

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Diseño de un sistema de Fibra Óptica Planta Externa para proveer
conectividad al sector Guasmo Sur de Guayaquil

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Presentado por:

Kevin Daniel Baque Borbor

Ricardo Germán Díaz Alvear

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

A Narcisa, Milton y Edward, grandes personas que han formado parte de este proceso. A Salem, Fiona y Asia que no han dicho una palabra, pero lo han expresado todo. A los amigos que la causalidad de cada presente nos ha hecho coincidir en la Tierra. A todo aquel que la lectura del presente trabajo académico aporte nuevos conocimientos en el área, y particularmente; a mí.

-Kevin Baque B.

DEDICATORIA

A mis padres, Germán y María Elena; y a mi hermana Ivetthe por ser el pilar fundamental para que yo pueda salir adelante y cumplir mis sueños a nivel personal y profesional. A mis amigos y familiares que han sabido aconsejarme y se han mantenido fieles junto a mi apoyándome en cada decisión que tome.

-Ricardo Díaz Alvear

AGRADECIMIENTOS

A la Academia y sus evaluadores. A compañeros con quienes se desarrolló el trabajo de campo. A las circunstancias, a la música y a los lugares de no-mente.

-Kevin Baque B.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por su eterno amparo y por darnos la sabiduría para elegir siempre el camino del bien. Al Ing. Germán Vargas y al Ing Jorge Brito por compartirnos sus conocimientos para ejecutar de la mejor manera este proyecto de vital importancia en nuestra formación profesional. A mis compañeros y amigos de carrera por su apoyo constante a nivel académico. Y a esta prestigiosa universidad, que nos abrió las puertas al crecimiento profesional.

-Ricardo Díaz Alvear

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Kevin Daniel Baque Borbor y Ricardo Germán Díaz Alvear damos nuestro consentimiento para que la ESPOL 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"



**Kevin Daniel
Baque Borbor**



**Ricardo Germán
Díaz Alvear**

EVALUADORES

M.Sc. Jorge Brito Collantes
PROFESOR DE LA MATERIA



Ph.D Germán Vargas López
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente proyecto consiste en el diseño de un sistema de fibra óptica planta externa que permita reestablecer la conectividad de servicios a los usuarios que residen en diferentes sectores del sur de Guayaquil que por facilidad de sectorización se ha denominado como sector Guasmo debido a la ubicación del proveedor de servicios. El diseño de la red con arquitectura FTTH permite la migración progresiva y organizada de los usuarios actualmente atendidos por armarios de distribución con tecnología de cobre y hace posible la expansión de la cobertura para una futura demanda.

Para el diseño de la red se consideró aspectos fundamentales como recomendaciones establecidas en la normativa del proveedor y del estándar empleado, además del uso de planos georreferenciados donde se dibujó la red en escala real con sus diferentes identificadores que detallan toda la información de sus elementos.

Los resultados obtenidos determinan el alcance del diseño, el cual permite la conectividad de una cantidad superior de usuarios, la delimitación de nuevas áreas de cobertura y la cuantificación de todos los elementos involucrados en la implementación física de la red.

Finalmente, el diseño consiste en 18 nuevos distritos o zonas de cobertura donde cada puerto PON en el nodo óptico permite conectar a 64 usuarios. El sistema de planta externa es escalable y cumple con los niveles de atenuación establecidos en la normativa del estándar que emplea.

Palabras Clave: Fibra Óptica, Planta Externa, Red de Migración, FTTH, PON.

ABSTRACT

This project consists of the design of an outside plant fiber optic system which aims to restore the connectivity of services to the residents in different sectors of the south of Guayaquil that for ease of sectorization has been called the Guasmo sector due to the location of the Service provider. The network design based on a FTTH architecture allows the gradual and organized migration of users currently served by distribution cabinets with copper technology and makes it possible to expand coverage for future demand.

For the design of the network, fundamental aspects were considered, such as recommendations established in the provider's regulations and standards, in addition to the use of georeferenced plans where the network was drawn in real scale with its different identifiers that detail all the information of its elements.

The obtained results determine the scope of the design, which allows the connectivity of a greater number of users, the delimitation of new coverage areas and the quantification of all the elements involved in the physical implementation of the network. Finally, the design consists of 18 new districts or coverage areas where each PON port in the optical node allows 64 users to be connected. The outside plant system is scalable and complies with the attenuation levels established in the regulations and standards.

Keywords: Fiber Optic, Outside Plant, Migration Network, FTTH, PON.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VII
SIMBOLOGÍA	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XII
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del problema.....	5
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 Objetivo General	6
1.3.2 Objetivos Específicos	6
1.4 Marco teórico	7
1.4.1 Sistema de telecomunicaciones.....	7
1.4.2 Estructura de un sistema de comunicación.....	8
1.4.3 Tipos de señales	9
1.4.4 Medios de transmisión guiados.....	10
1.4.5 Redes ópticas	11
1.4.6 La luz y el espectro electromagnético	12
1.4.7 Índice de Refracción.....	13
1.4.8 Fundamentos de la propagación óptica	13
1.4.9 Estado del Arte.....	15

1.4.10	Tecnología GPON	16
1.4.11	Red FTTH	16
1.4.12	Red de Planta Externa	16
1.4.13	Fibra Monomodo G.652 D	18
1.4.14	OLT	19
1.4.15	ODN	19
1.4.16	ONT.....	19
1.4.17	Red Feeder	20
1.4.18	Red de distribución.....	20
1.4.19	Red de dispersión	20
1.4.20	Splitter	20
1.4.21	Empalmes	20
1.4.22	Caja de Distribución Óptica NAP	20
1.4.23	ODF.....	21
1.4.24	Rack.....	22
1.4.25	Rack de planta interna	22
1.4.26	Rack de planta externa	22
1.4.27	Conexiones en el nodo óptico	23
1.4.28	Infraestructura de Telecomunicaciones.....	24
1.4.29	Subida a poste	24
1.4.30	Accesorios para el despliegue de la red planta externa	24
1.4.31	Despliegue de la red planta externa.....	27
CAPÍTULO 2.....		28
2.	Metodología	28
2.1	Introducción	28
2.2	Normativa Técnica.....	29

2.2.1	Normativa Técnica de fibra óptica ITU-T G.652D.....	29
2.2.2	Normativa Técnica Red óptica pasiva ITU-T G.984.1	29
2.2.3	Normativa técnica de extensión de enlace ITU-T G.984.6.....	29
2.2.4	Normativa técnica de diseño de planta externa con fibra óptica (ODN – Optical Distribution Network) – CNT EP	29
2.3	Software de diseño asistido por ordenador Autocad	30
2.4	Simbología.....	31
2.5	Arquitectura de la red FTTH	32
2.6	Diagrama de bloques de la solución.....	33
2.7	Delimitación de cobertura	34
2.8	Localización de demanda e Infraestructura	36
2.8.1	Nodo principal	36
2.8.2	Postería y Canalización.....	37
2.8.3	Feeder Existente	38
2.8.4	Ubicación de la Demanda	40
2.9	Límites de dispersión.....	42
2.10	Límites de distribución y zonificación de distritos FTTH	43
2.10.1	Distritos FTTH.....	43
2.10.2	Manga de Empalme MF	44
2.10.3	Manga de distribución Porta Splitter MT	44
2.11	Diseño de la Red	47
2.11.1	Red Troncal Feeder	47
2.11.2	Red de distribución.....	52
2.11.3	Red de dispersión	54
2.12	Reservas del cable óptico.....	57
2.12.1	Reservas en cables de distribución.....	57

2.12.2	Reservas en cables troncales	58
2.13	Asignación de herrajes en el diseño	58
CAPÍTULO 3.....		62
3.	Resultados Y Análisis	62
3.1	Presupuesto óptico	62
3.2	Alcance del diseño.....	65
3.3	Red actual.....	70
3.4	Volumen de obra	72
CAPÍTULO 4.....		76
4.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	76
	Resultados y Observaciones de diseño.....	76
	Recomendaciones	77
BIBLIOGRAFÍA.....		78
APÉNDICES		80

ABREVIATURAS

GPON	Gigabit Passive Optical Network
FTTH	Fiber to The Home
ODN	Optical Distribution Network
RF	Radiofrequencies
HFC	Hybrid Fiber-Coaxial
ITU	International Telecommunication Union
TV	Television
OLT	Optical Line Terminal
ONT	Optical Network Terminal
IP	Internet Protocol
IPTV	Internet Protocol Television
SSMF	Standar Single Mode Fiber
CATV	Communitary Antena Television
TIA	Telecommunications Industry Association
EIA	Electronics Industries Alliance
ISP	Internet Service Provider
ODF	Optical Distribution Frame
NAP	Network Access Point
EMT	Electrical Metallic Tubing
UTM	Universal Transverse Mercator
FDH	Fiber Distribution Hub
MT	Manga de distribución
MF	Manga de empalme
TF	Telefonía fija
IF	Internet fijo
SC	Suscriptor Connector
APC	Angled Physical Contact
PLC	Planar Lightway Circuit
ADSS	All Dielectric Self Supported

SIMBOLOGÍA

mm	Milímetro
nm	Nanómetro
Mb/s	Megabit por segundo
Gb/s	Gigabit por segundo
um	Micrómetro
dB	Decibelio
Km	Kilómetro
dB/Km	Decibelio por kilómetro
m	Metro
cm	Centímetro
m ²	Metro cuadrado
"	Pulgada
m ³	Metro cúbico

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Cobertura Etapa 1.....	2
Figura 1.2 Cobertura Etapa 2.....	3
Figura 1.3 Cobertura Etapa 3.....	3
Figura 1.4 Red de Telecomunicaciones.....	7
Figura 1.5 Estructura de un sistema de comunicación	8
Figura 1.6 Estructura de un sistema de comunicación óptica.....	11
Figura 1.7 Espectro de longitudes de onda electromagnéticas	12
Figura 1.8 Reflexión de la Luz	14
Figura 1.9 Refracción de la Luz	14
Figura 1.10 Estructura de una red GPON.....	16
Figura 1.11 Estructura de una red de Planta Externa	17
Figura 1.12 Código de colores en hilos de fibra óptica	18
Figura 1.13 Esquema ODN.....	19
Figura 1.14 Caja de distribución NAP	21
Figura 1.15 Distribuidor de fibra óptica ODF.....	21
Figura 1.16 Rack.....	22
Figura 1.17 Rack con ODFs.....	23
Figura 1.18 Esquema de conexión en el nodo óptico	23
Figura 1.19 Subida a poste.....	24
Figura 1.20 Despliegue aéreo y subterráneo del cable de fibra óptica	27
Figura 2.1 Arquitectura de red FTTH	33
Figura 2.2 Diagrama de bloques de la solución	33
Figura 2.3 Ubicación geográfica de armarios de cobre – ETAPA 1	34
Figura 2.4 Ubicación geográfica de armarios de cobre – ETAPA 2.....	35

Figura 2.5 Ubicación geográfica de armarios de cobre – ETAPA 3.....	35
Figura 2.6 Ubicación y digitalización de la OLT	36
Figura 2.7 Postería CNEL EP	37
Figura 2.8 Digitalización de la infraestructura de postería	37
Figura 2.9 Red de Canalización en la ciudadela Los Esteros.....	38
Figura 2.10 Nomenclatura de identificación para ramales troncales.....	39
Figura 2.11 Trayectoria de la red Feeder existente	39
Figura 2.12 Diagrama esquemático de la red feeder existente.....	40
Figura 2.13 Ubicación de la demanda	41
Figura 2.14 Identificación de la caja de dispersión	41
Figura 2.15 Formato de identificación de cajas NAPs	42
Figura 2.16 Límites de dispersión en NAPs A2, A3 y A4	43
Figura 2.17 Nomenclatura para la identificación de distritos FTTH.....	43
Figura 2.18 Manga de Empalme.....	44
Figura 2.19 Manga de distribución Porta Splitter	44
Figura 2.20 Zonificación de distritos FTTH en toda la cobertura.....	46
Figura 2.21 Esquemático de la red feeder proyectada – ETAPA 1.....	47
Figura 2.22 Esquemático de la red feeder proyectada – ETAPA 2.....	48
Figura 2.23 Esquemático de la red feeder proyectada – ETAPA 3.....	49
Figura 2.24 Atributos de la manga de derivación troncal MF02.....	51
Figura 2.25 Nomenclatura para ramales de distribución.....	52
Figura 2.26 Red de distribución	52
Figura 2.27 Atributos en la manga de distribución	53
Figura 2.28 Primer nivel de división óptica	53
Figura 2.29 Red de dispersión.....	54
Figura 2.30 Segundo nivel de división óptica.....	55

Figura 2.31 Atributos en la NAP A1	55
Figura 2.32 Atributos en la NAP A4	56
Figura 2.33 Asignación de reserva en cables de distribución	57
Figura 2.34 Asignación de reserva en cables troncales.....	58
Figura 2.35 Fotografía del tramo P01-P02, denotando la asignación de herrajes	59
Figura 2.36 Digitalización en el plano, tramo P01-P02	59
Figura 2.37 Fotografía del tramo P15-P16, denotando la asignación de herrajes	60
Figura 2.38 Digitalización en plano, tramo P15-P16	60
Figura 2.39 Atributos en herrajes.....	61
Figura 3.1 Esquema del enlace entre la OLT y la NAP D2	63
Figura 3.2 Esquema del enlace entre la OLT y la NAP A1	63
Figura 3.3 Esquema del enlace entre la OLT y la NAP B2	64
Figura 3.4 Comparación gráfica - demanda del feeder FT03	67
Figura 3.5 Comparación gráfica - demanda del feeder FT02	68
Figura 3.6 Clientes actuales en servicios de telefonía e internet en cada armario (TF: telefonía fija, IF: internet fijo).....	71
Figura 3.7 Red Actual	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Armarios incluidos en la zona de influencia	4
Tabla 1.2 Clientes priorizados y Clientes que mantienen el servicio	4
Tabla 1.3 Distribución residencial de la demanda a migrar	5
Tabla 1.4 Proyección de residencias con capacidad para conectarse a la red FTTH (Casas Pasadas)	6
Tabla 1.5 Índice de refracción de la luz	13
Tabla 1.6 Características de la Fibra Monomodo G.652 D	18
Tabla 1.7 Elementos y accesorios	25
Tabla 2.1 Simbología del diseño de la red en el software Autocad.....	31
Tabla 2.2 Ubicación UTM del nodo principal	36
Tabla 2.3 Identificación de ramales feeder existentes	40
Tabla 2.4 Identificación de límites de distribución con armarios a migrar	45
Tabla 2.5 Descripción de la red feeder proyectada – ETAPA 1	48
Tabla 2.6 Descripción de la red feeder proyectada – ETAPA 2	49
Tabla 2.7 Descripción de la red feeder proyectada – ETAPA 3	50
Tabla 2.8 Cantidad de hilos requeridos en la red feeder	50
Tabla 2.9 Cantidad de reservas de cables en enlaces de distribución	57
Tabla 3.1 Presupuesto óptico - Etapa 1	63
Tabla 3.2 Presupuesto óptico - Etapa 2	64
Tabla 3.3 Presupuesto óptico - Etapa 3	65
Tabla 3.4 Alcance de abonados – Feeder FT03	66
Tabla 3.5 Alcance de abonados – Feeder FT02	67
Tabla 3.6 Cuantificación de hilos en reserva	69
Tabla 3.7 Identificación de armarios priorizados	70

Tabla 3.8 Cuantificación y costos en dólares americanos de la red de distribución con Feeder FT02	72
Tabla 3.9 Cuantificación y costos en dólares americanos de la red de distribución con Feeder FT03	73
Tabla 3.10 Cuantificación y costos en dólares americanos de la red de canalización.	74
Tabla 3.11 Inversión total del proyecto	75

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de comunicación en la sociedad ha dado paso al estudio de diferentes procesos a lo largo de la historia, los mismos que han conducido a distintos descubrimientos y mejoras en su ejecución dentro del campo. En la actualidad las Telecomunicaciones abarcan procedimientos, equipos y métodos que posibilitan la transmisión de información, generalmente por sistemas electrónicos.

La combinación de hardware y software ha consolidado lo que hoy se conoce como sistemas de telecomunicaciones, los cuáles a nivel general, están conformados por un emisor, receptor, mensaje, canal, protocolo y código; con la finalidad de posibilitar el envío de información (texto, documentos, audio, video, etc) de un punto a otro, estos sistemas han revolucionado la manera de comunicarse, logrando comunicaciones en segundos entre diferentes puntos del planeta.

Entre los servicios de Telecomunicaciones más utilizados, se tiene la telefonía fija y el internet; la telefonía emplea una línea con alambre de metal, cobre o fibra óptica para la transmisión, y básicamente funciona transformando el sonido en señales eléctricas para que estas sean transportadas por un medio, donde finalmente la unidad receptora traduce las señales en sonidos detectables por un persona; en la actualidad la voz viaja en líneas de fibra óptica a la oficina de la parte receptora pero también puede ser transmitida por satélite o por torres microondas.

Por otra parte, el internet es una red global descentralizada de la cual derivan diferentes servicios como correo electrónico, mensajería instantánea, teleeducación, telesalud, logística de entrega, e-commerce, entretenimiento, entre otros.

Uno de los elementos empleados en el despliegue de redes que ofrecen estos servicios, es el cableado de cobre, el cual es un medio alámbrico y guiado por donde los datos son transmitidos como pulsos eléctricos. Sin embargo, en la actualidad los proveedores de servicios en Ecuador tanto de telefonía como de internet fijo, migran sus redes con tecnología de cobre hacia redes cableadas con tecnología de fibra óptica, cubriendo necesidades de demanda comercial y evitando anomalías como la interrupción de servicios a los usuarios finales debido a la sustracción del cableado de cobre que provoca fallos en los enlaces del proveedor de servicios.

1.1 Descripción del problema

En la actualidad gran parte de los usuarios tanto de telefonía fija como de internet ubicados en los sectores de Los Esteros, La Pradera, ciudadelas como Huancavilca, Los Jardines, La Sopeña, Coviem, entre otros, que por facilitación de sectorización se los ha denominado como sector Guasmo; tienen el inconveniente de la paralización de sus servicios debido al incremento de robos en el cableado estructurado de cobre. Esta situación ha afectado la infraestructura de red existente, lo que ha provocado la insatisfacción en los clientes o abonados. El robo de este tipo de cable se ha vuelto cotidiano en Guayaquil, pues se comercializa como material reciclado, llegando para noviembre del 2021, a un promedio semanal de 5000 clientes afectados, según la Corporación Nacional de Telecomunicaciones. Siendo esta una situación que no conviene al proveedor de servicios ni a la ciudadanía.

Dividiendo la zona de influencia en 3 etapas, de tal manera que facilite la distribución y el diseño de la red de fibra óptica planta externa, se tiene las siguientes zonas de cobertura.

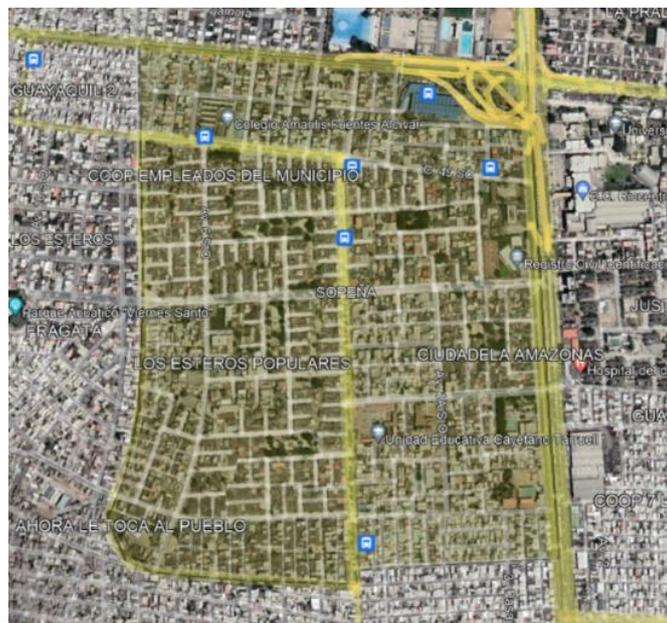


Figura 1.1 Cobertura Etapa 1



Figura 1.2 Cobertura Etapa 2

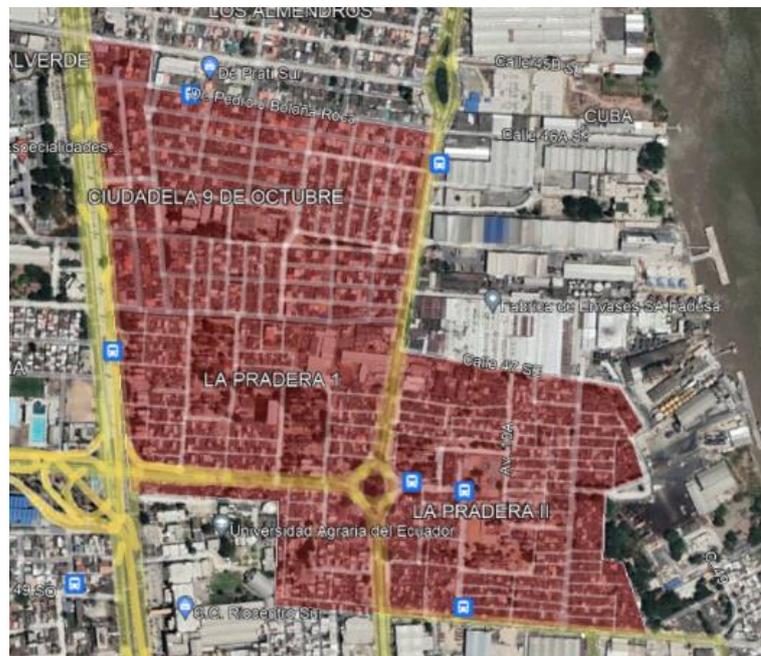


Figura 1.3 Cobertura Etapa 3

La medición del impacto que presenta la problemática en cuestión tiene la siguiente área de influencia, la cobertura de la etapa 1 mostrada en la Figura 1.1, limita al norte con la Av. Pio Jaramillo Alvarado y al sur con la Av. Luis Noboa Naranjo. La cobertura de la etapa 2 y la etapa 3 mostrada en la Figura 1.2 y Figura 1.3 respectivamente, poseen un límite norte común con la Av. Ernesto Albán

Mosquera y al sur con la Av. Luis Noboa Naranjo para la cobertura de la etapa 2 y la Calle 49 SE para la cobertura de la etapa 3.

El análisis realizado en las diferentes etapas, establece como prioridad, la migración comercial y técnica de clientes atendidos con infraestructura de cobre y que poseen servicios de telefonía fija e internet fijo. La Tabla 1.1 detalla la identificación de los 47 armarios de cobre ubicados dentro de la cobertura de la problemática.

Tabla 1.1 Armarios incluidos en la zona de influencia

Identificación de armarios de cobre situados en el área de cobertura	1000, 1001, 1002, 1003, 1004, 1005, 1006, 1007, 1008, 1009, 1011, 1012, 1013, 1014, 1016, 1018, 1019, 1020, 1021, 1022, 1023, 1024, 1025, 1026, 1027, 1028, 1029, 1031, 1032, 1033, 1035, 1040, 1041, 1042, 1043, 1075, 1081, 1082, 1087, 1088, 1089, 1090, 1091, 1092, 1075, 1082, RD (Red Directa).
Cantidad de armarios	47

En la Tabla 1.2 se detalla la clasificación de armarios existentes según las novedades presentadas y la cantidad de clientes según los servicios contratados. De los 47 armarios, 32 se han considerado como “Priorizados” debido a la paralización de los servicios contratados que ofrece, esto por los daños en los enlaces guiados por cable de cobre. La cantidad restante de armarios mantienen sus servicios funcionando con normalidad.

Tabla 1.2 Clientes priorizados y Clientes que mantienen el servicio

Armarios	Priorizados	Dentro del Área
Cantidad Armarios	32	15
Cantidad Clientes Telefonía Fija + Internet Fijo (Demanda Priorizada)	386	171
Porcentaje Clientes Telefonía Fija + Internet Fijo	69%	31%
Cantidad Clientes Telefonía Fija	4267	1829
Porcentaje Clientes Telefonía Fija	70%	30%

Por lo tanto, se tiene 557 clientes de telefonía fija + internet fijo a los cuales se les ha priorizado la solución de la problemática, estos se encuentran distribuidos residencialmente tal como lo describe la Tabla 1.3.

Tabla 1.3 Distribución residencial de la demanda a migrar

Ciudadelas La Sopeña, 25 de Julio, 28 de Mayo, Huancavilca, Los Esteros, entre otras.	Conjunto Habitacional			Locales Comerciales	TOTAL
	Condominio Los Jardines	Bloques Pradera I	Bloques Pradera II		
	10	12	7		
515	29			13	557

1.2 Justificación del problema

En la actualidad el servicio de acceso a internet es una herramienta fundamental para el desarrollo económico y social de la población, pues a través de su acceso es posible acceder a aplicaciones relacionadas con la teleeducación, el teletrabajo, la telesalud, mismas que son tan imprescindibles en el contexto actual.

Con la finalidad de contar con un diseño que permita un crecimiento planificado y ordenado de la red GPON con arquitectura FTTH (Fiber to the home) y contemplando la migración a futuro de la red de cobre (clientes de internet fijo + telefonía fija), se debe considerar el dimensionamiento de la infraestructura suficiente y adecuada de los armarios de la red de cobre que se encuentran dentro la zona de cobertura y las mejoras en el servicio ofrecido. Para la atención de la demanda priorizada de migración de internet fijo + telefonía fija, se contempla alrededor del 40% adicional de casas pasadas por expansión de clientes.

La Tabla 1.4 detalla los usuarios a migrar junto con la demanda comercial dentro de las divisiones del área de cobertura donde se obtiene 1212 usuarios. A este subtotal se le incrementa un 40% adicional de casas pasadas para considerar la futura expansión de clientes.

Tabla 1.4 Proyección de residencias con capacidad para conectarse a la red FTTH (Casas Pasadas)

Etapas	1	2	3	Total
Telefonía Fija e Internet Fijo + Demanda Comercial	430	318	464	1212
40% por expansión de clientes.	485			
Total de Casas Pasadas	1697			

Por lo tanto, se obtiene un total de 1697 casas pasadas, las cuales estarán dentro del área de cobertura capaz de conectarse a la red FTTH proyectada.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de planta externa de fibra óptica que provea conectividad a equipos de telecomunicaciones y posibilite el acceso masivo de la demanda actual y proyectada.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Distribuir de manera organizada la migración de armarios de cobre a los distritos FTTH proyectados en cada área de cobertura.
- Levantar y validar información que detalle la infraestructura existente a emplearse en el despliegue de la red de distribución óptica (ODN).
- Realizar en el plano georreferenciado, el despliegue aéreo y canalizado desde la red Feeder hacia la red de dispersión, de tal manera que cubra la demanda existente y sea capaz de acaparar el total de casas pasadas.

- Cuantificar los elementos, accesorios y todo hardware necesario para la implementación física de la red de migración.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Sistema de telecomunicaciones

Un sistema de telecomunicaciones está conformado por la combinación de elementos de hardware y software que permiten la transmisión de información desde un origen hacia un destino, dicha infraestructura es el soporte que hace posible brindar diferentes servicios de telecomunicaciones a los clientes.

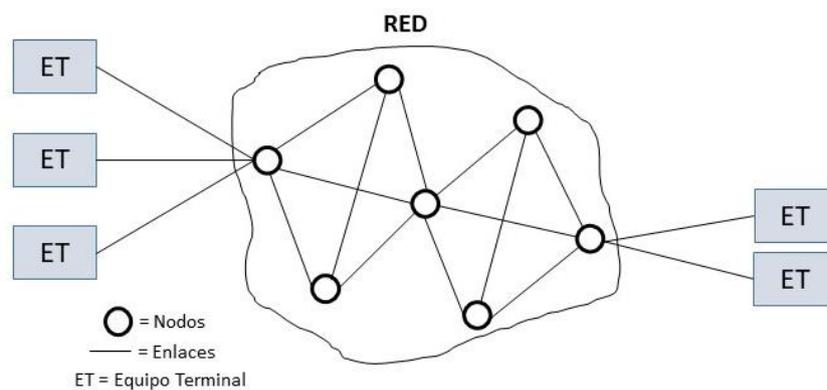


Figura 1.4 Red de Telecomunicaciones

En la Figura 1.4 se observa el esquema de una red de telecomunicaciones, el cual describe el conjunto de medios que se necesitan para el traslado de la información de un punto a otro. Un usuario recibe un servicio de telecomunicaciones mediante un equipo terminal que se enlaza a la red de acceso por medio de un canal; este equipo terminal tiene diferentes características basadas en el servicio de telecomunicaciones que recibe y la red de transporte a la que quiere tener acceso [1].

1.4.2 Estructura de un sistema de comunicación

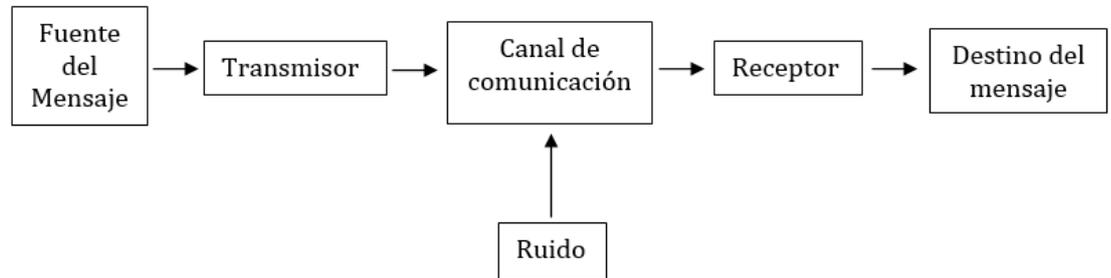


Figura 1.5 Estructura de un sistema de comunicación

La estructura de un sistema de comunicación puede definirse bajo un orden específico de elementos, con la finalidad de que los mensajes transmitidos o recibidos sean procesados correctamente y no existan dificultades que perturben la comunicación entre usuarios. De manera general un sistema de comunicación está compuesto de 5 partes que cumplen con un rol específico para el procesamiento de información [2]. Estas partes se detallan en la Figura 1.5 y son las siguientes:

Fuente del mensaje.

Lugar donde se origina la información, esta puede ser imágenes, texto, audio, video, etc.

Transmisor.

Es el encargado de procesar el mensaje para que este sea introducido al canal de comunicación por el cuál será transmitido. Esta operación la realiza por medio de modulación o codificación del mensaje que sale de la fuente.

Canal de comunicación.

Medio que es utilizado para la transmisión del mensaje enviado por el transmisor. Este canal de comunicación puede ser un medio alámbrico o inalámbrico.

Receptor.

Dispositivo que recibe el mensaje enviado por el transmisor y se encarga de decodificarlo o demodularlo para que el mensaje sea entendido de forma correcta por el destinatario final.

Destino del Mensaje.

Es el punto final con el que se cierra el proceso de comunicación. En este punto llega el mensaje correctamente decodificado o demodulado para que el proceso termine con éxito. [2]

1.4.3 Tipos de señales**Señales Analógicas.**

Son aquellas señales que se caracterizan principalmente por ser continuas. Es decir, abarca a un grupo de datos específicos y a todo el conjunto de valores que se encuentra entre ellos. Generalmente, son señales de tipo sinusoidal. Por ejemplo, la voz del ser humano.

Señales digitales.

Una señal digital a diferencia de una analógica, se caracteriza por la variación discontinua en el tiempo y la posibilidad de tomar solamente valores discretos. Por lo tanto, los datos representados en el dominio del tiempo, poseen valores específicos y no intermedios.

Señales eléctricas.

Son señales que se producen por efectos relacionados al fenómeno electromagnético. Este tipo de señales pueden ser analógicas o digitales de acuerdo a su variación en el tiempo.

Señales ópticas.

En las comunicaciones ópticas este tipo de señales se encargan del envío de información, ya sea por medio de modulación de señales lumínicas o de

impulsos. El enlace básico para este tipo de comunicaciones se compone por un emisor, un medio (generalmente cable de fibra óptica) y un receptor. [3]

1.4.4 Medios de transmisión guiados.

Los medios de transmisión guiados permiten la conducción de señales por rutas previamente establecidas, conectando ambos extremos de un enlace de comunicación.

Cable de Par Trenzado.

Es un tipo de cable que se compone de dos cables de cobre de 1 [mm] de diámetro, los cuales se cruzan asemejando una hélice para evitar las interferencias que se producen cuando se colocan dos cables de cobre de forma paralela. De esta manera es posible tener varios cables de cobre que tienen su origen en un mismo punto.

Cable Coaxial.

Es aquel que se forma de un núcleo de cobre que se lo recubre con 3 capas: una de material aislante, la siguiente, de una malla metálica y finalmente; una delgada capa de material aislante hecha generalmente de plástico. Este tipo de cables es utilizado comúnmente en sistemas de televisión por cable, sistemas telefónicos de largo alcance o redes de área metropolitana.

Cable de Fibra Óptica.

Es el medio que ha tomado mayor importancia en los últimos años, las nuevas tecnologías lo emplean por su gran capacidad para la transmisión de datos, su respuesta frente a interferencias o ruidos y un peso y tamaño considerablemente menor al de los medios guiados mencionados anteriormente. Este tipo de cables se fabrica utilizando varios hilos de fibra de vidrio o de fibra de plástico, por los cuales se transmitirá un haz de luz que contendrá la información que se desea enviar. [4]

1.4.5 Redes ópticas

Las redes ópticas que emplean como principal medio de transmisión la fibra óptica, son redes de alta capacidad que logran alcanzar mayores anchos de banda y aumento en el tráfico de internet, ofreciendo aplicaciones y servicios de mayor velocidad a los usuarios [5].

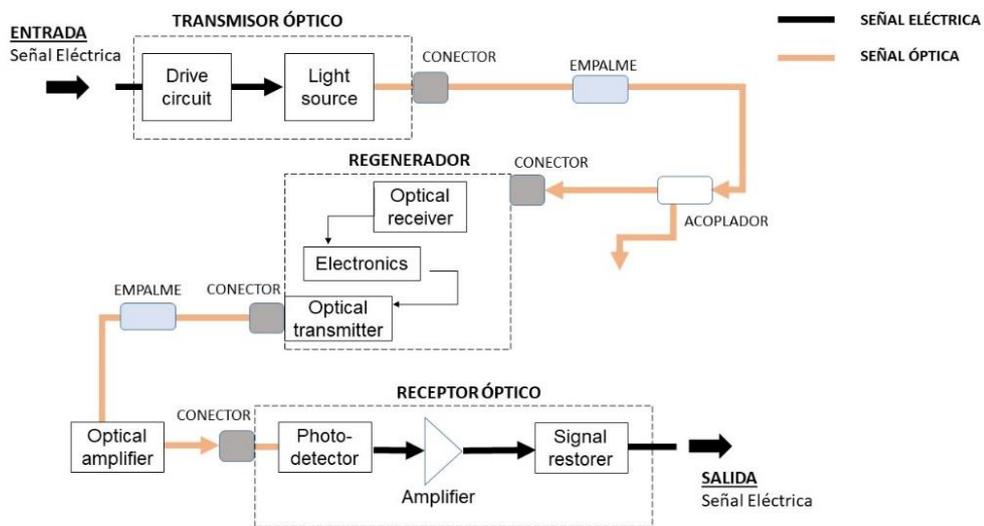


Figura 1.6 Estructura de un sistema de comunicación óptica

En la Figura 1.6 se aprecia la estructura de un sistema de comunicación óptica, este sistema está constituido por un transmisor óptico, un receptor óptico, un medio de propagación de la señal y en el caso de ser necesario, un regenerador de la señal óptica. El transmisor óptico recibe una señal eléctrica, por lo que está conformado por un circuito conductor y una fuente de luz que modula dicha señal. Los empalmes y conectores permiten la continuidad en el enlace, ya sea de manera permanente o temporal. El regenerador óptico se emplea en señales muy distorsionadas; la fibra óptica, como medio de transmisión; el amplificador óptico introduce una ganancia en la señal óptica y, por último, el receptor óptico, el cual posee un fotodetector que genera una señal eléctrica. [6]

1.4.6 La luz y el espectro electromagnético

La luz forma parte del espectro electromagnético al igual que las señales de radio, televisión o rayos X. Cada uno de estos tipos de onda comprende un intervalo definido por una magnitud característica que puede ser la longitud de onda λ . [7]

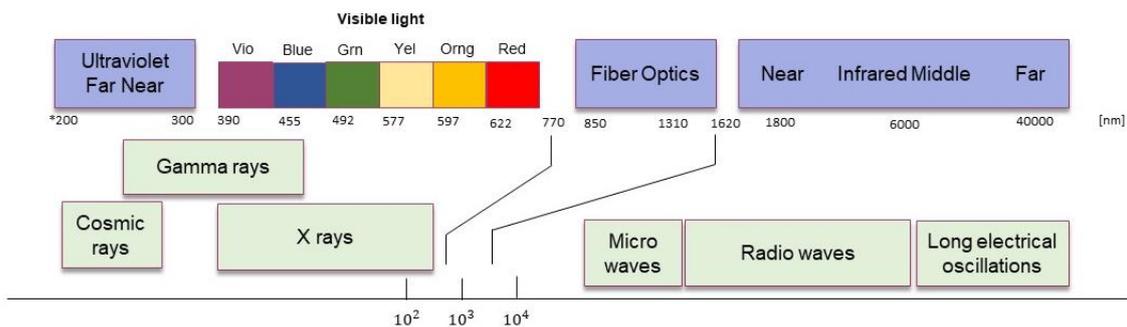


Figura 1.7 Espectro de longitudes de onda electromagnéticas

En la Figura 1.7 se aprecia el espectro de longitudes de onda electromagnéticas, una sección de ellas corresponde al espectro de longitud de onda visible comprendido entre violeta y rojo. Fuera de este rango se tiene el espectro no visible donde las longitudes de onda desde 850 [nm] a 1620 [nm] corresponden a la zona de interés para la propagación de la luz a través de fibras ópticas en el envío de información. La ecuación 1.1 relaciona la longitud de onda λ , y la frecuencia f .

$$\lambda = \frac{c}{f} [nm] \quad (1.1)$$

Siendo c la constante de la velocidad de la luz, se deduce que a medida que la frecuencia incrementa, la longitud de onda decrece, por lo tanto, el ancho de banda que se puede asignar a una señal que se propague a través de una fibra óptica, será superior a los que se puedan asignar dentro de la región de radiofrecuencia RF. [8]

1.4.7 Índice de Refracción

El índice de refracción n de un material es una medida adimensional que describe cuanto se reduce la velocidad de la luz al atravesarlo. Se define mediante la ecuación 1.2.

$$n = \frac{c}{v} \quad (1.2)$$

Donde c es la velocidad de la luz en el vacío y v , la velocidad de la luz en un medio determinado [6]. La Tabla 1.5 describe los valores del índice de refracción de la luz en distintos medios.

Tabla 1.5 Índice de refracción de la luz

Valor del índice de Refracción de la luz	
Vacío	1
Aire	1.0002926
Glicerina	1.473
Cuarzo	1.544
Cloruro de sodio (sal)	1.544
Diamante	2.42

1.4.8 Fundamentos de la propagación óptica

Para el estudio de la propagación de la luz por una fibra óptica, se debe describir dos fenómenos ópticos conocidos como reflexión y refracción. El fenómeno de la reflexión de la luz provoca el cambio en la trayectoria de un haz cuando este incide en una superficie reflectora [7].

La Figura 1.8 presenta un esquema que describe las siguientes leyes de reflexión:

- Ángulo de incidencia θ_i igual al ángulo de reflexión θ_r .
- La normal, el rayo incidente y reflejado se encuentran en el mismo plano.

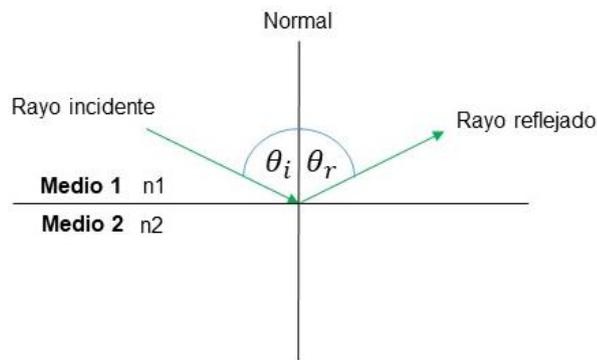


Figura 1.8 Reflexión de la Luz

En la Figura 1.9 se puede apreciar el cambio de dirección de un haz de luz cuando este se traslada a otro medio de propagación. Las leyes de este fenómeno óptico son las siguientes:

- El ángulo de incidencia θ_i y el de refracción θ_t se relacionan por la Ley de Snel, la cuál se describe en la ecuación 1.3

$$n_1 \text{sen}(\theta_i) = n_2 \text{sen}(\theta_t) \quad (1.3)$$

- El haz reflejado, la normal y el haz incidente se encuentran en el mismo plano.

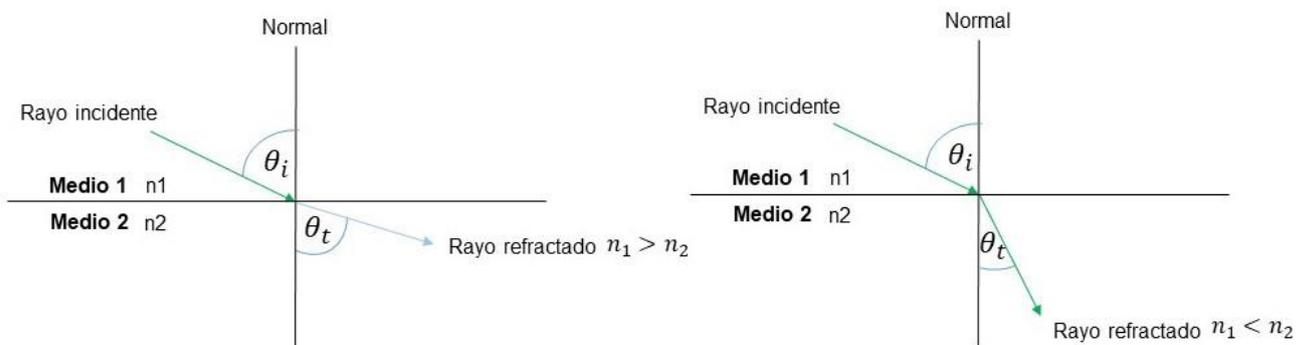


Figura 1.9 Refracción de la Luz

El rayo de luz al propagarse de un medio más denso a otro menos denso, es decir, de un medio con mayor índice de refracción a uno con un índice inferior; el haz de luz refractado se distancia de la normal. Por lo tanto, si $n_1 > n_2$, entonces $\theta_t > \theta_i$. [7]

1.4.9 Estado del Arte

La implementación de sistemas de seguridad telemáticos protege el cableado de cobre que se emplea en las distintas redes y tendidos eléctricos, de iluminación y demás infraestructura donde el cableado con tecnología de cobre cumple la función de medio guiado alámbrico [9].

Estos sistemas implementan módulos instalados en armarios, donde los módulos sensores, informan el estado del cableado de cobre, realizando mediciones de consumo y de cargas, entre otros parámetros. Se realiza una medición inicial para obtener un valor de referencia, el cual permite realizar una comparativa con alguna medición posterior. En el caso de existir mediciones discordantes, el sistema notifica la anomalía en el tramo medido [10].

Otros sistemas permiten la detección del estado del cable utilizando un grupo de relés electromagnéticos, de tal manera que se realizan mediciones de tensión, las cuáles se transmiten a un armario de control. Este armario comunica y notifica el aviso de la anomalía en caso de que existiera [11].

A medida que los proveedores de servicios migran sus redes con tecnología de cobre hacia otro tipo de tecnología, una alternativa que reduce el cableado de cobre y proporciona mejoras en el servicio al usuario final; son los sistemas de redes híbridos fibra-coaxial HFC, los cuales emplean una distribución coaxial posterior a una distribución óptica. Una red HFC se compone de equipos activos que transmiten señales a componentes pasivos, conectando diferentes usuarios y ofreciendo una solución de telecomunicación. [12]

1.4.10 Tecnología GPON

GPON o por sus siglas en inglés Gigabit-capable Passive Optical Network, emplea una red óptica pasiva con capacidad de gigabit, escalable desde 622 [Mb/s] hasta 2.5 [Gb/s]. Está estandarizada en las recomendaciones ITU G.984.x y permite el acceso a servicios de voz, datos y TV hasta los hogares, mediante una misma instalación de fibra óptica y con una velocidad garantizada superior a 1 [Gb/s] [13]. Como se aprecia en la Figura 1.10, la estructura de una red GPON consta de una OLT ubicada en la oficina central, la red de distribución ODN y las terminales de red óptica ONT.

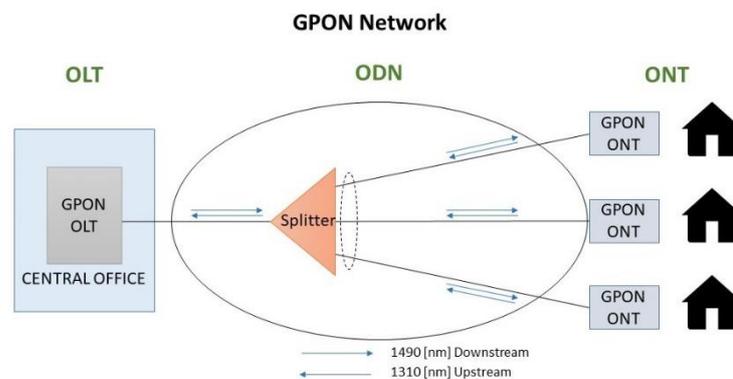


Figura 1.10 Estructura de una red GPON

1.4.11 Red FTTH

Fiber to the Home (FTTH) o fibra óptica hasta el hogar, define una tecnología de telecomunicaciones que emplea toda su estructura cableada con fibra óptica. El despliegue de la fibra yace en la oficina central u oficina del proveedor/distribuidor y es conducida hacia los elementos de distribución óptica para ofrecer diferentes servicios como IPTV, internet, telefonía IP a macroempresas, microempresas y hogares. [14]

1.4.12 Red de Planta Externa

La red de planta externa está conformada por la infraestructura de telecomunicaciones diseñada para dar soporte al despliegue de la red fuera de la oficina central. Comprende diferentes elementos que se despliegan en las

calles, avenidas y esquinas por medio de postes, murales y redes de canalización que se ubican externamente y que de una forma u otra permiten que los enlaces finalicen en edificios o casas para prestar servicios de telecomunicaciones.

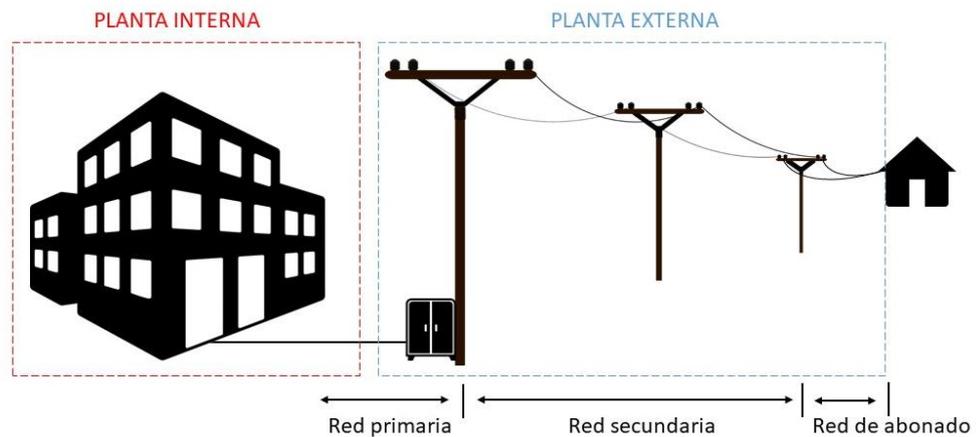


Figura 1.11 Estructura de una red de Planta Externa

En la Figura 1.11 se observa la estructura básica de una red planta externa, la cual se compone de los siguientes tramos:

Red primaria: Enlace entre el distribuidor de servicios y armarios de distribución, es una conexión que emplea cables de gran capacidad.

Red secundaria: Enlace entre los armarios de distribución y las cajas de dispersión. El despliegue de cables en este tramo puede ser canalizado, aéreo o por murales.

Red de abonado: Enlace entre el último nodo de distribución que se origina en la caja de dispersión y llega al usuario final.

1.4.13 Fibra Monomodo G.652 D

Una fibra monomodo permite la propagación de un sólo modo de luz. La fibra G.652 D es una fibra monomodo estándar (SSMF) adaptable de longitudes de onda entre 1310 [nm] y 1550 [nm] optimizada para su despliegue en redes de acceso, metropolitanas, CATV y cableado estructurados [15]. Sus propiedades ópticas y geométricas se describen en la Tabla 1.6.

Tabla 1.6 Características de la Fibra Monomodo G.652 D

Características	
Longitud de onda	1310 [nm] – 1550 [nm]
Rango nominal	8.6 [μm] – 9.2 [μm]
Atenuación	1310 [nm] ≤ 0.35 [dB/Km]
	1383 [nm] > 0.35 [dB/Km]
	1550 [nm] ≤ 0.21 [dB/Km]
Diámetro de revestimiento	235 [μm] – 249 [μm]
Radio de curvatura	≥ 4 m

Las fibras individuales de un cable óptico o hilos de fibra óptica están identificados por código de colores según la norma TIA/EIA 598 [16]. Un cable de 12 hilos posee la asignación de colores que se aprecia en la Figura 1.12.

Posición	Colores
1	Azul
2	Anaranjado
3	Verde
4	Café
5	Plateado (Gris)
6	Blanco
7	Rojo
8	Negro
9	Amarillo
10	Violeta
11	Rosa (Rosado)
12	Aqua (Celeste)

Figura 1.12 Código de colores en hilos de fibra óptica

1.4.14 OLT

Optical Line Terminal (OLT), es un elemento activo situado en la oficina central del ISP, se encarga de agregar tráfico y encaminarlo hacia los clientes. Funciona como un router para ofrecer diferentes servicios. [13]

1.4.15 ODN

Optical Distribution Network (ODN), está constituida por todos los componentes pasivos que interconectan el equipo terminal de línea óptica OLT, ubicado en la central de telecomunicaciones, con el equipo terminal ONT. El esquema de conexión se aprecia en la Figura 1.13. Los elementos que la conforman son la fibra óptica, empalmes de fusión, conectores, divisores ópticos, cajas de distribución, entre otros. Partiendo desde el ISP, la red ODN se segmenta en diferentes tramos denominados como red feeder, red de distribución y red de dispersión y su despliegue se instala en forma aérea, subterránea o por murales. [13]

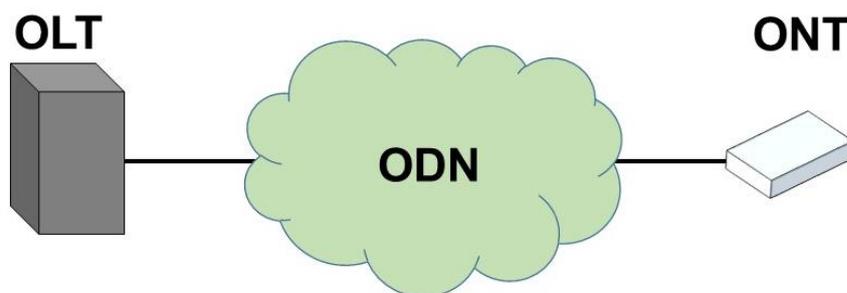


Figura 1.13 Esquema ODN

1.4.16 ONT

Optical Network Terminal (ONT), es un dispositivo activo que realiza la conversión de señales ópticas a eléctricas y viceversa, se ubica en las instalaciones del abonado siendo el punto final en la red de acceso. [13]

1.4.17 Red Feeder

La red feeder, red troncal o backbone está conformada por los cables de fibra óptica de alta capacidad, que van desde los ODF ubicados en la oficina central del ISP hasta los armarios o mangas de distribución donde se realiza el primer nivel de división óptica. [17]

1.4.18 Red de distribución

La red de distribución comprende los cables de fibra óptica que conectan los armarios o mangas de distribución hasta las cajas de distribución NAPs. [17]

1.4.19 Red de dispersión

La red de dispersión comprende el cable de fibra óptica que va desde la NAP hasta la roseta ubicada en el usuario final. [17]

1.4.20 Splitter

Elemento pasivo de la red que permite la conexión punto-multipunto, separa la señal óptica de una fibra para conducirla físicamente por sus divisiones resultantes. [18]

1.4.21 Empalmes

Los empalmes de fibra óptica es la unión de hilos de fibra óptica que permiten alargar distancias en el cableado que el fabricante ofrece o para unir hilos que presenten discontinuidad en el enlace. Existen empalmes mecánicos y por fusión. [17]

1.4.22 Caja de Distribución Óptica NAP

Network Access Point (NAP), dispositivo pasivo que enlaza la red de distribución con la red de dispersión, siendo puntos en la red de fibra óptica donde se realizan labores de mantenimiento y operación. En la caja de distribución se alojan

divisores ópticos o splitters de 1xn y el resultado de la división óptica se comunica hacia los abonados formando la red de dispersión. Una NAP puede ser ubicada en postes, murales o en cámaras subterráneas. En la Figura 1.14 se aprecia el exterior e interior de una caja de distribución NAP aérea. [17]



Figura 1.14 Caja de distribución NAP [19]

1.4.23 ODF

Un distribuidor de fibra óptica (ODF) es el elemento pasivo que se emplea para proveer interconexiones entre la planta externa con los equipos activos en las instalaciones de comunicación. Existen ODF de planta externa y de planta interna. [17] La Figura 1.15 exhibe una vista exterior e interior del elemento pasivo ODF.



Figura 1.15 Distribuidor de fibra óptica ODF [20]

1.4.24 Rack

El rack es un gabinete metálico de tipo indoor que da soporte físico a diferentes equipos con tecnología GPON. Existen diferentes tipos y tamaños de rack o bastidores para equipos activos como OLT, y elementos pasivos como ODFs.[21] En la Figura 1.16 se puede apreciar este tipo de soportes para diferentes equipos activos y pasivos.



Figura 1.16 Rack [22]

1.4.25 Rack de planta interna

Un rack de planta interna está constituido por el gabinete que da soporte físico a equipos activos como OLTs o elementos pasivos como distribuidores de fibra óptica ODFs de planta interna, en este último se interconectan los puertos del terminal de línea óptica OLT con los cables de enlace o patchcords de planta externa. [21]

1.4.26 Rack de planta externa

Un rack de planta externa está constituido por el gabinete que da soporte físico a los distribuidores de fibra óptica ODFs de planta externa, interconectan los hilos de fibra óptica del cable feeder con los puertos de los distribuidores de planta interna OFDs con el objetivo de conectar las diferentes interfaces de los equipos de transmisión. La cantidad de puertos empleados en el ODF de planta externa representa la cantidad de puertos PON de la tarjeta del equipo activo OLT. [21]

En la Figura 1.17 se aprecia un gabinete o rack que da soporte a los distribuidores de fibra óptica ODFs.



Figura 1.17 Rack con ODFs [23]

1.4.27 Conexiones en el nodo óptico

En el nodo óptico se encuentran los equipos activos y elementos pasivos que posibilitan la transmisión y recepción del tráfico de datos, el esquema de conexión se observa en la Figura 1.18 y parte del Rack OLT encargado de suministrar la señal óptica principal, el rack de planta interna que conecta el rack planta externa con el rack OLT y el rack planta externa que enlaza la red planta externa mediante el cable feeder con el rack de planta interna. [21]

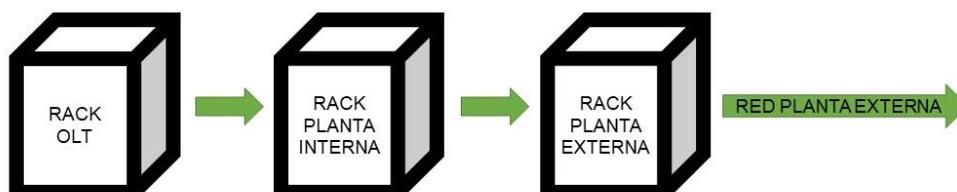


Figura 1.18 Esquema de conexión en el nodo óptico

1.4.28 Infraestructura de Telecomunicaciones

La infraestructura que da soporte a la red de planta externa está conformada por postes y redes de canalización con acceso mediante cámaras subterráneas o pozos. El conjunto de postes permite la instalación aérea del cable óptico mientras que por las redes de canalización se instala el cable óptico que viaja de manera subterránea.

1.4.29 Subida a poste

La subida a poste y subida a mural son interfaces de la red planta externa que enlaza la red subterránea y la red aérea. Este tramo proyectado se protege mediante tuberías metálicas eléctricas (EMT – Electrical Metallic Tubing) por sus siglas en inglés, de 5 [m] de largo y de 2” diámetro [24]. Un esquema de subida a postes se puede apreciar en la Figura 1.19.

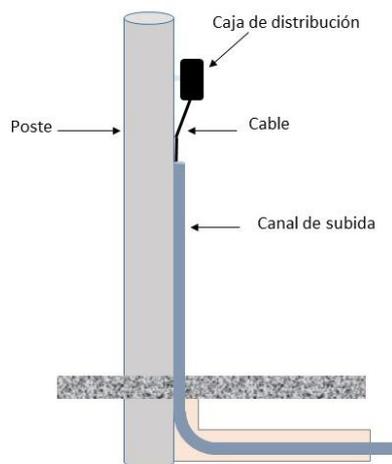


Figura 1.19 Subida a poste

1.4.30 Accesorios para el despliegue de la red planta externa

La implementación física de la red planta externa requiere de diferentes elementos de fijación, identificación y soporte que se emplean en la instalación aérea y canalizada de la red de fibra óptica, estos elementos cumplen con las especificaciones técnicas del proveedor [21]. La función de estos componentes y accesorios se detallan en la Tabla 1.7.

Tabla 1.7 Elementos y accesorios

Elemento	Función	Imagen
<p>Preformado Helicoidal</p>	<p>Conjunto de alambres helicoidales que distribuyen de manera homogénea la fuerza de tensión sobre el cable que se instalada de forma aérea en postes.</p>	
<p>Herraje de paso tipo B cónico</p>	<p>Conformado internamente por dos cauchos que sujetan el cable de fibra óptica, reduce el uso de preformados helicoidales y se emplea en trayectoria aéreas y rectas dentro del vano máximo del cable.</p>	
<p>Herraje de Retención</p>	<p>Conformado por una platina y un anillo soldado. Se emplean en cambios de trayectorias aéreas del cable óptico, en cajas de distribución y en interfaces de subida a postes.</p>	
<p>Herraje tipo brazo de farol</p>	<p>Soporte que se emplea para superar obstáculos en las trayectorias aéreas del cable óptico.</p>	
<p>Herraje tipo Cruce Americano</p>	<p>Permite el cambio de trayectoria de un cable aéreo, en ausencia de postes.</p>	
<p>Manguera corrugada (Tubo cóflex 3/4")</p>	<p>Protege el cable óptico que es guiado por cámaras subterránea o pozos</p>	

<p>Identificadores acrílicos</p>	<p>Los identificadores acrílicos son etiquetas que detallan información como el logo del proveedor, tipo de cable, número de contacto para comunicar eventualidades, nombre del enlace y modo de transmisión. Se sujetan en cables instalados de forma aérea y canalizada.</p>	
<p>Herraje portareservas para pozos</p>	<p>Fija y organiza el cable óptico que se asigna como reserva y que se coloca en las cámaras subterráneas o pozos.</p>	
<p>Tubería EMT (Electrical Metallic Tubing) de 2"</p>	<p>Se emplean como canales de subida que protegen el cable óptico en las interfaces de la red donde la trayectoria del cable pasa de la canalización a los postes.</p>	

1.4.31 Despliegue de la red planta externa

El despliegue de la red de fibra óptica sigue diferentes trayectorias soportadas por la infraestructura de telecomunicaciones existente en el área de interés, un ejemplo visual de la instalación aérea y subterránea del cable óptico se observa en la Figura 1.20.

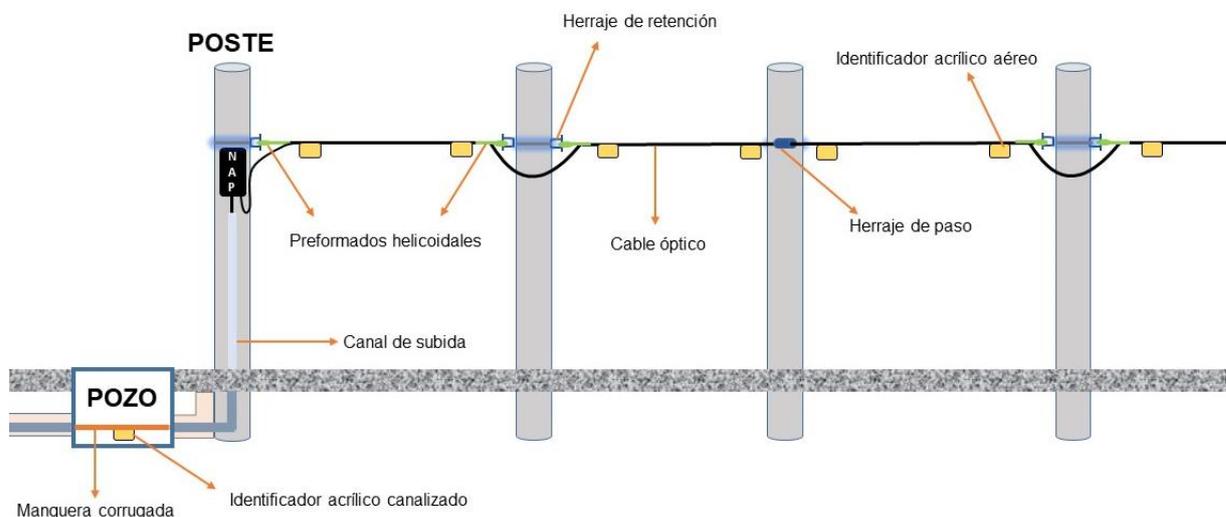


Figura 1.20 Despliegue aéreo y subterráneo del cable de fibra óptica

Para la instalación aérea se debe considerar el vano máximo del cable establecido por el fabricante, este vano máximo es la distancia horizontal entre dos postes que puede soportar un cable aéreo tomando en cuenta el peso del mismo. La distancia entre dos postes en los que se ha instalado herrajes de retención no debe superar el vano del cable óptico, sin considerar la existencia de herrajes de paso entre este trayecto [17]. El despliegue aéreo y canalizado posee sus correspondientes identificadores acrílicos del enlace.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Introducción

El estado del arte describió diferentes sistemas que brindan protección al medio guiado y la arquitectura híbrida HFC como una alternativa de la red de migración. Sin embargo, la implementación de sistemas de detección mediante sensores, los cuales ofrecen un monitoreo de la red, conlleva una inversión poco viable debido a la cantidad de armarios de cobre ubicados en la zona de influencia. Además, al implementar un sistema de monitoreo, la red de cobre debe ser reconstruida, por ende, no existiría una proyección hacia una mejor tecnología que ofrezca mejoras en los servicios a la demanda existente y futura. Por otra parte, la arquitectura de una red híbrida fibra-coaxial HFC al implementar distribuciones coaxiales hacia el usuario final no reemplaza totalmente al cobre como medio guiado.

La migración de los armarios de cobre hacia una red de fibra óptica FTTH no sólo sustituye el cableado de cobre si no que proyecta una mejora de servicios (televisión, internet y telefonía) al usuario final. Por lo tanto, el diseño de una red FTTH planta externa que priorice la migración de la demanda actualmente afectada y que proyecte una futura demanda, resulta la mejor opción en cuanto a calidad de servicios y viabilidad económica.

El software que se emplea para el diseño georreferenciado de la red, es AutoCAD, este software ofrece una variedad de recursos como colores, grosor de líneas, texturas y un sistema de capas que permite organizar el diseño por elementos, además de hacer posible la extracción de datos a una hoja de cálculo como Microsoft Excel, para la cuantificación de los elementos que intervienen en el despliegue de la red.

Con el fin de llevar un orden en el diseño de la red de migración, se divide la zona de cobertura de la red en tres etapas, Etapa 1, Etapa 2 y Etapa 3. Los principios del diseño de la red y la implementación física de la misma, se fundamentan en

las recomendaciones y estándares aprobados por la UIT o ITU (International Telecommunication Union) en la serie G (Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks) y cumplen las normas exigidas por la CNT EP en su Normativa Técnica de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica (ODN).

2.2 Normativa Técnica

2.2.1 Normativa Técnica de fibra óptica ITU-T G.652D

El cable de fibra óptica detallado en la recomendación ITU-T G.652 D, ofrece una baja atenuación en la señal que se trasmite y la distancia de los enlaces pueden ir desde los 550 [m] hasta los 40 [Km], con una longitud de onda en la región de 1310 [nm] y 1550 [nm]. [15]

2.2.2 Normativa Técnica Red óptica pasiva ITU-T G.984.1

El estándar GPON describe una red óptica pasiva que no emplea elementos activos en el segmento de la red que se ubica entre la OLT y la ONT, es decir, en la red de distribución óptica ODN. Este sistema de red óptica tiene capacidad de Gigabits y se basan en las necesidades del proveedor de servicios. [13]

2.2.3 Normativa técnica de extensión de enlace ITU-T G.984.6

La recomendación ITU-T G.984.6, establece un valor ideal para el balance óptico de 28 [dB]. No obstante, los proveedores de servicios emplean 25 [dB], considerando los 3 [dB] como margen de seguridad [25].

2.2.4 Normativa técnica de diseño de planta externa con fibra óptica (ODN – Optical Distribution Network) – CNT EP

Para el diseño de la red planta externa se considera las siguientes recomendaciones:

- La ubicación de las cajas de distribución NAP se designa en puntos céntricos tomando como referencia su cobertura de dispersión.

- El cable óptico G.652D se despliega por canalización, postes, paredes o murales.
- El diseño de la red de distribución emplea cables de fibra óptica con capacidades de 6, 12, 48, 72 y 96 hilos.
- La cobertura de una manga de distribución se conoce como distrito y abarca el área de cobertura de las cajas de distribución que conecta.
- Se emplea la técnica de sangrado de cables para fusionar hilos de servicio de cajas de distribución NAP y no sus derivaciones.
- La red troncal o red feeder se despliega de manera canalizada con cables de alta capacidad entre 96, 144 y 128.
- Los elementos del diseño son georreferenciados en sistema de coordenadas Mercador (UTM) [17]

2.3 Software de diseño asistido por ordenador Autocad

El software que se emplea para el diseño de la red de planta externa es Autocad. Este software de diseño asistido por ordenador pertenece a la Compañía Autodesk y es muy empleado en el campo de la ingeniería, arquitectura, diseño industrial, entre otros. Dentro de las funcionalidades ofrecidas por el software en el diseño de la red planta externa FTTH, se encuentran las siguientes:

- Separación de los elementos de la red planta externa por capas.
- Atributos de información en cada elemento de la red.
- Localización geográfica única mediante planos georreferenciados.
- Comandos para la extracción de datos a hojas de cálculo como Microsoft Excel y para la actualización masiva de información en el plano.
- Programación de cotas para establecer distancia entre puntos.
- Presentaciones con segmentos de la red en áreas de interés.

Con ayuda de estas funcionalidades se realiza un diseño de la red de migración totalmente virtualizado en escalas reales y organizado por capas.

2.4 Simbología

Para el diseño de la red planta externa se debe considerar los diferentes elementos que conforman la infraestructura de la misma, dentro del plano georreferenciado.

Tabla 2.1 Simbología del diseño de la red en el software Autocad

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Demanda de telefonía e internet.		Reserva en Manga
	Postería		Empalme de Fibra aéreo o subterráneo existente (Manga derivación troncal existente)
	Pozo de mano		OLT Existente
	Pozo en acera o calzada		Herraje de Retención - 1 Extensión
	Caja de distribución NAP		Herraje de Retención - 2 Extensión
	Identificación del cable óptico		Herraje de paso tipo B
	Splitter Secundario SS		Herraje Brazo de farol
	Cableado de distribución de fibra G.652D		Manguera Corrugada
	Cableado Red Feeder Existente G.652D		Canal de Subida
	Cableado Red Feeder Projectada G.652D		Splitter Primario SP
	Empalme de fibra y Splitter proyectado (Manga de distribución proyectada)		Reserva del cable óptico
	Empalme de Fibra aéreo o subterráneo proyectado (Manga de derivación troncal proyectada)		ODF Proyectado

La Tabla 2.1 detalla los diferentes identificadores que se emplean para representar los elementos que forman parte del diseño de la red planta externa. Cada elemento posee atributos como identificación o nombre, numeración, asignación de hilos de fibra óptica, ramal troncal o de distribución, entre otros.

Estos símbolos permiten diferenciar y señalar información relevante de cada elemento que conforma la red proyectada en el software de diseño Autocad. La simbología corresponde a las especificaciones a seguir dentro de la normativa vigente CNT EP “Normativa Técnica de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica (ODN)”.

2.5 Arquitectura de la red FTTH

Para comprender la arquitectura de la red FTTH a diseñar, se definen elementos como:

- Manga: Nodo donde se realiza la división óptica de primer nivel y conecta la red feeder con la red de distribución.
- Naps: Nodo donde se realiza la división óptica de segundo nivel y conecta la red de distribución con la red de dispersión
- Roseta óptica: Punto donde se realiza el empalme del cable drop y se conecta el pigtail hacia la ONT.

La red planta externa parte desde el ODF (Optical Distribution Frame) de planta externa mediante un cable troncal de alta capacidad y avanza al exterior hasta una manga de distribución, este enlace se conoce como red feeder y se despliega de manera canalizada.

En la manga de distribución se realiza la primera división óptica con el fin de conectar cada caja de distribución NAP, el recorrido de este enlace se denomina red de distribución.

Finalmente, de la NAP se llega a la roseta del abonado mediante una segunda división óptica, formando lo que se denomina como red de dispersión, este enlace se realiza mediante el uso de cable drop. El esquema de esta arquitectura se lo observa en la Figura 2.1.

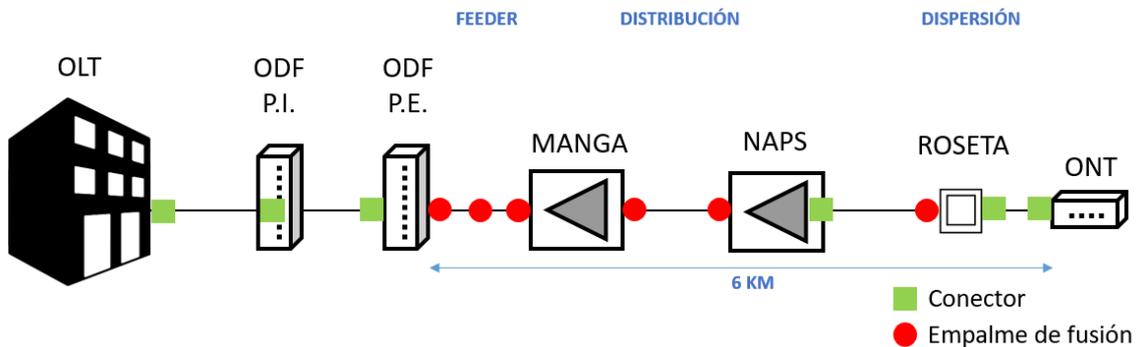


Figura 2.1 Arquitectura de red FTTH

Cada punto rojo representa un empalme de fusión, mientras que los cuadros verdes representan conectores, la cuantificación de fusiones y conectores permiten estimar el presupuesto óptico. En esta arquitectura, el ODF y la manga de distribución, reemplazan los armarios de distribución o FDH.

2.6 Diagrama de bloques de la solución

El diagrama de bloques de la solución detalla los diferentes escenarios o etapas a seguir de manera secuencial para solventar la problemática en el sector de interés. La Figura 2.2 describe los diferentes procesos para el desarrollo del diseño de la red de fibra óptica planta externa.

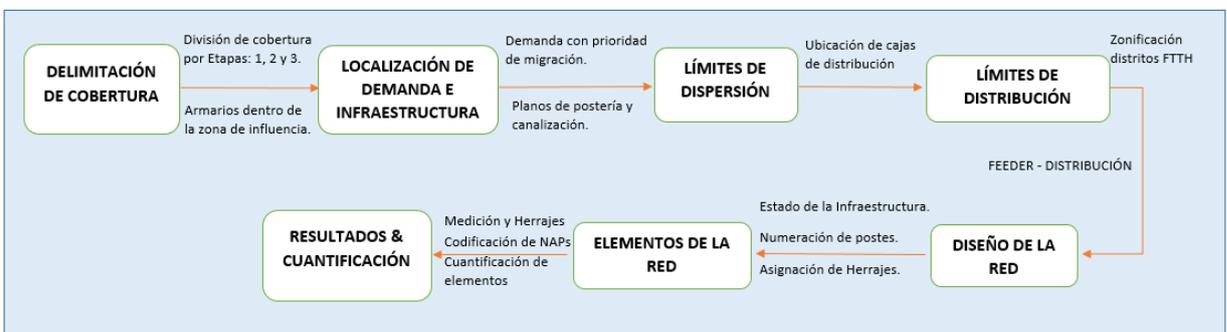


Figura 2.2 Diagrama de bloques de la solución

Se comienza con la delimitación de la cobertura hasta el planteamiento del diseño y la cuantificación de los elementos de la red que intervienen en el despliegue que

posibilite la migración de armarios. A continuación, se describe cada etapa mostrada en el diagrama de la Figura 2.2 y los procesos a seguir en cada una de estas.

2.7 Delimitación de cobertura

La delimitación de la cobertura comprende el área en donde se encuentra actualmente los armarios de cobre a migrar a la red FTTH. Cada armario de cobre posee una cantidad de usuarios con servicios de telefonía fija e internet fijo a los cuáles se le ha priorizado la migración hacia la red con tecnología de fibra óptica. La ubicación geográfica de los armarios de cobre en la etapa 1, etapa 2 y etapa 3 se presentan en las Figuras 2.3, 2.4 y 2.5 respectivamente.



Figura 2.3 Ubicación geográfica de armarios de cobre – ETAPA 1



Figura 2.4 Ubicación geográfica de armarios de cobre – ETAPA 2

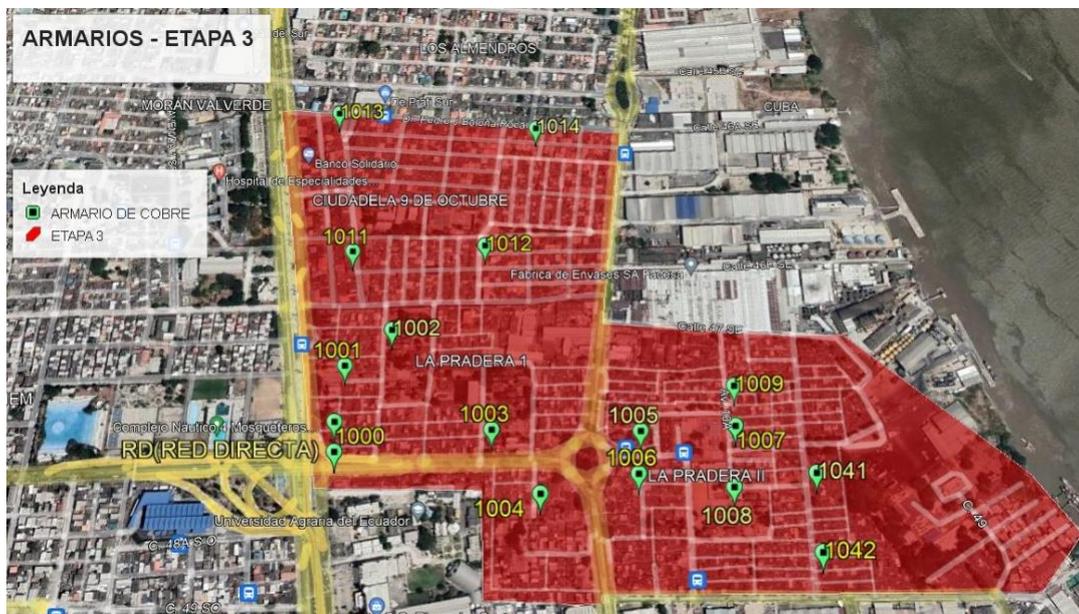


Figura 2.5 Ubicación geográfica de armarios de cobre – ETAPA 3

La delimitación global de la cobertura limita al norte por la calle Ernesto Albán Mosquera, al sur y al oeste por la Av. Luis Noboa Naranjo y al este por la calle 49 SE.

2.8 Localización de demanda e Infraestructura

La demanda con prioridad de migración se encuentra conectada a los armarios de cobre existentes dentro de la zona de influencia, cada cliente se ubica dentro del plano georreferenciado, lo cual determina el modelo a seguir en el diseño de la red de migración. De la misma manera, se ubica la infraestructura existente en la delimitación global de la cobertura.

2.8.1 Nodo principal

La ubicación del nodo principal corresponde al edificio donde se encuentran ubicados los equipos activos y pasivos del ISP. Este inmueble posee los sistemas necesarios para que los equipos funcionen correctamente. En el diseño de la red se establece como nodo principal la central sur del proveedor de servicios ubicada en las calles y coordenadas descritas en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Ubicación UTM del nodo principal

Central	Ubicación UTM		Calle Principal	Calle Secundaria
	Posición X	Posición Y		
OLT	622807	9752448	Av. 25 de Julio	Av. Pio Jaramillo Alvarado

En la Figura 2.6 se observa el edificio de la central sur del proveedor donde se encuentra instalado el equipo que enviará la señal principal a los clientes, esta OLT se la digitaliza en el plano con su respectiva simbología, tal como se aprecia en la parte derecha de la figura en mención.

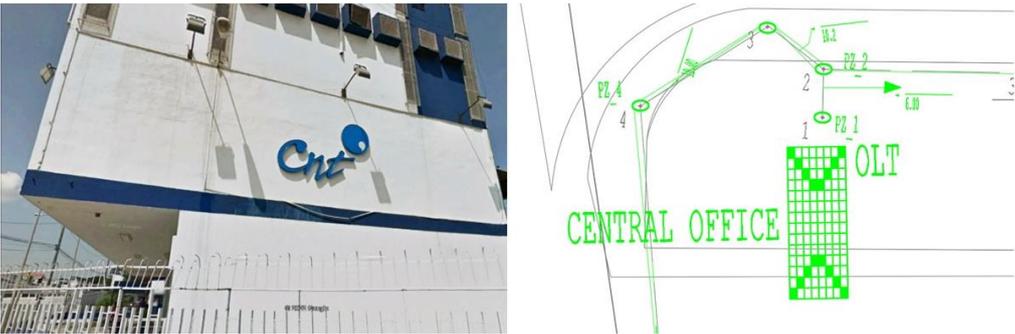


Figura 2.6 Ubicación y digitalización de la OLT

2.8.2 Postería y Canalización

La utilización de postes de alumbrado público y transmisión de energía eléctrica son parte fundamental para el tendido aéreo del cableado de fibra óptica. Se emplea la base datos de postería de CNEL EP (Figura 2.7) dentro del área de cobertura de interés, esta información ofrece la numeración de postes y coordenadas de cada elemento.

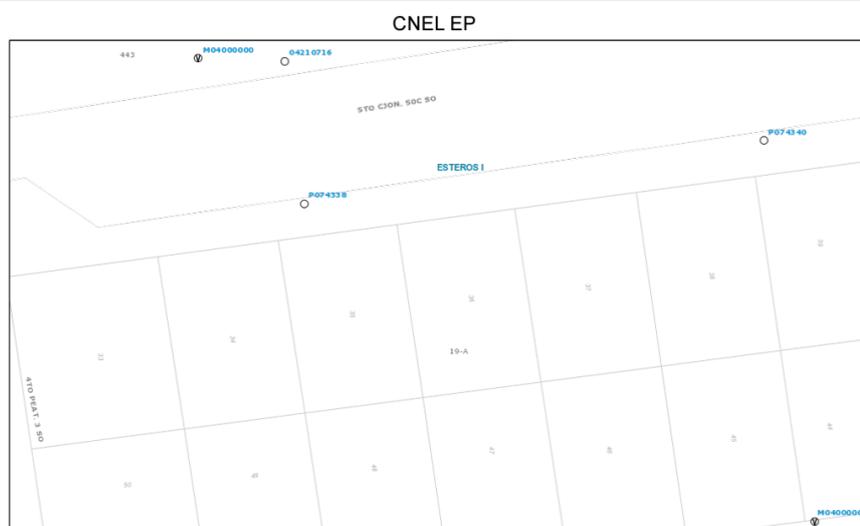


Figura 2.7 Postería CNEL EP

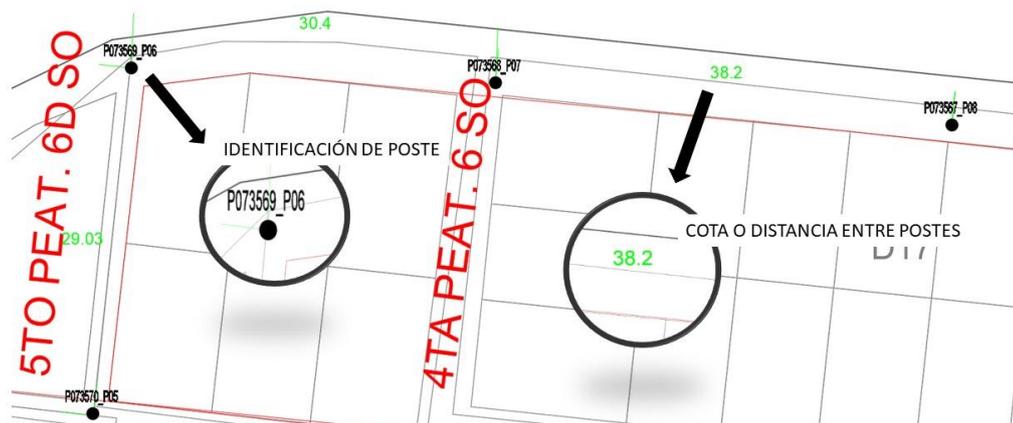


Figura 2.8 Digitalización de la infraestructura de postería

La información de la postería se digitaliza en el plano y una vez ubicada, se añaden cotas o distancias entre postes, las cuáles se pueden observar en la Figura 2.8. Esta distancia en metros permite calcular el recorrido del cable óptico que transita por la infraestructura.

Por otro lado, es necesario conocer la ruta existente de la red de canalización en el sitio de interés, por lo que, de la misma manera, esta se digitaliza en el plano georreferenciado.

En la Figura 2.9 se observa parte de la red de canalización de la ciudadela Los Esteros, sur de Guayaquil, cada tramo entre pozos posee su distancia o cota de separación en metros. La red de canalización que recorre cada etapa puede visualizarse en el Apéndice A.



Figura 2.9 Red de Canalización en la ciudadela Los Esteros

2.8.3 Feeder Existente

La red feeder nace en el nodo óptico u oficina central y llega al nodo de distribución donde se encuentran los splitters primarios que multiplexan la información hacia los usuarios finales. El cable óptico del feeder es de alta capacidad (96, 144 o 288 hilos) por lo que comúnmente su instalación se realiza de manera subterránea.

Los tramos de fibra troncal o feeder se identifican con la nomenclatura descrita en la Figura 2.10 la cual se establece según la normativa del ISP.

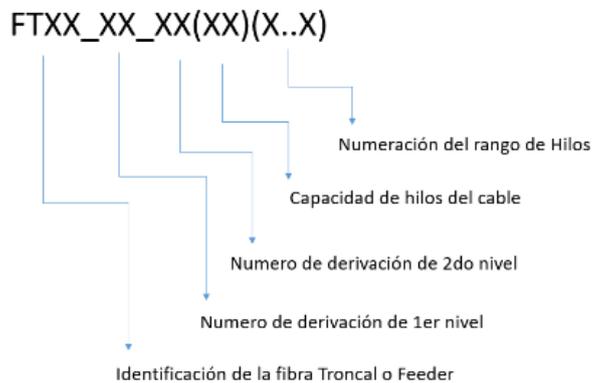


Figura 2.10 Nomenclatura de identificación para ramales troncales

El trayecto de la red feeder existente que recorre las tres etapas o zonas macro de cobertura se puede apreciar en la Figura 2.11 tanto de forma geográfica (Google Earth) como en el plano georreferenciado (Autocad).

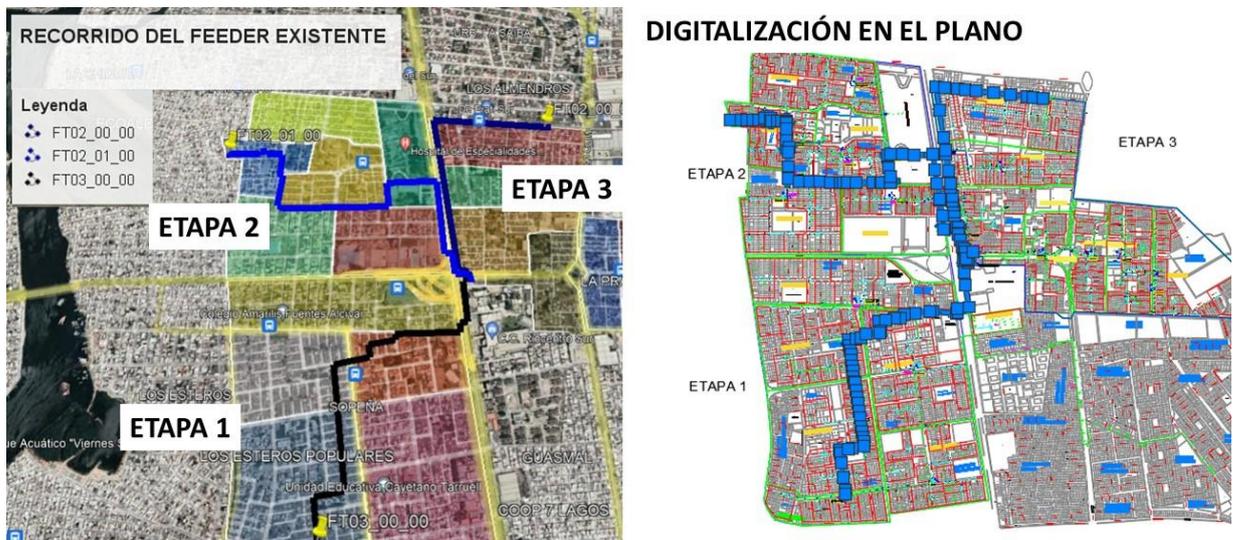


Figura 2.11 Trayectoria de la red Feeder existente

La identificación o nomenclatura de cada ramal troncal se observa en el diagrama esquemático de la Figura 2.12 donde la red feeder parte de la OLT y será backbone que conecta las tres etapas de cobertura.

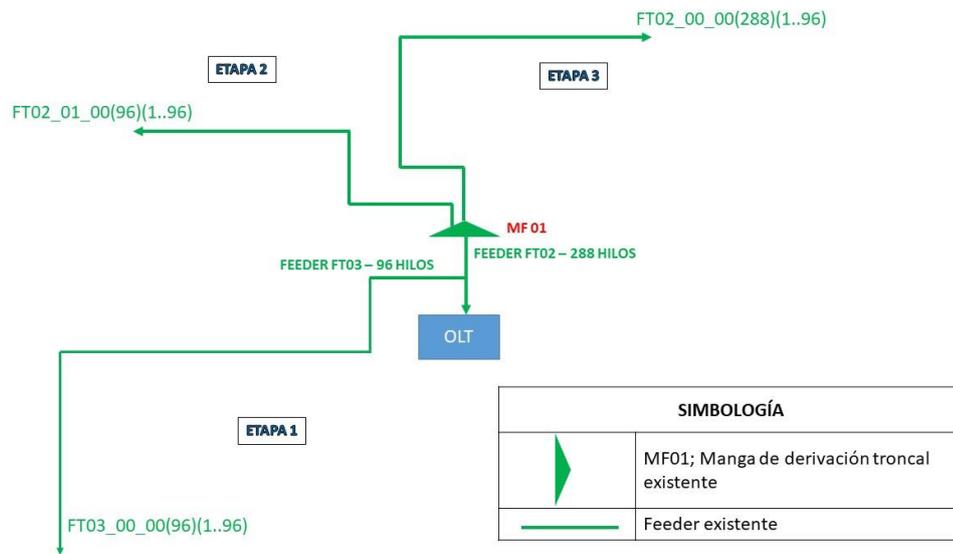


Figura 2.12 Diagrama esquemático de la red feeder existente

Para la Etapa 1 se dispone del ramal FT03_00 con 96 hilos, para la Etapa 3 el ramal troncal FT02_00 de 288 hilos de capacidad, con 96 hilos disponibles y para la Etapa 2 el feeder FT02_01 de 96 hilos, el cual es una derivación del ramal FT02_00. En la Tabla 2.3 se tabula la información de cada ramal troncal existente. El recorrido de la red feeder en cada etapa, puede visualizarse en el Apéndice B.

Tabla 2.3 Identificación de ramales feeder existentes

Identificación Feeder	Etapas	Capacidad	Hilos disponibles
FT03_00_00	1	96	96
FT02_01_00	2	96	96
FT02_00_00	3	288	96

2.8.4 Ubicación de la Demanda

Tal como se visualizó en la simbología a emplearse en el diseño, se identifica cada abonado y se lo ubica en el sector, manzana y villa correspondiente. La Figura 2.13 muestra distintos clientes de la ciudadela Huancavilca ubicados en el plano georreferenciado, cada uno de estos clientes detalla el armario de cobre al cual pertenecen y la caja de dispersión a la que se encuentran conectados en la actualidad. La ubicación de la demanda permitirá la

delimitación de los límites de dispersión y su identificación de armarios facilitará el agrupamiento de los distritos de cobre existentes, los cuales migrarán a distritos FTTH proyectados.



Figura 2.13 Ubicación de la demanda

El acercamiento en la Figura 2.13 detalla que el cliente se encuentra conectado a la caja de dispersión G5-10, la cual pertenece al distrito o armario de cobre 1023. La caja de dispersión es el elemento dentro de una red con tecnología de cobre donde se conecta la red secundaria y el cable de iniciación de la red de abonado.

La identificación de cada caja de dispersión se da de forma alfanumérica asignando la numeración más baja a las cajas más distantes al armario de cobre [24]. Un ejemplo de esta nomenclatura se observa en la Figura 2.14.

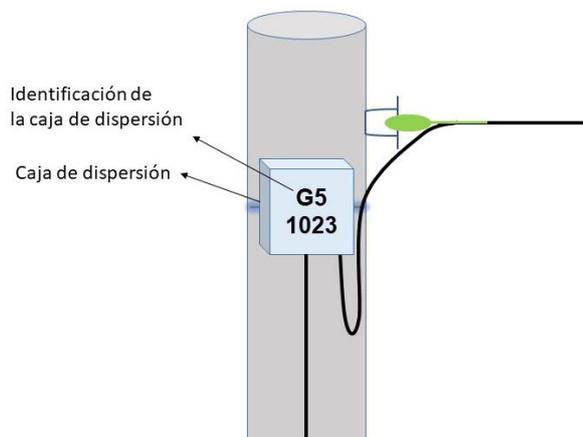


Figura 2.14 Identificación de la caja de dispersión

2.9 Límites de dispersión

Los límites de dispersión comprenden el área que enlaza la caja de distribución NAP hasta la roseta que se instala en la vivienda del usuario final; el enlace aéreo entre estos dos puntos no debe transitar por vías principales o de alto congestionamiento de tránsito urbano.[17]

Para la asignación de nombres de cada NAP, se toma en cuenta las letras del abecedario, partiendo desde la A a la Z, según se requiera [17]. A cada letra le corresponde la asignación numérica del 1 al 4. El formato de identificación se observa en la Figura 2.15.

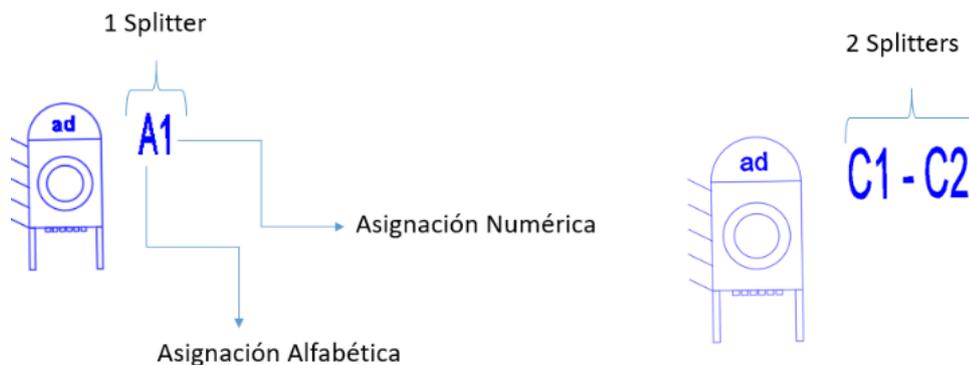


Figura 2.15 Formato de identificación de cajas NAPs

Los límites de dispersión encierran la cobertura de cada caja óptica Nap y permite cuantificar la cantidad de las mismas que se emplearán en cada distrito FTTH. La Figura 2.16 muestra 3 cajas Naps ubicadas en la ciudadela La Sopeña, el enlace de cada caja hacia el cliente o demanda, define lo que se conoce como red de dispersión.

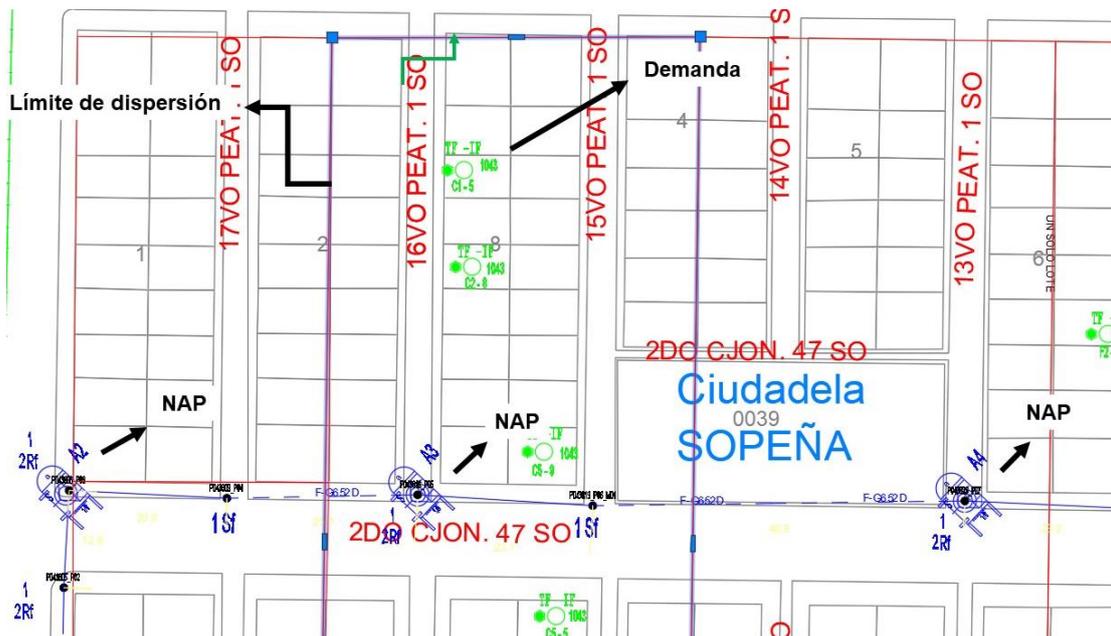


Figura 2.16 Límites de dispersión en NAPs A2, A3 y A4

2.10 Límites de distribución y zonificación de distritos FTTH

Para establecer los límites de distribución se utiliza la denominación basada en la normativa del proveedor, esta emplea el formato detallado en la Figura 2.17.

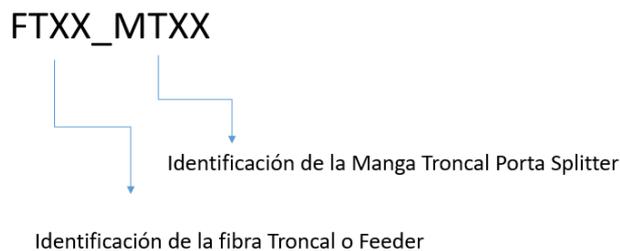


Figura 2.17 Nomenclatura para la identificación de distritos FTTH

2.10.1 Distritos FTTH

Se denomina distrito a la cobertura que ofrece un armario de distribución, para el caso de una red FTTH, el distrito engloba la suma de las áreas de dispersión delimitadas por cada caja óptica NAP, estas áreas de dispersión pertenecen a la cobertura de una manga de distribución MT.

2.10.2 Manga de Empalme MF

Las mangas de empalme (Figura 2.18) son dispositivos que dan soporte mecánico a los empalmes de fibra óptica. Su función es aislar de forma hermética las conexiones elegidas en determinados puntos de la red. Estas conexiones permiten el cambio de dirección en los ramales de fibra óptica.



Figura 2.18 Manga de Empalme [26]

2.10.3 Manga de distribución Porta Splitter MT

Es el punto de conexión entre el enlace troncal y la red de distribución por medio de divisores ópticos splitters. La manga de distribución (Figura 2.19) protege la conexión entre los cables primarios y los cables secundarios, permitiendo de forma independiente, el aumento de red feeder y de la red de distribución. Este equipo se coloca en puntos céntricos dentro del área de cobertura MT o distrito FTTH.



Figura 2.19 Manga de distribución Porta Splitter [27]

Los nuevos distritos de migración agrupan los respectivos armarios de cobre que se ubican dentro de los nuevos límites de distribución. En cada manga MT se ubican los splitters primarios o de primer nivel, encargados de la división óptica de la cual derivan los cables que recorren la cobertura de la red de distribución.

La Tabla 2.4 describe algunos de los nuevos distritos de migración y el agrupamiento de los armarios de cobre ubicados dentro de sus límites de distribución.

Tabla 2.4 Identificación de límites de distribución con armarios a migrar

Armario a migrar	DEMANDA Telefonía Fija + Internet Fijo	LÍMITES DE DISTRIBUCIÓN (DISTRITOS FTTH)	Manga de distribución MT
1081	9	FT03MT01	MT01
1082	7		
1082A	10		
1027	13	FT03MT02	MT02
1028	10		
1029	4		
1035	4		
1026	7	FT03MT03	MT03
1033	8		
1087	6		
RD	13		
1031	5	FT03MT04	MT04
1032	11		
1092	8		
1090	15	FT03MT05	MT05
1091	10		
1088	19	FT03MT06	MT06
1089	32		

En el distrito FT03MT01 se ubica la manga de distribución MT01, la misma que se encuentra menos distanciada de su fuente óptica mientras que la manga MT06 es la mayor distanciada.

Para establecer los límites de distribución o zonificación de distritos, se analiza la zona de cobertura de cada armario de cobre y la dispersión de los clientes a

los cuáles les ofrece servicio. La red secundaria y las acometidas (tecnología de cobre) migran al nuevo distrito FTTH el cuál será limitado de manera estratégica. La limitación de cada zona de distribución toma como fronteras la cobertura a migrar y las vías o avenidas principales dentro del entorno urbano. De esta manera se elude posibles puntos de falla de la red en el despliegue aéreo de distribución y dispersión; evitando el incremento del cableado aéreo en vías de exceso congestionamiento vehicular donde la continuidad de los enlaces construidos se pudiese trancar. En la Figura 2.20 se observa las zonas de cobertura o distritos FTTH que se han establecido en el diseño de la red.

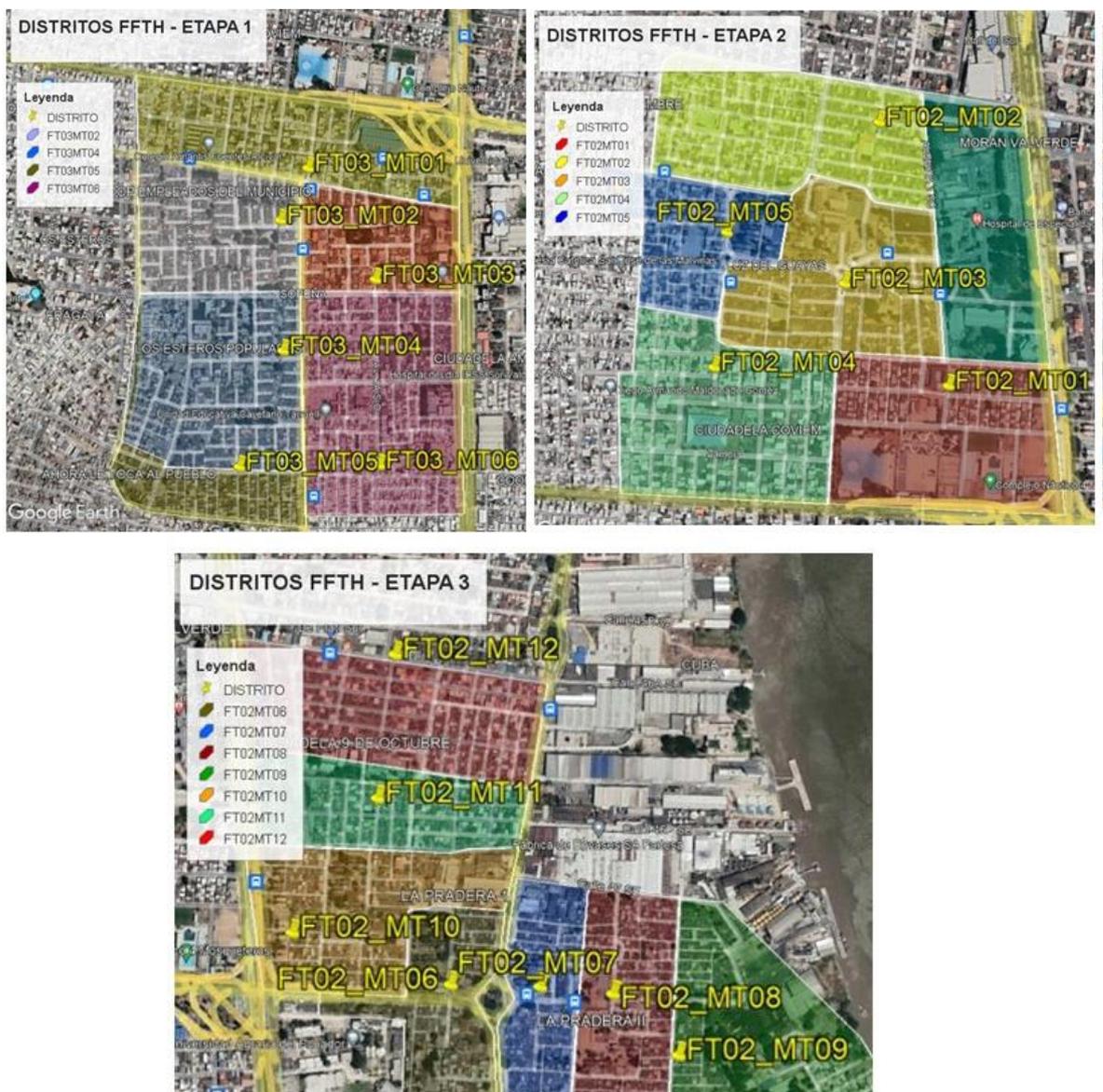


Figura 2.20 Zonificación de distritos FTTH en toda la cobertura.

2.11 Diseño de la Red

2.11.1 Red Troncal Feeder

El diseño de la red troncal feeder consiste en realizar derivaciones de la red troncal existente, de tal manera que comunique a cada manga de distribución MT establecida en cada distrito FTTH. Este enlace comprendido entre el nodo óptico y la manga de distribución, al estar conformado por cables de fibra óptica de gran capacidad, se procura que su despliegue se realice de manera canalizada. Para la comprensión de cada derivación troncal en cada etapa, se muestran los siguientes esquemáticos.

Para la etapa 1 con red feeder FT03_00, las derivaciones troncales proyectadas se detallan con líneas azules en el esquemático de la Figura 2.21.

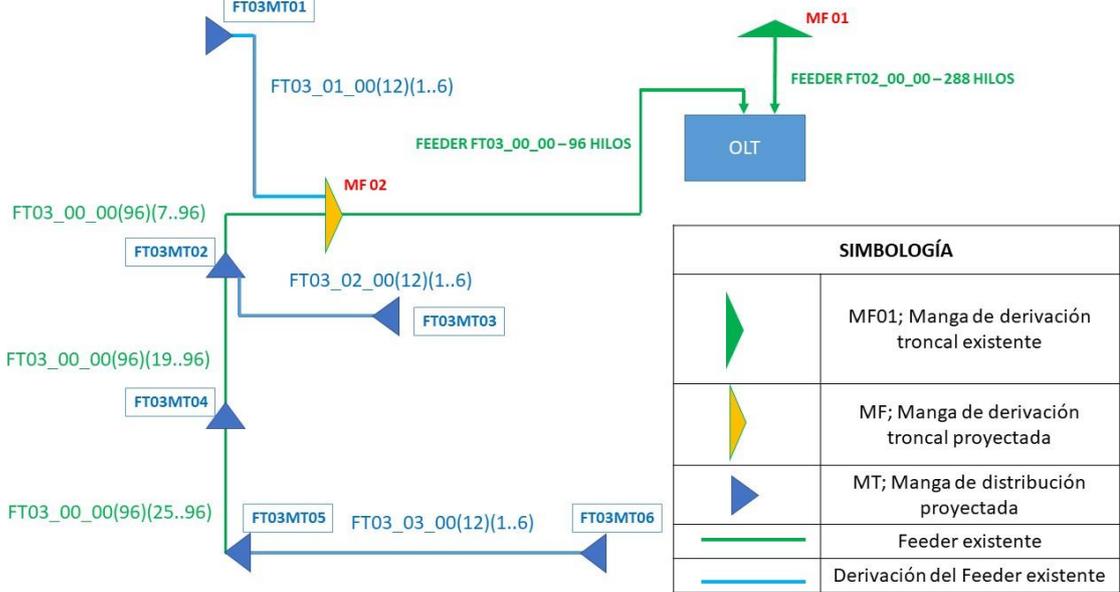


Figura 2.21 Esquemático de la red feeder proyectada – ETAPA 1

Por ejemplo, para el distrito FT03_MT01 con manga de distribución MT01, el ramal feeder al cual se conecta es el FT03_01_00(12)(1..6) donde los hilos asignados son los 6 primeros, es decir, del 1 al 6 y corresponde a una derivación que se origina en el manga de derivación troncal o manga de empalme MF02. Para el distrito FT03_MT02, el cable feeder al que se conecta es el FT03_00_00(96)(7..96) donde se asignan los 6 hilos consecutivos, es decir, del

7 al 12, este cable no es una derivación. De la misma manera se describe en la Tabla 2.5, los ramales troncales para los demás distritos.

Tabla 2.5 Descripción de la red feeder proyectada – ETAPA 1

Distrito FTTH	Ramal Feeder	Secuencia de hilos asignados	Origen de derivación (MANGA)
FT03_MT01	FT03_01_00(12)(1..6)	1..6	MF02
FT03_MT02	FT03_00_00(96)(7..96)	7..12	
FT03_MT03	FT03_02_00(12)(1..6)	13..18	MT02
FT03_MT04	FT03_00_00(96)(19..96)	19..24	
FT03_MT05	FT03_00_00(96)(25..96)	25..30	
FT03_MT06	FT03_03_00(12)(1..6)	31..36	MT05

Para la etapa 2 con red feeder FT02_01, las derivaciones troncales proyectadas se detallan con líneas azules en el esquemático de la Figura 2.22.

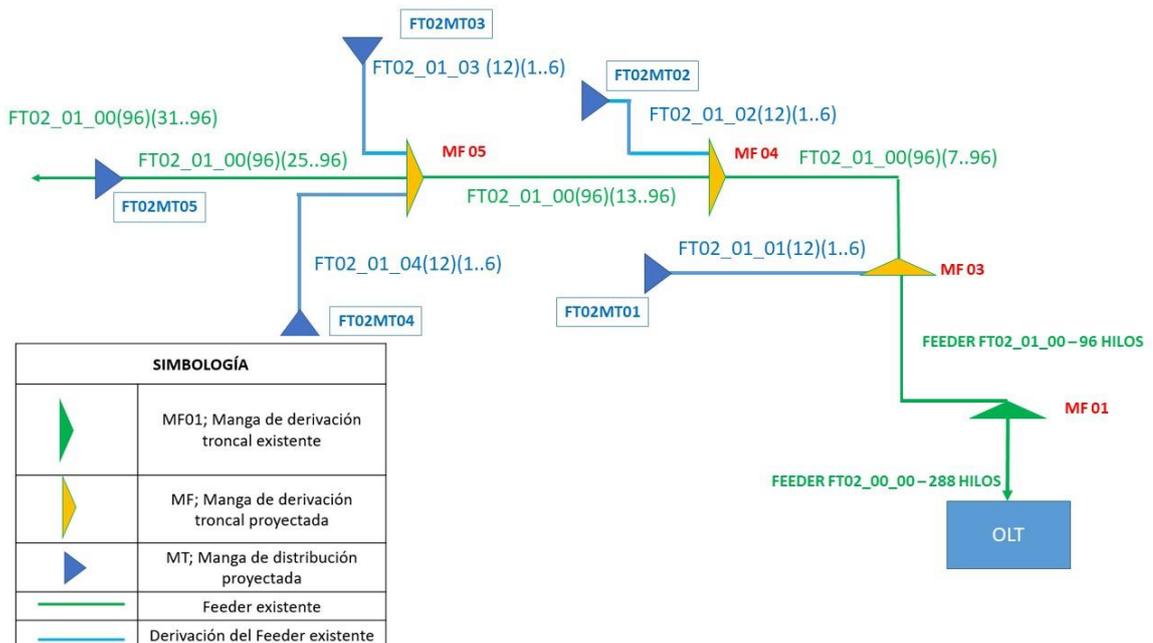


Figura 2.22 Esquemático de la red feeder proyectada – ETAPA 2

La descripción de los ramales troncales que conectan las diferentes mangas porta splitters y la secuencia de hilos feeder asignados, se aprecia en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7 Descripción de la red feeder proyectada – ETAPA 3

Distrito FTTH	Ramal Feeder	Secuencia de hilos asignados	Origen de derivación (MANGA)
FT02_MT06	FT02_02_00(48)(1..24)	1..6	MF01
FT02_MT07	FT02_02_00(48)(1..24)	7..12	MF01
FT02_MT08	FT02_02_00(48)(1..24)	13..18	MF01
FT02_MT09	FT02_02_00(48)(1..24)	19..24	MF01
FT02_MT10	FT02_03_00(12)(1..6)	25..30	MF01
FT02_MT11	FT02_04_00(12)(1..6)	31..36	MF06
FT02_MT12	FT02_05_00(12)(1..6)	37..42	MF07

Una vez realizada las derivaciones de la red feeder, se cuantifica la cantidad de hilos requeridos para enlazar cada manga de distribución con la red troncal existente. En la Tabla 2.8 se detalla el rango de hilos que se asignarán a cada ramal troncal feeder y la cantidad de ODFs necesarios para conectar los hilos de cada ramal, tomando en cuenta los hilos disponibles.

Tabla 2.8 Cantidad de hilos requeridos en la red feeder

Identificación del Feeder	Etapas	Hilos disponibles	Hilos requeridos	ODF Planta Externa 96 puertos
FT03_00_00	1	96	(1..36)	1
FT02_01_00	2	96	(1..30)	1
FT02_00_00	3	96	(1..42)	1

Para el feeder FT03 se requiere un total de 36 hilos mientras que para el feeder FT02 se requiere un total de 72 hilos. Dado que cada ODF permite la conexión de la red de planta externa con los equipos dentro de las instalaciones del nodo óptico, para cada uno de los 3 enlaces troncales diseñados se requiere de un ODF con 96 puertos de capacidad donde los puertos restantes permiten la futura escalabilidad de la red.

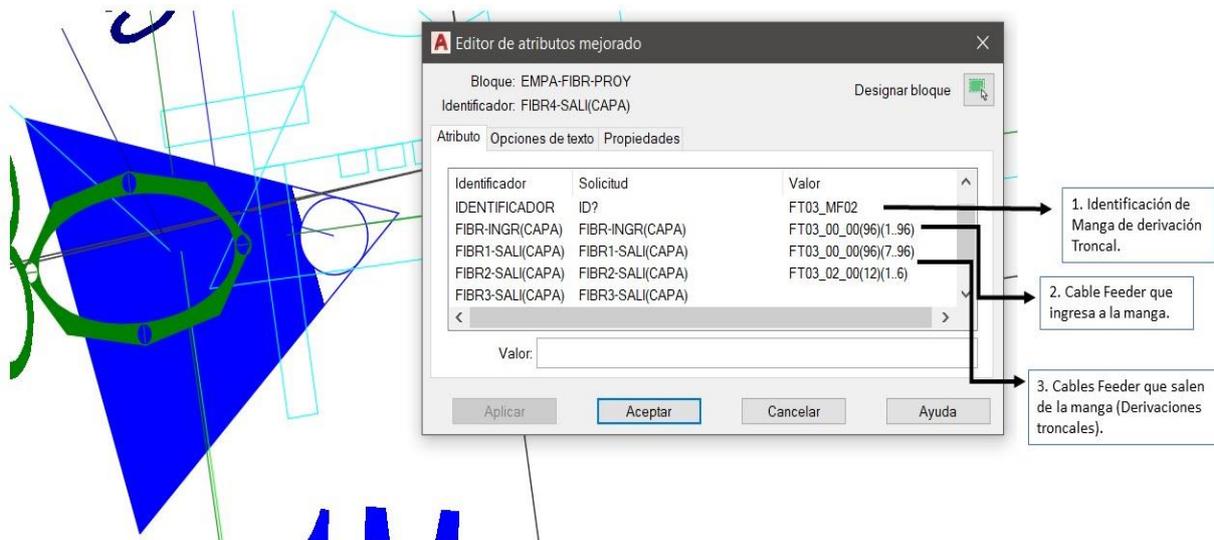


Figura 2.24 Atributos de la manga de derivación troncal MF02

En la Figura 2.24 se muestran los atributos de la manga MF02 y son los siguientes:

- (1) Nomenclatura de identificación para la manga de derivación troncal.
- (2) Ramal o cable feeder que ingresa a la manga. Para este caso ingresa el ramal troncal FT03_00_00(96).
- (3) Derivaciones troncales de la Manga MF02. Para este caso, los ramales salientes son FT03_00_00(7..96) el cual es el backbone del distrito FT03MT02 y el ramal troncal FT03_01_00(12)(1..6) que conecta al distrito FT03MT01, tal como se describe en el esquemático de la red feeder FT03.

2.11.2 Red de distribución

La red de distribución nace en la manga de distribución MT ubicada centralmente en cada cobertura y termina en la caja de distribución NAP. En este punto de la red se origina el primer nivel de división óptica originada por los splitters primarios.

La red de distribución se identifica con la nomenclatura mostrada en la Figura 2.25.

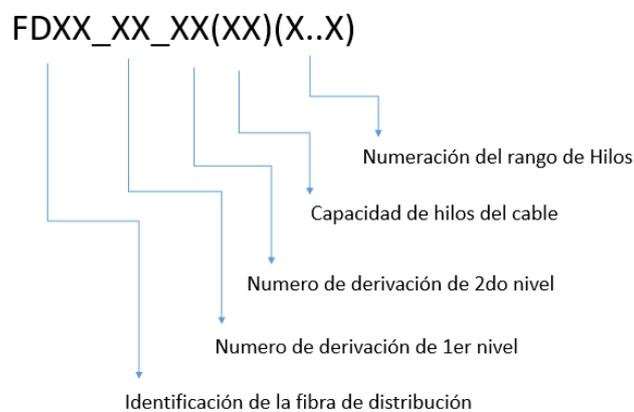


Figura 2.25 Nomenclatura para ramales de distribución

En la Figura 2.26 se observa el enlace entre la Manga de distribución MT11 y las diferentes cajas ópticas NAP, toda el área de cobertura comprendida entre ambos elementos, definen el recorrido de la red de distribución. En la manga de distribución yace la cantidad de splitters 1x8 necesarios para conectar cada NAP dentro de cada distrito FTTH y corresponde al primer nivel de división óptica.

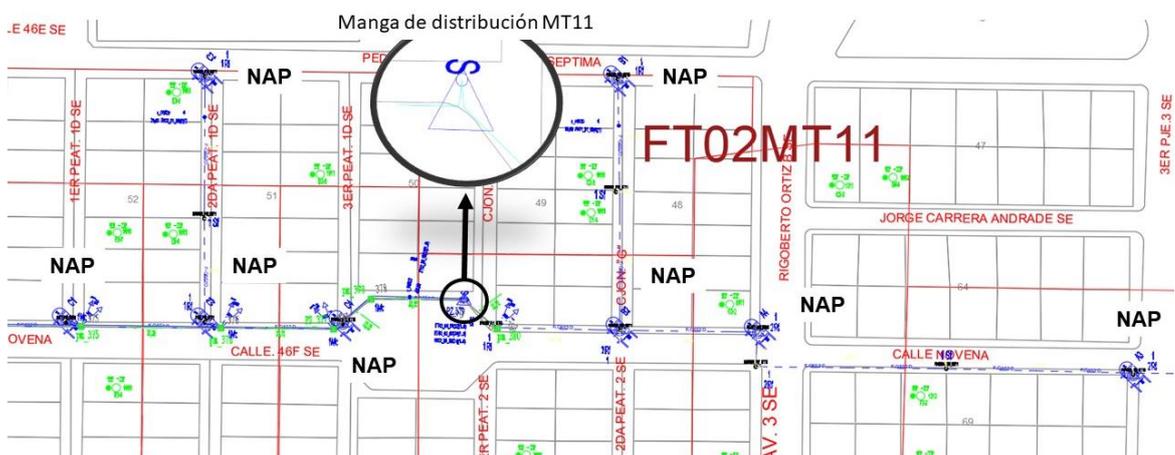


Figura 2.26 Red de distribución

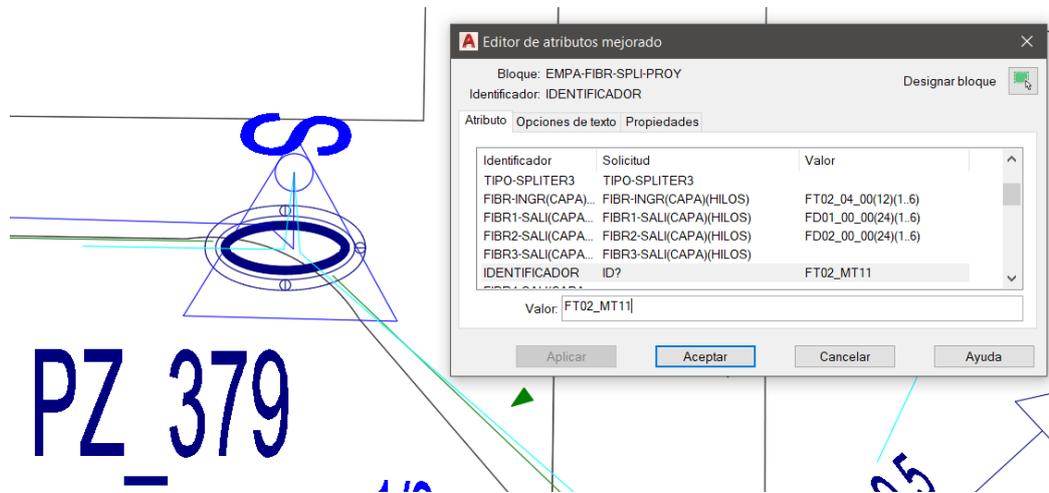


Figura 2.27 Atributos en la manga de distribución

En la Figura 2.27 se aprecia los atributos de la manga de distribución o manga porta splitter que da cobertura al distrito FT02_MT11, a esta manga ingresa el ramal troncal FT02_04_00(12)(1.6) y salen los ramales de distribución FD01_00_00 y FD02_00_00 que conectan las NAPs dentro del distrito FTTH.

Primer nivel de división óptica:

En la manga de distribución se instalan los splitters primarios cuya división óptica deriva en los hilos que conectan las cajas de distribución NAP del distrito FTTH. Como se observa en la Figura 2.28, el cable troncal FT03_00_00(96)(25..30) designa 6 hilos para la manga MT05, de los 6 hilos se preparan 2 puntas, la del hilo 25 y la del hilo 26, cada hilo se conecta a un splitter 1x8 y su salida se distribuye hacia cada NAP.

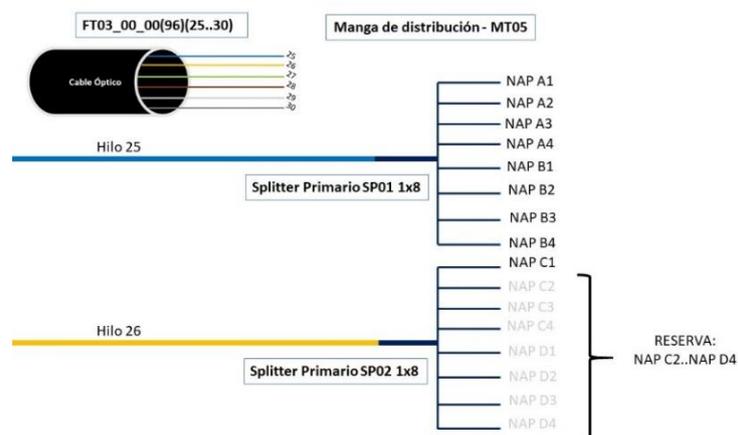


Figura 2.28 Primer nivel de división óptica

Dado que son 9 cajas de distribución en este distrito, existen 9 fusiones de 1 hilo de fibra óptica en la manga MT05. Del splitter primario SP02 se ocupa solamente una salida óptica por lo tanto, se deja como reserva los hilos sobrantes (2..8) para futuras NAPs (C2..D4).

2.11.3 Red de dispersión

La red de dispersión nace en la caja de distribución NAP hasta la roseta óptica del abonado. En la Figura 2.29 se observa la cobertura de la caja NAP A1 hacia tres clientes, aquí surge el segundo nivel de división óptica.

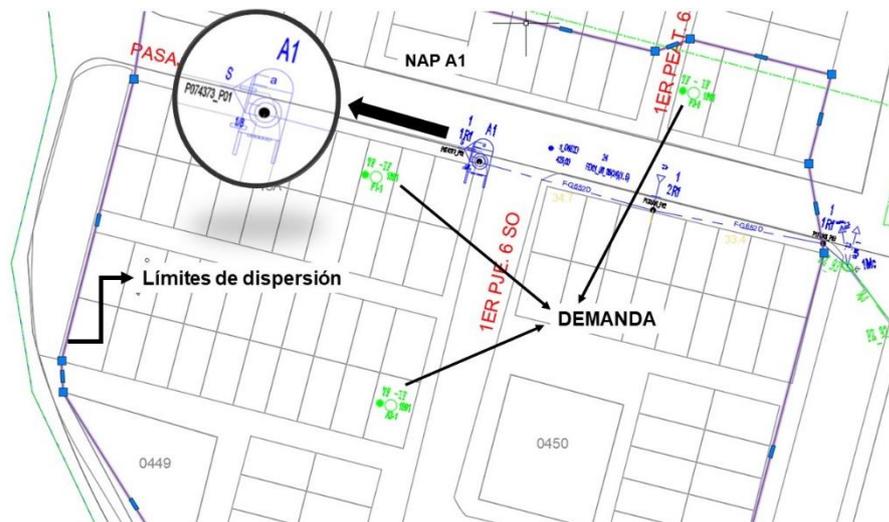


Figura 2.29 Red de dispersión

Segundo nivel de división óptica:

En las cajas de distribución NAP se instalan los splitters secundarios encargados del segundo nivel de división óptica. Del resultado de esta división derivan los enlaces hacia la roseta del cliente mediante cable drop.

En la Figura 2.30, el ramal de distribución FD01_00_00(24)(1..5) ingresa a la NAP A1 donde se fusiona el hilo 1 y el resultado de la división óptica se conecta a los abonados.

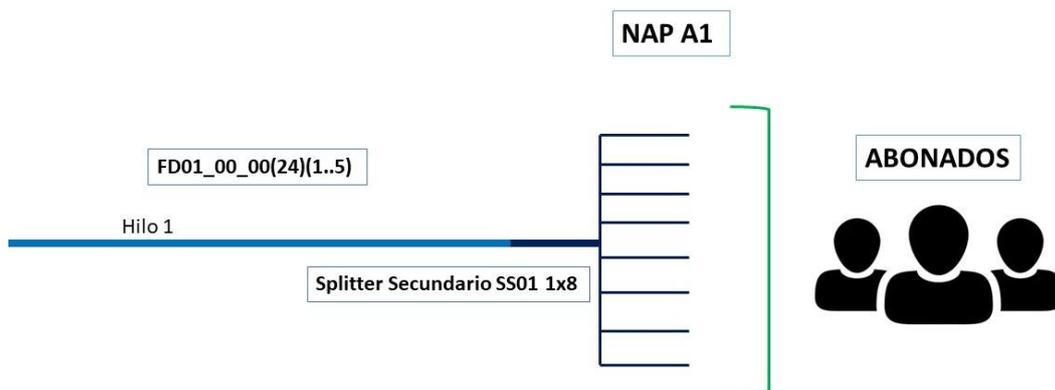


Figura 2.30 Segundo nivel de división óptica

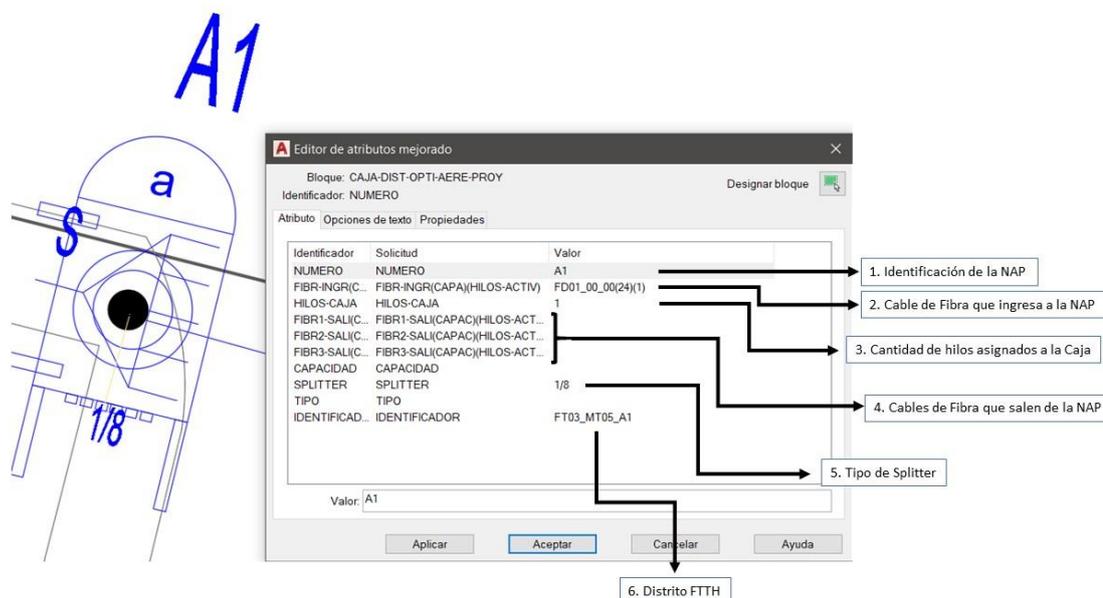


Figura 2.31 Atributos en la NAP A1

La Figura 2.31 muestra los atributos de la NAP A1 que detallan lo siguiente:

- (1) Numeración de la caja NAP dentro de la cobertura del distrito FTTH.
- (2) Cable de fibra óptica que ingresa a la NAP A1. Para este caso ingresa el ramal de distribución identificado como FD01_00_00(24)(1), este ramal posee 1 hilo que se fusiona en la caja en cuestión.
- (3) Cantidad de hilos asignados. Para la caja A1, se ha asignado un solo hilo que conecta un splitter secundario o de segundo nivel.
- (4) Identificación del cable de fibra que sale de la caja de distribución NAP. Para este caso, la NAP A1 corresponde a un extremo del ramal de

distribución FD01, por lo tanto, no tiene cables de fibra óptica salientes o derivados hacia otras trayectorias con el fin de expandir la distribución de la comunicación óptica.

- (5) Especificación del divisor óptico secundario. Splitter de 8 señales ópticas salientes.
- (6) Identificación el área de cobertura y MT a la que se conecta la caja.

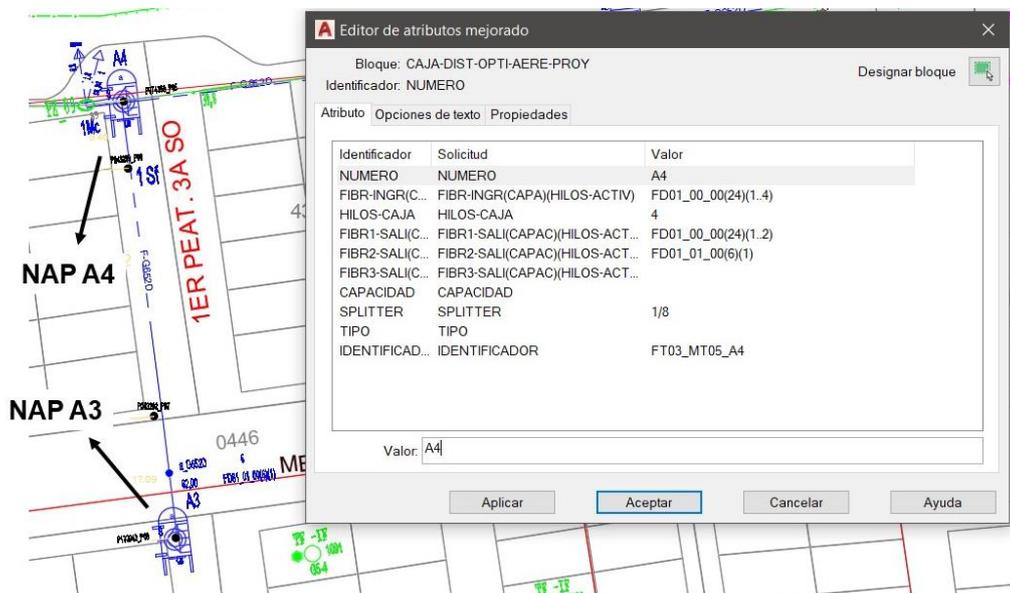


Figura 2.32 Atributos en la NAP A4

Otro ejemplo en la descripción de atributos en cajas de distribución se aprecia en la Figura 2.32. Para este caso la NAP A4 no es un extremo o punta del ramal de distribución que la conecta. A esta caja ingresa ramal identificado como FD01_00_00(24)(1..4) donde el hilo 4 se fusiona con el splitter ubicado en el interior de la caja.

El cable o ramal saliente FD01_00_00(24)(1..2) continúa el recorrido de distribución con 2 hilos que se fusionan en splitters secundarios. Otra salida de la NAP A4 es el ramal FD01_01_00(6)(1) el cual ha sido derivado del ramal principal de distribución FD01, la derivación se realiza extrayendo los hilos de fibra óptica necesarios para las conexiones de las cajas en el recorrido de la red, la extracción se realiza mediante la técnica del sangrado de fibra, en la cual se evita cortar la continuidad del cable óptico, realizando aberturas en el envoltorio

exterior del mismo y seleccionando el hilo requerido, este proceso reduce empalmes de fusión innecesarios.

2.12 Reservas del cable óptico

2.12.1 Reservas en cables de distribución

Las reservas de los cables de fibra óptica permiten aumentar el alcance de la red y facilitan acciones de mantenimiento en los enlaces implementados. Para los enlaces de distribución se consideran los criterios detallados en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9 Cantidad de reservas de cables en enlaces de distribución

Evento	Reserva [metros]
NAP en punta	3,5 [m]
NAP dentro del recorrido del enlace	6,5 [m]
Punta del cable de distribución en la manga de distribución	15 [m]

En las cajas de distribución en donde finaliza un enlace (NAPs en punta), se asigna 3,5 [m] de reserva del cable óptico, en las NAPs que no son punta, se asigna una reserva de 6,5 [m] del cable óptico y en la punta del cable de distribución ubicada en la manga porta splitter MT, se asigna una reserva de 15 [m] [17] . Un esquema de esta asignación se puede observar en la Figura 2.33.

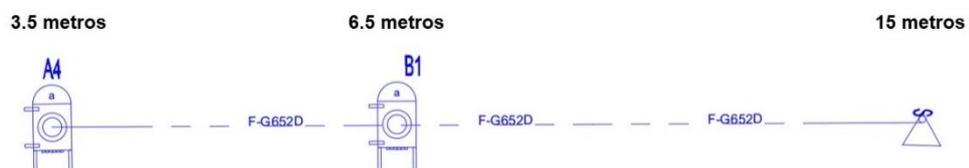


Figura 2.33 Asignación de reserva en cables de distribución

2.12.2 Reservas en cables troncales

En las derivaciones del feeder existente, se ha asignado 15 [m] de reserva de cable óptico en cada punta del enlace y 30 [m] de reserva a mitad del mismo. Para enlaces con más distancia, se considera 30 [m] de reserva por cada 500 [m] de cable de fibra óptica [17]. En la Figura 2.34 se observa los identificadores de reserva en el diseño.

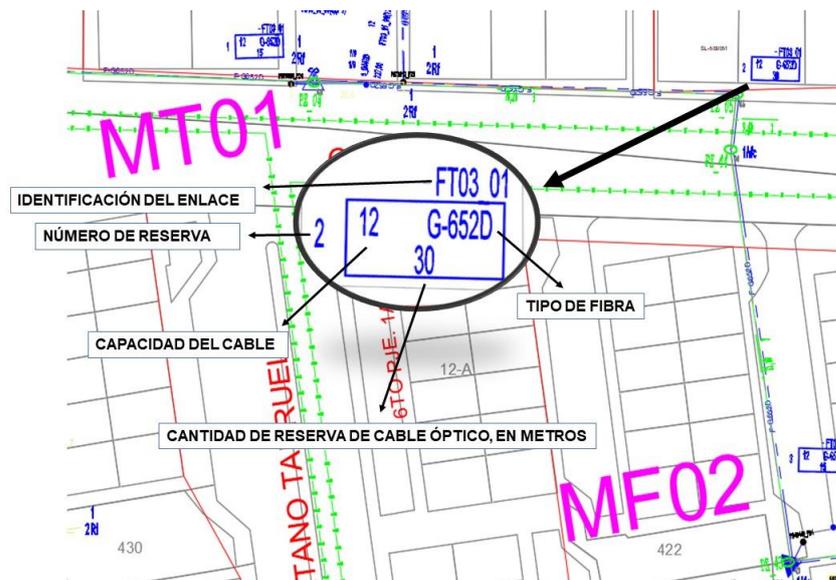


Figura 2.34 Asignación de reserva en cables troncales

La simbología de la reserva del cable feeder detalla la identificación del enlace, el tipo de fibra, la cantidad en metros de cable asignado como reserva, el número de reserva y la capacidad del cable. En la Figura 2.34, la reserva entre el enlace de la manga MT01 y la manga MF02, es la reserva número 2 con una cantidad de 30 [m].

2.13 Asignación de herrajes en el diseño

Para explicar el criterio en la asignación de herrajes, se toma como ejemplo el tramo entre los postes P01-P02 de la Figura 2.35, donde en el poste P074373_P01 se ubica la NAP A1 y dado a que es un extremo o Punta de Cable, se emplea un herraje de tipo retención de 1 extensión, el cable avanza su trayectoria hacia poste P132990_P02.

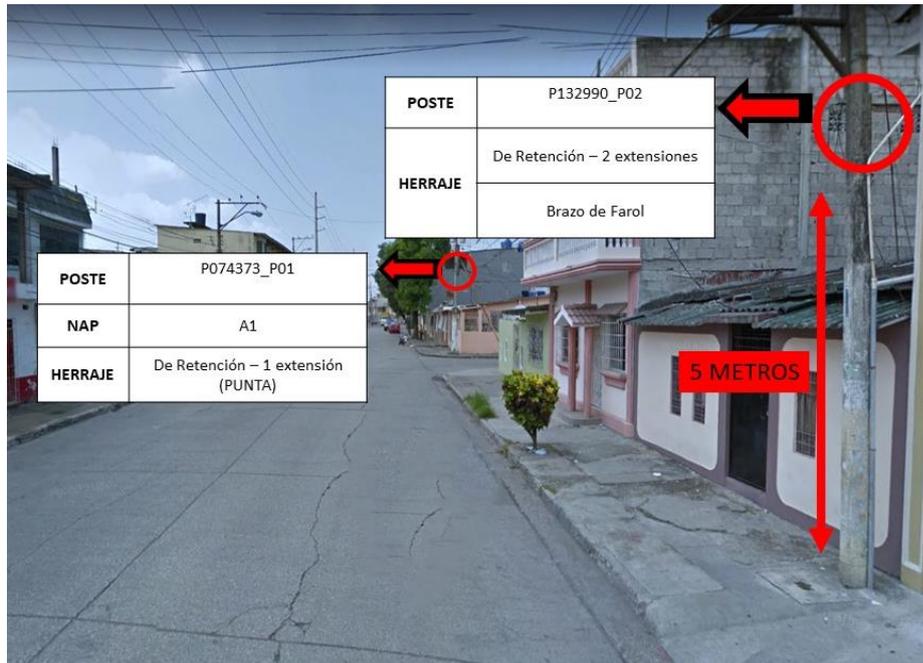


Figura 2.35 Fotografía del tramo P01-P02, denotando la asignación de herrajes

El poste P132990_P02 no se encuentra en línea de vista con respecto al poste anterior, por ende, se asigna un herraje tipo brazo de farol para que se alinee la trayectoria del cable tendido, además tiene asignado un herraje de retención de 2 extensiones dado a que este poste debe sujetar ambos extremos del cable de fibra. Esta información se digitaliza en el plano y se aprecia en la Figura 2.36.

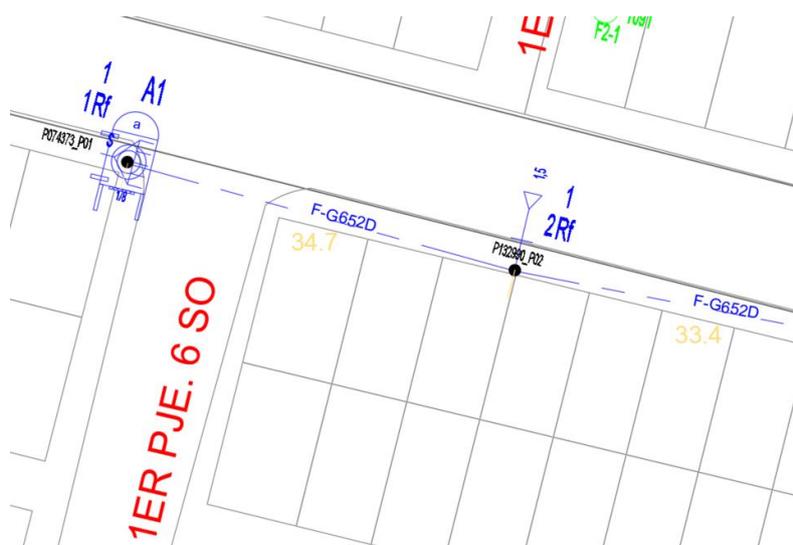


Figura 2.36 Digitalización en el plano, tramo P01-P02

Otro ejemplo en la asignación de herrajes se observa en la Figura 2.37 donde en el poste P074587_P15 se ubica la NAP C2, por lo tanto, se le asigna un herraje de retención de 2 extensiones para el cableado horizontal y un herraje de retención de 1 extensión para la derivación que conecta a la NAP B4.

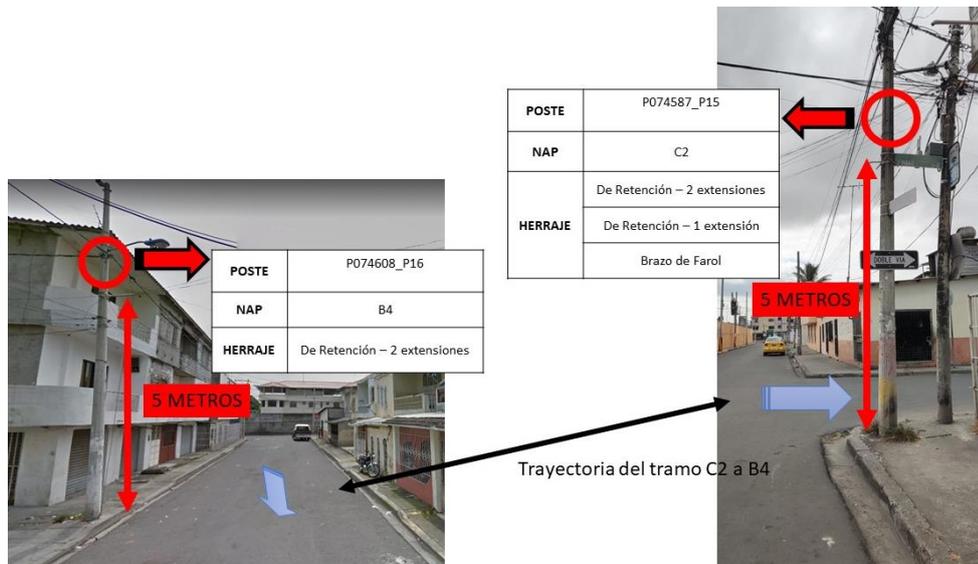


Figura 2.37 Fotografía del tramo P15-P16, denotando la asignación de herrajes

En el poste P074608_P16 donde se ubica la Nap B4 se asigna un herraje de retención de 2 extensiones que le permite seguir con la trayectoria del tendido. Esta información se digitaliza en el plano tal como se observa en la Figura 2.38.

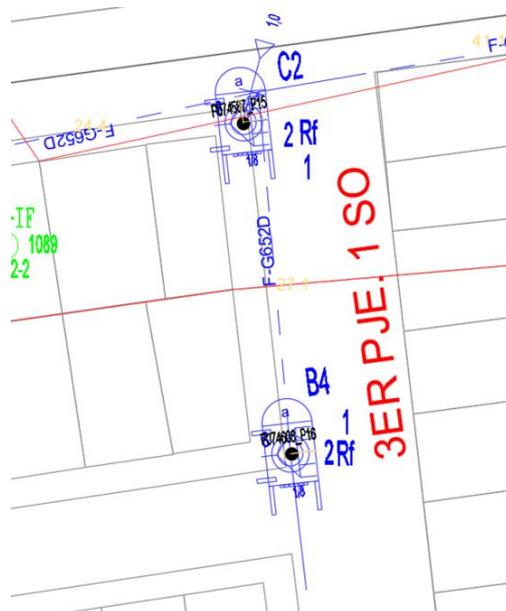


Figura 2.38 Digitalización en plano, tramo P15-P16

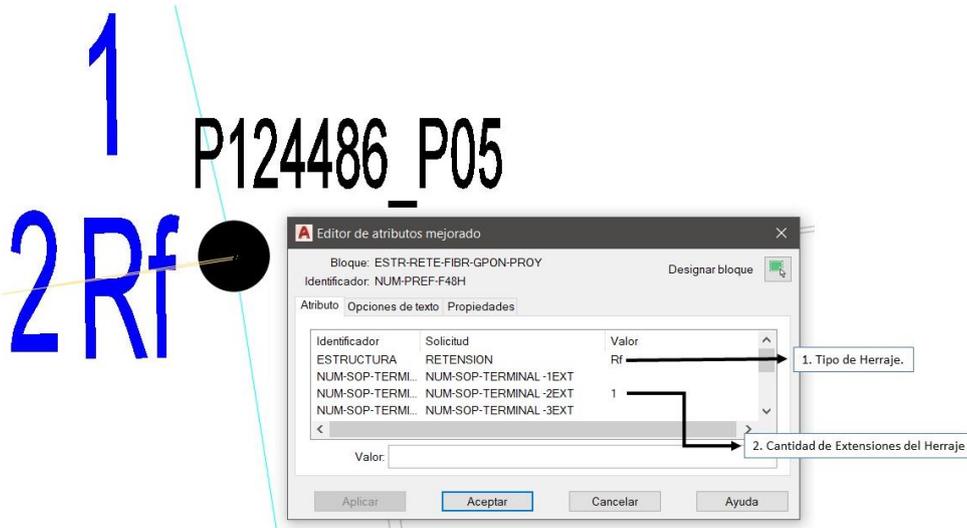


Figura 2.39 Atributos en herrajes

En la Figura 2.39 se observan los atributos del herraje en el poste P124486_P05 y detallan lo siguiente:

- (1) El tipo de herraje a emplearse. Ya sea de Retención (Rf) o de paso (Sf).
- (2) La cantidad de extensiones del herraje. Por ejemplo, 2 extensiones para los postes donde el cable de fibra atraviesa ambos extremos del mismo; y 1 extensión para postes donde finaliza el tendido del cable (Puntas).

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

La implementación de la red planta externa FTTH tiene como propósito brindar servicios convergentes de alta disponibilidad a los 557 abonados existentes y conectados a los armarios de cobre ubicados en los diferentes sectores del sur de Guayaquil, dichos abonados priorizados corresponden a la Demanda TF+IF, es decir, clientes que en la actualidad poseen servicios de telefonía fija e internet fijo.

Para determinar la atenuación de potencia que sufre la señal transmitida desde el nodo óptico hasta el usuario final, se considera la atenuación de la fibra óptica por [Km], las pérdidas típicas en los splitters y elementos interconectados mediante conectores y fusiones de fibra óptica.

3.1 Presupuesto óptico

De acuerdo a la recomendación ITU 984.6 en redes GPON clase B+, se emplea un valor de atenuación máxima de 28 [dB], no obstante, los proveedores de servicios emplean un máximo de 25 [dB], considerando los 3 [dB] como margen de seguridad. Para el cálculo de atenuación de la fibra óptica, se considera la distancia desde el nodo óptico hasta la caja de distribución NAP más lejana, esta distancia se multiplica con el coeficiente de atenuación de la fibra óptica, el cuál varía dependiendo de la clase fibra óptica utilizada y de su longitud de onda downstream de 1310 [nm].

El presupuesto óptico se calcula tomando en cuenta la NAP más lejana de la OLT en cada distrito del diseño, para este caso, se escoge la NAP más de lejana en cada etapa.

En la Etapa 1, existe una distancia de 1.01 [Km] desde la OLT hasta la NAP más lejana. En esta etapa la caja de distribución más lejana es la D2, el recorrido de este enlace interconecta diferentes equipos y elementos y se observa en la Figura 3.1.

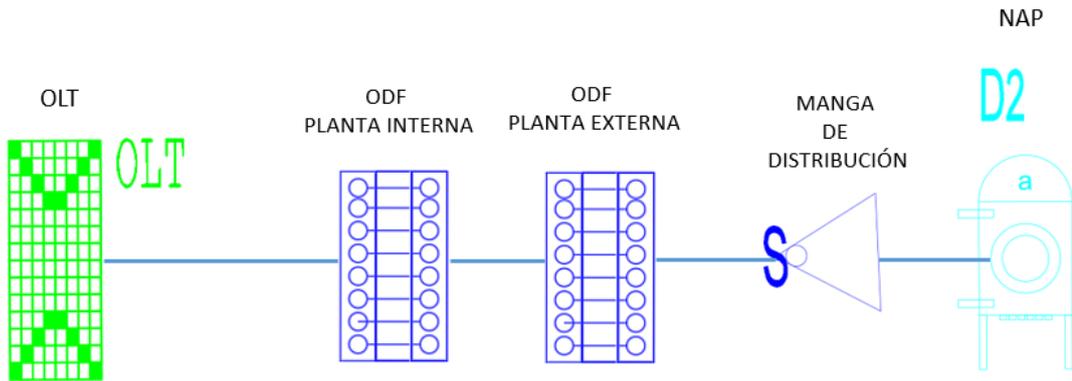


Figura 3.1 Esquema del enlace entre la OLT y la NAP D2

El cálculo de caída de potencia es de 24.85 [dB] y se describe en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Presupuesto óptico - Etapa 1

Elementos de la Red		Cantidad	Pérdida Típica del elemento (dB)	Pérdida Total (dB)
Conectores (mated) ITU 671=0.5 [dB]		6 unidades	0.50 [dB]	3.00 [dB]
Empalmes de fusión ITU751=0.1 [dB] average		5 unidades	0.10 [dB]	0.50 [dB]
Splitters	1x8	2 unidades	10.50 [dB]	21.00 [dB]
Longitud de Fibra (Km) / longitudes de onda	1310 [nm]	1.01 [Km]	0.35 [dB/Km]	0.36 [dB]
TOTAL (dB)				24.85 [dB]

Para la Etapa 2 del diseño, la NAP más lejana de la OLT es la A1. El esquema del enlace se observa en la Figura 3.2 y acumula 6 empalmes de fusión debido a la derivación del feeder FT02 por medio de la manga de empalme.

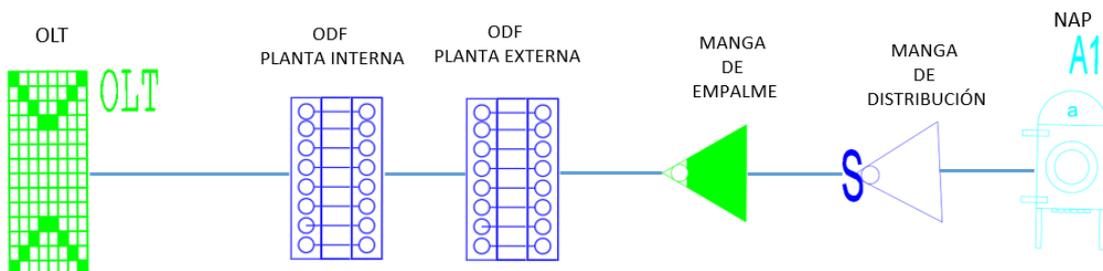


Figura 3.2 Esquema del enlace entre la OLT y la NAP A1

Entre la OLT y la NAP A1 existe una distancia de 1.05 [Km], obteniendo un resultado de 24.97 [dB] como se observa en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Presupuesto óptico - Etapa 2

Elementos de la Red		Cantidad	Pérdida Típica del elemento (dB)	Pérdida Total (dB)
Conectores (mated) ITU 671=0.5 [dB]		6 unidades	0.50 [dB]	3.00 [dB]
Empalmes de fusión ITU751=0.1 [dB] average		6 unidades	0.10 [dB]	0.60 [dB]
Splitters	1x8	2 unidades	10.50 [dB]	21.00 [dB]
Longitud de Fibra (Km) / longitudes de onda	1310 [nm]	1.05 [Km]	0.35 [dB/Km]	0.37 [dB]
TOTAL (dB)				24.97 [dB]

En la Etapa 3 la NAP más lejana de la OLT es la B2, el esquema de la Figura 3.3 presenta el recorrido de la señal emitida desde la central.

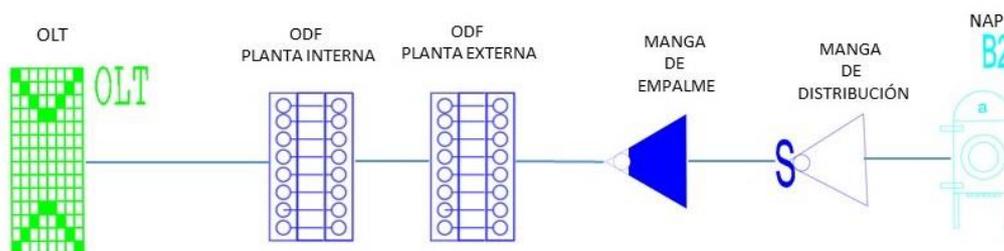


Figura 3.3 Esquema del enlace entre la OLT y la NAP B2

El enlace recorre aproximadamente una distancia de 1 [Km], obteniendo 24.95 [dB] como pérdida total, este cálculo se observa en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Presupuesto óptico - Etapa 3

Elementos de la Red		Cantidad	Pérdida Típica del elemento (dB)	Pérdida Total (dB)
Conectores (mated) ITU 671=0.5 [dB]		6 unidades	0.50 [dB]	3.00 [dB]
Empalmes de fusión ITU751=0.1 [dB] average		6 unidades	0.10 [dB]	0.60 [dB]
Splitters	1x8	2 unidades	10.50 [dB]	21.00 [dB]
Longitud de Fibra (Km) / longitudes de onda	1310 [nm]	1 [Km]	0.35 [dB/Km]	0.35 [dB]
TOTAL (dB)				24.95 [dB]

En cada etapa se escogió el escenario y pérdidas típicas más críticas para determinar la atenuación de la red. Los resultados obtenidos no superan los 25 [dB] definidos como valor nominal, por lo tanto, el diseño cumple con los parámetros técnicos establecidos en la norma ITU-G.984.6.

3.2 Alcance del diseño

Para estimar la demanda futura se suma la demanda existente y la demanda comercial en la zona de cobertura, a este resultado se le calcula el 40% por la expansión de clientes a futuro y se los adiciona al valor de la demanda presente, en la ecuación 3.1 se aprecia la expresión para calcular la demanda futura.

$$Demanda\ Futura = (DP) + (IC) \quad (3.1)$$

Siendo:

DP; Demanda presente (Ecuación 3.2)

IC; Incremento de la demanda (Ecuación 3.3)

Donde:

$$DP = Demanda\ Existente + Demanda\ Comercial \quad (3.2)$$

$$IC = 40\% \text{ de la Demanda Presente} \quad (3.3)$$

Cada manga porta splitter represente un nodo de distribución que conecta la demanda existente de cada armario de cobre que se encuentra dentro de su área de cobertura o lo que se denomina como distrito FTTH. Para el diseño de la red de migración se han requerido de dos cables troncales, el feeder FT03 y el feeder FT02.

En la Tabla 3.4 se tabula la cantidad de clientes a futuro, a los cuales el diseño de la red FTTH planta externa puede ofrecer conectividad, tomando en cuenta la red troncal feeder FT03 y sin considerar los hilos de reserva en cada manga porta splitter.

Tabla 3.4 Alcance de abonados – Feeder FT03

Feeder	Manga Porta Splitter	Demanda Existente	Demanda Comercial	40% Por expansión de clientes	Demanda Futura	Cantidad de NAPS en el diseño
FT03	MT01	26	51	31	108	13
	MT02	31	46	31	108	13
	MT03	34	42	30	106	15
	MT04	24	36	24	84	11
	MT05	25	28	21	74	9
	MT06	51	36	35	122	15
TOTAL		191			602	76

Para dar servicio a los 602 clientes pertenecientes a los distritos FTTH conectados a las mangas porta splitters en el feeder FT03, se requieren de 76 NAPs, este total contabiliza los divisores ópticos adicionales que han sido asignados en diferentes cajas de distribución. Los diagramas esquemáticos de la red de distribución del feeder FT03, se pueden observar en el Apéndice C.

La comparación entre la demanda existente y la demanda futura se observa en la Figura 3.4.

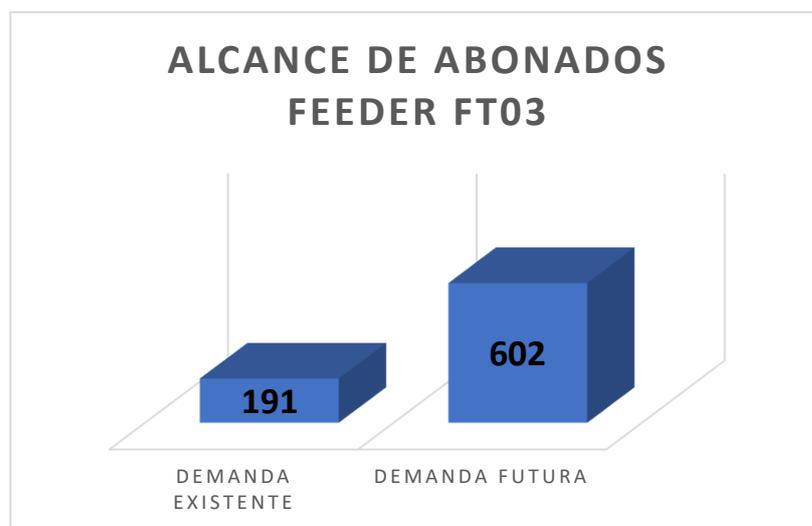


Figura 3.4 Comparación gráfica - demanda del feeder FT03

De la misma manera, se cuantifica la demanda existente que migrará de distritos de cobre hacia distritos FTTH conectados al feeder FT02. La tabla 3.5 tabula el alcance del diseño de la red de planta externa en cada distrito enlazado al feeder FT02, sin considerar los hilos de reserva en las mangas porta splitters.

Tabla 3.5 Alcance de abonados – Feeder FT02

Feeder	Manga Porta Splitter	Demanda Existente	Demanda Comercial	40% Por expansión de clientes	Demanda Futura	Cantidad de NAPS en el diseño
FT02	MT01	37	28	26	91	11
	MT02	33	34	26	93	14
	MT03	34	45	32	111	13
	MT04	25	24	20	69	9
	MT05	31	27	23	81	10
	MT06	25	32	23	80	10
	MT07	31	24	22	77	10
	MT08	39	48	35	122	15
	MT09	32	26	23	81	10
	MT10	36	48	33	117	14
	MT11	29	40	28	97	12
	MT12	14	40	22	76	9
TOTAL		366			1095	137

Para dar servicio a los 1095 clientes pertenecientes a los diferentes distritos FTTH enlazados al feeder FT02, se requieren de 137 NAPs, este total contabiliza los divisores ópticos adicionales que han sido asignados en diferentes cajas de distribución. Los diagramas esquemáticos de la red distribución en cada uno de estos distritos, se pueden observar en el Apéndice D.

La comparación entre la demanda existente y la demanda futura se observa en la Figura 3.5.

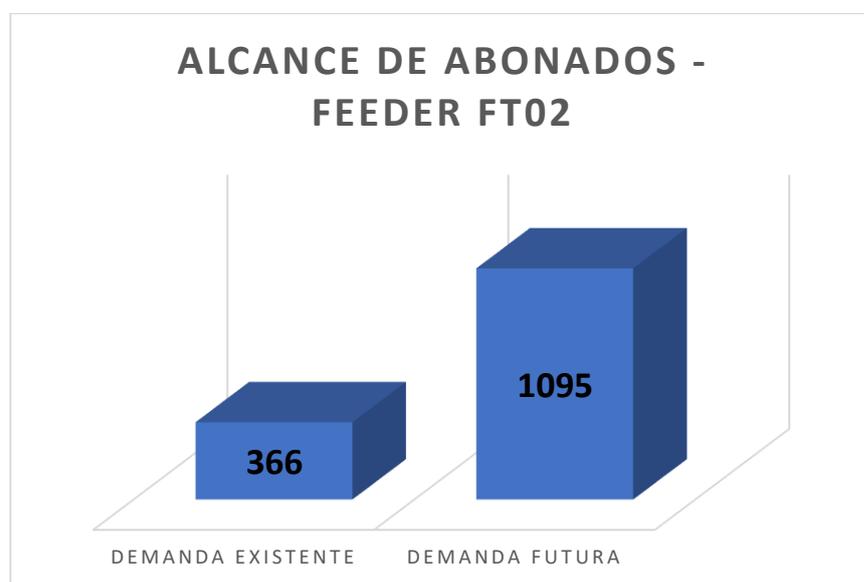


Figura 3.5 Comparación gráfica - demanda del feeder FT02

Una vez que se ha contabilizado las cajas de distribución en todas las áreas de cobertura, se obtiene la cantidad de hilos de reserva en el cable óptico, esta cuantificación se detalla en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Cuantificación de hilos en reserva

Feeder	Manga Porta Splitter	Cantidad de NAPs	Hilos troncales ocupados	Reserva de hilos troncales	Reserva de hilos de distribución
FT03	MT01	13	2	4	3
	MT02	13	2	4	3
	MT03	15	2	4	1
	MT04	11	2	4	5
	MT05	9	2	4	7
	MT06	15	2	4	1
FT02	MT01	11	2	4	5
	MT02	14	2	4	2
	MT03	13	2	4	3
	MT04	9	2	4	7
	MT05	10	2	4	6
	MT06	10	2	4	6
	MT07	10	2	4	6
	MT08	15	2	4	1
	MT09	10	2	4	6
	MT10	14	2	4	2
	MT11	12	2	4	4
	MT12	9	2	4	7
TOTAL		213	36	72	75

La cantidad de hilos troncales ocupados depende de la cantidad de cajas de distribución que forman parte de la cobertura de cada distrito FTTH y del divisor óptico primario. La reserva de hilos troncales depende de los hilos asignados a cada manga porta splitter y la cantidad de hilos troncales que se ocupan, mientras que la reserva de hilos de distribución, depende de los hilos que no se fusionan a las cajas de distribución NAPs pero son resultado de la división óptica primaria.

Dado que la división del splitter primario y secundario, es de 8 salidas ópticas y a cada manga de distribución se le ha asignado 6 hilos de la red feeder; para el distrito FT03MT01 con 13 Naps, se requieren de 2 hilos troncales cuya división óptica primaria, permite enlazar a 16 cajas de distribución; quedando 3 hilos de distribución para 3 futuras Naps. Al ocupar 2 hilos troncales, quedan 4 hilos del feeder sin ser fusionados.

De esta manera en cada manga porta splitter se ocupan 2 hilos troncales, quedando en reserva 4 hilos que permiten el crecimiento progresivo y ordenado de la red de distribución. La reserva de hilos de distribución, derivados de la de la primera división óptica; permiten el crecimiento progresivo y ordenado de la red de dispersión.

La migración hacia una red FTTH con tecnología GPON permite dar cobertura no sólo a la demanda priorizada dentro de la zona de influencia, sino que proyecta la conexión de futuros abonados que en actualidad sólo poseen el servicio de telefonía fija, empleando la misma infraestructura en base a la cual se ha diseñado la red.

3.3 Red actual

La cantidad de armarios involucrados en la zona de cobertura suman un total de 47, de los cuales 32 han sido considerados como priorizados para la migración debido a la presencia de fallos en las líneas de comunicación en secciones de la red primaria y red secundaria. La Identificación de estos armarios se observa en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Identificación de armarios priorizados

Identificación de armarios de cobre priorizados	1000, 1001, 1003, 1004, 1006, 1007, 1009, 1011, 1012, 1013, 1016, 1019, 1021, 1022, 1023, 1025, 1026, 1028, 1033, 1035, 1042, 1043, 1075, 1081, 1082, 1087, 1088, 1089, 1090, 1091, 1092, 1082A
Total de armarios	32

La cantidad de clientes que atiende cada nodo de distribución o armarios de cobre van desde los 50 hasta los 250 clientes, la tendencia de clientes para los servicios de sólo telefonía fija y telefonía fija + internet fijo se puede apreciar en la Figura 3.6.

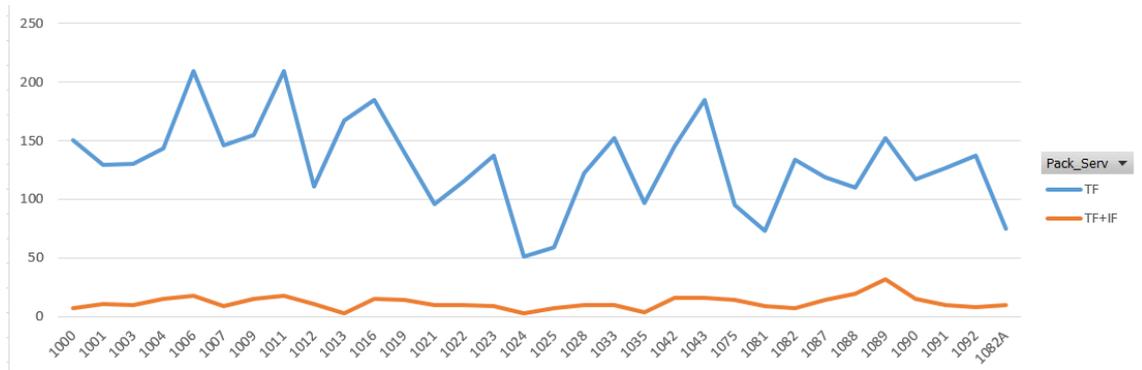


Figura 3.6 Clientes actuales en servicios de telefonía e internet en cada armario (TF: telefonía fija, IF: internet fijo)

Por lo tanto, la mayor cantidad de clientes afectados poseen sólo el servicio de telefonía fija. La red de cobre en la zona de influencia posee una arquitectura de red flexible (Figura 3.7), ya que emplean armarios de distribución, por ende, las capacidades de los cables de cobre van desde 100 pares y múltiplo de este, según la cantidad de clientes a conectar.

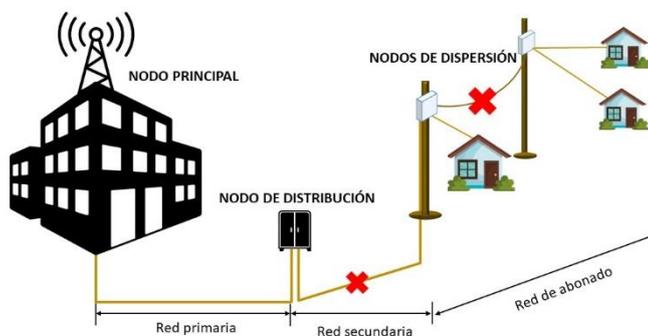


Figura 3.7 Red Actual

Para mayo del 2022, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones ha reconocido 235 sucesos relacionados a la sustracción del cableado de cobre en diferentes sectores de Guayaquil, representando pérdidas económicas de al menos \$227.000 [28]. Por lo tanto, la reconstrucción de la arquitectura de red actual, representa una gran inversión por parte del proveedor y no cubre la demanda proyectada por la red FTTH diseñada, siendo esta última, una mejor opción para la expansión de la cobertura, la disminución del impacto visual en el despliegue de los cables aéreos y la mejora de calidad en servicios ofrecidos a los usuarios finales.

3.4 Volumen de obra

El detalle de elementos que emplea la red de distribución y la red de canalización con sus respectivos costos, se describen desde la Tabla 3.8 hasta la Tabla 3.10.

Tabla 3.8 Cuantificación y costos en dólares americanos de la red de distribución con Feeder FT02

DESCRIPCIÓN	DISTRITOS FTTH – FEEDER FT02											
	MT01	MT02	MT03	MT04	MT05	MT06	MT07	MT08	MT09	MT10	MT11	MT12
HERRAJE DE DISPERSIÓN PARA POSTE	24.00	44.00	30.00	30.00	25.00	10.00	14.00	21.00	31.00	6.00	21.00	28.00
MANGUERA CORRUGADA		6.00	7.00	13.00	13.00	79.00	21.00	71.00	10.00	70.00	7.00	13.00
FUSIÓN DE 1 HILO DE CABLE ÓPTICO	23.00	31.00	28.00	21.00	24.00	24.00	21.00	36.00	21.00	22.00	26.00	20.00
SANGRADO DE BUFFER DE CABLE ÓPTICO	8.00	11.00	6.00	4.00	7.00	5.00	7.00	7.00	7.00	5.00	8.00	5.00
SANGRADO DE CABLE ÓPTICO(6-48 HILOS)	8.00	11.00	6.00	4.00	7.00			1.00	7.00		8.00	5.00
PREFORMADO HELICOIDAL	28.00	70.00	42.00	36.00	46.00	4.00	18.00	16.00	36.00		20.00	30.00
HERRAJE DE RETENCIÓN 1 EXTENSIÓN	3.00	5.00	6.00	6.00	4.00	2.00	4.00	7.00	4.00		7.00	3.00
HERRAJE DE RETENCIÓN 2 EXTENSIONES	11.00	31.00	12.00	12.00	15.00	1.00	7.00	3.00	13.00		5.00	12.00
HERRAJE DE RETENCIÓN 3 EXTENSIONES	1.00	1.00	4.00	2.00	2.00				1.00		1.00	1.00
HERRAJE DE PASO TIPO B	10.00	7.00	9.00	10.00	5.00	1.00	4.00	3.00	13.00		6.00	15.00
HERRAJE TIPO BRAZO DE FAROL		5.00		1.00	7.00			1.00	5.00			1.00
NAP DE 16 PUERTOS SC/APC	11.00	14.00	11.00	9.00	10.00	8.00	8.00	14.00	10.00	6.00	12.00	9.00
NAP MURAL DE 16 PUERTOS SC/APC			2.00			2.00	2.00	1.00		3.00		
SPLITTER PLC (1X8)	11.00	14.00	12.00	9.00	10.00	10.00	10.00	15.00	10.00	14.00	12.00	9.00
CABLE ÓPTICO AÉREO MONOMODO (48 HILOS) ADSS		961.00										
CABLE ÓPTICO AÉREO MONOMODO (24 HILOS) ADSS	664.00		743.00	1064.00	672.00		369.00		578.00		861.00	1103.00

CABLE ÓPTICO AÉREO MONOMODO (12 HILOS) ADSS	73.00	694.00		308.00	370.00			136.00	58.00			85.00
CABLE ÓPTICO AÉREO MONOMODO (6 HILOS) ADSS			380.00					96.00			158.00	
CABLE ÓPTICO CANALIZADO MONOMODO (24 HILOS)						634.00	323.00	934.00	434.00	415.00		
CABLE ÓPTICO CANALIZADO MONOMODO (12 HILOS)						273.00		155.00		613.00		144.00
CABLE ÓPTICO CANALIZADO MONOMODO (6 HILOS)						422.00	221.00	235.00		267.00		

Tabla 3.9 Cuantificación y costos en dólares americanos de la red de distribución con Feeder FT03

DESCRIPCIÓN	DISTRITOS FTTH - FEEDER FT03					
	MT01	MT02	MT03	MT04	MT05	MT06
HERRAJE DE DISPERSIÓN PARA POSTE	38.00	33.00	33.00	22.00	14.00	36.00
MANGUERA CORRUGADA	12.00	24.00	71.00	43.00	41.00	20.00
FUSIÓN DE 1 HILO DE CABLE ÓPTICO	26.00	27.00	35.00	25.00	20.00	34.00
SANGRADO DE BUFFER DE CABLE ÓPTICO	9.00	10.00	8.00	5.00	4.00	8.00
SANGRADO DE CABLE ÓPTICO (6-48 HILOS)	8.00	10.00	8.00	5.00	4.00	8.00
SANGRADO DE CABLE ÓPTICO CANALIZADO (6-48 HILOS)	1.00					
PREFORMADO HELICOIDAL	35.00	36.00	39.00	16.00	16.00	42.00
HERRAJE DE RETENCIÓN 1 EXTENSIÓN	2.00	8.00	7.00	6.00	8.00	12.00
HERRAJE DE RETENCIÓN 2 EXTENSIONES	16.00	14.00	13.00	5.00	4.00	12.00
HERRAJE DE RETENCIÓN 3 EXTENSIONES	0.00		2.00			2.00
HERRAJE DE PASO TIPO B	24.00	11.00	14.00	8.00	3.00	10.00

HERRAJE TIPO BRAZO DE FAROL			3.00		1.00	6.00
NAP DE 16 PUERTOS SC/APC	11.00	13.00	13.00	11.00	9.00	15.00
SPLITTER PLC (1X8)	13.00	13.00	15.00	11.00	9.00	15.00
CABLE ÓPTICO AÉREO MONOMODO (24 HILOS) ADSS	1356.00	1480.00		890.00		793.00
CABLE ÓPTICO AÉREO MONOMODO (12 HILOS) ADSS			367.00	400.00		391.00
CABLE ÓPTICO AÉREO MONOMODO (6 HILOS) ADSS			182.00		164.00	89.00
CABLE ÓPTICO CANALIZADO MONOMODO (24 HILOS)			1405.00	276.00	692.00	
CABLE ÓPTICO CANALIZADO MONOMODO (12 HILOS)		180.00	225.00			423.00
CABLE ÓPTICO CANALIZADO MONOMODO (6 HILOS)	258.00					

Tabla 3.10 Cuantificación y costos en dólares americanos de la red de canalización

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	FT02	FT03	TOTAL	COSTO	TOTAL
DESALOJO Y PERFORACIÓN PARA CANAL DE SUBIDA	m ³	6.94	5.03	11.97	\$ 10.83	\$129.64
SANEAMIENTO DE POZO	u	18.00	7.00	25.00	\$ 64.53	\$ 1,613.25
CORTE DE ASFALTO (FONDO=8 cm)	m	44.40	75.80	120.20	\$ 4.50	\$ 540.90
CORTE DE HORMIGÓN (FONDO=8 cm)	m	311.00	115.40	426.40	\$ 2.80	\$ 1,193.92
RESTITUCIÓN DE ACERA (FONDO=10 cm)	m ²	46.50	17.31	63.81	\$12.07	\$ 770.19
RESTITUCIÓN DE ADOQUÍN	m ²	0.00	1.28	1.28	\$ 10.78	\$ 13.80
RESTITUCIÓN DE ASFALTO	m ³	1.33	2.99	4.32	\$ 291.42	\$ 1,258.93
ROTURA DE ACERA	m ²	46.50	17.31	63.81	\$ 0.89	\$ 56.79
LEVANTAMIENTO DE ADOQUÍN DE CEMENTO	m ²	0.00	1.28	1.28	\$1.60	\$ 2.05
ROTURA DE ASFALTO	m ³	1.33	2.99	4.32	\$ 30.10	\$ 130.03
MANGUERA PARA CANAL DE SUBIDA	m	234.60	138.80	373.40	\$ 2.85	\$ 1,064.19

De la misma manera, se cuantifica los elementos requeridos para la red feeder derivada de los enlaces troncales FT02 y FT03. En Tabla 3.11 se detalla la inversión total del proyecto, tomando en cuenta todos los elementos, acciones y consideraciones al momento de la implementación física de los enlaces diseñados.

Tabla 3.11 Inversión total del proyecto

RED	DETALLE	DISTANCIA (Km)	COSTO (\$)
FEEDER	FT02	3.80 [Km]	\$ 27,923.71
	FT03	1.35 [Km]	
DISTRIBUCIÓN	DISTRITOS FT02	9.5 [Km]	\$ 116,304.19
	DISTRITOS FT03	14.0 [Km]	
CANALIZACIÓN	\$ 6773 .69		
TOTAL			\$ 151,001.59

El costo de inversión del proyecto en toda el área de cobertura es de \$151,001.59. Este costo total implica el suministro e instalación de los elementos necesarios para el despliegue aéreo y canalizado de la red planta externa; como el tendido del cable de fibra óptica y la herrajería necesaria para la sujeción del mismo en la red feeder y de distribución. Además, involucra los eventos necesarios a cumplirse para dar continuidad a los enlaces diseñados, estos eventos pueden ser fusiones, pruebas reflectométricas en hilos de fibra, preparaciones de cable y todo el hardware indispensable y detallado en el diseño de la red, para lo cual se considera los volúmenes de obra de la CNT EP y sus valores unitarios para cada rubro necesario en el presente proyecto.

Como es de suponer, el feeder FT02 el cual es el enlace principal que comunica ópticamente a 12 mangas porta splitter o distritos FTTH, recorre una distancia superior al feeder FT03 que comunica a 6 distritos FTTH. Por otra parte, el costo de la obra civil como la red de canalización que corresponde a las diferentes excavaciones en calzada o acera para que el cableado de fibra óptica continúe su trayectoria en caso de que este necesite subir desde un pozo a un poste, también están consideradas en la inversión del proyecto, cabe mencionar que estas excavaciones o roturas deben ser repuestas con la misma clase del material retirado. No se considera dentro del costo de inversión, los elementos de la red de dispersión como el despliegue del cable drop que conecta la NAP con la ONT del cliente, debido a que los elementos a emplearse en este tramo de la red, van a depender del servicio que el cliente requiera.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La demanda del sector, la infraestructura de telecomunicaciones y las normativas necesarias han definido los resultados obtenidos en el diseño de la red planta externa FTTH de migración, a continuación, se presenta el análisis interpretativo de los mismos y sugerencias para futuras soluciones.

Resultados y Observaciones de diseño

- Se delimitó un total de 18 nuevos distritos FTTH, cada uno con sus respectivas mangas porta splitter que enlazan los puntos de dispersión con el nodo óptico principal. Las nuevas coberturas abarcan la totalidad de la demanda priorizada, perteneciente a los 47 armarios de cobre y proyecta la migración de la totalidad de sus abonados.
- El alcance del diseño de la red planta externa FTTH permite la conexión de servicios a un 40% adicional de clientes, sumando junto con la demanda presente, un total de 1697 casas pasadas.
- La estimación del presupuesto óptico en los escenarios más críticos de la red, alcanzó una atenuación máxima de 24.97 dB, respetando el margen de seguridad de 3 dB establecido por la recomendación ITU 984.6.
- Los dos niveles de división óptica 1x8 permiten comunicar a 64 clientes por cada puerto PON en la OLT, reduciendo el impacto visual del cableado en las diferentes trayectorias de la red de migración.
- El levantamiento de información en la zona de interés permite que la futura expansión de la red sea soportada por la misma infraestructura de telecomunicaciones contemplada en el diseño de la misma, de esta manera no se generan costos adicionales en obra civil dentro de los procesos de escalabilidad.

Recomendaciones

- Priorizar el uso de la red de canalización en futuras expansiones del sistema de planta externa, de esta forma se reduce el tendido del cableado aéreo y se da mayor protección a los elementos que permiten la continuidad de los enlaces.
- Para el levantamiento de información sobre la infraestructura de canalización, se recomienda realizar un estudio minucioso en el sector de interés, de tal manera que se determine la disponibilidad de ductos, las líneas de convergencias en cada cámara subterránea y el estado de las mismas; por consiguiente, la red de canalización en el diseño, presentará las novedades y trayectorias reales.
- Se recomienda la implementación inmediata de la red para comunicar la demanda actualmente perjudicada y reducir anomalías en el servicio ofrecido, debido a las interrupciones por los enlaces caídos en el sector del diseño, de modo que se evite deserciones en el servicio contratado.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. Kuhlmann y A. Alonso, «Información y Telecomunicaciones», *Biblioteca Digital ILCE*, 2004. http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/149/htm/sec_8.htm (accedido 21 de julio de 2022).
- [2] R. Ibarra y M. S. López, *Principios de Teoría de Las Comunicaciones*. Editorial Limusa, 2007.
- [3] J. A. Huapaya Camacho, «Fundamentos De Telecomunicaciones», *Julio 2007*, Accedido: 21 de julio de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/638512>
- [4] M. Cabrera y F. Tarrés, «Introducción a los sistemas de comunicaciones». 2021.
- [5] M. Ramírez, A. Huaita, y J. Ceferino, «Redes ópticas modernas», *Junio 2022*, n.º 113, pp. 175-190.
- [6] T. L. Singal, *Optical Fiber Communications: Principles and Applications*. Cambridge University Press, 2016.
- [7] L. Villarreal, «Sistemas de comunicación a través de fibras ópticas», Universidad Autónoma de Nuevo León, México, 1997. [En línea]. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/579/1/1020119046.PDF>
- [8] J. Senior y M. Jamro, *Optical Fiber Communications : Principles and Practice*. 2009. [En línea]. Disponible en: <https://vdocuments.net/optical-fiber-communications-principles-and-practice-3rd-edition-by-john-m.html>
- [9] Wirewatch, «WireWatch. Líder tecnológico en prevención y vigilancia contra el robo de cable.», 2017. <http://www.wire-watch.com/> (accedido 21 de julio de 2022).
- [10] Wirewatch, «Wirewatch | Indesico», 2021. <http://indesico.es/wirewatch-sistema-antirrobo-cable/> (accedido 21 de julio de 2022).
- [11] Universidad de la Rioja, «Sistema anti-robo de cable», *Universidad de la Rioja*, 2019. <https://www.unirioja.es/apnoticias/servlet/Noticias?codnot=6048&accion=detnot> (accedido 26 de julio de 2022).
- [12] A. S. Escalona, *Televisión digital y telecomunicaciones en comunidades de propietarios*. Ediciones Experiencia, 2012.
- [13] International Telecommunication Union (ITU), «Recommendation ITU-T G.984.1 : Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics», marzo de 2008. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1-200803-I/es> (accedido 10 de agosto de 2022).
- [14] P. E. Green, *Fiber to the Home: The New Empowerment*. John Wiley & Sons, 2005.
- [15] International Telecommunication Union (ITU), «Recommendation ITU-T G.652 : Characteristics of a single-mode optical fibre and cable.», noviembre de 2016. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652-201611-I/es> (accedido 10 de septiembre de 2022).
- [16] Telecommunications Industry Association (TIA), «Optical Fiber Cable Color Coding». 2014. Accedido: 11 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://incab.co/files/tia-598-d.pdf>

- [17] Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), «Normativa Técnica de Diseño de Planta Externa con Fibra óptica (ODN - Optical Distribution Network)». agosto de 2019.
- [18] M. Abreu, A. Castagna, P. Cristiani, P. Zunino, E. Roldós, y G. Sandler, «Características generales de una red de fibra óptica al hogar (FTTH)», *Mem. Investig. En Ing.*, n.º 7, Art. n.º 7, nov. 2009.
- [19] Fibramérica Global, *Caja NAP IP68*. 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=Ea4IIS0QS8I>
- [20] FS.COM Limited, *Conocimientos básicos del distribuidor de fibra óptica (ODF)*. [En línea]. Disponible en: <https://community.fs.com:7003/es/blog/basic-of-optical-distribution-frame-odf.html>
- [21] Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), «Normativa de Diseño y Construcción de redes de Telecomunicaciones con fibra óptica.» febrero de 2012.
- [22] Vertiv, *Vertiv VR Rack | High Power Density Racking Systems*. [En línea]. Disponible en: <https://www.vertiv.com/es-latam/products-catalog/instalaciones-gabinetes-y-racks/racks-and-containment/vertiv-vr-rack/>
- [23] E. Global, *Gabinete de fibra optica 19 " 2.20X0.75X0.80 cm*. [En línea]. Disponible en: <https://globalelectric.com.ec/producto/gabinete-de-fibra-optica-19-2-20x0-75x0-80cm-ref-fist-gr2-22110i/>
- [24] Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), «Normas de Construcción de Planta Externa». julio de 2013.
- [25] International Telecommunication Union (ITU), «Recommendation ITU-T G.984.6 : Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Reach extension», marzo de 2008. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.6-200803-l/es> (accedido 29 de agosto de 2022).
- [26] COMSADIMTELCO, *Mangas de empalme - cm-telco*. [En línea]. Disponible en: <https://www.cmtelco.com/catalogo/mangas-de-empalme>
- [27] OptyTech, *Manga 288 Hilos porta splitter*. [En línea]. Disponible en: <https://www.optytech.com.ec/materiales-de-fibra-optica/materiales-de-fibra-optica-manga-288-hilos-portasplitter-2.html>
- [28] «CNT reporta pérdidas de unos \$ 320.000 por robo de cables en Guayaquil», *El Universo*, 19 de mayo de 2022. Accedido: 9 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.eluniverso.com/guayaquil/comunidad/cnt-reporta-perdidas-de-unos-320000-por-robos-de-cables-en-guayaquil-nota/>

APÉNDICES

APÉNDICE A. RED DE CANALIZACIÓN



Figura A.1. Red de canalización en la cobertura de la Etapa 1



Figura A.2. Red de canalización en la cobertura de la Etapa 2

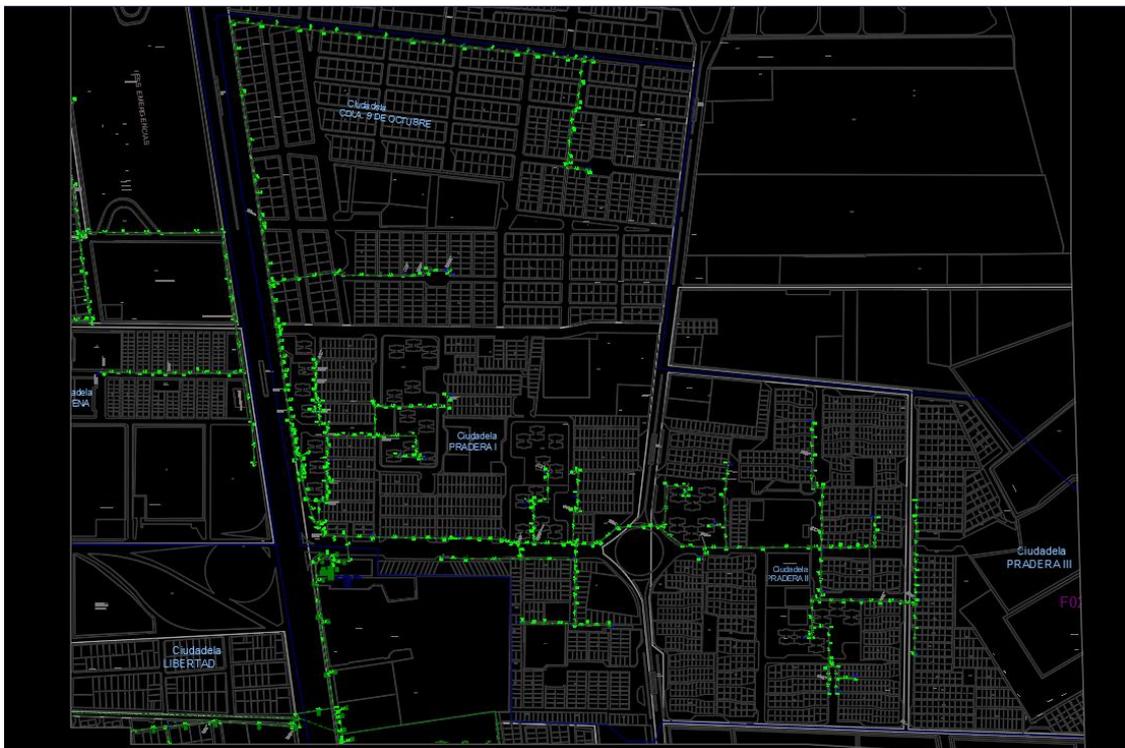


Figura A.3. Red de canalización en la cobertura de la Etapa 3

APÉNDICE B. RED FEEDER



Figura B.1. Trayectoria de la Red Feeder - Etapa 1



Figura B.2. Trayectoria de la Red Feeder - Etapa 2

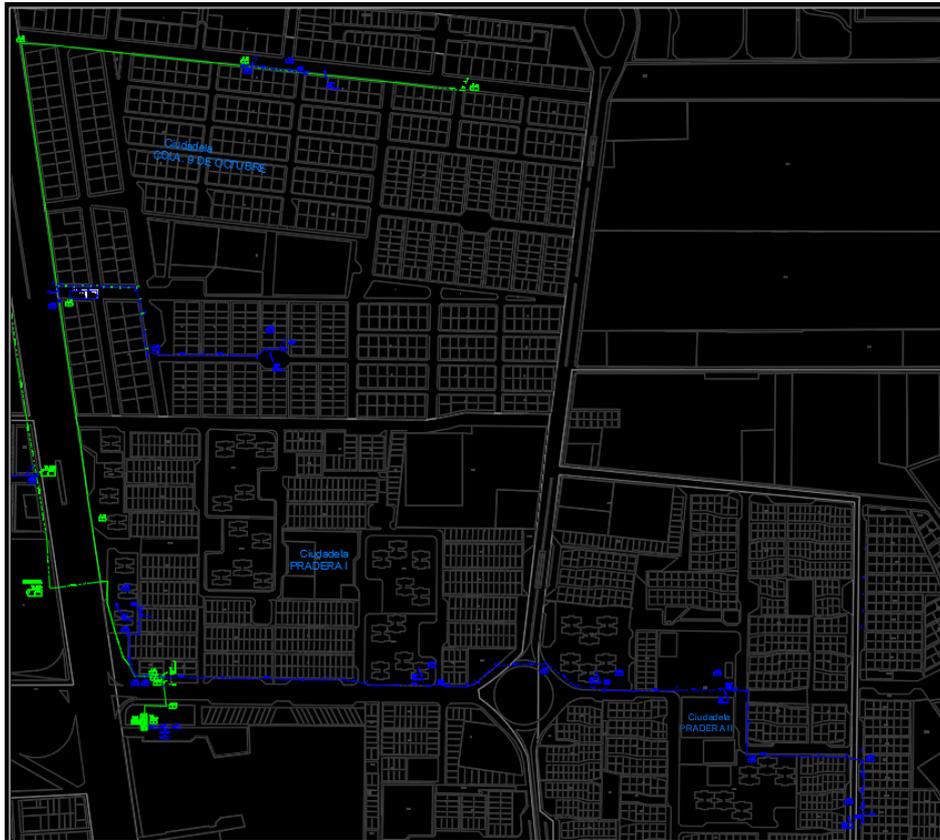


Figura B.3. Trayectoria de la Red Feeder - Etapa 3

APÉNDICE C. DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS – RED DE DISTRIBUCIÓN - DISTRITOS FT03

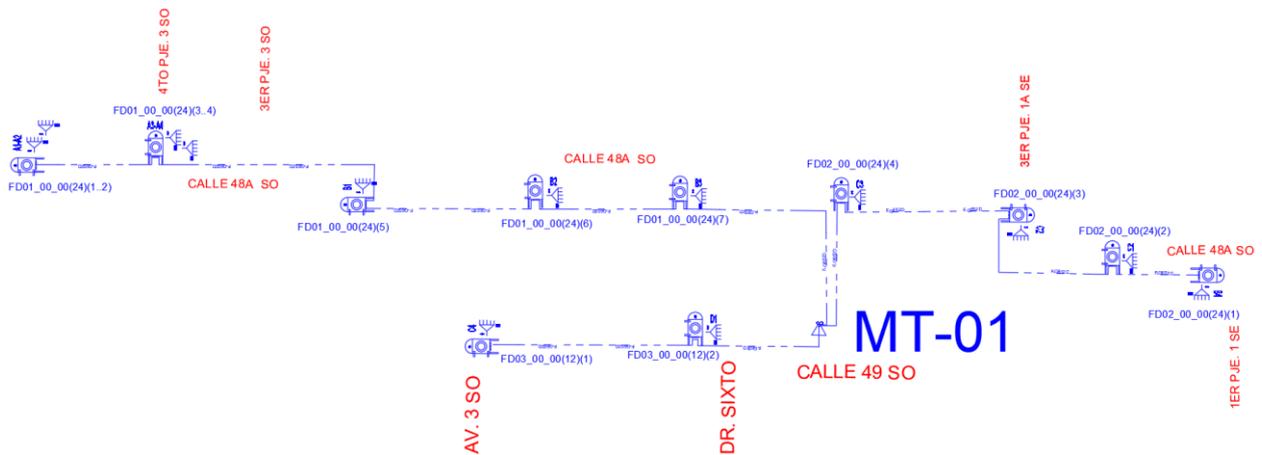


Figura C.1. Diagrama esquemático de la red de distribución en distrito FT03MT01

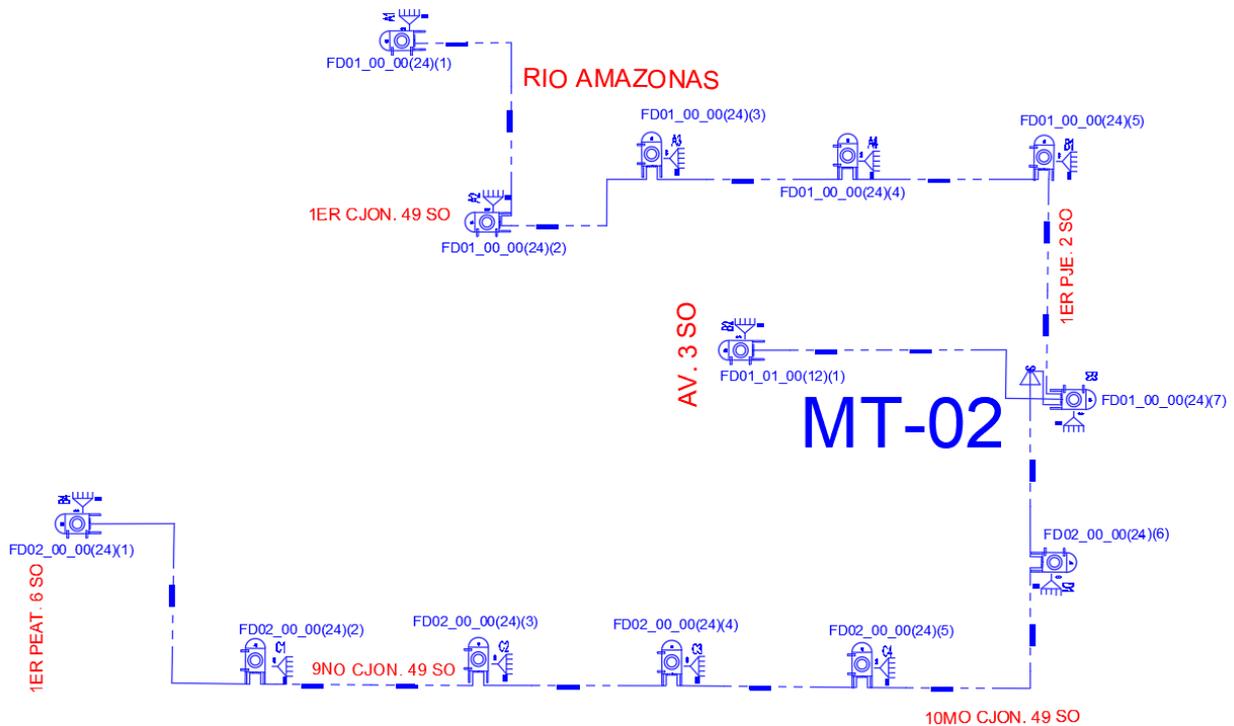


Figura C.2. Diagrama esquemático de la red de distribución en distrito FT03MT02

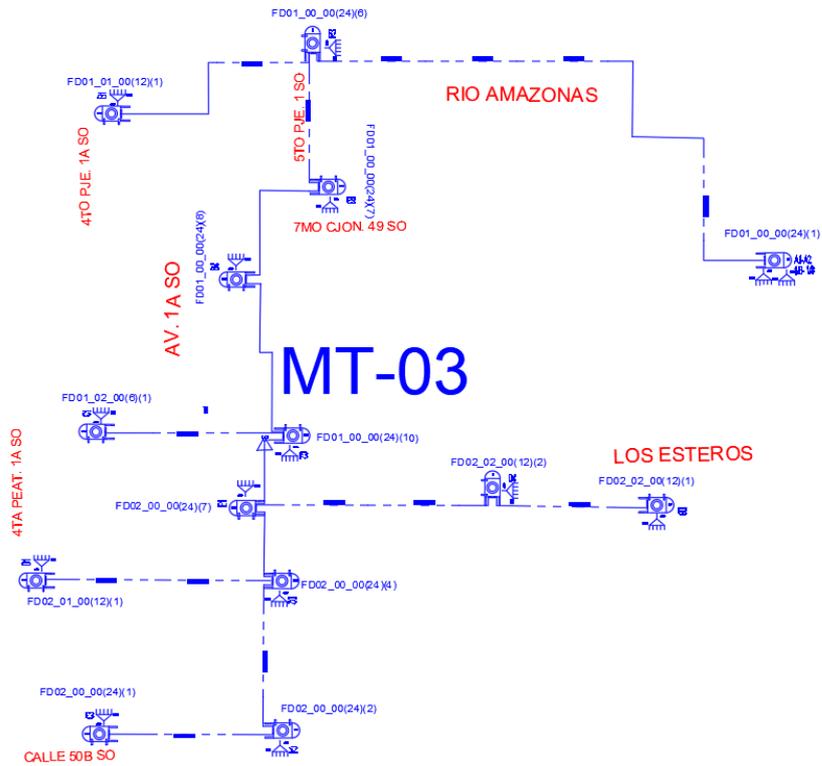


Figura C.3. Diagrama esquemático de la red de distribución en distrito FT03MT03

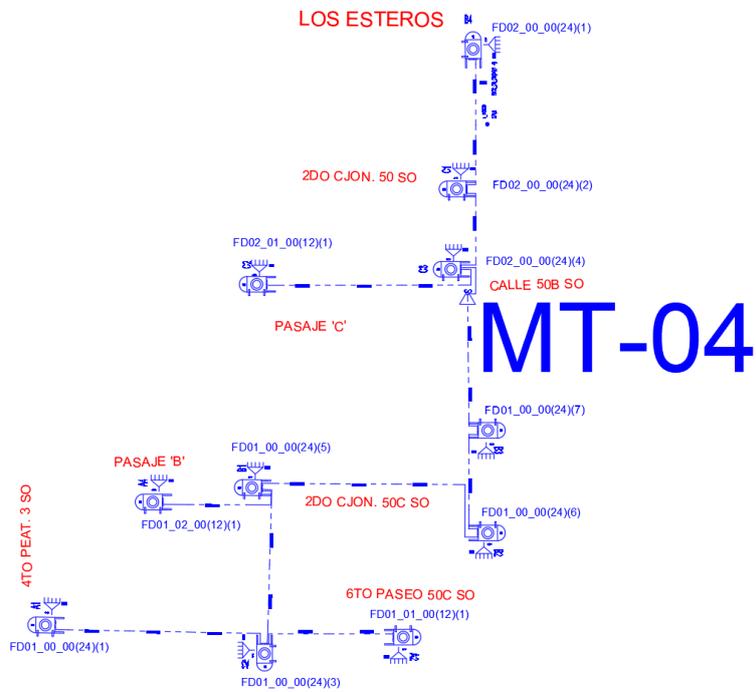


Figura C.4. Diagrama esquemático de la red de distribución en distrito FT03MT04

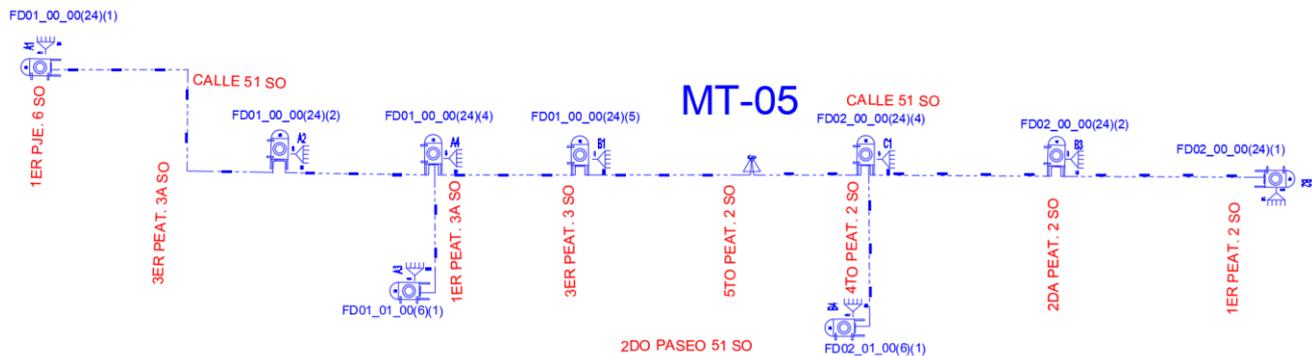


Figura C.5. Diagrama esquemático de la red de distribución en distrito FT03MT05

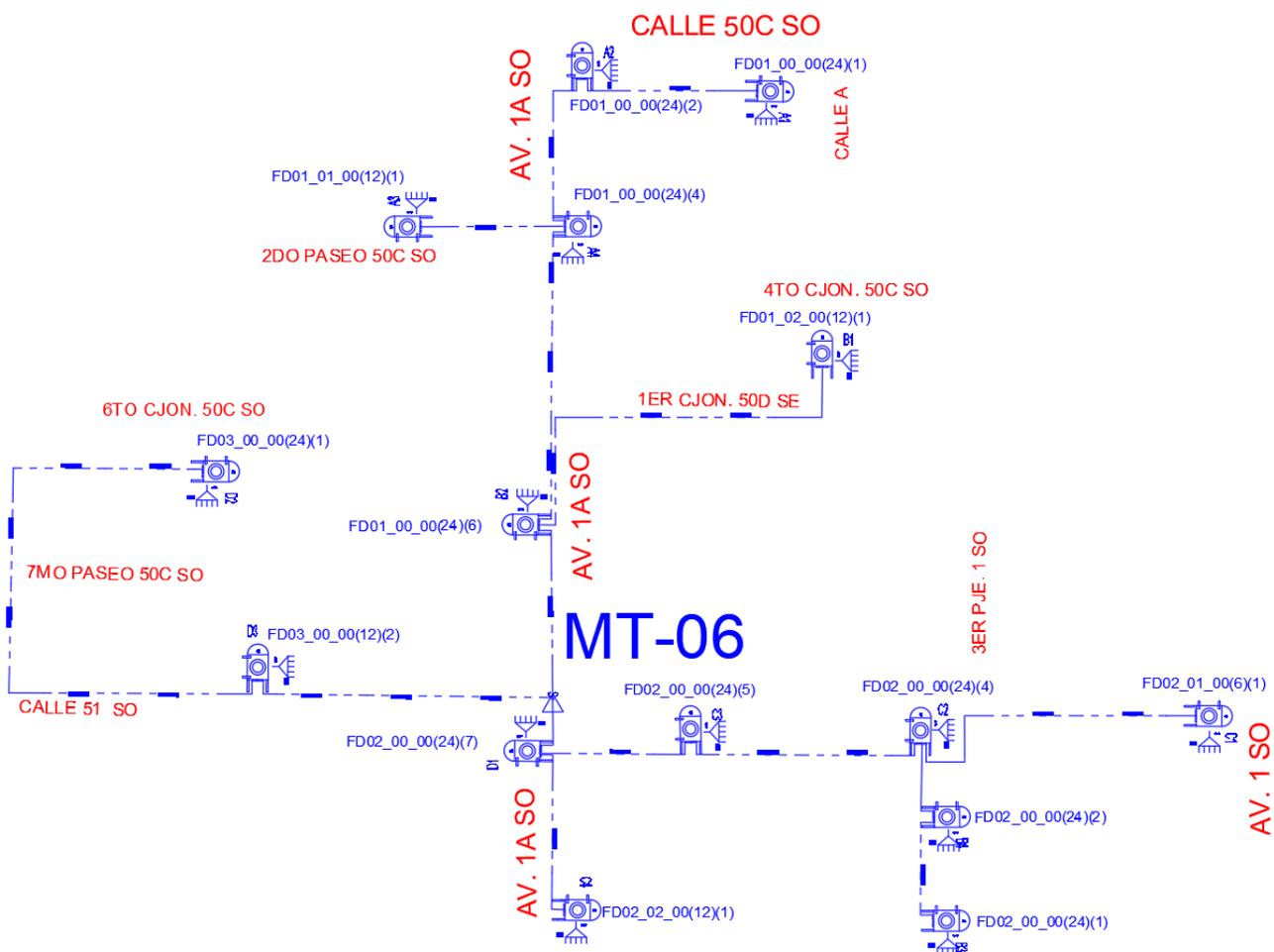


Figura C.6. Diagrama esquemático de la red de distribución en distrito FT03MT06

APÉNDICE D. DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS – RED DE DISTRIBUCIÓN - DISTRITOS FT02

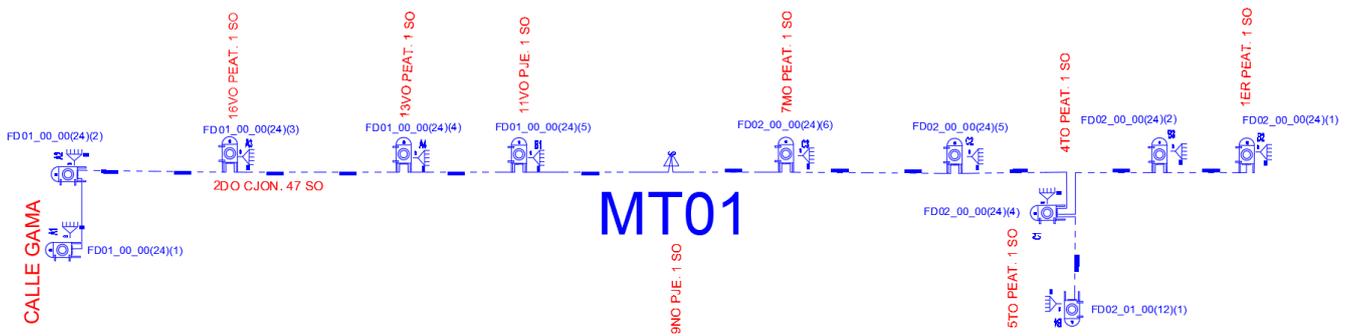


Figura D.1. Diagrama esquemático de la red de distribución en distrito FT02MT01

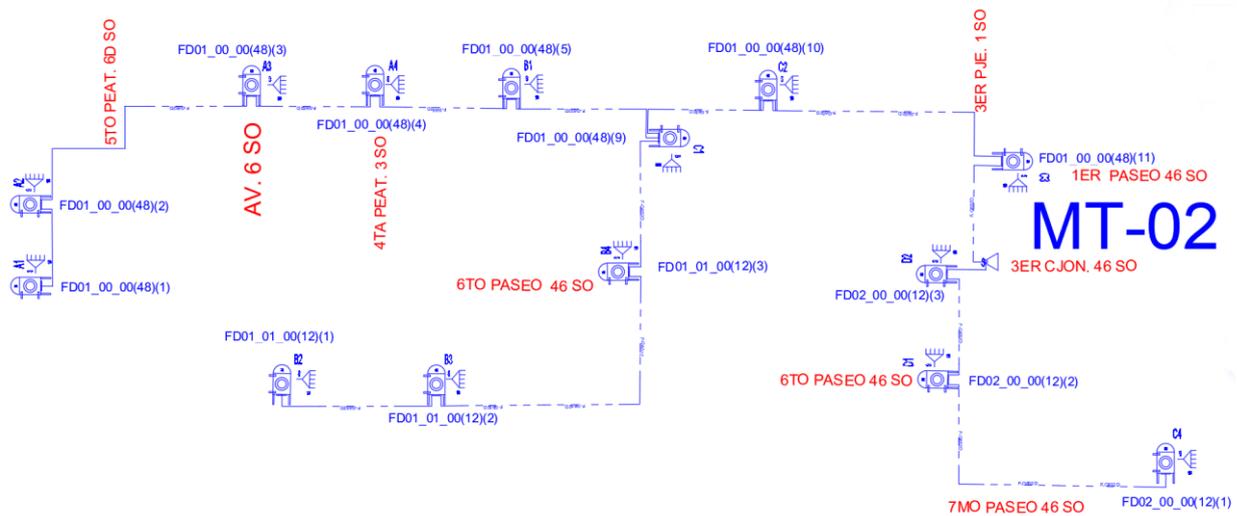


Figura D.2. Diagrama esquemático de la red de distribución en distrito FT02MT02

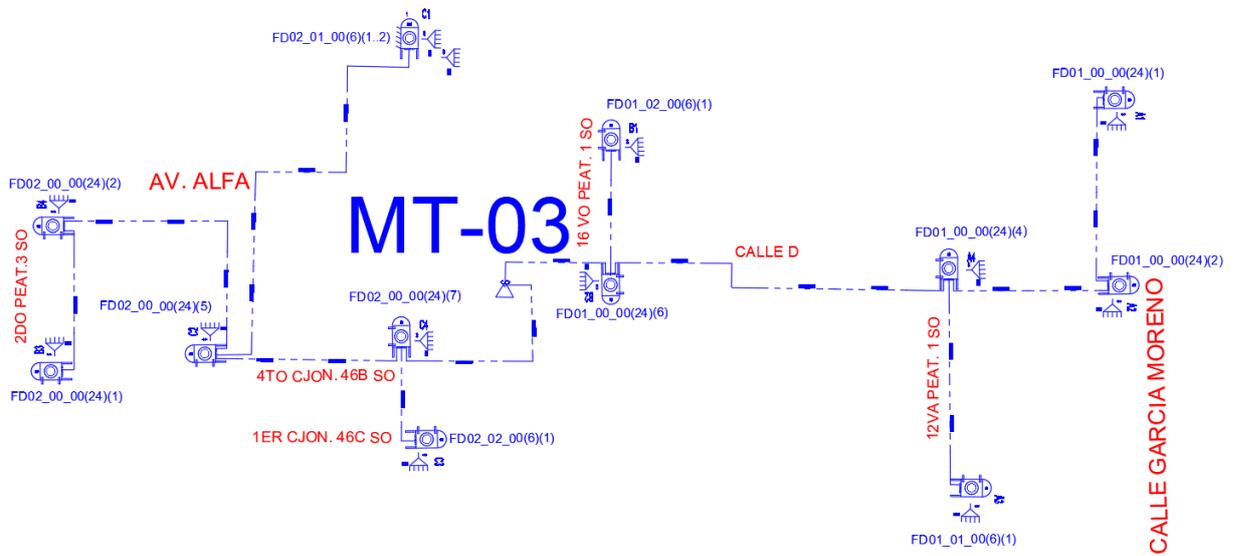


Figura D.3. Diagrama esquemático de la red de distribución en distrito FT02MT03

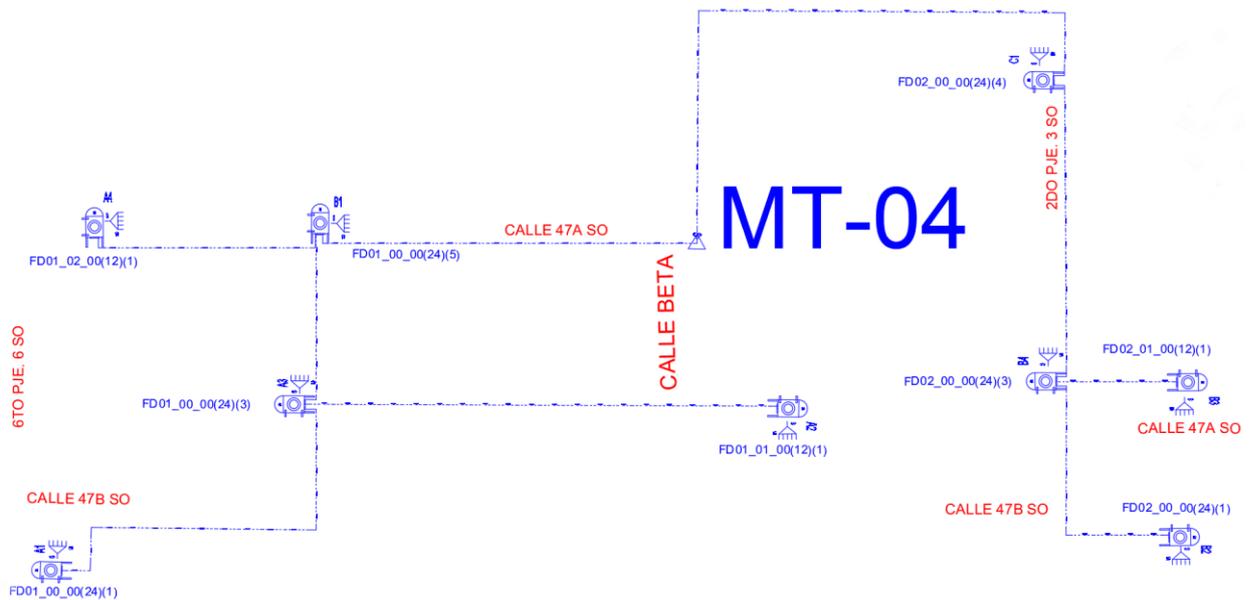


Figura D.4. Diagrama esquemático de la red de distribución en distrito FT02MT04

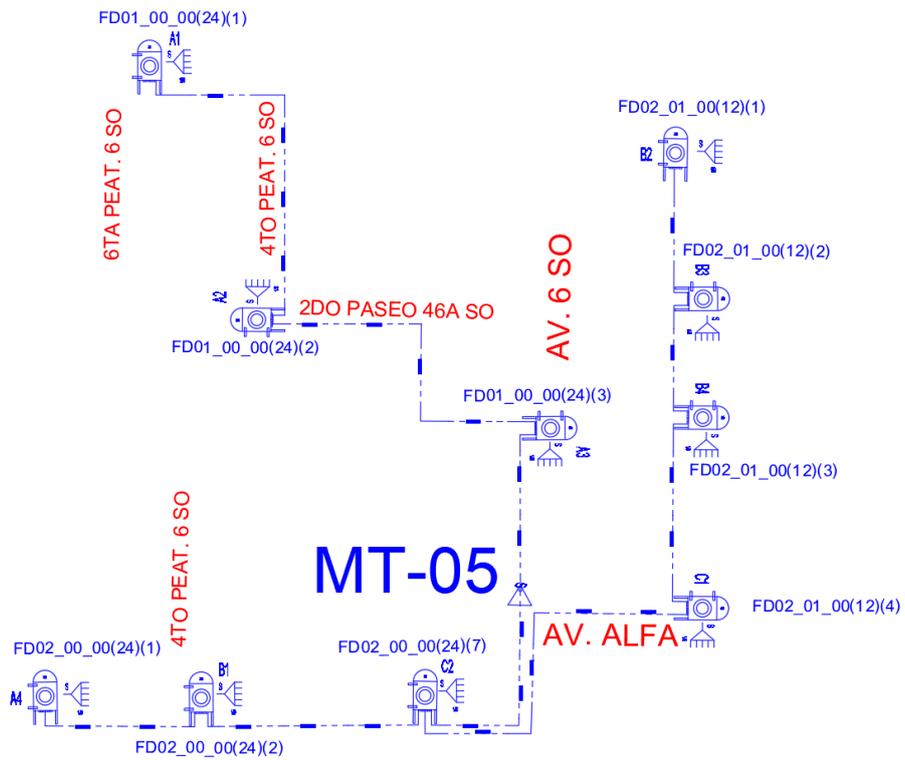


Figura D.5. Diagrama esquemático de la red de distribución en distrito FT02MT05

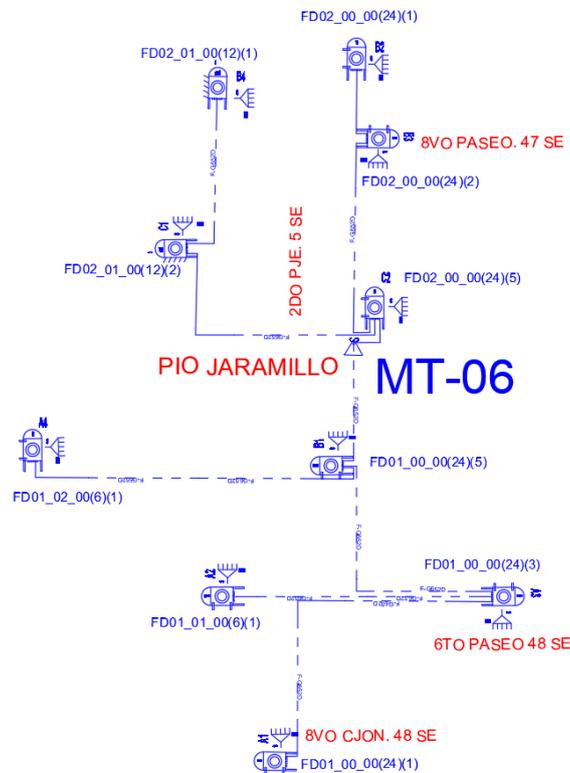


Figura D.6. Diagrama esquemático de la red de distribución en distrito FT02MT06

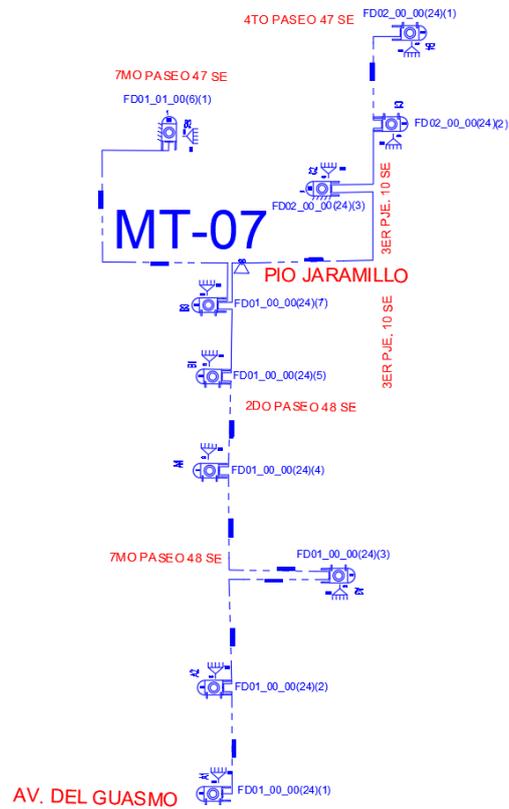


Figura D.7. Diagrama esquemático de la red de distribución en distrito FT02MT07

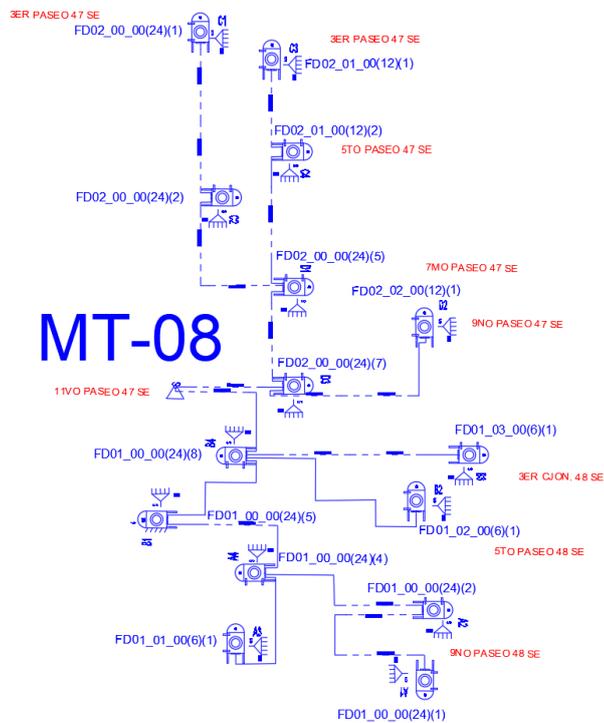


Figura D.8. Diagrama esquemático de la red de distribución en distrito FT02MT08

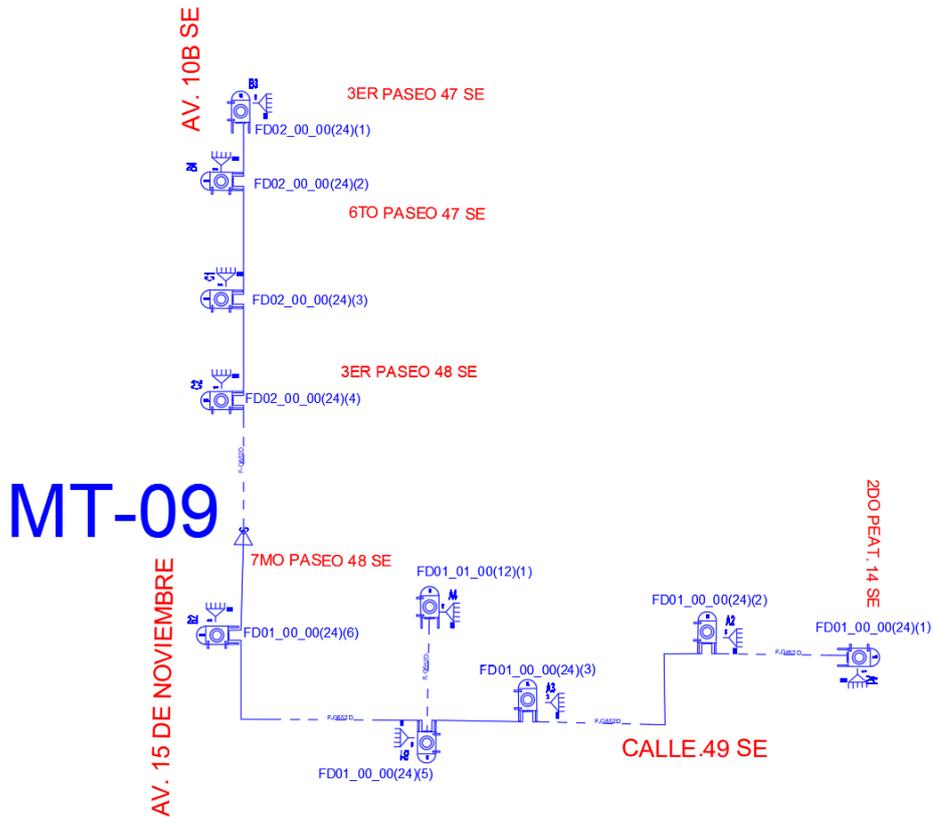


Figura D.9. Diagrama esquemático de la red de distribución en distrito FT02MT09

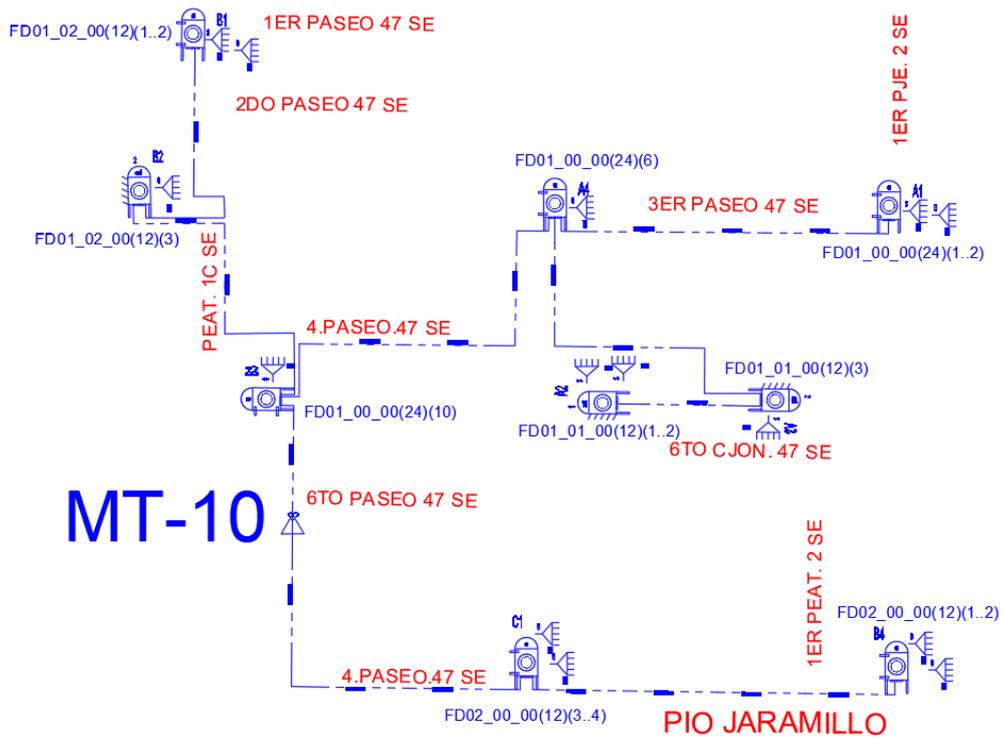


Figura D.10. Diagrama esquemático de la red de distribución en distrito FT02MT10

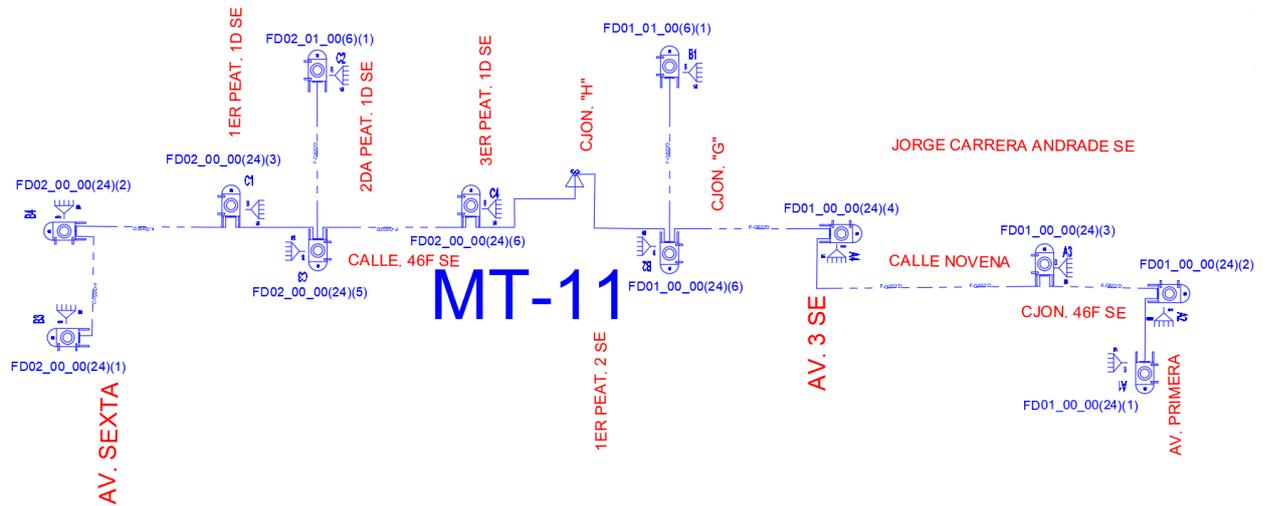


Figura D.11. Diagrama esquemático de la red de distribución en distrito FT02MT11

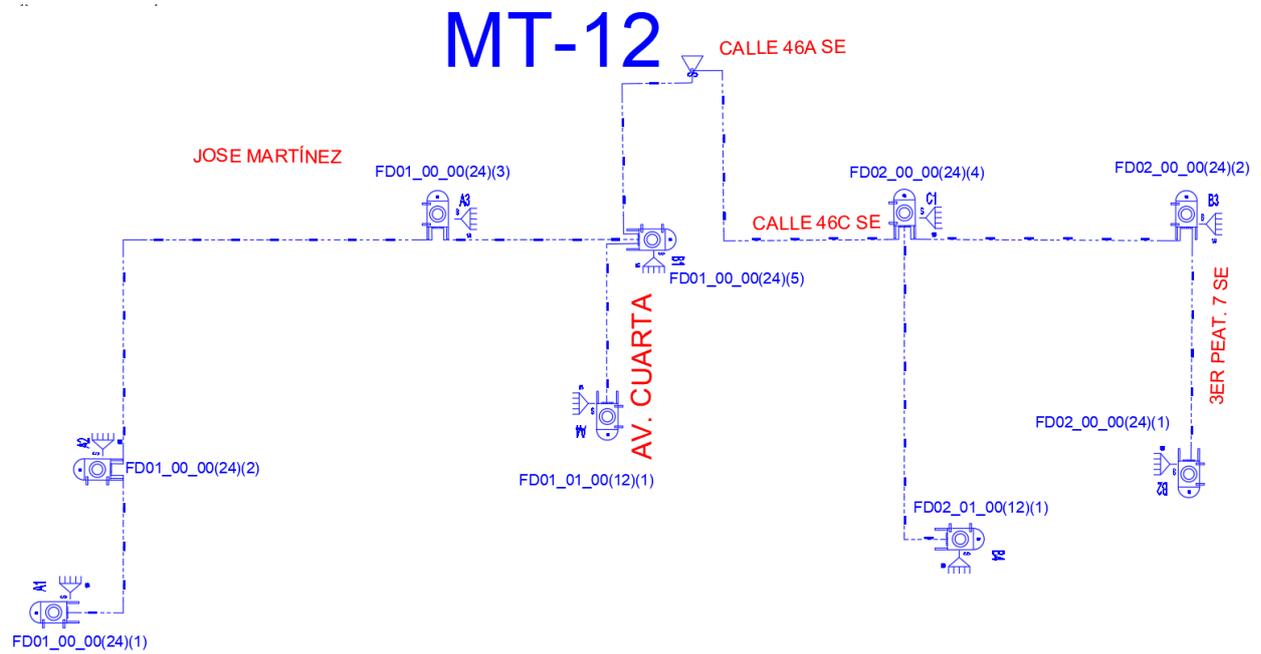


Figura D.12. Diagrama esquemático de la red de distribución en distrito FT02MT12