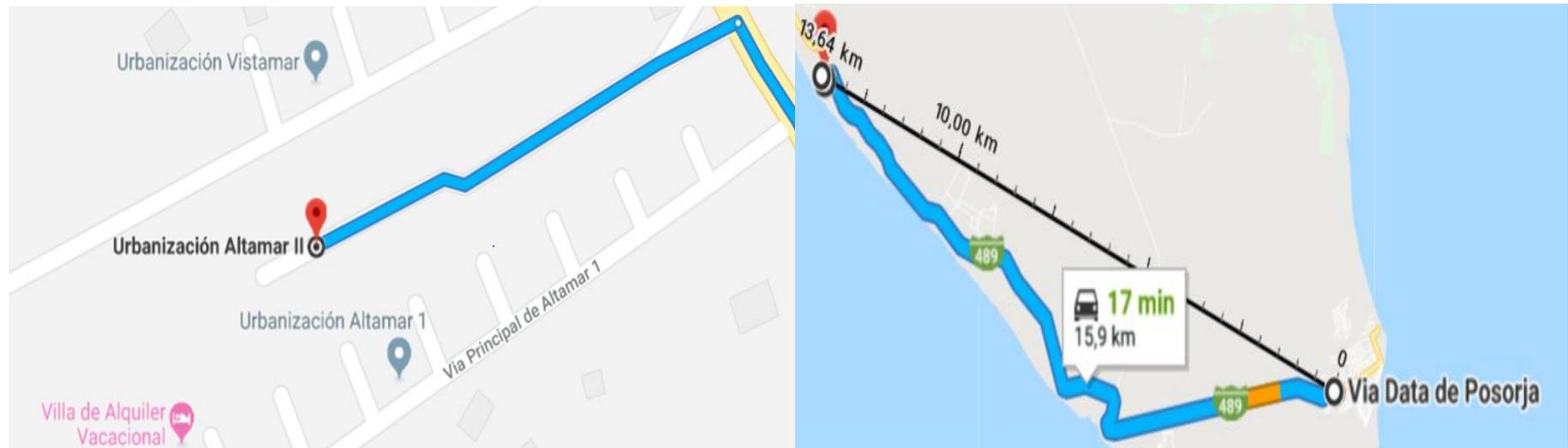


Figura 3.18 Localización de la urbanización Altamar II. La línea azul es la vía Data de Posorja

Fuente: Ambiensia.

En la figura 3.19 se presenta el plano civil de la urbanización Altamar II situada en Villamil Playas, Ecuador. El plano contiene la distribución de lotes, las vías peatonales, vías vehiculares, área social, ubicación de las villas, el edificio principal, áreas verdes y la garita.

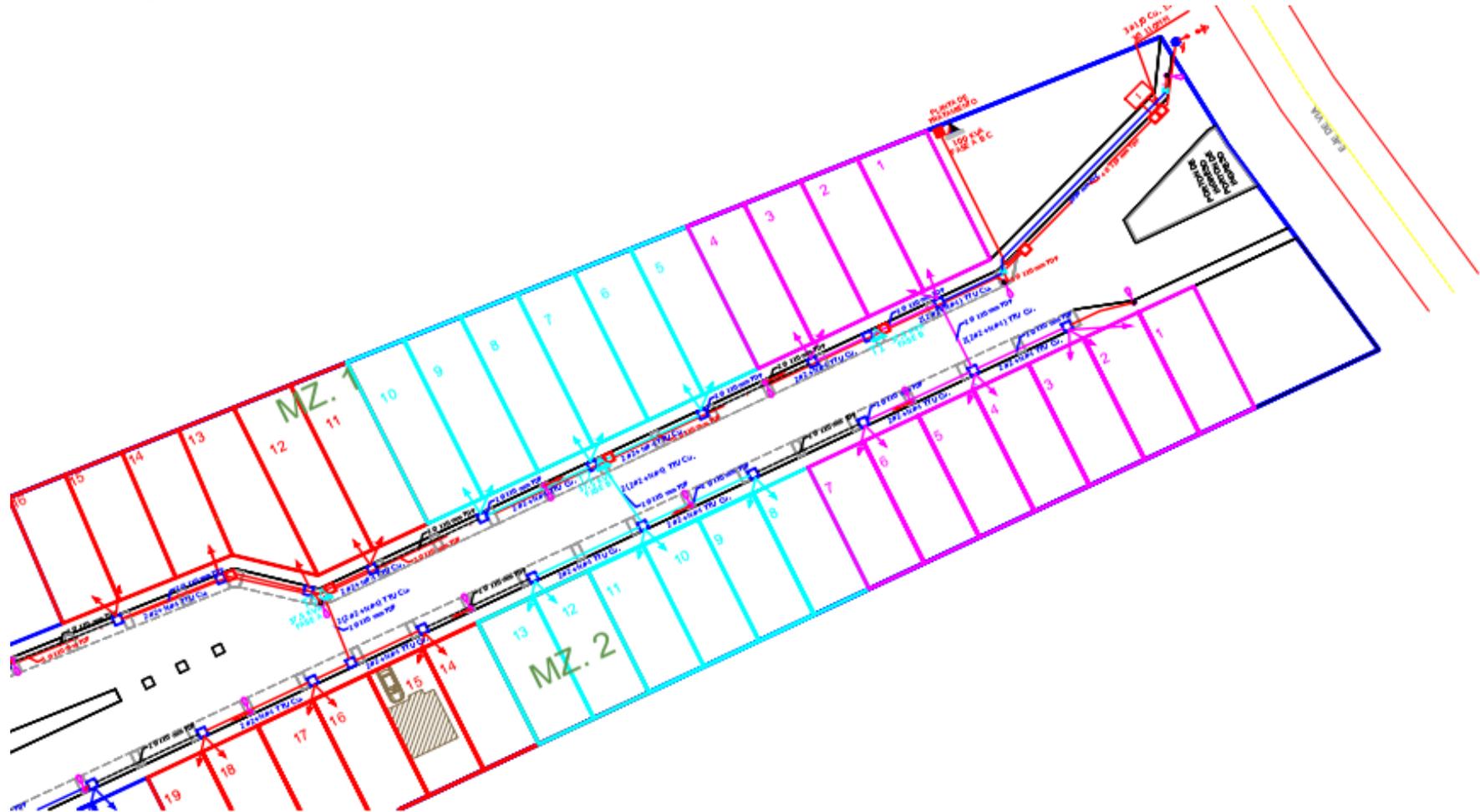


Figura 3.19 Plano de la urbanización Altamar II.

Fuente: Ambienssa.

A continuacion presentamos la simbologia usada en el plano:

-  Simbología del alumbrado
-  Terreno Solar
-  Títulos
-  Tomacircuitos
-  Transformador
-  UR-101
-  UR-102
-  UR-103
-  UR-104
-  UR-105
-  UR-107
-  VALORCUADRICULAR
-  VALORCURVANIVEL
-  VEGETACION
-  VENTANAS
-  ZONIFICACION

POSTE DE HORMIGON 12M 500Kg. (PLAN MAESTRO)
ACOMETIDA SUBTERRANEA 3#1/0- 15 KV XLPE 90°C + N#2 Cu. AISLADO
PARARRAYOS TIPO VALVULA 10 KV (3U)
CAJA DE PASO DE MEDIA TENSION 90X90X90 CM.
CAJA DE PASO DE MEDIA TENSION 180X90X90 CM.
CONDUCTOR # 2- 15KV 90°C XLPE + T#4 Cu. AISLADO
EN TUBERIA TDP 4" (SE INDICA CANTIDAD DE FASES)
SIMBOLOGIA
INTERRUPTOR PAD MOUNTED MODELO VISTA 413- 15 KV. (1U)
CANTIDAD DE DUCTOS TDP 110MM
LINEA MEDIA TENSION TRIFASICA AEREA EXISTENTE
CANTIDAD DE CIRCUITOS DE MEDIA TENSION
CAJA FUSIBLE 100A 27 KV (3U)
TRANSFORMADOR MONOFASICO PAD-MOUNTED TIPO MALLA
TRANSFORMADOR TRIFASICO PAD-MOUNTED
SOBRE BASE DE HORMIGON (SE INDICA CAPACIDAD, FASE Y NUMERO)

3.5 Plano de una casa modelo de la urbanización.

En la Figura 3.21 se aprecia el plano que, la constructora Ambiansa nos ofrece los modelos de villas cada una con su respectiva división para cocina, comedor, sala, dormitorio.

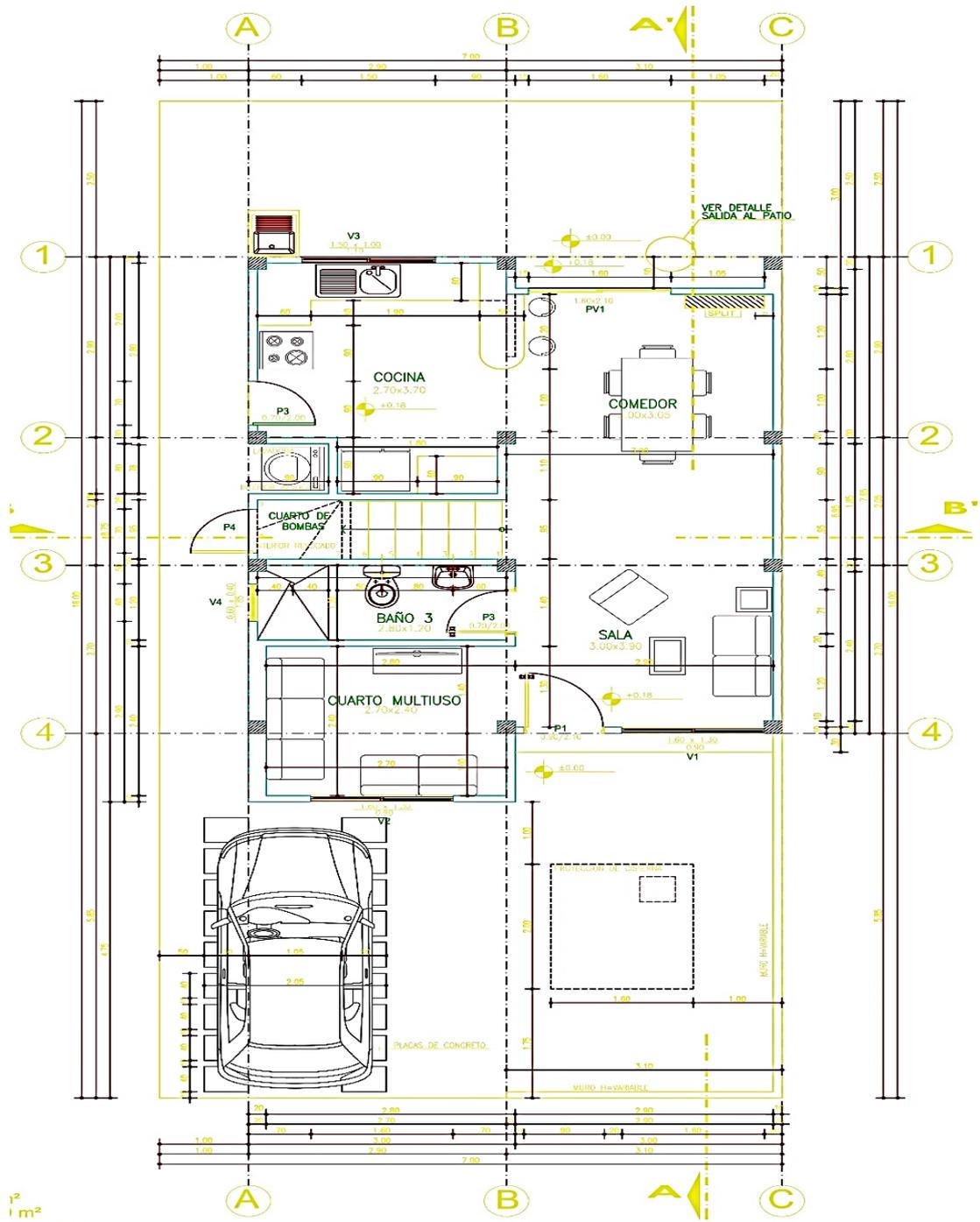


Figura 3.21 Plano de casa modelo VILLA ACQUA

Fuente: Ambiansa

CAPITULO 4

3) DISEÑO DE LA RED COMUNITARIA PARA BRINDAR SERVICIOS DE VOZ Y DATOS.

Consiste en el diseño de una red de VoIP y de datos según las normativas relacionadas con las instalaciones de fibra óptica como el estándar de cableado para instalaciones clientes ANSI/TIA 568C [53].

Se propone el diseño de la red eléctrica que alimente el cuarto de rack y en base a esto se realiza el diseño de la red de fibra óptica tanto externa como de la última milla y los respectivos presupuestos para la obra civil, la construcción del cuarto de rack y la compra de equipos para fibra óptica.

Para realizar el diseño de la red de fibra óptica, primero necesitaremos el ancho de banda para voz y datos que abastezcan a las 122 familias de la urbanización y nos basaremos en el capítulo 2 tomando en consideración los conceptos de telefonía y como está subdividida la información por medio de paquetes de datos y calcular la velocidad de transmisión en unidades bps (bits por segundos).

4.1 Requerimientos del diseño para la red comunitaria

Para realizar una implementación de infraestructura óptica de la mejor manera posible, es esencial para conocer el escenario de despliegue, sus particularidades, destacando las características importantes.

El área residencial tiene 54 sectores donde se encuentran las villas y al frente de ellas el edificio, la distancia desde el edificio hasta la garita es de 500

metros de largo y de ancho 70 metros, que exigirá por lo tanto una adquisición de 1,2 kilómetro de fibra óptica.

Con el diseño de red con fibra óptica detalladas en la Tabla 4.6, los servicios pueden incluir:

Tabla 4.6 Detalle del consumo de ancho de banda con respecto a los servicios ofrecidos tanto para Internet y Voz

Fuente: CNT-EP

	Velocidad de transmisión
Broadcast:	
1 canal HDTV:	1 Mbps
Aplicaciones en tiempo real:	
Juegos en línea:	1 Mbps
Domótica, VoIP, audio ...	1 Mbps
Internet de banda ancha:	
Web, correo, P2P ...	2 Mbps

Los datos de la Table 4.6 fueron adquiridos del diario el Tiempo, pero modificado el consumo diario ya que la mayoría de la población pasa los fines de semana [54]

Esto generará un total de 5 Mbps por hogar y, por lo tanto, necesitará un ancho de banda de 5 Mbps/usuario x 122 usuarios = 610 Mbps para proporcionar este servicio a todos los usuarios.

Con esto en mente, solo necesita un enlace GPON con 2.5 Gbps de bajada y 1.25 Gbps de subida [55].

La tabla 4.7 muestra la cantidad de ancho de banda de los distintos proveedores locales de Internet y de Voz y con esto tener el criterio para la contratación del proveedor ISP para el servicio de la red comunitaria.

Tabla 4.7 Planes de servicios de voz y datos con diferentes proveedores mencionados en este documento

	Usuario para Voz y Datos	QoS	Ancho de Banda para voz mínimo	Ancho de Banda para datos mínimo
CNT	122	1	850 Kbps x 122 usuarios	5 Mbps x 122 usuarios
Netlife	122	1		20 Mbps x 122 usuarios
Intercom	122	1		2.5 Mbps x 122 usuarios

4.2 Parámetros necesarios para el diseño de una red de fibra óptica.

Se tomaron en consideración estas premisas para la elaboración del estudio técnico de la red:

- Solución híbrida con un esquema de red escalable
- Soporte de QoS ante un volumen considerable de tráfico
- Autonomía de la alimentación eléctrica para los equipos de red
- Diagrama de la redundancia en la red.

A continuación, se muestra los detalles para el cálculo del ancho de banda tanto para voz y datos usando el concepto de tráfico de datos (En telecomunicaciones ya se considera los servicios de voz como datos). [56]

Volumen proyectado de tráfico en hora pico para el sistema de VoIP

Para representar el tráfico observamos tendencias estadísticas que en el campo de la telefonía se denomina variaciones periódicas, que pueden ser:

- Variaciones diarias
- Variaciones semanales
- Variaciones estacionales

Ante cierto de número de llamadas se obtiene el volumen del tráfico si se conoce el tiempo medio de duración de estas.

De acuerdo con la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) menciona en el boletín estadístico, el evidente crecimiento del tráfico de llamadas a nivel nacional [57].

4.3 Análisis del tráfico de voz

Considerando que la carga de la red es similar en los viernes sábado y domingo por la cantidad de gente que viene a la urbanización, se selecciona estos días para calcular todas las tramas de datos desde las 8am hasta las 12 pm.

Las funciones que usan la red son la transmisión de archivos hasta la impresora de red, transferencias de archivos, programas especializados y correos electrónicos.

En condiciones de carga normal en días vacacionales, se espera el consumo entre 600 tramas, con un promedio de tamaño por trama de 500 bytes dando un total de 3,00000 bytes transportados.

Cálculo de la tasa de voz sobre IP (VoIP).

Cada paquete posee un tamaño de 53 bytes en los cuales se divide en: **header**: usa 5 bytes del paquete para identificación de errores y el **payload** (48 bytes) que contienen datos de información del usuario.

Una vez obtenido la longitud del paquete total, se procede a calcular la tasa de tráfico:

$$Bw(\text{bps}) = Nc \left(\frac{53 \times 8}{N(T_t)} \right) \quad (4.1)$$

Donde:

Bw: tasa de datos

N: Cantidad de tramas por paquete

T_t: tiempo de la trama

Nc: numero de celdas (depende si es ruteado o no)

Para el cálculo del número de celdas (Nc) se puede elegir el Header en modo ruteado usando la [ecuación 2.6](#):

$$Nc = \text{floor} \left(\frac{8\text{bytes(RFC1483)} + 8\text{bytes(AAL5)} + \text{Longitud del paquete IP}}{48} \right) + 1 \quad (4.2)$$

La velocidad de transferencia total de datos de los diferentes paquetes disponibles al usuario se presenta en la tabla 4.6, estos paquetes se realizan una compresión de 2:1.

Tabla 4.8 Tráfico de voz para las diferentes tarifas.

Fuente: CNT-EP

Tarifa	Velocidad Total Kbps
Tarifa 1	425
Tarifa 2	637
Tarifa 3	825
Tarifa 4	1850

Valor del ancho de banda para la red VoIP.

Los cálculos presentes se redimensionan al uso del 30% del ancho de banda a contratarse, debido a que el ancho total de fibra óptica monomodo es de 100 GHz y la que se va a contratar por la entidad competente [58].

El códec de audio a elegir es G.711 [59] ya que carece de licencia y ofrece una mejor calidad de voz para ambos extremos, pero consume más ancho de banda. Aun así, ofrece un alto rendimiento en la transmisión de datos en una red local.

Los parámetros del códec G.711 se presentan a continuación de la tabla 2:

Tabla 4.9 Parámetros del códec G.711.

Fuente: ITU G series

Payload	Tamaño header	Tramas por segundo
160 bytes	14 bytes	50

El ancho de banda nos queda: (tomada de la [ecuación 2.9](#))

$$Bw = \left(1712 \frac{\text{bits}}{\text{tramas}}\right) \left(50 \frac{\text{tramas}}{\text{segundo}}\right) = 85.6 \text{ Kbps} \quad (4.3)$$

El valor de 85.6 Kbps es necesario para la comunicación en una sola dirección, de manera que necesitaremos el doble del ancho de banda para una comunicación bidireccional.

Se dimensiona el ancho de banda de acuerdo con el tráfico analizado empíricamente dentro de la urbanización. El porcentaje de ocupación del ancho de banda corresponde en (estos valores son tomados empíricamente de un sitio destinado para vacacionar):

- Un 10% para un día ordinario vacacional
- Un 50% para un tráfico no común
- Un 40% para un posible colapso de la red (minutos fuera de servicio)

Para la urbanización las llamadas solicitadas son de promedio 9 llamadas simultáneas por eso en la [Ecuación 2.8](#), del ancho de banda correspondido debe duplicarse de tal manera que el ancho de banda requerido para implementación es:

$$Bw_{\text{correspondido}} = Bw * 9 [\text{llamadas simultaneas}] * 2 = 1.54 \text{ Mbps} \quad (4.4)$$

Estimación del número de troncales para contratar los servicios de telefonía fija a nivel residencial y local.

Parámetros fijados:

- Promedio de duración de llamadas: 3 min
- Promedio de recepción de llamadas en la central: 3,5 min
- Tiempo de observación: 60 min

Los parámetros se centralizan en un evento general al momento de usar una línea telefónica convencional. El tiempo de duración de llamada es un tiempo estimado que una persona usa el teléfono, el promedio de recepción de llamadas se obtuvo de los datos de CISCO VoIP [60] y el tiempo de observación es de 60 minutos como lo mencionado en el marco teórico.

Tabla 4.10 Simulación de los parámetros de tráfico para estimar el número de líneas en la central.

Número de usuarios	Hora pico – Número de llamadas entrantes	Hora pico – Número de llamadas salientes	Volumen de tráfico [Er]	Intensidad de tráfico [Er]	# troncales salientes
130	39	28	3,611	0,0602	9
180	79	58	7,391	0,1232	14
230	110	80	10,247	0,1708	18
280	140	118	14,001	0,2334	20
330	190	140	17,807	0,2968	21
430	220	170	21,087	0,3514	14
630	260	200	24,867	0,4144	16
830	319	230	29,597	0,4933	19
1030	400	315	38,690	0,6448	24

Al observar la tabla es evidente que el primer evento nos da el número de troncales antes de que se colapse el servicio por el tráfico, por ello se tomara medidas en base al grado de servicio dado por el proveedor de VoIP.

4.4 Análisis del tráfico de la red de datos

Dependiendo del ancho de banda a contratarse, en nuestro caso es de un enlace GPON de 2,15 Gbps, pero eso no significa que se vaya a ocupar al 100% del ancho de banda, sino que usando la [ecuación 2.6](#) y con la longitud del paquete a 70, se obtiene un retardo de 28 picosegundos lo que indica el imposible colapso de la red por excesiva transmisión de datos.

Para realizar la captura de paquetes en la urbanización, ya que cuentan con un servicio temporal de Internet por Intercom, se usó un software gratuito llamado Wireshark [61]

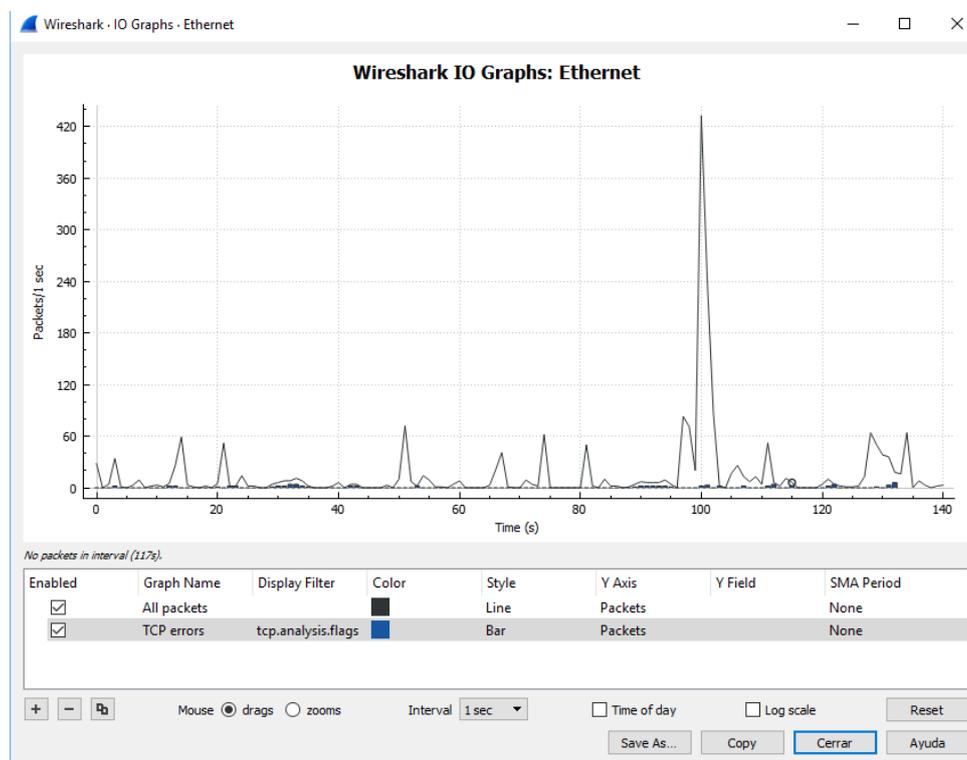


Figura 4.22 Tráfico de red – velocidad del paquete por unidad de tiempo

La gráfica presenta la transmisión y recepción de paquetes de datos en un día ordinario con el router provisto por la empresa Intercom. Fijándonos en el eje de las “y”, los picos muestran la relación de la entrada y salida del paquete de datos y llegan hasta 60 en promedio, lo cual quiere decir que el servicio a contratarse ofrece un paquete de 53 bytes descrita anteriormente en este documento.

4.5 Disponibilidad de la tecnología para la red comunitaria:

Los proveedores de servicios de Internet son: CNT, Netlife

El proveedor de voz es: CNT

Disponibilidad de equipos: Cambium

Disponibilidad del financiamiento: préstamo bancario

Demanda: actualmente es de 122 familias de la urbanización Altamar II.

Dimensión de los recursos necesarios.

Este proyecto se llevará a cabo con la infraestructura basada en el reglamento de la ITU y la ramificación dada en el documento del Ing. Pauta Edgar sobre las normas para el diseño de redes telefónicas [5]:

- Espacio para la Central Telefónica y Servidores de Comunicación
- Cuartos de Telecomunicaciones

El equipamiento requerido para la instalación del servicio de Telefonía IP será instalado en los cuartos de racks a diseñarse.

Descripción de la implementación de una red para brindar servicios de telecomunicaciones.

Para levantar la red de telefonía IP se requiere llevar a cabo el proceso dado en la Figura 4.23 dada a continuación, sin tomar en consideración el tiempo de instalación de cada ítem porque depende del personal técnico, pero se da el estimado total de 5 meses para la implementación de la red.

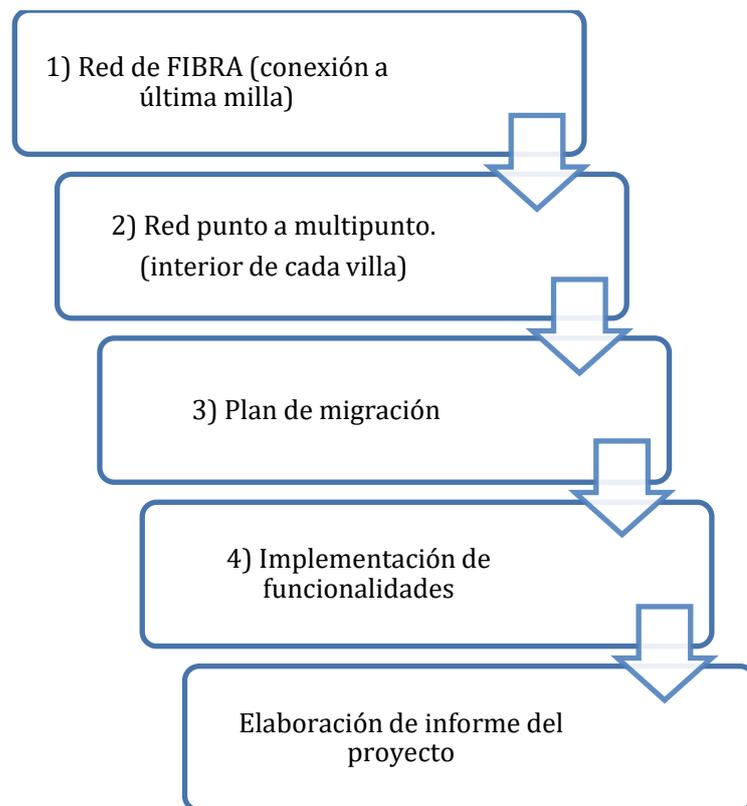


Figura 4.23 Proceso de la implantación de la red comunitaria para $n > 100$ usuarios

1) Se tiene que realizar un buen cableado estructurado cumpliendo con la certificación de la norma ITU ITU-T G.657 [62]. Una vez cumplido ese paso se prosigue con la infraestructura del splitter, depende del criterio del técnico

si comprar un solo splitter con más de 100 hilos o dividir el sector para comprar dos splitter, uno que sea para el edificio y el otro para las villas.

Cumplir con el soporte de calidad QoS mencionado en este documento y realizar medición de parámetros de red mediante software: latencia y pérdidas de paquetes. [44].

Todo esto es el cableado de la red externa hasta la última milla para brindar el servicio de telecomunicaciones.

2) Una vez implementada la red, nos concentramos en la última milla, es decir, la conectividad hasta el usuario final.

Los routers deben ser analizados y verificados para considerar el tráfico de red (tipo ATM).

Se debe tener el diagrama completo de la red para estar preparado ante cualquier posible cambio o aumento de esta. [63]

3) Identificación de usuarios y elaboración de perfil.

4) Configuración de servidores y Gateway

En esta sección se realiza prueba de calidad de los servidores y verificar la conectividad. Se configura las funcionalidades en la red VoIP como es el caso del plan de numeración.

Se designa las extensiones IP para todos los residentes.

4.6 Diseño de la red de fibra óptica.

Se presenta el diseño de la planta externa y última milla de fibra óptica para el servicio de telecomunicaciones. De derecha a izquierda se señala al proveedor ISP o servidor SIP para transmitir datos o voz sobre la red IP, seguido por la central de comunicación que viene siendo parte de la urbanización con sus routers respectivos y un firewall de protección de la

red. De ahí la línea de fibra será repartida con el splitter de 128 hilos al edificio y a las villas incluida la garita y el área social que se sitúa cerca de la playa.

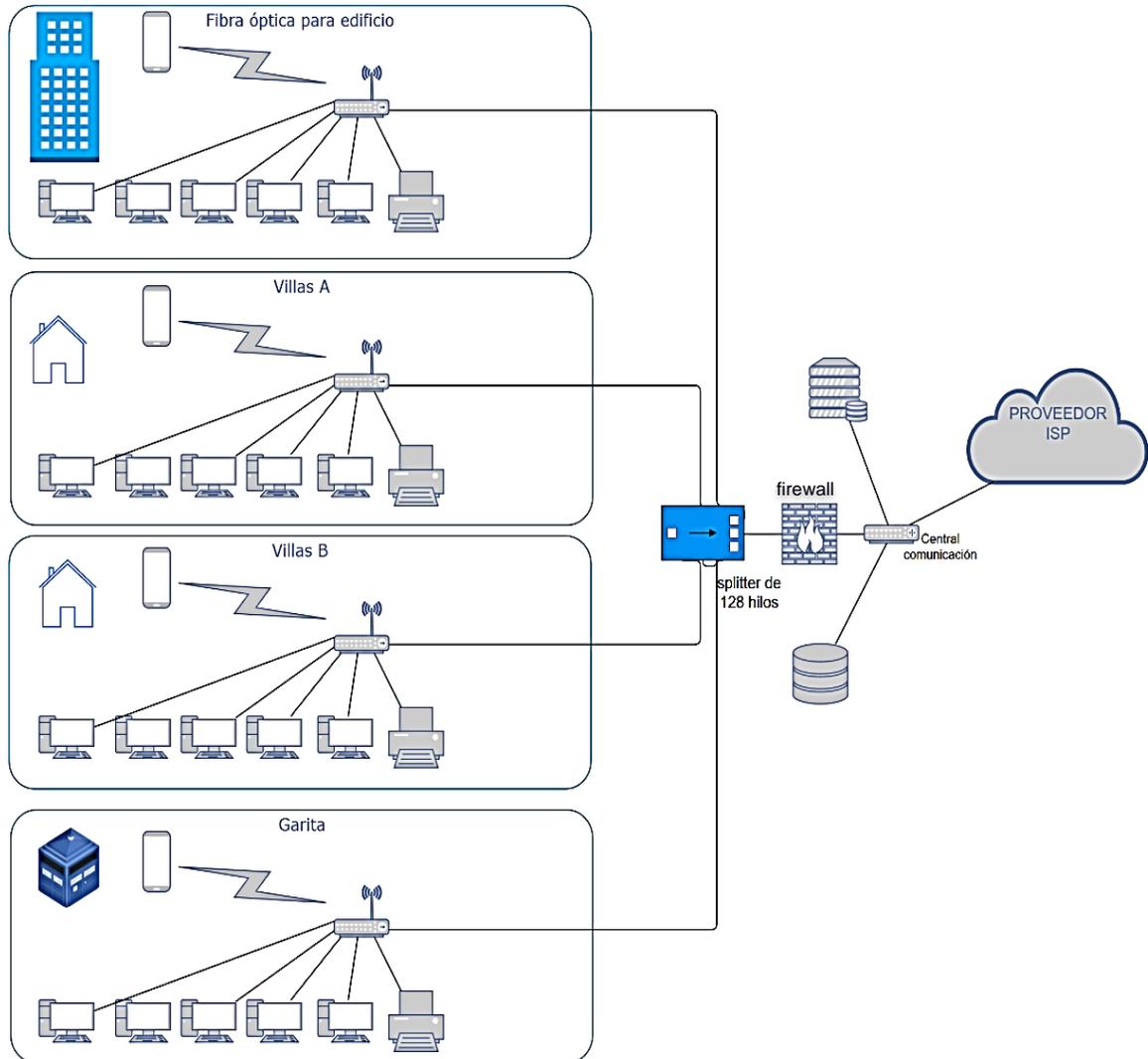


Figura 4.24 Diagrama de la interconexión de equipos en la red de fibra para la urbanización.

Esquema de la interconexión entre villas en la red de fibra óptica.

El destino de la fibra óptica al hogar se lo denomina FTTH referenciado en el capítulo 2 y en el presente diagrama de la figura 4.5 se refleja la interconexión con el splitter y las terminales de cada villa para comunicarse con el router casero. Para comunicar cada casa con el cuarto de telecomunicaciones, éstas se unen al splitter de 16 hilos (el número de hilos depende del criterio del técnico encargado) y éste se unen al cuarto de servicios de telecomunicaciones.

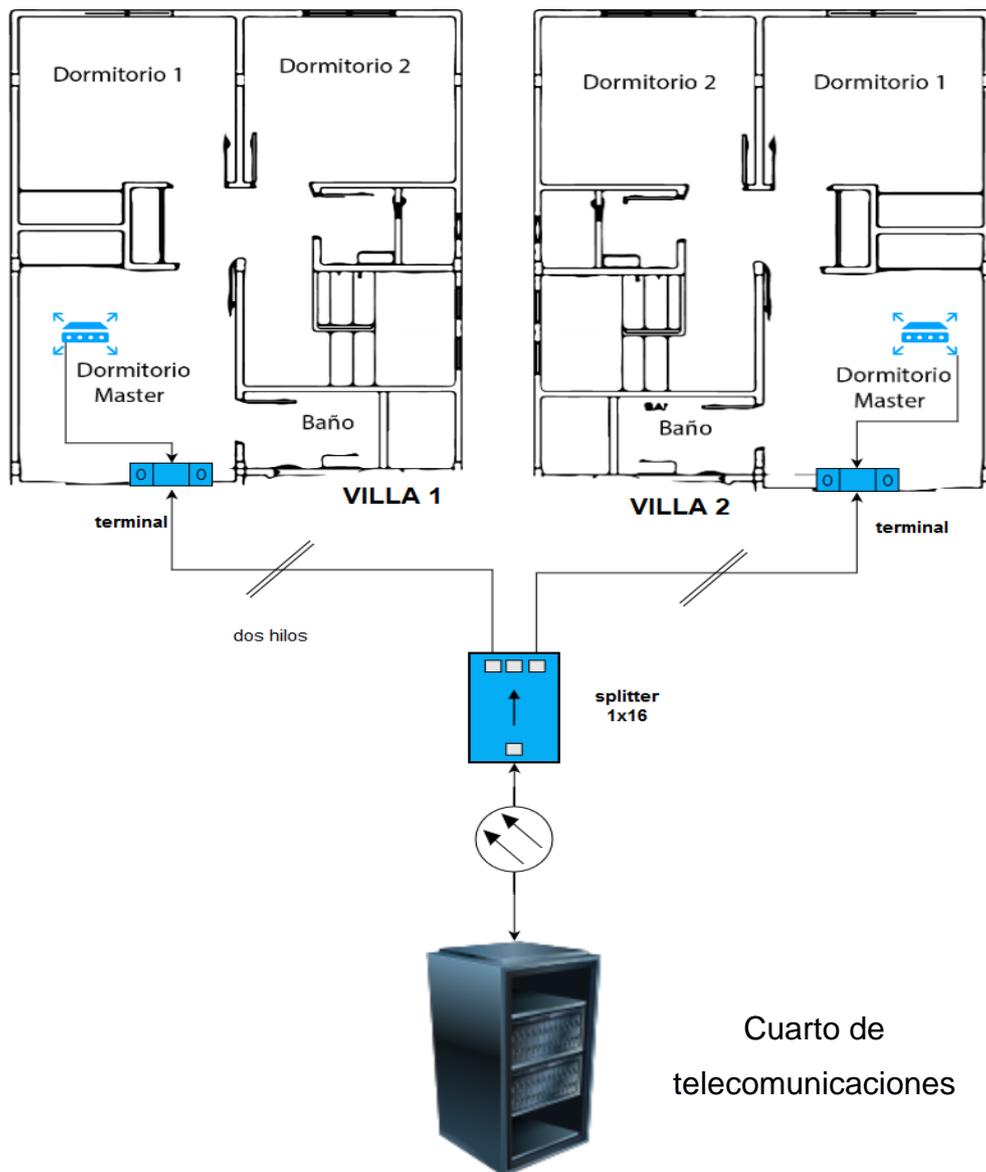


Figura 4.25 Conexión entre villa1 - villa2.

4.7 Presupuesto para la construcción de la infraestructura designada a las telecomunicaciones – Obra Civil y Eléctrica.

Como en todo diseño de red, es vital importancia dedicar un sector donde sea el núcleo de operaciones de la red. La urbanización de estudio no cuenta con un departamento aparte por lo que debe levantar la infraestructura para alojar los nodos y enrutamientos de la red cableada.

Para construir un cuarto destinado para el rack donde van a estar alojados los switches, routers y los equipos VoIP, se asume las dimensiones para el diseño, por lo tanto, se define 4 metros de altura, de ancho 3,5 metros y de profundidad 6 metros.

Se calcula los materiales para un muro (cemento, arena y ladrillo) de acuerdo con el área para un muro [62]:

$$\begin{aligned} \text{Área muro} &= \text{base} \times \text{altura} & (4.5) \\ \text{Área muro} &= 6 \times 4 = 24 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Ahora se calcula el área del bloque más la junta (mezcla de cemento):

$$\begin{aligned} \text{Área bloques} &= \text{base} \times \text{altura} \\ \text{Área bloques} &= 0,255 \text{ m} \times 0,075 \text{ m} \\ \text{Área bloques} &= 0,019125 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Obtenemos la cantidad de bloques:

$$\text{Número de bloques} = \frac{\text{Área muro}}{\text{Área bloques}} = 1255 \text{ unidades}$$

Multiplicando por las 4 paredes del cuarto:

$$\text{Número de bloques total} = 1255 \times 4 = 5020 \text{ unidades de bloque}$$

Para calcular las cantidades de concreto (cemento y arena), primero se define el volumen del muro a construir [63]:

$$V = \text{altura} \times \text{anchura} \times \text{profundidad} \quad (4.6)$$

$$V = 4 \times 3,5 \times 6 = 84 \text{ m}^3$$

Con respecto a la tabla de dosificación de concretos dada a continuación [63]:

Tabla 4.11 Dosificación de concretos

Fuente: ConstruReyes Ingeniería

Tipo de concreto	Resistencia Psi o (lb/pulg ²)	Resistencia (Kg/cm ²)	Materiales			
			Cemento (kg)	Arena (m ³)	Grava (m ³)	Agua (L)
1:2:2	3500	246	420	0.67	0.67	220
1:2:3	3000	210	350	0.56	0.84	180
1:2:4	2500	175	300	0.48	0.96	170
1:3:4	2000	140	260	0.63	0.84	170
1:3:6	1500	105	210	0.5	1.0	160

De la Tabla 4.11 escogemos la proporción de cemento y arena y procedemos a calcular la cantidad de arena y cemento, entonces:

$$\text{Superficie de cemento} = (84 \text{ m}^3 \times 4) \times 1,05 = 352,8 \text{ Kg}$$

En total de números de sacos da 7,03 y decidimos poner 8 sacos de 51 Kg
Para calcular la cantidad de pintura que necesita el cuarto, se toma como referencia la superficie de una pared:

$$\text{Superficie pared} = 24 \text{ m}^2$$

$$\frac{24 \text{ m}^2 \text{ superficie}}{13 \text{ m}^2 \text{ rendimiento de esmalte}} = 1,85 \text{ litros}$$

Multiplicamos esa cantidad por las 4 paredes y por 2 para darle dos manos de pintura, en total da 14,76 litros, o sea 39 galones de pintura.

Tabla 4.12 Tabla de cantidades y precios para la construcción de un cuarto de rack Gamma Alta.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario + I.V. A	Precio total
Instalación de piso Falso metálico	m ²	26	\$150,00	\$ 3.900,00
Piso Falso Rampa de acceso	Unidad	1	\$476,00	\$ 476,00
Puerta de hierro	Unidad	1	\$433,00	\$ 433,00
Bloques	Unidad	5020	\$0,86	\$ 4317,20
Arena	1 saco [51 Kg]	8	\$1,12	\$ 8,96
Tubos PVC de 4 pulgadas	metros	26	\$1,16	\$ 30,16
Pintura lavable	galones	39	\$ 11,00	\$ 429,00
Varilla Laminada Corrugada AS42 32mm x 06m	Unidad	16	\$33,14	\$ 530,24
Lámpara de emergencia doble foco con batería	Unidad	3	\$102,00	\$ 306,00
Acometida eléctrica principal	Unidad	1	\$1.000,00	\$ 1.000,00
Instalaciones Eléctricas sistemas de protección contra transitorios	Unidad	1	\$600,00	\$ 600,00
Anclaje del sistema de Monitoreo	Unidad	1	\$341,00	\$ 341,00
Sistema de detección y extinción de incendios (Complemento sistema actual)	Unidad	2	\$150,60	\$ 301,20
Sistema de supervisión de alarmas (Accesorios sistema existente)	Unidad	1	\$774,00	\$ 774,00
Instalaciones Eléctricas Aterrizamiento de piso falso	Unidad	1	\$909,00	\$ 909,00

Instalaciones Eléctricas Aterrizamiento de Racks	Unidad	2	\$50,00	\$ 100,00
			Total	\$ 15257,26

Tabla 4.13 Tabla de cantidades y precios para la construcción de un cuarto de rack Gamma Baja.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario + I.V. A	Precio total
Instalación de piso Falso metálico	m ²	26	\$105,00	\$2.730,00
Piso Falso Rampa de acceso	Unidad	1	\$333,20	\$333,20
Puerta de hierro	Unidad	1	\$303,10	\$303,10
Bloques	Unidad	5020	\$0,60	\$3.022,04
Arena	1 saco [51 Kg]	8	\$0,78	\$6,27
Tubos PVC de 4 pulgadas	metros	26	\$0,81	\$21,11
Pintura lavable	galones	39	\$7,70	\$300,30
Varilla Laminada Corrugada AS42 32mm x 06m	Unidad	16	\$23,20	\$371,17
Lámpara de emergencia doble foco con batería	Unidad	3	\$71,40	\$214,20
Acometida eléctrica principal	Unidad	1	\$700,00	\$700,00
Instalaciones Eléctricas sistemas de protección contra transitorios	Unidad	1	\$420,00	\$420,00
Anclaje del sistema de Monitoreo	Unidad	1	\$238,70	\$238,70
Sistema de detección y extinción de incendios (Complemento sistema actual)	Unidad	2	\$105,42	\$210,84
Sistema de supervisión de alarmas (Accesorios sistema existente)	Unidad	1	\$541,80	\$541,80
Instalaciones Eléctricas Aterrizamiento de piso falso	Unidad	1	\$636,30	\$636,30

Instalaciones Eléctricas Aterrizamiento de Racks	Unidad	2	\$35,00	\$70,00
			Total	\$10.119,03

4.8 Presupuesto del proyecto total para la red mixta: telefonía y datos

El presupuesto de la Tabla 4.14 y Tabla 4.15 se da a ofrecer dos categorías, una de gama alta y baja respectivamente para la implementación de la red, suministros con respecto al cableado, canalizaciones y organizadores de fibra óptica. La cantidad en metros para la fibra óptica se lo detalló en el capítulo 3 con respecto al enlace GPON y la cantidad de cables que se necesita depende del área del cuarto de rack que es de $14 m^2$.

Tabla 4.14 Tabla de precios para el tendido de la red comunitaria Gamma Alta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
Canalización de fibra óptica monomodo	Metros	1140	\$0,88	\$1.003,20
Suministro e Instalación de VIA DE 4" PVC + Tritubo 1 1/4". Incluye excavación, rellenos y retiro de material sobrante.	M	152	\$12,00	\$1.824,00
Cableado estructurado 6a entre racks	M ²	12	\$22,00	\$264,00
Cableado estructurado 6a sistema horizontal entre cajas	Cajas	10	\$7,70	\$77,00
Elementos de administración patchcord azul	Unidad	60	\$5,75	\$345,00
Organizador horizontal 2UR	Unidad	4	\$25,00	\$100,00
Tendido de cable en metros	Metros	172	\$0,30	\$51,60
Central de PBX	Unidad	1	\$470,00	\$470,00
Patch panel categoría 6 de 24 puertos	Unidad	4	\$150,00	\$600,00
Switch de 24 puertos	Unidad	1	\$225,00	\$225,00
Bandeja ventilada ajustable para gabinete	Unidad	1	\$55,00	\$55,00
	TOTAL + I.V.A			\$5014,80

Tabla 4.15 Tabla de precios para el tendido de la red comunitaria Gamma Baja

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
Canalización de fibra óptica monomodo	Metros	1140	\$0,62	\$702,24
Suministro e Instalación de VIA DE 4" PVC + Tritubo 1 1/4". Incluye excavación, rellenos y retiro de material sobrante.	M	152	\$8,40	\$1.276,80
Cableado estructurado 6a entre racks	M^2	12	\$15,40	\$184,80
Cableado estructurado 6a sistema horizontal entre cajas	Cajas	10	\$5,39	\$53,90
Elementos de administración patchcord azul	Unidad	60	\$4,03	\$241,50
Organizador horizontal 2UR	Unidad	4	\$17,50	\$70,00
Tendido de cable en metros	Metros	172	\$0,21	\$36,12
Central de PBX	Unidad	1	\$329,00	\$329,00
Patch panel categoría 6 de 24 puertos	Unidad	4	\$105,00	\$420,00
Switch de 24 puertos	Unidad	1	\$157,50	\$157,50
Bandeja ventilada ajustable para gabinete	Unidad	1	\$38,50	\$38,50
TOTAL + I.V.A				\$3.510,36

4.9 Instrumentación para redes FTTH (tendido de fibra para el hogar) y redes FFTB (tendido de fibra para el edificio).

Para realizar la implementación de la red última milla se debe realizar el equipamiento de la central de telecomunicaciones y la implementación de los equipos ONT. Con esta información mostraremos las tablas de los equipos y su costo respectivo para los 54 sectores de la urbanización incluido el edificio. Con la cantidad de los sectores de las villas, se pedirán 54 routers para cada una y para los conectores se define en base al switch de 24 puertos, por esa razón se pide 24 conectores LC. El splitter se pidió de 128 hilos porque abarca todas las secciones de villas y edificio, además la marca cuenta con regeneración de la señal, muy necesaria para la estabilidad de la red.

Tabla 4.16 Precios de los equipos para fibra óptica Gamma Alta

Descripción	Equipos	Cantidad	\$ Precio	Precio Total
Analizadores de cableado	Detector visual de fallas JFOT-FCPP01-05-10 Series VFL-JFOPT	1	\$56,00	\$56
Conectores LC para racks	Fiber Optic Patch Cord, LC/UPC to LC/APC, Single-Mode 9/125, Duplex	24	\$8,74	\$209,76
ONT para la conexión de la red a los abonados	Router Ftth Gpon Qpcom Jpn-500z Gigabit Ont Conector Sc-apc	54	\$31,50	\$1701
Splitter	FTTH fibra pasiva 1260 a 1650nm 1x128 montaje en rack PLC Splitter SC APC conector	1	\$140,00	\$140
Conectores SC para los abonados	Conector SC Monomodo Marca: AMP SKU: 5504646-1. 2x(54(villas) + 66 departamentos en el edificio) =240	240	\$0,56	\$134,4
Total				\$ 2241,16

Tabla 4.17 Precios de los equipos para fibra óptica Gamma Baja

Descripción	Equipos	Cantidad	\$ Precio	Precio Total
Analizadores de cableado	Detector visual de fallas JFOT-FCPP01-05-10 Series VFL-JFOPT	1	\$39,20	\$39,20
Conectores LC para racks	Fiber Optic Patch Cord, LC/UPC to LC/APC, Single-Mode 9/125, Duplex	24	\$6,12	\$146,83
ONT para la conexión de la red a los abonados	Router Ftth Gpon Qpcom Jpn-500z Gigabit Ont Conector Sc-apc	54	\$22,05	\$1.190,70
Splitter	FTTH fibra pasiva 1260 a 1650nm 1x128 montaje en rack PLC Splitter SC APC conector	1	\$98,00	\$98,00
Conectores SC para los abonados	Conector SC Monomodo Marca: AMP SKU: 5504646-1. 2x(54(villas) + 66 departamentos en el edificio) =240	240	\$0,39	\$94,08
Total				\$1.568,81

4.10 Presupuesto de enlace para el cableado de fibra óptica

El presupuesto de enlace para fibra óptica es importante ya que nos asegura la potencia suficiente que llegará al receptor para mantener un buen desempeño en la comunicación.

El cálculo del margen referencial de fibra óptica implica los pasos fundamentales como determinar pérdidas de enlace de fibra óptica, pérdidas por conector, pérdidas por empalmes, sensibilidad del dispositivo receptor, potencia del equipo transmisor y la distancia del enlace.

A continuación, se detalla las posibles pérdidas para un enlace de fibra óptica, se da a comprender que es un valor esperado y dependiendo de la compra del cable de fibra y el empalme respectivo realizado, el margen puede variar según las pérdidas que se presenten ante la implementación de la red.

Tabla 4.18 Pérdida en la fibra en las longitudes de onda operativas.

Longitud del cable (km)	1,142 Km	
Tipo de fibra	Monomodo	
Longitud de onda (nm)	850	1300
Atenuación de la fibra (dB/km)	[3 - 3,5]	[1 - 1,5]
Pérdida total de fibra (dB)	[3 - 4]	[1, 2]

Con respecto a la Tabla 4.18, se detalla los dos tipos de fibra monomodo y sus respectivos coeficientes de atenuación que para el tipo de 850 nanómetros va de 3 a 3,5 db/Km y ese factor va multiplicada por la longitud del cable de fibra óptica que en nuestro caso es de 1,142 Km y ese valor es la pérdida total del cable de fibra óptica debe entrar en el rango de 3 a 4 dB. Asimismo, se realiza el diagnóstico para la longitud de onda de 1300 nanómetros.

Tabla 4.19 Pérdidas por conector

Pérdidas por conector	0,3 dB (conector pulido adhesivo estándar)	0,75 dB (conector empalme prepulido y máximo aceptable según la norma TIA 568)
Cantidad total de conectores	24 LC + 240 SC= 264 conectores	264 conectores
Pérdida total por conectores	79,2 dB	198 dB

Las pérdidas por conector que se redacta en la Tabla 4.19 son valores de referencia brindadas por la Asociación de Fibra Óptica (FOA) y la cantidad de conectores dadas se encuentran explicadas en la Tabla 4.16 del presupuesto para los equipos de fibra óptica. Teniendo esos valores se multiplican entre ellos y da como resultado la pérdida total por conectores.

Tabla 4.20 Pérdidas por empalmes

Pérdidas por empalmes	0,3 dB
Cantidad total de empalmes	54
Pérdida total de empalmes	16,2 dB

Cuando se realiza la fusión o el empalme de fibra óptica, se toma en cuenta el número de uniones que se debe realizar, en el caso de la urbanización hay 54 sectores, por ende, se debe realizar 54 fusiones o empalmes de fibra, pero este valor puede variar por motivos de presupuesto o porque no alcanzó el cable de fibra adquirido.

Tabla 4.21 Resumen de pérdidas totales del enlace de fibra óptica

Longitud de onda (nm)	850	1300
Pérdida total en la fibra (dB)	[3 - 4]	[1, 2]
Pérdida total por conectores (dB)	79,2 dB	79,2 dB
Pérdida total por empalmes (dB)	16,2	16,2
Otros (dB)	0	0
Margen total en el enlace(dB) = Perdida total - Sensibilidad del receptor (92 dBm) [24]	6,4	5,4

Es necesario tener en cuenta cierto margen (de 3 a 8 dB permitidos) para evitar el deterioro del sistema por el paso del tiempo o por causas ambientales. Para evitar la demasiada pérdida de conector en dB se usará el pulido estándar en ambos tipos de fibra óptica monomodo y con esto se

define que la longitud de onda 1300 nanómetros me da una mejor calidad de enlace.

En resumen, del capítulo 4 del tema de presupuesto para la implementación de la red de fibra óptica, se propone la tabla 4.22 para precios de gama alta y la tabla 4.23 para precios de gama baja para escoger sin preocuparse de la calidad del servicio en el capítulo 1.

Tabla 4.22 Costo total de la implementación de la Red de Gamma Alta

*Costo de la obra civil	\$ 15257,26
Costo de la implementación de la red	\$5014,80
Costo de dispositivos para fibra óptica [64]	\$ 2241,16
Mano de obra para civil y en telecomunicaciones	\$8000,00
Total, de inversión	\$ 30513,22

Tabla 4.23 Costo total de la implementación de la Red de Gamma Baja

*Costo de la obra civil	\$10.119,03
Costo de la implementación de la red	\$3.510,36
Costo de dispositivos para fibra óptica [64]	\$1.568,81
Mano de obra para civil y en telecomunicaciones	\$6000,00
Total, de inversión	\$ 21198,20

* Este valor puede ser o no considerado en el proyecto, depende si el sector cuenta con un cuarto acondicionado para el área de telecomunicaciones.

4.11 Diseño de la red eléctrica

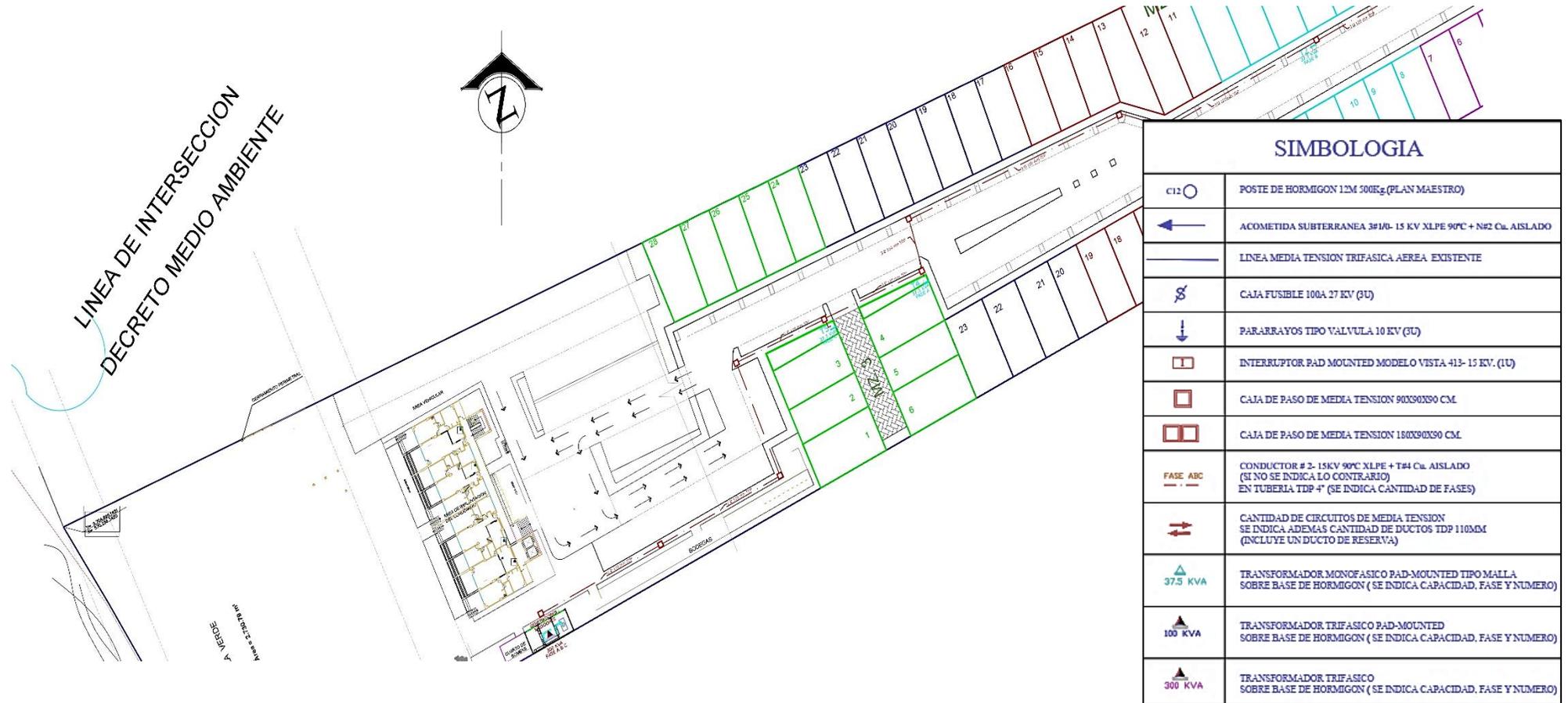


Figura 4.26 Diseño de la red eléctrica para el sistema de telecomunicaciones para la urbanización Altamar II.

Diagrama de la red eléctrica de los contactos a instalar



Figura 4.28 Diagrama de la red eléctrica de color rojo bosquejada en el plano civil de la urbanización

4.12 Diseño de la fibra óptica

Se muestra el diseño de la red de fibra óptica sobre el plano de la urbanización cuya extensión solo en el edificio es de 18 metros de largo y de ancho 67,44 metros. No va a existir puntos de interconexión a excepción del splitte

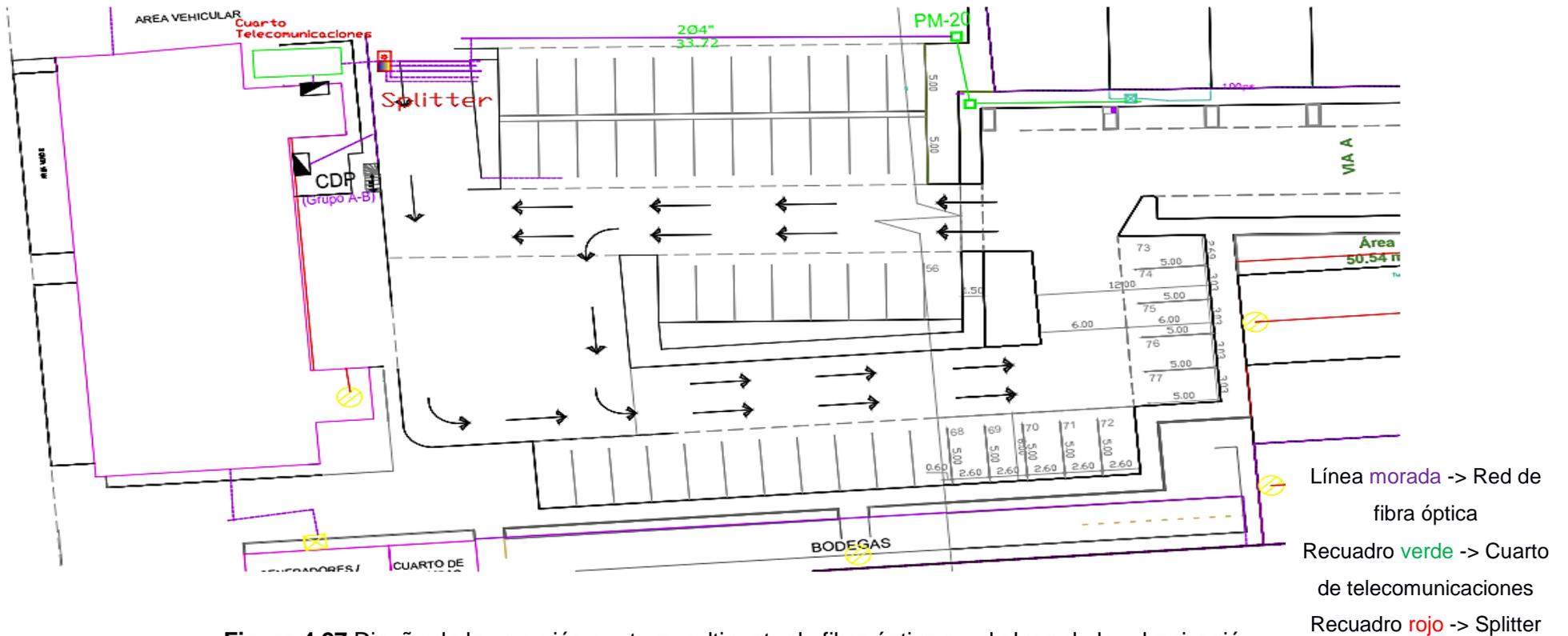


Figura 4.27 Diseño de la conexión punto a multipunto de fibra óptica en el plano de la urbanización.

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO ECONÓMICO DE LOS PROVEEDORES ESTUDIADOS VERSUS EL DISEÑO PROPUESTO DE LA RED COMUNITARIA

Para comparar los costos de las tarifas en función a los dos servicios que se ofrecerán: Telefonía y Datos, donde depende mucho del consumo del ancho de banda por parte del cliente, así de esta manera se estimarán los gastos obtenidos por solicitar el servicio de la red comunitaria y el contraste si el usuario decide contratar el plan personal.

En esta sección explicaremos el costo de implementación del proyecto junto con las tarifas de los servicios de telecomunicaciones, asimismo se contrasta con las tarifas particulares, es decir, con una contratación personalizada del servicio a las compañías ISP.

5.1 Análisis de las tarifas mensuales de servicios de Telecomunicaciones brindadas por este proyecto.

En base a la tabla 4.22, es notorio que la inversión del proyecto se la realiza una vez, sin ingresar el precio dado por el proveedor de Internet y de telefonía. Una vez fijado la opción del costo de implementación, ese valor se divide para el número de usuarios a solicitar el servicio (122 usuarios de este proyecto), el proyecto está basado en gamma alta, por lo tanto, \$30513,22 dividido para los 122 usuarios da una tarifa de \$250,12 para abonar cada uno. Este costo está fijado para cancelarse en dos años de operación que se dará más en detalle.

Ahora el precio del proveedor de Internet es en promedio cuesta \$1960 + IVA mensual contratando un paquete de 800 MBps para la urbanización [65] y con respecto al servicio VoIP que tiene una tarifa mensual de \$ 134.40 con 10 números de troncal para llamadas nacional e internacional.

Cabe recalcar que este paquete contratado no tiene compartición, por lo que abastece al cálculo realizado del consumo del ancho de banda realizado en el [capítulo 4.3.3](#) de este proyecto.

5.24 Comparación general de tarifas entre dos tipos de servicios sin incluir el costo de inversión

	Número de Usuarios	Costo de telefonía	Costo de Internet	Precio total
Red comunitaria	122	\$ 134,40	\$ 1960,00	\$ 2094,40
Red particular	122	[12,00 c/u] \$1464,00	[23,41 c/u] \$ 2856,02	\$ 4320,02

5.2 Comparación de gastos de la contratación de servicios de telecomunicaciones de forma personal versus la contratación de la red comunitaria.

En la tabla 5.25 se presenta la tarifa a cancelar para cubrir el precio de la inversión de la red comunitaria junto con los servicios básicos de telecomunicaciones en comparación con una contratación personal de un servicio de Internet y telefonía. La gráfica muestra el contraste de los pagos con 9 años de operación donde la intersección indica el tiempo de recuperación de la inversión inicial con el servicio adquirido en ese tiempo.

Tabla 5.25 Costo anual de los servicios implementados en la urbanización con el costo de inversión versus un servicio instalado particularmente

Año de operación	Costo de Red comunitaria	Costo de Red Particular
0	\$30.513,22	\$0,00
1	\$55.650,10	\$51.840,24
2	\$80.786,98	\$103.680,48
3	\$105.923,86	\$155.520,72
4	\$131.060,74	\$207.360,96
5	\$156.197,62	\$259.201,20
6	\$181.334,50	\$311.041,44
7	\$206.471,38	\$362.881,68
8	\$231.608,26	\$414.721,92
9	\$256.745,14	\$466.562,16

Al finalizar el primer año, se ha cubierto los costos de la implementación de la red en la urbanización y queda a una tarifa de \$ 32,14 incluido los servicios de internet y voz IP (VoIP). Al año de operación, el valor de \$32,14 se multiplica por los números de usuarios (122 clientes) y ese valor se transforma a años, es decir, multiplicamos por los 12 meses, dando el primer año el total de \$ 47052,96 y el segundo año se va sumando con el anterior, así sucesivamente.

Por lo consiguiente se realiza una gráfica para comparar visualmente los costos anuales de los dos tipos de servicios: comunitario y particular, donde se concluye que el servicio particular es mayor su precio con respecto al diseño de la red propuesto.

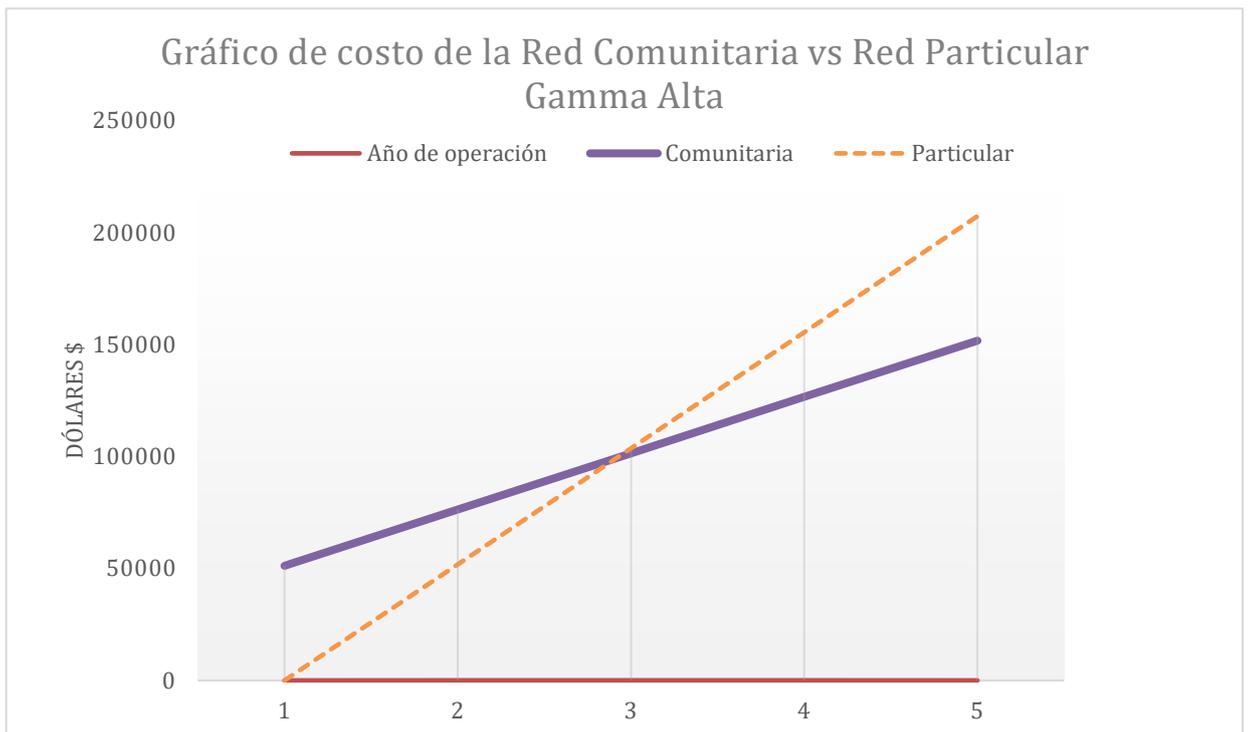


Figura 5.28 Cuadro comparativo de costo de la red comunitaria versus la red particular con la inversión de Gamma Alta.

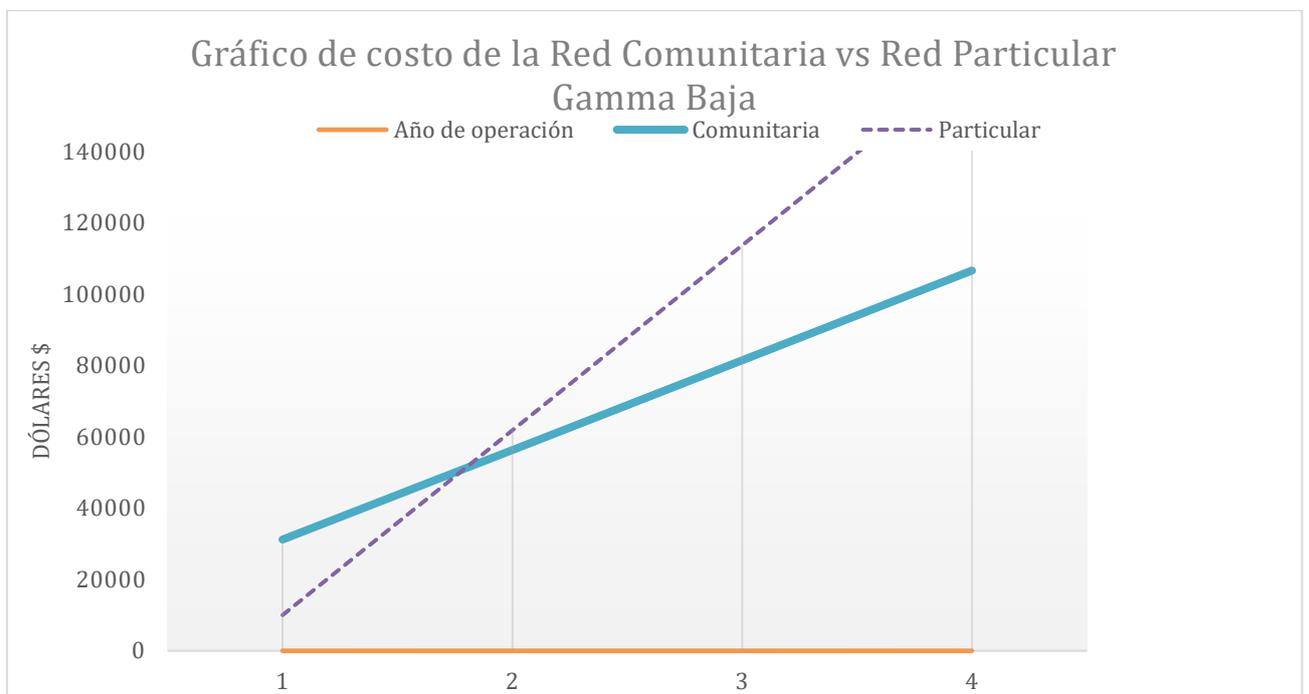


Figura 5.29 Cuadro comparativo de costo de la red comunitaria versus la red particular con la inversión de Gamma Baja.

La figura 5.28 ilustran las tarifas personales en la red comunitaria en contraste con una persona particular pagando los servicios de cualquier proveedor ISP y viendo los resultados a largo plazo, se refleja una disminución de la tarifa quedando más económico la red comunitaria que contratando una línea particular y considerablemente teniendo la misma cantidad de Megabytes (5 Mbps) para navegar y además la red comunitaria cuenta con VoIP que es un plus ante las contrataciones del servicio de telecomunicaciones particulares.

Ahora después del periodo del cubrimiento de los gastos, el costo de la tarifa mensual baja considerablemente.

5.3 Evaluación Financiera

En esta sección tiene por objetivo en demostrar los niveles de rentabilidad de una inversión, en nuestro caso en invertir el costo de una red comunitaria brindando servicios de voz y datos.

El costo de inversión y el costo de la contratación de los servicios de internet y telefonía, será de \$ 376,16 mensuales, tarifa repartida para los 122 residentes de la urbanización.

Se presenta la siguiente tabla 5.20 de los indicadores financieros del proyecto, haciendo el estudio en 10 años de operatividad de la red.

Tabla 5.26 Proyección de tarifas de la red comunitaria en contraste con los planes ofrecidos por un proveedor ISP

INDICADORES FINANCIEROS

FLUJO NETO DE EFECTIVO

Año de operación	Ingresos totales*	Inversiones para el proyecto				Valor de Rescate	Recuperación del capital de trabajo.	Flujo Neto de Efectivo
		Egresos Totales	Fija	Diferida	Capital de trabajo	Valor Residual		
0								\$0,00
1	\$54.429,30	\$54.429,30	\$30.513,22	\$20.000,00	\$1.000,00			-\$51.513,22
2	\$54.429,30	\$25.136,88						\$29.292,42
3	\$26.132,88	\$25.136,88						\$996,00
4	\$26.132,88	\$25.136,88						\$996,00
5	\$26.132,88	\$25.136,88						\$996,00
6	\$26.132,88	\$25.136,88						\$996,00
7	\$26.132,88	\$25.136,88						\$996,00
8	\$26.132,88	\$25.136,88						\$996,00
9	\$26.132,88	\$25.136,88						\$996,00
10	\$26.132,88	\$25.136,88				\$100,00	\$30.513,22	\$31.609,22

El desglose de ingreso y egresos es sólo del consumo del ancho de banda quedando fuera el costo de mantenimiento de la red. En los dos primeros años va a existir un declive económico por la capital de inversión para la implementación de la red. Los siguientes años los valores van incrementando y para saber el comportamiento económico, debemos analizar los índices de rentabilidad que son el VAN, TIR y la relación beneficio – costo relacionados con la Tabla 5.19.

Tabla 5.27 Cálculo del VAN y B/C con una tasa de descuento del 10%

Año De operación	Costos totales (\$)	Beneficios totales (\$)	Factor de actualización 10,0%	Costos actualizados	Beneficios actualizados	Flujo neto de efectivo activo. (\$)
0			1,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
1	\$ 54.429,30	\$ 54.429,30	0,91	\$49.481,18	\$49.481,18	\$0,00
2	\$ 25.136,88	\$ 54.429,30	0,83	\$20.774,28	\$44.982,89	\$24.208,61
3	\$ 25.136,88	\$ 26.132,88	0,75	\$18.885,71	\$19.634,02	\$748,31
4	\$ 25.136,88	\$ 26.132,88	0,68	\$17.168,83	\$17.849,11	\$680,28
5	\$ 25.136,88	\$ 26.132,88	0,62	\$15.608,02	\$16.226,46	\$618,44
6	\$ 25.136,88	\$ 26.132,88	0,56	\$14.189,11	\$14.751,33	\$562,22
7	\$ 25.136,88	\$ 26.132,88	0,51	\$12.899,19	\$13.410,30	\$511,11
8	\$ 25.136,88	\$ 26.132,88	0,47	\$11.726,54	\$12.191,18	\$464,64
9	\$ 25.136,88	\$ 26.132,88	0,42	\$10.660,49	\$11.082,89	\$422,40
10	\$ 25.136,88	\$ 26.132,88	0,39	\$9.691,36	\$10.075,36	\$384,00
Total	\$129.839,94	\$291.788,76		\$171.393,36	\$199.609,37	\$28.216,00

A breves rasgos, el VAN significa Valor actual neto y es un valor presente de los beneficios netos de un proyecto, descontados del factor de actualización. En el cálculo del VAN, el resultado se muestra al final del flujo neto y es mayor a cero, por lo cual es una rentabilidad en zona de confianza para poder realizar la inversión.

Tenemos la relación de beneficio – costo, que es indicador que relaciona el valor de los beneficios con el costo de un proyecto y agregando el valor de inversión inicial. Si la relación es mayor a uno indica que la inversión es rentable y es una buena alternativa ante cualquier parámetro de riesgo. [66] Por lo tanto, los indicadores financieros que brindan el proyecto, Tabla 5.28 son:

Tabla 5.28 Indicadores financieros del presente proyecto

VAN=	28.216,00	Se acepta
B/C =	1,16	Se acepta

CONCLUSIONES

1. Se concluye el exitoso estudio sobre el levantamiento de una red comunitaria basada en fibra óptica concretando las características y el funcionamiento de diversos elementos, tanto activos como pasivos, que intervienen en la red tales como divisores ópticos, amplificadores, switchs, entre otros., siendo de manera confiable los datos técnicos y operativos que se presentó para este proyecto. Los beneficios por presentarse son muy relevantes en cuestiones de durabilidad del sistema con respecto al clima, recordemos que, en la urbanización, la salinidad afecta al material metálico. No se limita la velocidad de conexión por agregar mas equipos a la red, es decir, la red es escalable, aparte la tecnología VoIP es optimizada ya que está anclada a la misma red de fibra óptica, por consecuente las llamadas serán de mejor calidad tanto en la transmisión como en la recepción.
2. En deducción a las normas técnicas de cableado estructurado, el proyecto es rentable para 2 años de uso y el siguiente se debe realizar el mantenimiento respectivo de la red. La inversión está planeada a recuperarse en un año de operación.
3. Según el estudio económico, el VAN y la relación de beneficio costo indican que la inversión es rentable a partir a largo plazo.

RECOMENDACIONES

1. Antes de proceder al diseño de una red de fibra óptica, se recomienda explicar con detalle ciertos aspectos prácticos del proyecto: como los criterios de instalación de fibra en diferentes tipos de viviendas o las técnicas de cableado estructurado, según por el medio que atraviesen. En ingeniería es habitual apoyarse en proyectos o estudios anteriores para asegurar un desarrollo eficaz y sin incidencias en futuras instalaciones.
2. Es importante que los encargados del mantenimiento de la red estén capacitados para enfrentarse a situaciones inesperadas y que cuenten con la debida documentación y las herramientas necesarias para el trabajo.
3. Al momento de realizar el presupuesto de equipos y materiales, tomar en consideración el costo de envío del producto, porque casi el costo del producto local con el costo del producto extranjero no suele ser mucho la diferencia.
4. Existen un posible inconveniente que puede suspender el servicio telefónico y es el corte de energía eléctrica repentina, por eso recomendamos usar un generador de respaldo local que proporcione energía a la red de fibra óptica para que sea usado ante cualquier emergencia.
5. De acuerdo con la norma ISO 9001:2015 de calidad para infraestructuras, se recomienda destinar el 5% del costo de la red para fines de mantenimiento.
6. Para poder implementar este Sistema a otras localidades, es necesario realizar un estudio más específico en cuanto a las necesidades de cada una de las localidades, y esto involucra levantamiento de información técnica, planos, canalizaciones, infraestructura, número de residentes, esta información es muy importante para calcular el ancho de banda necesario y el tipo de cableado a implementar; ya que para cada localidad las necesidades generales son las mismas (Seguridad Electrónica, Comunicación Voz, Datos, Internet), pero en cuanto a las necesidades específicas cambian ya que cada localidad podrá definir si estos servicios se

los pone a disposición en todas las áreas comunes muy aparte de las viviendas y oficinas administrativas.

7. También es importante replicar este proyecto en Urbanizaciones del tipo Social, donde es bien difícil que ellos puedan adquirir este tipo de servicios de manera individual; pero que de manera comunitaria se les podría facilitar el acceso a un bajo costo, y esto se podría financiar mediante fundaciones o empresas privadas que se interesen por el bien social del país.
8. Pero es importante recalcar que el objetivo principal es optimizar al máximo estos servicios y minimizar los costos de estos.

REFERENCIAS

- [1] Ambiansa, «Altamar II,» [En línea]. Available: <http://www.playas-altamar.com/>. [Último acceso: 2018].
- [2] «El Telegrafo,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/ecuador/3/usuarios-se-quejan-por-fallas-en-servicio-de-internet-de-tvcable>.
- [3] 2016. [En línea]. Available: https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/0b/04/T0B040000542C01PDFE.pdf.
- [4] «Fibra Optica Monomodo,» [En línea]. Available: <https://goo.gl/GL5KFT>
- [5] CONATEL, «Imaginar.org,» [En línea]. Available: http://www.imaginar.org/forointernet/pres_2006/2_Conatel.pdf. [Último acceso: 2018].
- [6] «Repositorio UASB,» 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6024/1/T2516-MDA-Flores-Problemas.pdf>.
- [7] «Club de Integradores Viakon,» octubre 2017. [En línea]. Available: <http://clubdeintegradoresviakon.com/fibra-optica-vs-cable-utp-en-instalaciones-de-voz-y-datos/>.
- [8] E. N. D. T. TELECOMUNICACIONES, «ENACOM,» 2018. [En línea]. Available: https://www.enacom.gob.ar/union-internacional-de-telecomunicaciones--uit-_p36. [Último acceso: 2018].
- [9] «TechTarget,» [En línea]. Available: <https://searchwindevelopment.techtarget.com/definition/ISP>.
- [10] I. O. Szymanczyk, «Planta Externa,» 2014.
- [11] «Sociedad Ibérica de Construcciones Eléctricas (SICE),» 2018. [En línea]. Available: <http://www.sice.com/lineas-de-negocio/infraestructuras-de-telecomunicaciones/planta-externa>.
- [12] Association, National Electrical Manufacturers, «American National Standard,» National Electrical Manufacturers Association, 2015.

- [13] Viceconsejería de Administración y Servicios, «TENDIDO DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA».
- [14] Perez. J, «Planta externa».
- [15] CommScope, «CommScope,» [En línea]. Available: <https://es.commscope.com/solutions/fiber-distribution/>.
- [16] Fiber Optical Networking, «Fiber Optical Networking,» [En línea]. Available: <http://www.fiber-optical-networking.com/functions-ont-olt-gpon-network.html>.
- [17] «Diario de la Juventud Cubana,» [En línea]. Available: <http://www.juventudrebelde.cu/suplementos/informatica/2010-01-27/la-ultima-milla>.
- [18] J. Orozco, «Estructura y configuración de medios de transmisión física,» 2013. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/admonrecred/estructura-y-configuracion-de-medios-de-transmision-fisica>.
- [19] Unitel , «Normas sobre Cableado Estructurado,» [En línea]. Available: <https://unitel-tc.com/normas-sobre-cableado-estructurado/>.
- [20] Siemon , «STANDARS INFORMANT,» [En línea]. Available: <http://blog.siemon.com/standards/tia-569-b-and-tia-569-c-pathways-and-spaces>.
- [21] SIEMON, «STANDARS INFORMANT,» [En línea]. Available: <http://blog.siemon.com/standards/ansitia-568-c-3-optical-fiber-components>.
- [22] Quang Dung Technology Distribution Company, «ANSI/TIA/EIA 568-B,» Commercial Building Telecommunications Cabling Standard, Vietnam.
- [23] TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION , «Optical Fiber Cable,» Representing the telecommunications industry in association with the Electronic Industries Alliance, Arlington, VA 22201 U.S.A, 2005.
- [24] FOA, «The Fiber Optical Association,» [En línea]. Available: <http://www.thefoa.org/ESP/Conectores.htm>.
- [25] J. P. ZAPARDIEL, 2014. [En línea]. Available: oa.upm.es/33869/1/PFC_jaime_prieto_zapardiel.pdf.
- [26] «European Commision,» [En línea]. Available: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/network-and-topology>.
- [27] Multicom, «Multicom,» [En línea]. Available: <https://www.multicominc.com/solutions/technologies/gpon/>.

- [28] [En línea]. Available: <https://www.conelectronica.com/fibra-optica/redes-opticas/consideraciones-sobre-conectorizacion-y-balance-optico-en-la-construccion-de-una-red-ftth-que-sea-flexible-y-garantice-su-futuro>.
- [29] ESPOL, «DSPACE,» [En línea]. Available: <http://bit.ly/2nxhUMJ>.
- [30] «Physics and radio electronics,» [En línea]. Available: <http://www.physics-and-radio-electronics.com/blog/fiber-optic-splitter/>.
- [31] 2017. [En línea]. Available: <http://silexfiber.com/tipos-conectores-fibra-optica/>.
- [32] C. Y. M. Sandra P. Escobar, «Herramienta para el diseño de enlaces de fibra óptica,» Universidad de los Andes, 2002.
- [33] E. C., «Telefonía y Conmutación,» RED TERCER MILENIO S.C..
- [34] 3CX, «3CX,» [En línea]. Available: <https://www.3cx.es/voip-sip/codecs/>.
- [35] 2012. [En línea]. Available: <http://elastixtech.com/fundamentos-de-telefonía/pbx-central-telefonica/>.
- [36] «RED DE TELEFONIA BASICA,» 2017. [En línea]. Available: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwiz0_uk1OjcAhWYwVkkHTasBRIQFjABegQIHRAC&url=https%3A%2F%2Fwww.subtel.gob.cl%2Fimagenes%2Fstories%2Farticles%2Fprocesosstarifarios%2Fasocfile%2Fanexo_vi_1_diseno_tecnico.pdf&usg=AOvVaw0.
- [37] Call Centre Helper 2018, «CallcentreHelper,» [En línea]. Available: <https://www.callcentrehelper.com/erlang-c-formula-example-121281.htm>. [Último acceso: 2018].
- [38] J. Joskowicz, «Instituto de Ingeniería Eléctrica,» 2013. [En línea]. Available: <https://goo.gl/3SHtbf>.
- [39] Alfon, «Seguridad y Redes,» [En línea]. Available: <https://seguridadyredes.wordpress.com/2008/01/17/analisis-capturas-trafico-red-interpretacion-datagrama-ip-parte-i/>.
- [40] ATEL ASESORES C.A, «Atelasesores,» [En línea]. Available: www.atelasesores.com.ve.
- [41] O. J. Bustamante. M, «Trabajo de Comunicaciones,» Azogues, 2012.
- [42] «what-when-how,» [En línea]. Available: <http://what-when-how.com/voip/voice-payload-and-headers-voip/>.
- [43] S. Nagireddi, VoIP Voice and Fax Signal Processing, Wiley John & Sons.

- [44] O. C. F. Carrión, «Estudio y diseño de la red de fibra óptica para el transporte de aplicación triple play en el trayecto de Cuenca - Girón - Pasaje,» Universidad Politécnica Salesiana , Cuenca, 2011.
- [45] Educación Técnica Práctica en Línea, «Educación Técnica Práctica en Línea,» 2015. [En línea]. Available: <https://sepacomo.wordpress.com/tag/troncales/>.
- [46] G. O., «Mis Libros de Networking,» [En línea]. Available: <http://librosnetworking.blogspot.com/2009/04/metodo-simplificado-para-el-calculo-de.html>.
- [47] G. F, «Tráfico Earlang,» 2012.
- [48] «Monografías,» [En línea]. Available: <https://www.monografias.com/trabajos107/analisis-rendimiento-redes/analisis-rendimiento-redes2.shtml>.
- [49] CNT, «CNT,» [En línea]. Available: <https://www.cnt.gob.ec/internet/tipo/fijo/>.
- [50] Netlife, [En línea]. Available: <https://www.netlife.ec/>.
- [51] CNT, [En línea]. Available: <https://www.cnt.gob.ec/telefonía/plan/telefonía-hogar-1/>.
- [52] CNT, [En línea]. Available: <https://www.cnt.gob.ec/telefonía/plan-corporativo/telefonía-convergente-empresarial-cnt/>.
- [53] Standards Informant, 2018. [En línea]. Available: <http://blog.siemon.com/standards/ansitia-568-c-family-of-standards-overview>.
- [54] C. P. CASTAÑEDA, «El Tiempo,» agosto 2017. [En línea]. Available: <https://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnología/recomendaciones-para-adquirir-un-plan-de-internet-en-casa-115172>.
- [55] M. Josan, «NASEROS,» 2017. [En línea]. Available: <https://naseros.com/2017/03/13/como-funciona-una-conexion-de-fibra-gpon-y-ftth/>.
- [56] J. M. Huidobro, «COIT,» [En línea]. Available: <https://www.coit.es/publicac/publbit/bit101/quees.htm>.
- [57] ARCOTEL, «ARCOTEL,» [En línea]. Available: <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/01/BOLETIN-ESTAD%C3%8DSTICO-UNIFICADO-JUNIO-2017v3.pdf>.
- [58] R. M., «Telecable,» enero 2018. [En línea]. Available: <https://www.telecable.com/blog/caracteristicas-fibra-optica/1533>.

- [59] «Conceptos Basicos de Telefonía - Fing,» [En línea]. Available: <http://bit.ly/2vDGK1N>. [Último acceso: 2018].
- [60] «CIFP Tartanga,» [En línea]. Available: <http://telefonía.blog.tartanga.eus/2014/06/09/voip-en-la-practica-la-necesidad-de-registrarse-cada-poco-tiempo-en-el-sip-register/>.
- [61] C. Hoffman, «How to geek,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.howtogeek.com/104278/how-to-use-wireshark-to-capture-filter-and-inspect-packets/>.
- [62] C. Ingeniería, «Como calcular ladrillos, cemento y arena para un muro».
- [63] «Cómo calcular cantidades de concreto (cemento, arena y grava),» 2017.
- [64] «Mercado Libre,» [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-416197935-fibra-optica-ftth-gpon-tipo-drop-monomodo-adss-1-core-2km-_JM.
- [65] CNT, «CNT,» [En línea]. Available: <https://www.cnt.gob.ec/internet/plan-corporativo/red-nacional-gubernamental/>.
- [66] L. O., «SlideShare,» [En línea]. Available: <https://www.slideshare.net/anderssonlujanojeda/indices-de-rentabilidad-van-tir-bc>.
- [67] E. Universo, «eluniverso.com,» [En línea]. Available: <https://www.eluniverso.com/noticias/2017/07/02/nota/6258349/internet-fijo-llega-36-hogares>. [Último acceso: 2018].
- [68] CNT, «Ancho de Banda,» [En línea]. Available: <https://www.cnt.gob.ec/internet/plan/internet-banda-ancha-hogar/>.
- [69] O. J. Bustamante. M, «Trabajo de Comunicaciones,» Calameo , Azogues , 2012.
- [70] ARCOTEL, «Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones,» [En línea]. Available: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwj97qmp6YPdAhUEtlkKHbtGAKMQFjAAegQIARAC&url=http%3A%2F%2Fwww.arcotel.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2F2015%2F01%2FBOLETIN-ESTADISTICOIITRIMESTRE-Septiembre-2017_def.pdf&usg=AOvVaw1ma.
- [71] Paessler AG, «Paessler,» [En línea]. Available: https://shop.paessler.com/shop/free_license/?showkey=1&download=0&utm_source=prtgttrial&utm_medium=referral&utm_campaign=installer-trialkey.

- [72] ITU, «Unión Internacional de Telecomunicaciones,» [En línea]. Available: <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=11769&lang=es>.
- [73] [En línea]. Available: <https://www.sofrecom.com/publications/how-do-you-successfully-launch-ftth>.