



UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO.
FACULTAD DE INGENIERIA.
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES.



VALIDACIÓN DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE
CONSTRUCCIÓN PARA SU INCORPORACIÓN EN
DESPLIEGUES DE FTTH

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA “ANDRÉS BELLO”

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR

Karla Andreína Moreno Almeida

TUTOR

Jonathan Zapata

FECHA

24 de Septiembre de 2012



UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO.
FACULTAD DE INGENIERIA.
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES.



VALIDACIÓN DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS
DE CONSTRUCCIÓN PARA SU INCORPORACIÓN
EN DESPLIEGUES DE FTTH

REALIZADO POR

Karla Andreína Moreno Almeida

TUTOR

Jonathan Zapata

FECHA

24 de Septiembre de 2012



UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO.
FACULTAD DE INGENIERIA.
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES.



VALIDACIÓN DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE
CONSTRUCCIÓN PARA SU INCORPORACIÓN EN
DESPLIEGUES DE FTTH

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado

Su contenido con el resultado:.....

JURADO EXAMINADOR

Firma:

Firma:

Firma:

Nombre:.....

Nombre:.....

Nombre:.....

REALIZADO POR

Karla Andreína Moreno Almeida

TUTOR

Jonathan Zapata

FECHA

24 de septiembre de 2012

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VALIDACIÓN DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN
PARA SU INCORPORACIÓN EN DESPLIEGUES FTTH

Moreno Almeida, Karla Andreína

karmorenoa@gmail.com

RESUMEN

La demanda cada vez mayor de servicios de acceso de gran velocidad y la limitación de las redes de cobre ha impulsado a los diversos proveedores de servicio a realizar una migración tecnológica. CANTV en la tarea de prestar el mejor servicio a sus clientes, ha propuesto la iniciativa 100% Fibra como una solución con fibra óptica en el acceso para ofrecer mayor ancho de banda y nuevas soluciones.

Para llegar a cabo un despliegue real con una nueva tecnología, es necesario establecer normas y procedimientos básicos que permitan unificar los métodos de instalación que se deben tomar en cuenta.

Una manera de crear y corregir las normas y procedimientos, se basa en la realización de un diseño preliminar aplicado a una localidad real. Esto permite identificar durante el diseño, los detalles específicos que deben ser tomados en cuenta al momento del despliegue de FTTH y registrarlos como normas. El diseño realizado abarcó desde la distribución de los elementos en la central hasta los tipos de acometida donde será instalada la fibra una vez conocido el tipo de estructura.

Con el estudio realizado en este trabajo especial de grado se generaron dichas normas y procedimientos a partir del diseño de la localidad asignada por CANTV y se elaboró el esquemático general del diseño de FTTH con tecnología GPON para la iniciativa 100% Fibra.

Palabras claves: FTTH, Diseño, RDO, Normas, GPON

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Teresa Almeida y Carlos Moreno, por ser parte fundamental en mi vida, por guiarme a lo largo del camino y enseñarme que no me debo rendir, que con esfuerzo, paciencia, humildad y fe en Dios y la Virgen lo que me proponga lo puedo lograr.

Karla Moreno.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por estar siempre a mi lado iluminando mis pasos.

A mi mamá, por haber sido mi apoyo durante toda la carrera, por no dejarme rendir, por darme las herramientas necesarias para obtener este gran logro. Te doy mil gracias por estar siempre a mi lado.

A Jonathan Zapata, por guiarme en la realización de este trabajo especial de grado, por enseñarme que todo debe tener una razón que lo sustente, por todo su apoyo.

A Xabier Zuloaga, por su paciencia y dedicación, por las enseñanzas dadas y por la confianza puesta en mí para elaborar este proyecto.

A Vanessa Villegas, por todos los momentos compartidos, su apoyo incondicional y por su disposición para responder mis dudas.

A Luis Iacobelli, Elvis Higuera, Dayana Franquiz, por su colaboración brindada para la realización de este proyecto.

A mi familia, por siempre estar al pendiente de mi y por el apoyo brindado.

A Luis Deternoz, por su gran apoyo y solidaridad en esta última etapa, por su comprensión y cariño brindado cada día.

A la UCAB, por ser mi casa de estudio y por ser parte fundamental en el aprendizaje adquirido durante mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
CAPÍTULO I.	1
PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	1
I.1. Planteamiento del problema.....	1
I.2. Objetivos de estudio.....	2
I.2.1 Objetivo general	2
I.2.2 Objetivos Específicos	2
I.3. Alcance	3
I.4. Limitaciones.....	3
I.5. Justificación	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO	5
II.1. Redes Ópticas	5
II.2. Redes Ópticas Pasivas	5
II.2.1 Elementos de red PON	7
II.3. Arquitectura FTTH (<i>Fiber To The Home</i>).....	8
II.4. GPON (Gigabits Passive Optical Network).....	9

II.5.	Tipos de estructuras	12
II.5.1	Propiedades Individuales	13
II.5.2	Pequeños Condominios.....	14
II.5.3	Grandes Condominios.....	15
II.6.	Elementos que conforman la red	15
II.6.1	Divisores ópticos.....	15
II.6.2	Conectores.....	16
II.6.3	Empalmes y mangas.....	16
II.6.4	Distribuidor de fibra primario (DFP)	16
II.6.5	Distribuidor de fibra secundario (DFS)	17
II.6.6	Cables.....	17
II.6.7	Módem Óptico	19
II.6.8	Equipo Central Óptico.....	19
II.6.9	Distribuidor de Fibra Central	19
II.7.	Redundancia	19
II.8.	Tipos de instalación.....	21
II.8.1	Tendido aéreo.....	21
II.8.2	Tendido enterrado	21
II.8.3	Tendido canalizado	22
II.9.	Técnicas de instalación.....	23
II.9.1	Técnica de halado.....	23
II.9.2	Técnica de flotación	24
II.9.3	Técnica de soplado.....	24

CAPÍTULO III.	26
METODOLOGÍA.....	26
III.1. Fase de investigación	26
III.2. Fase analítica	26
III.3. Fase de diseño	27
III.4. Fase de validación y recomendaciones	28
CAPÍTULO IV.	29
DESARROLLO.....	29
IV.1. Diseño de la red.....	29
IV.1.1 Diseño Físico	29
IV.1.2 Red de distribución óptica	37
IV.1.3 Recomendaciones generales para el diseño físico.....	58
IV.1.4 Diseño Lógico	72
CAPÍTULO V.	76
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	76
CAPÍTULO VI.	82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
ACRÓNIMOS	84
BIBLIOGRAFÍA	87
APÉNDICE A	91
APÉNDICE B.....	95
APÉNDICE C.....	99
ANEXO A	102

ANEXO B.....	106
ANEXO C.....	110
ANEXO D.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. RED DE ACCESO ÓPTICA	7
FIGURA 2. CONFIGURACIÓN DE UNA RED ÓPTICA PASIVA	8
FIGURA 3. TOPOLOGÍAS DE REDES SEGÚN TERMINACIÓN.....	9
FIGURA 4. G.984.1- REFERENCIA DE LA CONFIGURACIÓN DE LA RED GPON	10
FIGURA 5. DIAGRAMA DE LA RED DE ACCESO GPON	11
FIGURA 6. ESCENARIOS PLANTEADOS	13
FIGURA 7. ESCENARIO DE UNA PROPIEDAD INDIVIDUAL.....	14
FIGURA 8. ESCENARIO DE UN PEQUEÑO CONDOMINIO.....	14
FIGURA 9. ESCENARIO DE GRANDES CONDOMINIOS	15
FIGURA 10. ESQUEMA DE REDUNDANCIA	20
FIGURA 11. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL CABLE ESLABÓN ENTRE EL DFC-A Y DFC-BA Y	33
FIGURA 12. INTERCONEXIÓN DE GRUPO DE CONEXIONES CRUZADAS	34
FIGURA 13. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL CABLE ESLABÓN ENTRE EL OLT Y EL DFC-B	35
FIGURA 14. DISTRIBUCIÓN DE LOS EQUIPOS EN LA CENTRAL	36
FIGURA 15. DISEÑO DE ANILLOS EN SUBÁREAS RADIALES	38
FIGURA 16. CUADRANTES DE COBERTURA DE LA CENTRAL MADERERO	39

FIGURA 17. REPRESENTACIÓN DE SUBÁREAS RADIALES CON EL ÁREA ASIGNADA.....	40
FIGURA 18. TENDIDO DE ANILLOS EN LA SUBÁREA.	41
FIGURA 19. CENTRAL MADERERO	42
FIGURA 20. MAPA DE LAS PARCELAS VISITADAS	45
FIGURA 21. LOCALIDAD ASIGNADA.....	46
FIGURA 22. TIPIFICACIÓN FINAL DE LAS ESTRUCTURAS.....	48
FIGURA 23. DISTRIBUCIÓN DE LOS GDP SEGÚN SUS CUADRÍCULAS	49
FIGURA 24. GDP UTILIZADOS PARA CUBRIR EL ÁREA.....	50
FIGURA 25. RUTA DEL CABLE DE DISTRIBUCIÓN.....	51
FIGURA 26. DERIVACIÓN Y RUTA DEL CABLE CENTRAL HASTA LOS CDV	52
FIGURA 27. UBICACIÓN DE LOS TAO	55
FIGURA 28. UBICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS CON SUS CAJETINES RESPECTIVOS	56
FIGURA 29. DISTRIBUCIÓN GENERAL DE LAS TANQUILLAS EN LAS CUADRAS	64
FIGURA 30. UBICACIÓN DE TANQUILLAS EN LA LOCALIDAD	65
FIGURA 31. DERIVACIÓN DEL CABLE CENTRAL AL DFP	66
FIGURA 32. DERIVACIÓN DEL CABLE DE DISTRIBUCIÓN EN CIERRES DE EMPALME.....	66

FIGURA 33. ESCENARIOS PARA LAS ESTRUCTURAS SEGÚN LOS ESPACIOS QUE POSEEN	68
FIGURA 34. SALIDA DEL CABLE DE DISTRIBUCIÓN DESDE EL GDP	79
FIGURA 35. TERMINALES EXISTENTES EN EL ÁREA	101

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. COMPARACIÓN ENTRE TRANSCEIVERS CLASE B+ Y CLASE C+ DE PUERTOS GPON DE ECO HUAWEL.....	12
TABLA 2. TIPOS DE CUBIERTA DE LOS CABLES DE FIBRA.....	18
TABLA 3. TIPOS DE ZANJAS EXISTENTES.	22
TABLA 4. CRITERIO PARA LA TIPIFICACIÓN.....	43
TABLA 5. REGISTRO DE ESTRUCTURAS Y UNIDADES.....	47
TABLA 6. RECOMENDACIONES PARA EL DFP.....	53
TABLA 7. CRITERIO DE INSTALACIÓN PARA CDH.....	54
TABLA 8. RECOMENDACIONES PARA LOS DFS.	58
TABLA 9. RECOMENDACIÓN DE ESTÁNDARES PARA LA FIBRA ÓPTICA.	59
TABLA 10. TIPOS DE CABLES A UTILIZAR.	60
TABLA 11. CARACTERÍSTICAS DEL TENDIDO SEGÚN EL AMBIENTE.....	61
TABLA 12. TÉCNICA Y TIPO DE TENDIDO SEGÚN EL TRAMO.....	62
TABLA 13. DIMENSIONES DE DUCTOS, MINIDUCTOS Y MICRODUCTOS.	63
TABLA 14. ESPACIOS DE ACOMETIDAS Y PRIORIDAD DE TÉCNICAS DE TENDIDO	70
TABLA 15. DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE TENDIDO.....	71

TABLA 16. DISPOSITIVOS SEGÚN EL ESPACIO.....	72
TABLA 17. CANTIDAD DE CONECTORES Y EMPALMES REQUERIDOS EN EL DISEÑO.	73
TABLA 18. RECOMENDACIONES PARA EL USO DE CONECTORES Y EMPALMES.	74
TABLA 19. CANTIDAD DE PÉRDIDAS POR ELEMENTO Y RECOMENDACIÓN.....	75
TABLA 20. PÉRDIDAS TOTALES POR ELEMENTOS.....	75

CAPÍTULO I.

PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

En este capítulo se puede ver el planteamiento del problema que impulsó a llevar a cabo esta investigación. A su vez, se pueden conocer los objetivos de estudio, las limitaciones y el alcance del presente trabajo especial de grado.

I.1. Planteamiento del problema

Actualmente nos encontramos en una época en la que la calidad y velocidad que requieren los servicios, es indispensable para los usuarios. Sin embargo hoy en día se siguen usando tecnologías de acceso que no satisfacen las necesidades de los mismos (banda ultra ancha y video de alta calidad), como lo son el ADSL y ADSL2+ ya que ofrecen un ancho de banda limitado, que disminuye a medida que la distancia entre la central y el usuario aumenta.

CANTV busca mantenerse como empresa pionera en las telecomunicaciones del país, es por ello que se ha visto en la necesidad de introducir una nueva tecnología en las redes de acceso.

A raíz de una serie de investigaciones y estudios que la empresa ha llevado a cabo durante los últimos años, concluyeron que podían usar una nueva tecnología basada en redes ópticas pasivas, ya que la misma proporciona mayor ancho de banda y mejores prestaciones para satisfacer las necesidades de sus clientes. Esta tecnología incluye nuevas normas de construcción, equipos de última generación, nueva

estructura de costos, entre otros factores que deben ser tomados en cuenta a la hora de plantear nuevos proyectos.

Con las investigaciones antes realizadas, CANTV ha estructurado una serie de normas básicas, sin embargo para poder implementar una prueba piloto de dicha red, de la mejor forma posible, es necesario validar que estas normas básicas son las más convenientes para ser aplicadas. Con este proyecto se busca hacer dicha validación mediante un diseño real y a su vez complementar y recomendar normas adicionales más específicas, que se consideren necesarias. De este modo se hará una guía específica de reglas simples para su cumplimiento en los despliegues a realizar.

I.2. Objetivos de estudio

Para llevar a cabo el trabajo se planteó un objetivo general y tres específicos.

I.2.1 Objetivo general

Validar las normas y procedimientos de construcción para la aplicación de despliegues reales de FTTH de CANTV.

I.2.2 Objetivos Específicos

- Revisar la documentación recopilada (arquitectura y técnicas) por CANTV sobre los despliegues de FTTH ya existentes en otros países o en otros operadores.
- Diseñar una red óptica pasiva de una localidad que será definida por CANTV como complemento para la validación de las normas ya existentes.
- Recomendar mejoras a las normas y procedimientos existentes y complementarlas con normas adicionales más específicas.

I.3. Alcance

Este proyecto incluye el diseño físico y lógico de la red de acceso óptica de la localidad asignada por CANTV.

También incluye un extracto de las normas y procedimientos validados para facilitar la implementación o construcción de despliegues de FTTH para CANTV.

El diseño está basado en la arquitectura FTTH con tecnología GPON.

Se hicieron recomendaciones prácticas y una guía con reglas simples y prácticas para su cumplimiento.

I.4. Limitaciones

La validación de las normas para el despliegue está enfocada en los requerimientos de la empresa, y están hechas en base al diseño planteado.

No forma parte de este proyecto la implementación de las mismas, queda a criterio de CANTV su utilización.

El desarrollo de la red está enfocado en una localidad elegida por CANTV.

El diseño realizado es independiente del despliegue final que CANTV realice como prueba piloto.

Las normas y procedimientos finales obtenidos a través de este trabajo de grado son confidenciales, por lo que sólo se presentará un extracto de las mismas.

I.5. Justificación

CANTV (Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela) es la principal empresa de telecomunicaciones en Venezuela, fundada en 1930, es hoy en día el proveedor líder de servicios de telefonía fija, móvil, Internet y servicios de información del país.

Para mantenerse como empresa líder en el mercado, la empresa está en constante búsqueda de nuevas tecnologías para así proporcionar soluciones innovadoras. Partiendo de esto, han decidido implementar una arquitectura de fibra óptica directa hasta el hogar en el acceso con tecnología pasiva.

Al llevar a cabo una nueva implementación es necesario estandarizar los procedimientos de construcción, instalación y despliegue, es por ello que se requiere de las normas y procedimientos para la implementación de la iniciativa 100% Fibra. En este caso dichas normas ya existen, sin embargo hay que validarlas para el uso y región en la que está ubicada la empresa.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

Satisfacer la creciente demanda de velocidades y servicios en las redes de acceso actuales se ve cada vez más difícil, ya que el medio físico de transmisión no tiene la suficiente capacidad para brindar el ancho de banda requerido por los usuarios. Por esta razón las empresas buscan una manera de mejorar la calidad de los servicios utilizando nuevas tecnologías como GPON ya que permiten brindar al usuario mayor velocidad y variedad de servicios.

II.1. Redes Ópticas

Una red óptica es aquella que esta basada en tecnologías y componentes ópticos. Estas proporcionan gran alcance y ancho de banda gracias a las características intrínsecas de la fibra y de las tecnologías que se han desarrollado para hacer uso de la misma.

Hay dos tipos de redes ópticas: las activas y las pasivas. Las activas son aquellas que poseen elementos activos en el tramo de distribución de la red, dichos elementos requieren energía eléctrica para amplificar o transmitir las señales ópticas.

II.2. Redes Ópticas Pasivas

Las redes ópticas pasivas o PON (*Passive Optical Network*) son aquellas que poseen elementos activos sólo en los extremos de la red (Central y Cliente); es decir,

la red de distribución óptica no necesita de ningún elemento que requiera de energía eléctrica para amplificar o transmitir las señales ópticas.

Estas redes están caracterizadas por ser punto- multipunto ya que en el trayecto existen divisores ópticos que se encargan de dividir la señal hacia múltiples usuarios. Es importante destacar que tanto en la central telefónica como en el usuario final los elementos si son activos.

Una red óptica pasiva cuenta básicamente con los siguientes elementos: fibra óptica, divisores ópticos, conectores, empalmes y cierres de empalme.

En base a la información dada por Rodríguez, 2010, se puede decir que las redes PON están divididas básicamente en dos partes, la central y la red de distribución óptica (RDO). La central es el edificio que alberga los elementos activos y bastidores de fibra de la red por parte del operador. La RDO permite conectar la central con las premisas del cliente, está conformada por tres tramos: tramo central, tramo de distribución y tramo terminal. El tramo central consta del Equipo Central Óptico (ECO), de Distribuidor de Fibra Central (DFC), entre otros elementos propios del operador. En el tramo de distribución se encuentra el distribuidor de fibra primario encargado de realizar la división óptica de la fibra y el cable de distribución. El tramo terminal es el último tramo de fibra, el cual va desde el distribuidor de fibra secundario hasta el usuario final, consta del cable terminal, cajetín óptico externo, cajetín óptico interno y el módem óptico.

La Figura 1 muestra un esquema básico de una Red de Acceso Óptica.

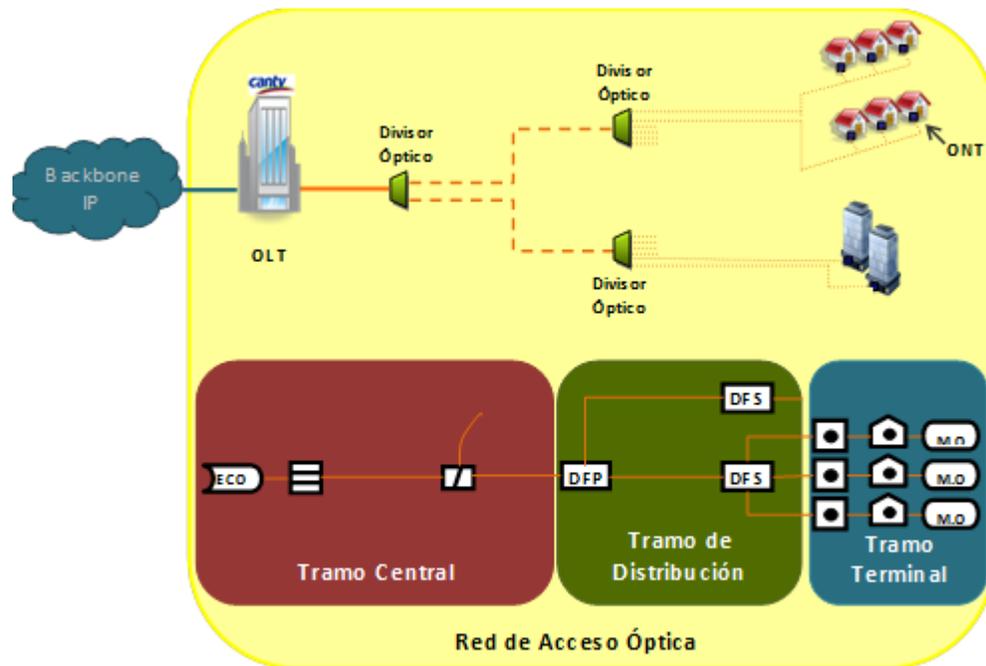


Figura 1. Red de Acceso Óptica
Fuente: CANTV (2010)

II.2.1 Elementos de red PON

Los elementos que conforman una red PON son los siguientes:

OLT (Optical Line Termination): Es conocido como Equipo Central Óptico (ECO), se encuentra ubicado en la central telefónica, se encarga de multiplexar los canales de usuario para transmitirlos a través de la fibra óptica hacia la red de distribución. A su vez se encarga de la gestión de la red.

ODN (Optical Distribution Network): Conocida como Red de Distribución Óptica, en esta encontramos el tramo central, el tramo de distribución y el tramo terminal. Básicamente se encarga de transportar los datos, utilizando el modo *broadcast* en el canal de bajada entre el ECO y el Módem Óptico, mientras que en el

canal de subida utiliza el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), es por ello que utiliza el protocolo MAC (*Media Access Control*).

ONT (*Optical Network Termination*): Conocido como Módem Óptico (MO), se encuentra ubicado en la residencia del usuario y ofrece la conversión óptica-eléctrica necesaria para establecer la conexión con los dispositivos del cliente. En conjunto con el ECO, se encarga de la transmisión y recepción de datos a través de la línea óptica.

En la Figura 2 se puede observar la ubicación de los elementos que conforman la red PON.

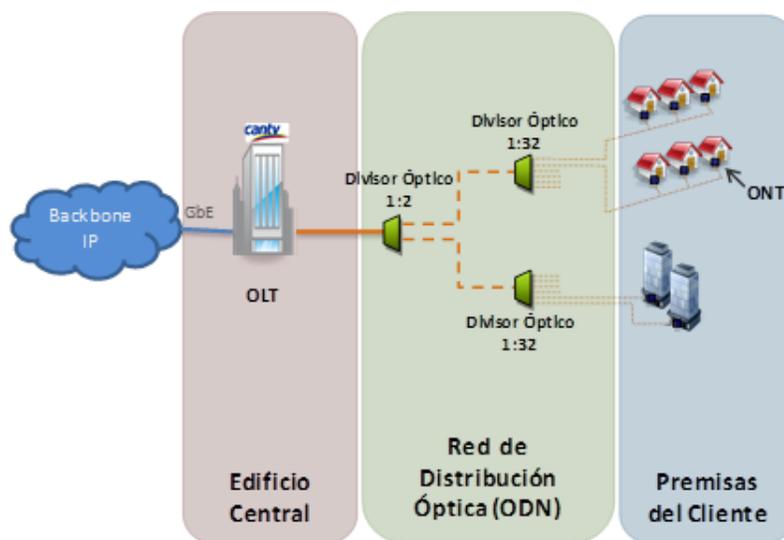


Figura 2. Configuración de una Red Óptica Pasiva

Fuente: Rodríguez, 2010.

II.3. Arquitectura FTTH (*Fiber To The Home*)

FTTx es la arquitectura de red que consiste en llevar la fibra óptica desde la central hasta un punto en específico. FTTH forma parte de la arquitectura de red

FTTx, representa una red netamente pasiva, la cual conecta la fibra directamente hasta el cliente. Esta arquitectura soporta tecnologías del tipo xPON, entre las cuales tenemos APON (ATM PON), BPON (*Broadband PON*), EPON (Ethernet PON), y GPON (*Gigabits PON*).

En la figura 3 se puede observar la arquitectura del despliegue de fibra según su terminación.

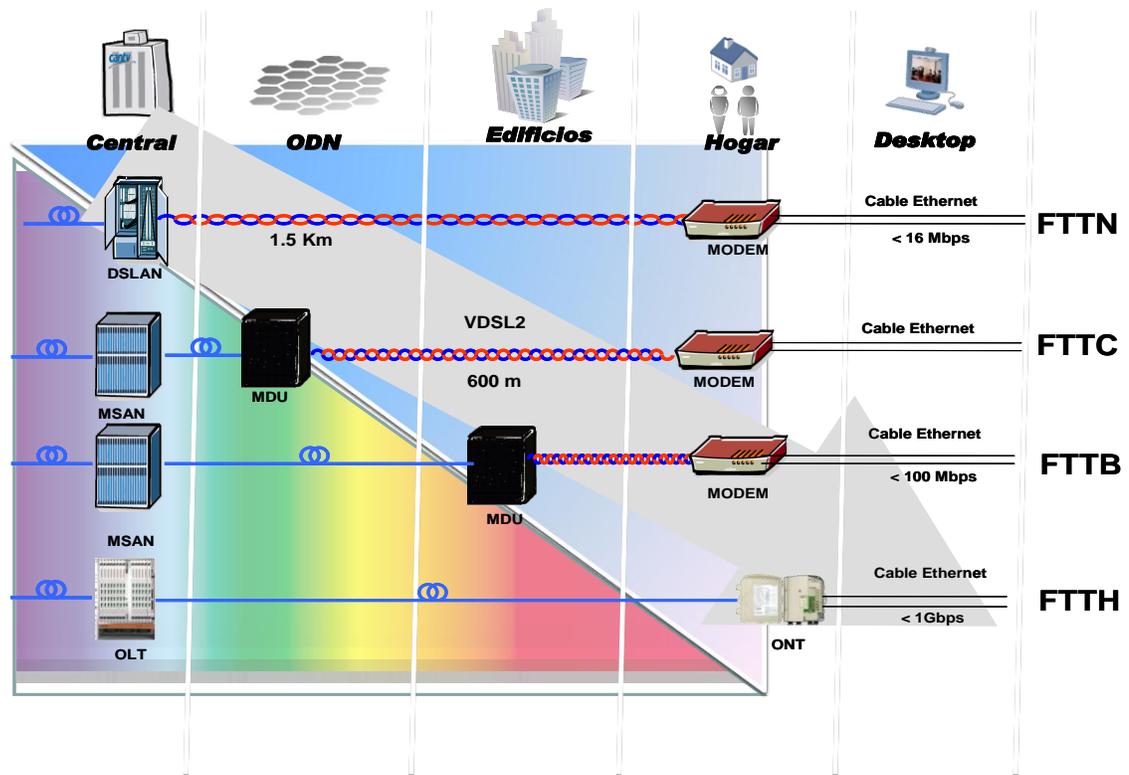


Figura 3. Topologías de Redes según Terminación

Fuente: Villegas, 2009

II.4. GPON (Gigabits Passive Optical Network)

Estudios previamente realizados por CANTV han arrojado que la tecnología más propicia a utilizar en redes de acceso es GPON. *Gigabits PON* fue estandarizado

en Marzo del 2003, en el conjunto de recomendaciones ITU-T G.984.1, 2, 3, 4, 5 y 6. Es un tipo de red punto-multipunto y está basada en la división de la interfaz óptica de alta capacidad entre 32 y/o 64 clientes de una red totalmente pasiva. Este estándar permite una convergencia de todos los servicios de telecomunicaciones denominados *Triple Play* (voz, datos y video) sobre una única infraestructura de red basada en IP. (Villegas, 2009)

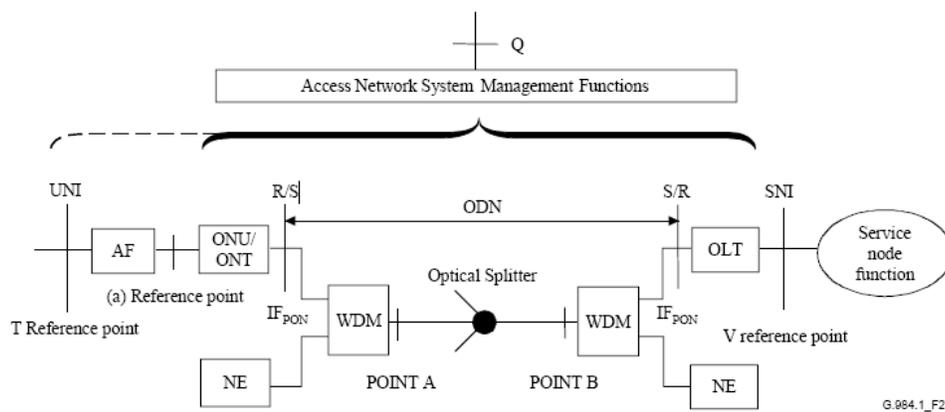


Figura 4. G.984.1- Referencia de la configuración de la red GPON

Fuente: GPON. ITU-T G.984.

Con esta tecnología, la información es transmitida bidireccionalmente sobre una sola fibra óptica. Para lograr esto, se utilizan dos longitudes de onda distintas: para la información de bajada (1490 nm) y para la información de subida (1310 nm).

La información de bajada es transmitida en modo *broadcast*, donde la información llega a todos los elementos de la red, por lo tanto, es necesario utilizar un sistema de encriptación para mantener la privacidad de las comunicaciones. La separación entre las señales que van dirigidas a cada uno de los elementos se realiza en el Modem Óptico mediante el protocolo TDM, un tipo de multiplexación donde el ancho de banda del medio de transmisión es asignado a cada canal durante un intervalo de tiempo.

La transmisión en la subida es realizada utilizando un método de acceso múltiple conocido como TDMA, donde cada elemento de la red tiene un período de tiempo específico para transmitir por un mismo canal, permitiendo que éste sea compartido por varios usuarios.

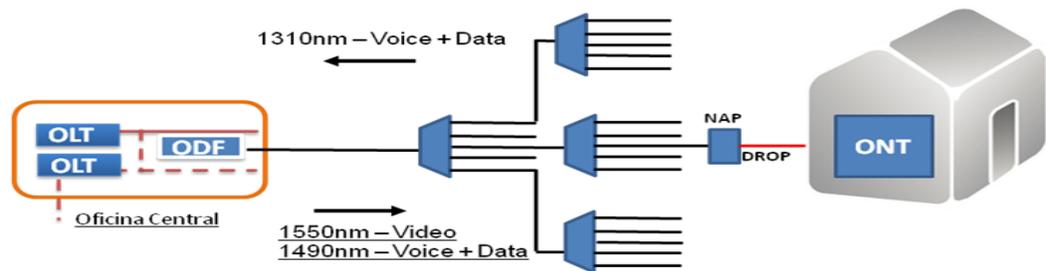


Figura 5. Diagrama de la red de acceso GPON

Fuente: CANTV (2010)

El estándar establece hasta 20 km. de enlace físico, con una tasa de transmisión de 1.25 Gbps de subida y 2.5 Gbps de bajada por interfaz, pudiendo llegar a velocidades de 100 Mbps o más. Existen cinco clases de *transceivers* para definir las pérdidas por trayectoria, estas son A, B, B+, C y C+. Las clases B+ y C+ soportan mayores pérdidas por trayectoria por lo que en la Tabla 1 descrita a continuación se compara a las mismas.

Clase	B+	C+
Longitud de onda	Tx: 1490 nm Rx: 1310 nm	Tx: 1490 nm Rx: 1310 nm
Tasa de transmisión	Tx: 2.49 Gbps Rx: 1.24 Gbps	Tx: 2.49 Gbps Rx: 1.24 Gbps
Mínima potencia óptica de salida	1.50 dBm	3.00 dBm
Potencia óptica de salida máxima	5.00 dBm	7.00 dBm
Sensitividad máxima del receptor	-28.00 dBm	-32.00 dBm
Tipo de conector óptico	SC/PC	SC/PC
Tipo de fibra óptica	Monomodo	Monomodo
Longitud del enlace	20.00 Km	20.00 Km
Sobrecarga de potencia óptica	-8.00 dBm	-12.00 dBm

Tabla 1. Comparación entre Transceivers Clase B+ y Clase C+ de puertos GPON de ECO Huawei

Fuente: CANTV, 2012

II.5. Tipos de estructuras

Para facilitar el diseño de la red en estudios anteriores se tipificaron las estructuras existentes en Venezuela, según dos zonas estudiadas: *Browfield* (zonas servidas) y *Greenfield* (zonas vírgenes). Para la tipificación se agruparon las estructuras en base a tres escenarios posibles para el despliegue de la red. Estos escenarios son: Propiedad Individual, Pequeños Condominios y Grandes Condominios. (Rodríguez, 2010)



Figura 6. Escenarios planteados

Fuente: Rodríguez, 2010

II.5.1 Propiedades Individuales

Son las estructuras a las cuales se les provee el servicio como único cliente. Entre éstas se encuentran las viviendas uni-familiares, edificios uni-empresariales, comercios pequeños y zonas industriales, centro comercial uni-propietario, instituciones públicas, instituciones educativas, hoteles y aparta-hoteles y estaciones radio base.

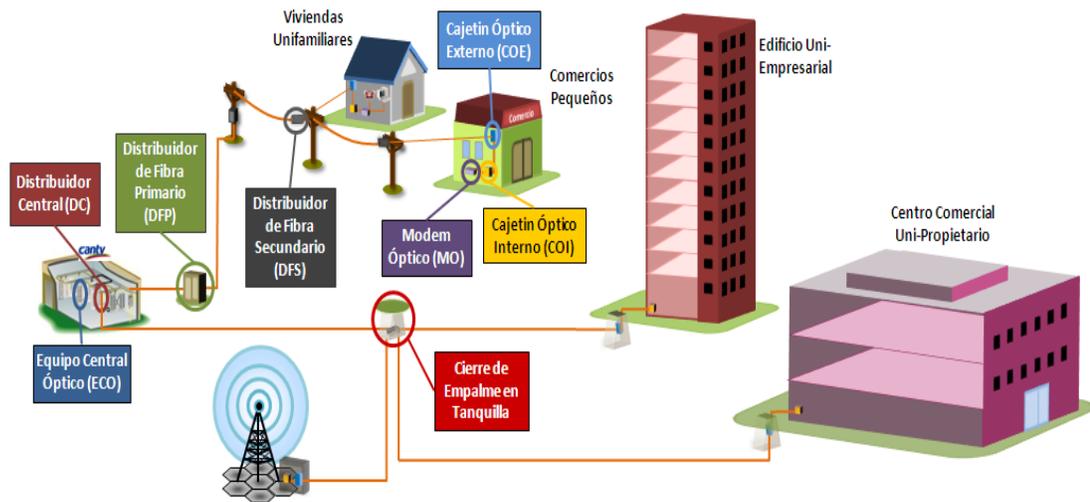


Figura 7. Escenario de una Propiedad Individual

Fuente: Rodríguez, 2010

II.5.2 Pequeños Condominios

Es un grupo reducido de Propiedades Individuales dentro de una misma estructura, en la que la empresa proporciona un servicio en forma particular. En este caso se refiere a edificios multifamiliares pequeños de no más de tres pisos.

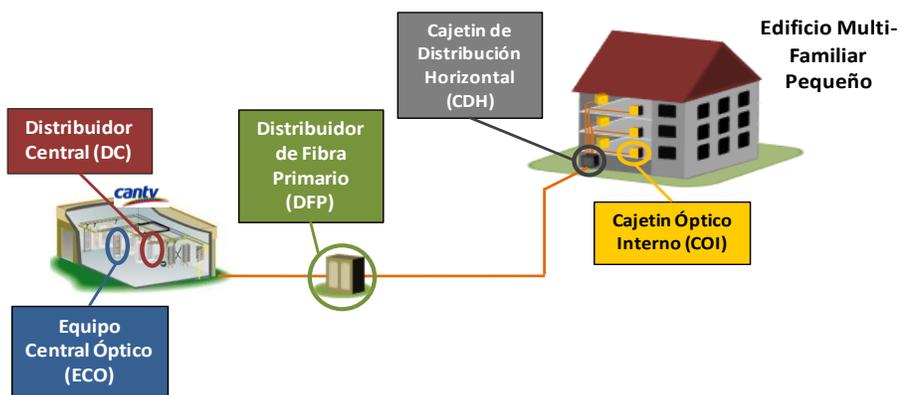


Figura 8. Escenario de un Pequeño Condominio

Fuente: Rodríguez, 2010

II.5.3 Grandes Condominios

Está conformada por un gran número de Propiedades Individuales, agrupadas dentro de una misma estructura, de este modo la empresa proporciona el servicio igualmente en forma particular. Entre estas encontramos edificios multi-familiares medianos y grandes, edificios multi-empresariales y centros comerciales multi-propietarios.

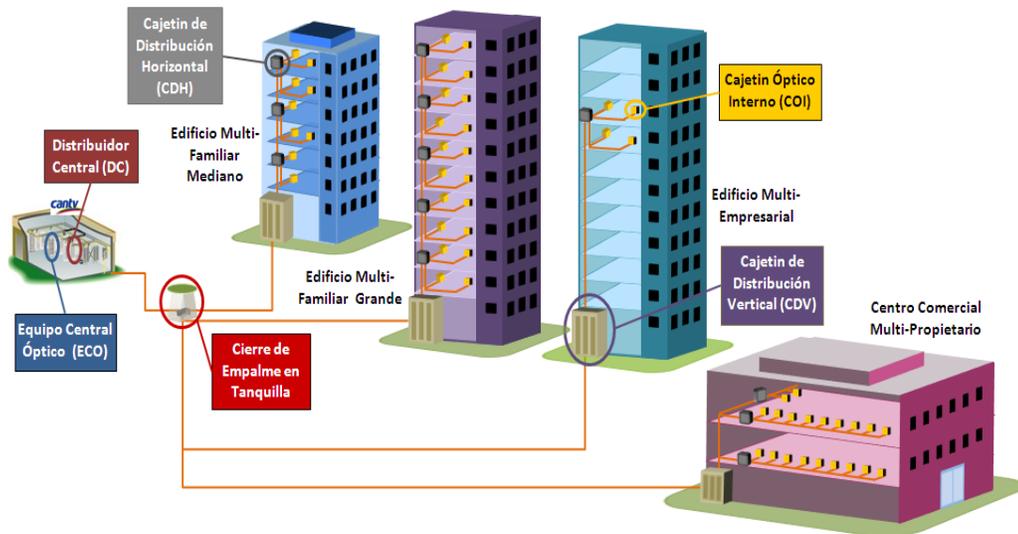


Figura 9. Escenario de Grandes Condominios

Fuente: Rodríguez, 2010

II.6. Elementos que conforman la red

II.6.1 Divisores ópticos

Son dispositivos que multiplexan la señal de 1:n. Los tipos de divisores ópticos utilizados en una red GPON son de 1:2, 1:4, 1:8, 1:16 ó 1:32, y con menos

frecuencia los de 1:64. Dependiendo de su configuración se puede colocar de modo centralizado o varios en cascada.

II.6.2 Conectores

Los conectores, son dispositivos que se encargan de realizar la conexión de la fibra con otro elemento óptico, ubicado en los extremos de esta. Existen múltiples tipos de conectores, bien sea de plástico enchufable o de metal enroscable. Entre los tipos de conectores se encuentran los ST, SC, LC y FC los cuales pueden tener pulido PC o APC.

II.6.3 Empalmes y mangas

Los empalmes son las diversas uniones entre los cables de fibra. Existen dos tipos de empalmes: mecánicos y por fusión.

Las mangas, también conocidas como cierres de empalmes, son unas estructuras mecánicas que contienen y protegen las conexiones realizadas en la fibra y los dispositivos ópticos pasivos.

II.6.4 Distribuidor de fibra primario (DFP)

CANTV en su manual de 100% fibra describe al distribuidor de fibra primario como un dispositivo ubicado en el tramo de distribución que conecta las fibras del cable central con los cables de distribución. Permite una relación diferente de fibras entrantes con respecto a las salientes.

Para los Pequeños Condominios y Propiedades Individuales el DFP es denominado Gabinete de Distribución Público (GDP), mientras que para los Grandes Condominios es denominado Cajetín de Distribución Vertical (CDV).

II.6.5 Distribuidor de fibra secundario (DFS)

Es el último dispositivo del tramo de distribución y es el que conecta las fibras del cable de distribución con los cables de acometida individuales que van a cada una de las viviendas.

El DFS correspondiente a las Propiedades Individuales se denominará Terminal de Acceso Óptico (TAO). En el caso de los Pequeños Condominios y Grandes Condominios se le denominará Cajetín de Distribución Horizontal (CDH).

II.6.6 Cables

Los cables son el elemento de la red de acceso a través de los cuales se interconectan los distintos dispositivos de la red. Existen diversos tipos de cable, sin embargo, la selección del mismo depende de su aplicación.

Tabla 2, se describen los tipos de cubierta existentes para brindar protección a los cables de fibra óptica.

Tipo de cubierta	Características
Cubierta individual holgada	Está conformado por tubos de plástico que albergan en su interior una sola fibra, ésta se encuentra alojada con cierta holgura que hace que este tipo de cable tenga flexibilidad. Este tipo de cable puede contener hasta 14 fibras
Cubierta holgada multifibra	Tiene cierta similitud con la cubierta individual holgada, sin embargo ésta alberga hasta 12 fibras en un solo tubo holgado. Se utilizan en instalaciones donde se requiere brindar servicio de alta calidad.
Cubierta ajustada	Son utilizados en conexiones cortas, o internas. El plástico de la cubierta se aplica directamente sobre el revestimiento de la fibra.
Cubierta compacta	La cubierta no es directamente aplicada sobre la fibra dejando un reducido espacio sobre ella. Se utiliza para conexiones cortas y para cableado interno.
Técnica de cinta	Está conformado por un arreglo plano de hasta 12 fibras ubicadas una al lado de la otra. Son utilizadas para conexiones internas y para equipos de computación.

Tabla 2. Tipos de cubierta de los cables de fibra.

Fuente: Godoy, 2010

Según su ubicación los cables se pueden clasificar en cables de planta externa, cables de planta interna o cables especiales.

En el caso de los cables pre-conectorizados, se encuentran los cables de tipo *pigtail* o los cables de puenteo (*jumper*s). Los primeros presentan conectores de un lado mientras que el segundo presenta conectores a ambos lados.

II.6.7 Módem Óptico

Es el equipo ubicado en lado del cliente, es activo y funciona como una interfaz entre la red y el dispositivo electrónico de consumo del cliente.

II.6.8 Equipo Central Óptico

Se encuentra alojado en el edificio central. Este equipo está ubicado en un bastidor en el cual permite colocar más de uno dependiendo de sus dimensiones. Cada uno de estos equipos está conformado por tarjetas que proporcionan los puertos PON y pueden ser colocadas progresivamente a medida que aumenta la demanda de puertos. El equipo central óptico se encarga de la transmisión y recepción de la señal, agrega el tráfico proveniente de los usuarios y lo enruta hacia la red de transporte.

II.6.9 Distribuidor de Fibra Central

Rodríguez, 2010, indica que el distribuidor central se encuentra ubicado en el Edificio Central dentro de un bastidor el cual incluye un organizador de fibra que almacena y guía los *patchcord* y *pigtails* dentro de éste. Este equipo permite realizar la conexión del Equipo Central Óptico con la Red de Distribución Óptica.

II.7. Redundancia

La redundancia es empleada para reforzar la red, de modo que si se presenta alguna falla, el operador pueda seguir llevando el servicio hasta los clientes.

Estepa, 2004, describe dos tipos de redundancia: redundancia en medios de transmisión y redundancia en equipos.

Redundancia en medios de transmisión: consiste en trazar diferentes caminos físicos para llegar hasta un nodo, esto facilita el cambio de ruta en caso de presentarse alguna falla. Este tipo de redundancia también es conocida como geográfica.

Redundancia en equipos: se refiere en dejar una parte de los equipos inactivos, con el fin de que sustituyan a los que se encuentren en uso en caso de presentarse fallas.

CANTV tiene como propuesta la redundancia en medios de transmisión y redundancia en equipos para las redes FTTH. La Figura 10 muestra un ejemplo de dicho esquema de redundancia

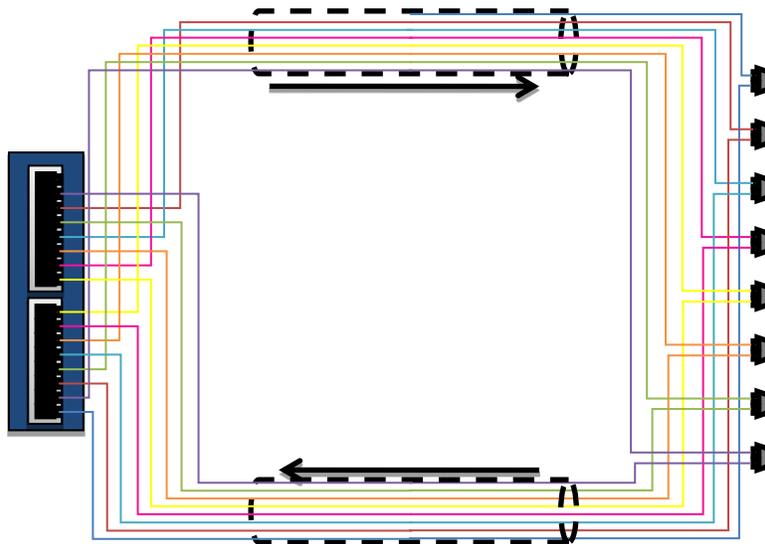


Figura 10. Esquema de redundancia

Fuente: CANTV

II.8. Tipos de instalación

La fibra puede instalarse utilizando diferentes tipos de tendido, entre los cuales se encuentran el tendido aéreo, tendido enterrado y tendido canalizado.

II.8.1 Tendido aéreo

Se basa en la instalación de fibra tendida entre postes. Tiene como ventaja que es fácil y rápido de instalar, igualmente evita la excavación para enterrar nuevos ductos, por lo que genera menor costo en cuanto obras civiles.

Al estar al aire libre, existen factores que hacen más vulnerable el tendido, provocando el rompimiento o desgaste del cable de fibra. Es por ello que se debe cumplir con ciertos requerimientos, a fin de minimizar los factores que los afectan.

II.8.2 Tendido enterrado

Consiste en hacer excavaciones en la tierra o pavimento para introducir directamente el cable de fibra. En este tipo de tendido, hay diversas maneras de desplegar la fibra, bien sea por zanjas o micro-zanjas. La diferencia entre las zanjas y micro-zanjas es el tamaño de las mismas. En la tabla 3 se puede observar el tipo de zanjas y sus medidas.

Tipo	Profundidad (cm)	Ancho (cm)	Distancia entre capa inferior de rodamiento y el fondo de la microzanja (cm)	Distancia de rodamiento (cm)
Zanjas	45	11,5		
Mini-zanjas	25	11,5		<13
Micro-zanjas mínimas	10	2	3	>=13
Micro-zanjas máximas	20	2	3	>=13

Tabla 3. Tipos de zanjas existentes.

Fuente: CANTV, 2010

II.8.3 Tendido canalizado

Este tipo de tendido requiere de la creación de ductos o canales por los cuales pasa el cable. Los ductos son hechos de tal manera que soporten condiciones ambientales externas bajo tierra.

Se puede considerar parte del tendido enterrado ya que la fibra va bajo tierra, sin embargo, se ha separado por la protección que este tendido ofrece a los cables de fibra y por los altos costos que representa.

Existen ductos principales que son de gran tamaño y permiten alojar gran cantidad de cables. A su vez existen micro ductos que pueden estar incluidos en los ductos principales, estos a pesar de que tienen menor capacidad para almacenar cables, representan una ventaja a la hora de instalar la fibra en lugares que estén ocupadas por otra existente.

II.9. Técnicas de instalación

Existen diversas técnicas que pueden ser aplicadas al momento de tender la fibra, entre las cuales se tienen: técnica de halado, técnica de flotación y técnica de soplado.

II.9.1 Técnica de halado

También es conocido como método de tensión, consiste en halar el cable con cierta tensión utilizando poleas de tendido y conjuntos de suspensión o amarre, respetando el radio de curvatura que permite el cable. (CENDIT, 2012)

Entre las recomendaciones hechas por el CENDIT para realizar esta técnica encontramos las siguientes:

- Los equipos deben ubicarse en el tramo a tender con el menor ángulo posible respecto al suelo
- El cable de tiro debe tener una carga de rotura superior a la tensión máxima del tendido
- El sentido del cable de tiro deberá ser el mismo que el del cable a tender
- Se debe mantener la tensión mecánica suficiente, sin embargo, la velocidad y la máxima tensión de tendido no deben superar los valores recomendados

II.9.2 Técnica de flotación

El CENDIT en su manual de instalación de fibra monomodo de 2012 dice que la técnica de flotación se basa en forzar con una bomba a lo largo de la ruta del cable un flujo de agua corriente adecuado. El agua en movimiento ejerce en el cable una acción distribuida que lo empuja hacia adelante a una velocidad de entre 30 y 40 m/min.

Así mismo sugiere seguir las recomendaciones que se presentan a continuación para realizar esta técnica:

- El material de que estén hechos los conductos, así como su grosor, y los conectores impermeables entre ellos, deberá adaptarse a la presión de agua utilizada
- Se recomienda evitar dos o más curvas de 90° consecutivas que estén distanciadas por menos de 20 m, o la rigidez del cable puede provocar una fricción excesiva en dichas curvas. Para minimizar el efecto de la fricción, el diámetro del cable no superará el 50% del diámetro interior del conducto.
- Antes de tender el cable, se probará el flujo de agua para controlar la continuidad del conducto y la posibilidad de aplicar la técnica flotante.

II.9.3 Técnica de soplado

Según el CENDIT 2012, consiste en inyectar un flujo de aire continuo de alta velocidad en el cable con una fuente de aire. La fuerza del aire empuja el cable y lo hace avanzar a una velocidad convencional que puede soportar el equipo. A continuación se plantean las recomendaciones del CENDIT para aplicar esta técnica.

- El diámetro interno de la canalización del cable debe garantizar la instalación del cable
- La longitud de instalación máxima del cable depende de la rigidez y peso del mismo. Se pueden colocar elementos en la punta del cable que permitan el paso de aire para el caso de cables flexibles y cables de diámetro muy pequeño en comparación con el diámetro interno de la canalización.
- Si se emplea un émbolo en la punta del cable, no se debe exceder la tensión máxima del cable
- El coeficiente de fricción de la funda del cable y las propiedades de fricción del revestimiento de la canalización debe ser lo menor posible y dependerán de la elección del recubrimiento del cable y las características de la canalización
- Se deben evitar las curvas muy cerradas. Cuanto más recta sea la canalización más larga será la longitud de instalación

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA

La metodología que se empleó en este trabajo de grado es una metodología de investigación, que incluye métodos de diseño y de análisis. Estos métodos fueron llevados a cabo sistemáticamente, mediante fases, entre las cuales se tienen: fase de investigación, fase analítica, de diseño y fase de validación.

III.1. Fase de investigación

Esta se basó en conocer la teoría referente a la tecnología GPON, a la arquitectura de FTTH y todo lo relacionado con las redes ópticas pasivas en general, desde las normas hasta el diseño. Inicialmente se tomaron en cuenta los requerimientos de la empresa y partiendo de estos se comenzó con la revisión de la documentación recopilada por CANTV y los trabajos de grado tomados como antecedentes. Seguidamente se leyó sobre la norma G.654, los despliegues de FTTH según los proveedores, los tipos de instalación, entre otros documentos que contribuyeron con los detalles requeridos para hacer el diseño y la validación de las normas.

III.2. Fase analítica

Una vez conocida la teoría básica que sustenta este trabajo especial de grado, fue necesario entender el sentido de cada uno de los elementos que conforman la red

de FTTH y sus normas, de este modo, se realizó un primer análisis con el fin de establecer los parámetros que se consideraron más convenientes para la aplicación de los despliegues reales.

III.3. Fase de diseño

Para llevar a cabo el diseño, fue necesario seguir una serie de pasos, desde la creación del mapa del área hasta la colocación de los elementos principales de la red en el mapa del área elegida.

El diseño se desarrolló utilizando dos *software* como herramienta, un sistema de información geográfica (GIS) utilizando planos proporcionados por CANTV y una base de datos de registro de planta externa de CANTV. El GIS facilitó el trazado de rutas, ubicación de elementos, entre otros factores importantes en el diseño físico. La base de datos del registro de planta externa facilitó la ubicación de canalizaciones y tanquillas existentes con el fin de realizar el trazado de las rutas de fibra en base a estos, de este modo se logra reducir costos en obras civiles.

Inicialmente se extrajo del mapa de Caracas el área elegida, identificándola con un color, se trazaron las posibles rutas de fibra que pasaran por las canalizaciones existentes, desde la central hasta el área elegida, buscando que las mismas tuviesen posible redundancia. Luego de trazar las rutas de fibra se ubicaron las tanquillas en el área.

Para las redes FTTH, es de suma importancia la información correspondiente a los tipos y a las cantidades de clientes existentes en el área, esto se debe a que la conexión va directamente hasta los hogares. Es por ello que el siguiente paso fue cuantificar y tipificar al cliente, en este caso, se hizo un cálculo teórico en base a la capacidad de los terminales existentes y luego una visita al área para corroborar la

información de las tanquillas y las capacidades de las estructuras, de este modo se realizó un diseño más exacto.

Una vez tipificados los clientes y las estructuras se ubicaron los elementos de la red óptica, en este caso los Distribuidores de Fibra Primarios y Secundarios. Por último se trazaron las diversas rutas de distribución de la fibra hasta cada uno de los clientes tipificados.

Para llevar a cabo el diseño también se realizó una visita a la central con el fin de conocer la condición de la misma y el espacio disponible. La visita consistió en ver la capacidad de la fosa, el espacio en las diversas salas, las condiciones del aire acondicionado, entre otros factores de importancia para que la central sea capaz de proveer la nueva tecnología GPON.

III.4. Fase de validación y recomendaciones

En base al diseño realizado en la fase anterior, se realizaron los diversos análisis de las normas existentes, en este caso, se analizó su funcionalidad y aplicabilidad para CANTV en Venezuela. Para esto fue necesario verificar que cumpliera con el presupuesto óptico, así como con criterios de seguridad. Las recomendaciones se hicieron bajo un criterio personal, tomando en cuenta las recomendaciones existentes para otras compañías y las discusiones internas con CANTV.

CAPÍTULO IV.

DESARROLLO

El desarrollo de este trabajo especial de grado, para el cumplimiento de los objetivos, se basó en llevar a cabo el diseño del despliegue real planteando algunas recomendaciones. A continuación se describe lo realizado en esta fase.

IV.1. Diseño de la red

El diseño representó un elemento esencial para el análisis de las normas y la elaboración de recomendaciones. Dicho diseño consta de dos partes, un diseño físico y un diseño lógico.

IV.1.1 Diseño Físico

El diseño físico está representado por la ubicación de los elementos en el plano real. Para explicar el diseño, se describen a continuación dos etapas: espacio físico y estructura en central, y red de distribución óptica

IV.1.1.1. Espacio físico y estructura en la central

La Central es la infraestructura que alojará los equipos activos de 100% Fibra del lado del operador. Los elementos que estarán en esta infraestructura son el Equipo central óptico (ECO) y el Distribuidor de Fibra Central (DFC). Estos equipos deberán

estar físicamente separados en dos salas diferenciadas preferiblemente contiguas. En caso de que no puedan estar contiguas se aceptará que estén físicamente distantes. El inconveniente en este caso es que los cables de interconexión entre el ECO y el DFC (Cable Eslabón) deberán tener un recorrido mayor.

A continuación se indican las recomendaciones con respecto a la configuración de la central.

1. El ECO y el DFC deberán estar en salas separadas.
2. Si las salas de ECO y de DFC están contiguas se recomienda emplear canaletas de guía entre las salas bajo un piso falso. Si las salas están distantes se aceptará un sistema de guías elevado o canaletas entre pisos.
3. Para salas contiguas, la pared divisoria entre ambas salas no puede interrumpir las canalizaciones existentes bajo el piso falso.
4. Preferiblemente el diseño de la sala debería ser único y si es posible que sea pre-fabricado.
5. Las salas deberán estar ventiladas, en ambiente seco y temperatura regular.
6. Se deben tomar en cuenta las normas de construcción vigentes en cuanto a materiales anti-inflamables, prácticas antisísmicas y ambientes laborales.

Sala de ECO

1. El ECO estará ubicado en una sala de 12x6 metros, la cual tendrá un piso falso para mantener la estética y al mismo tiempo la funcionalidad y protección del cableado a lo largo del tiempo.
2. La sala deberá contar con un buen sistema de enfriamiento.

3. Los equipos ECO serán ubicados en bastidores de 19" y estos pueden albergar hasta dos ECO de 16 tarjetas de 8 puertos PON cada uno. Una columna de DFC deberá tener la misma capacidad en empalmes que un bastidor con ECO.
4. Los bastidores de ECO deberán estar fijados al suelo para evitar cualquier tipo de movimiento.
5. La sala deberá dimensionarse a su máxima capacidad, pero la colocación de equipos se hará progresiva según sean requeridos. En principio se estima que la máxima capacidad será de 16 bastidores con dos ECO cada uno.

Sala de DFC

1. El DFC está conformado por un DFC-A y un DFC-B. El DFC-B tiene como función mantener el orden de los cables y la realización de empalmes en bandeja. El DFC-A permite la realización del cambio de tipo de cable entre la planta externa y la planta interna mediante empalmes en bandejas, y a su vez alberga los divisores ópticos de 1:2.
2. El DFC-B y el DFC-A estarán ubicados en lugares diferentes. En este caso el DFC-B estará ubicado en la sala de DFC y el DFC-A se ubicará en la fosa de la central.
3. El DFC-A y el DFC-B se precablearán entre sí con cables eslabones multifilares que serán guiados entre la sala DFC y la fosa a través de escalerillas y ductos entre pisos.
4. Los cables dentro del DFC-B y el DFC-A deberán estar ordenados, cuidando siempre el radio de curvatura de los mismos.

5. La sala del DFC será una sala de 12x6 metros, la cual tendrá un piso falso para mantener la estética y al mismo tiempo la funcionalidad y protección del cableado a lo largo del tiempo.
6. La sala de DFC deberá dimensionarse a su máxima capacidad, pero la colocación de columnas de DFC se hará progresiva según sean requeridos. En principio se estima que la máxima capacidad será de 16 columnas DFC.
7. Una columna del DFC-B deberá tener la misma capacidad en empalmes que un bastidor con ECO.
8. Las columnas DFC deberán estar fijados al suelo para evitar cualquier tipo de movimiento.
9. El cable eslabón multifilar que viene del ECO terminará con el "*Fan Out Kit*" y se unirá al DFC-B mediante empalmes a los hilos de fibra del cable proveniente del DFC-A, que descansarán en bandejas.
10. El cable de planta externa llegará al DFC-A y se empalmará en bandejas a las salidas de los divisores ópticos 1:2. La entrada de estos divisores se empalmará en las bandejas del DFC-A a los hilos del cable eslabón de planta interna que irá hacia el DFC-B.

La Figura 11 muestra el esquema de conexión entre el DFC-B y el DFC-A.

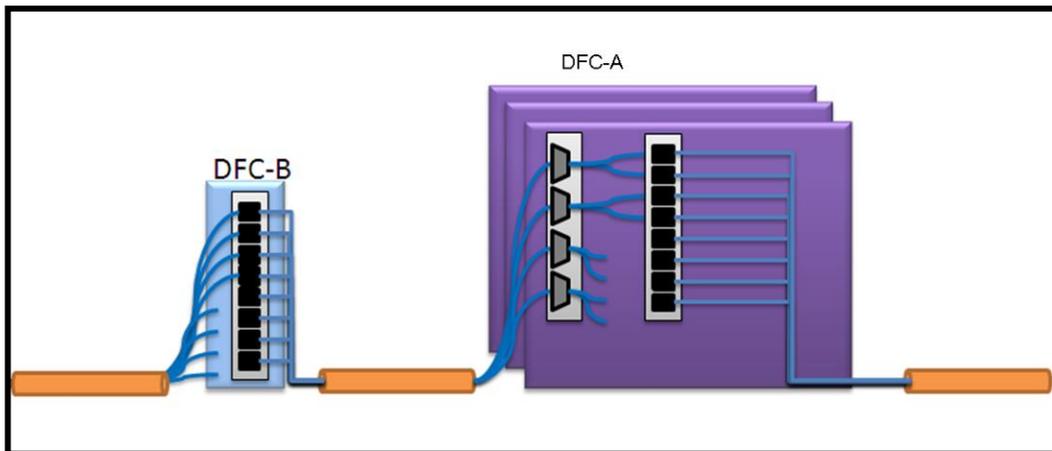


Figura 11. Diagrama de conexión del cable eslabón entre el DFC-A y DFC-BA y

Fuente: Elaboración propia.

Interconexión entre salas de ECO y DFC

A continuación se presenta el procedimiento para la interconexión de la sala de ECO y la sala DFC.

1. Dos bastidores de ECO se intercablearán con dos columnas de DFC y formarán un Grupo de Conexiones Cruzadas (GCC), como lo indica la Figura 12

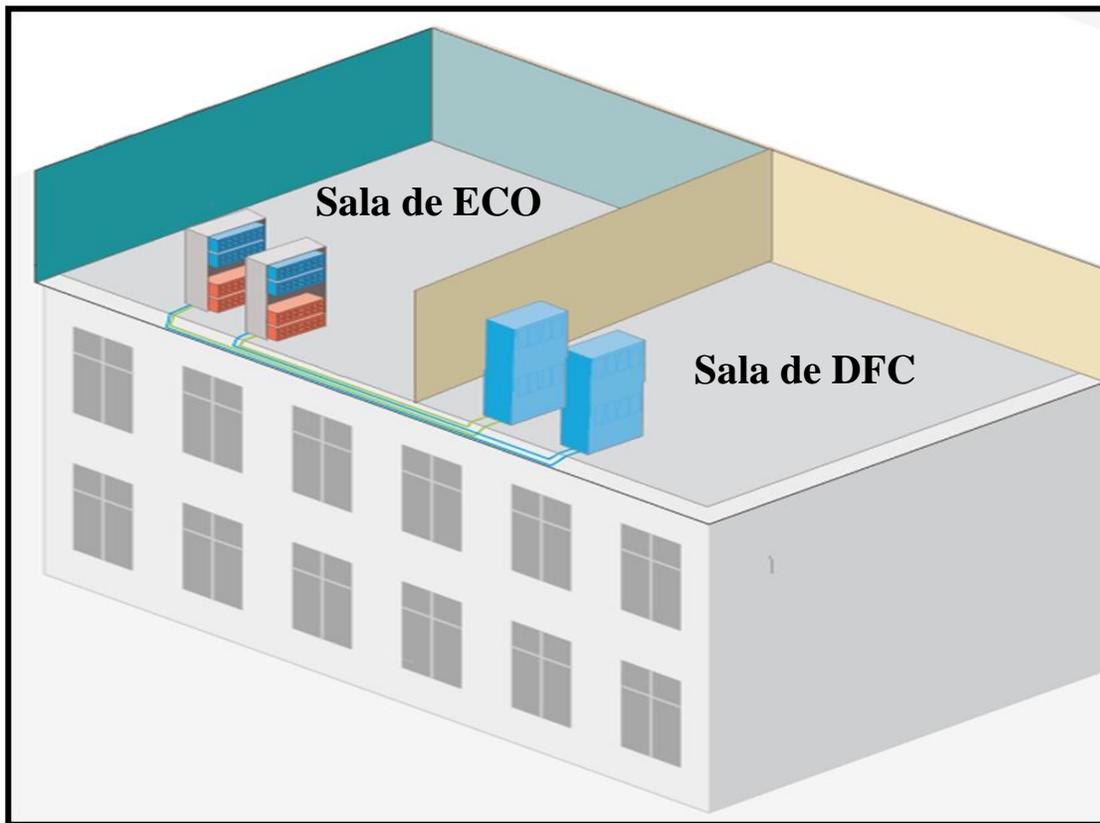


Figura 12. Interconexión de Grupo de Conexiones Cruzadas

Fuente: Elaboración Propia.

2. Cada bastidor de ECO deberá contar con dos canalizaciones. Una canalización hacia cada columna DFC. En estas canalizaciones se dejará preinstalado un cable eslabón multifilar de 256 hilos de fibra cuidando siempre el radio de curvatura del mismo.
3. Para realizar la conexión de los cables eslabones multifilares, se terminarán en cada extremo con un “*Fan Out Kit*” con el fin de que queden los pelos de fibra separados y protegidos. El cable eslabón terminará con conectores en el lado del ECO y con empalmes en el lado de la columna DFC.

4. La conexión de los hilos del cable eslabón deberá ser en orden consecutivo con el puerto del ECO. Como los cables de Fibra Central forman un anillo ambos extremos del anillo se conectarán a puertos del ECO desde las columnas DFC. La Figura 13 muestra un ejemplo de conexión del cable eslabón.

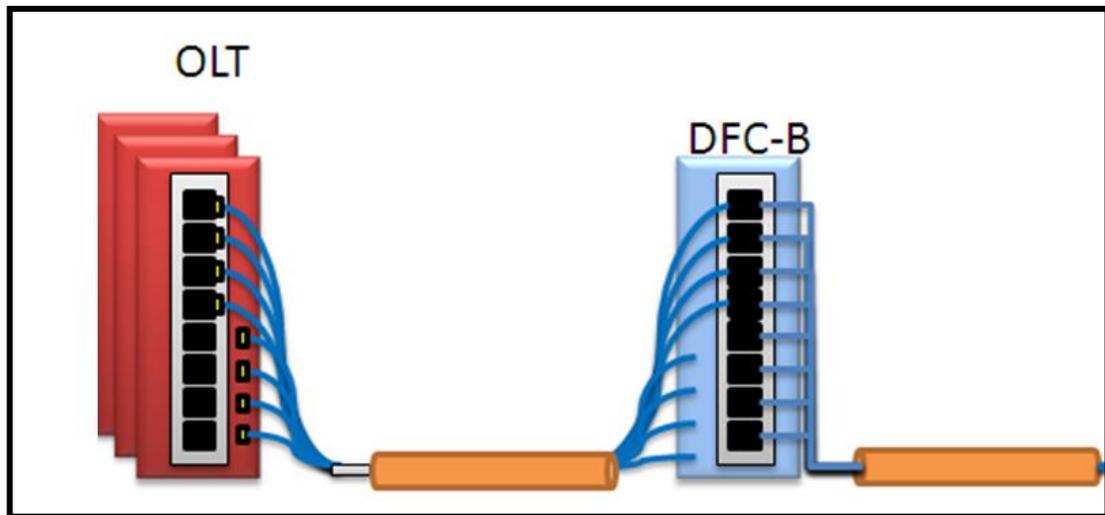


Figura 13. Diagrama de conexión del cable eslabón entre el OLT y el DFC-B

Fuente: Elaboración propia

5. Generalmente la planta externa se construye a mayor velocidad que la demanda del servicio. Los ECO se instalarán progresivamente a medida que va creciendo la demanda y se requieran más puertos, hasta completar la capacidad del GCC. Una vez que sea necesario colocar más planta externa se instalará un segundo Grupo de Conexiones Cruzadas y así sucesivamente hasta llegar a la máxima capacidad de la sala.
6. La dimensión de un GCC permite adecuarse a una penetración creciente del servicio. Si se construye toda la planta externa en dos columnas de DFC y la penetración es menor al 25% sólo se requerirá un ECO instalado.

7. Si la construcción de planta externa debe superar la capacidad de dos columnas DFC, hay que instalar otro Grupo de Conexiones Cruzadas y su correspondiente ECO, sin tomar en cuenta que quedará subutilizado el ECO del GCC anterior. Cuando la penetración es superior al 50% el porcentaje de subutilización va a ser despreciable y la velocidad de crecimiento de la demanda lo justificará. Si la penetración es menor al 25%, el porcentaje de subutilización será importante pero para estas penetraciones tan bajas no se justifica seguir construyendo más planta externa.

La Figura 14 muestra la representación de la distribución de las salas y los equipos de la central.

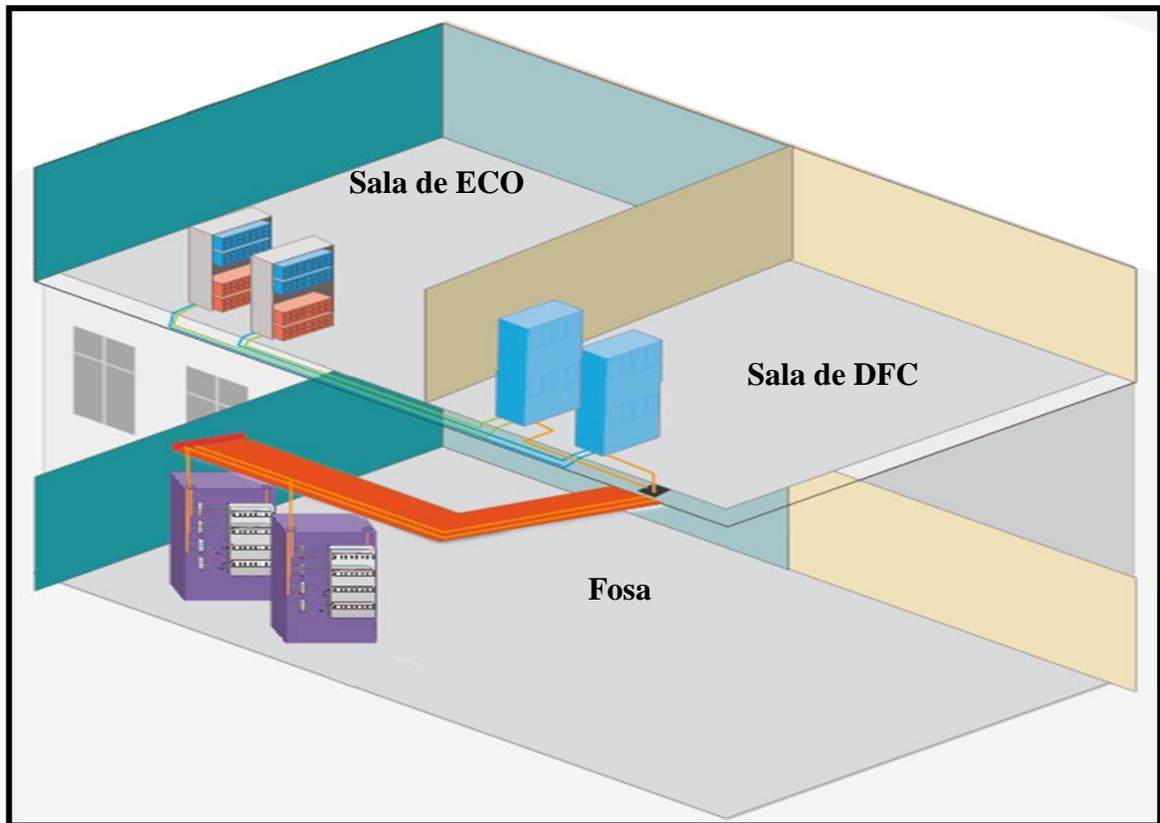


Figura 14. Distribución de los equipos en la central

Fuente: Elaboración propia.

IV.1.2 Red de distribución óptica

CANTV divide la red en tres partes: tramo central, tramo de distribución y tramo terminal.

IV.1.2.1. Tramo Central

CANTV en estudios previos definió la distribución de las centrales. Dichas centrales tienen un radio de cobertura de 5 km aproximadamente.

Una vez asignada el área que se desea cubrir con el servicio, hay que identificar la central que le corresponde. Seguidamente, se deben seguir los siguientes pasos con el fin de estructurar el diseño del tramo central:

1. Dividir el área de cobertura en cuatro cuadrantes.
2. Dividir los cuadrantes en tres subáreas radiales con el fin de realizar anillos en cada una de las mismas.
3. Diseñar dos anillos en la subárea radial donde se encuentra el área asignada, uno externo y uno interno como lo indica la Figura 15. La disposición de los anillos permite acotar la distancia máxima entre el GDP más alejado y los puertos del ECO, a su vez garantiza la cobertura completa de la zona. Estos anillos serán trazados por la fibra central y el diámetro del anillo interno medirá aproximadamente la mitad del diámetro del anillo externo.

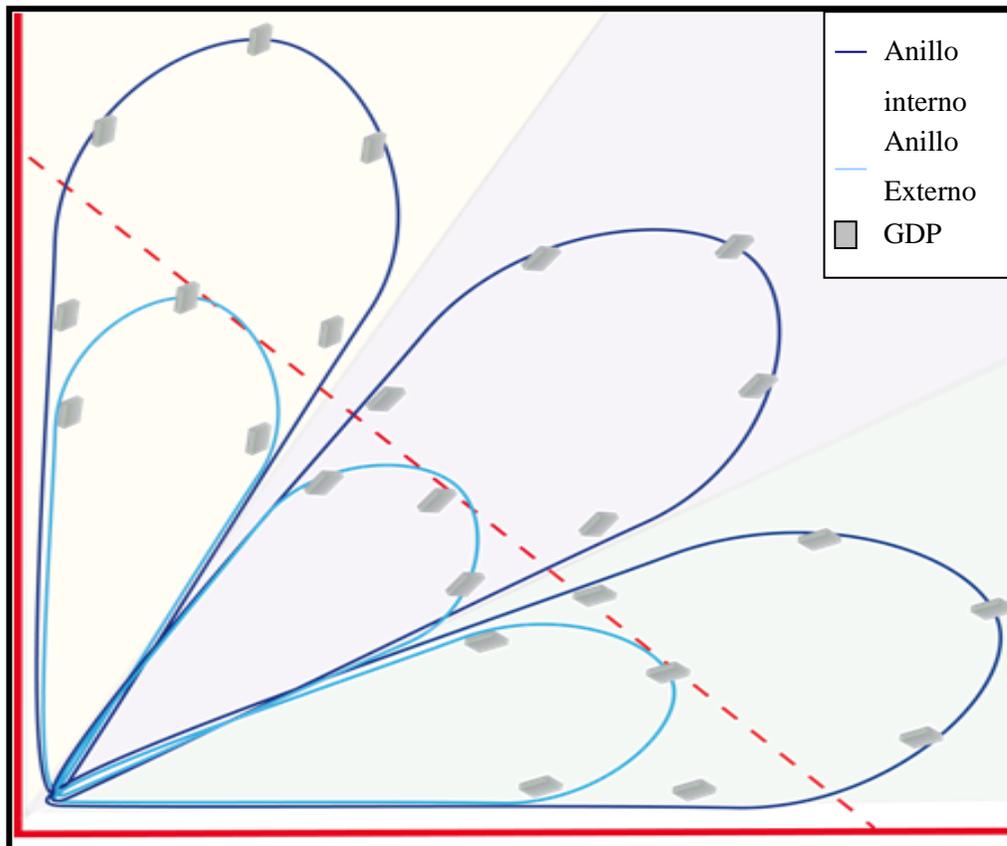


Figura 15. Diseño de anillos en subáreas radiales

Fuente: Elaboración propia

En el caso particular de este trabajo especial de grado se trabajó con la central de Maderero ubicada en la ciudad de Caracas y el área específica que va desde la Avenida Universidad hasta la Avenida Este 5.

La Figura 16 muestra la central señalada por el punto rojo y la cobertura de los 5 km. con los 4 cuadrantes.

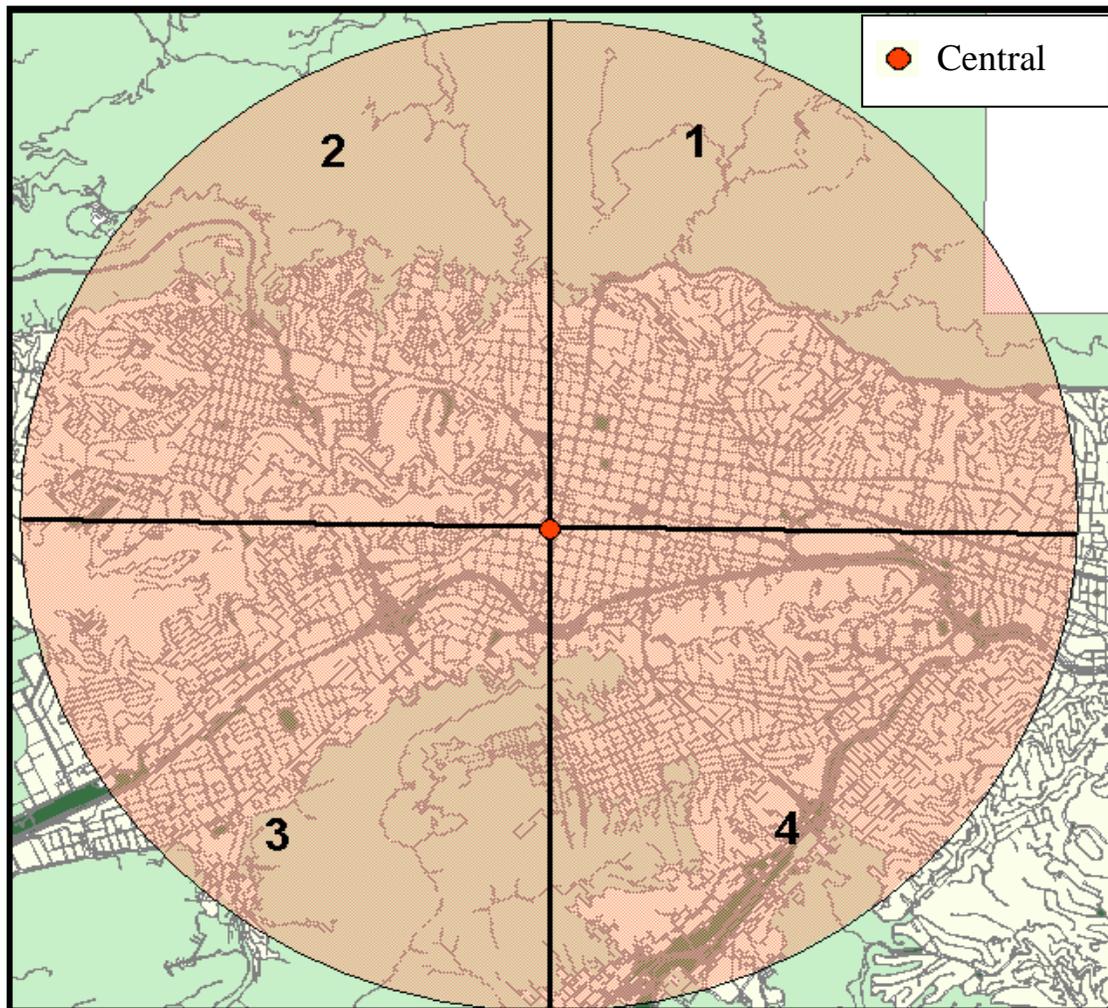


Figura 16. Cuadrantes de cobertura de la central Maderero

Fuente: Elaboración propia

Los cuadrantes se dividieron en 3 subáreas radiales, para el caso particular de este diseño se trabajó con el primer cuadrante y la segunda subárea como lo indica la Figura 17, específicamente en el área representada por el color azul

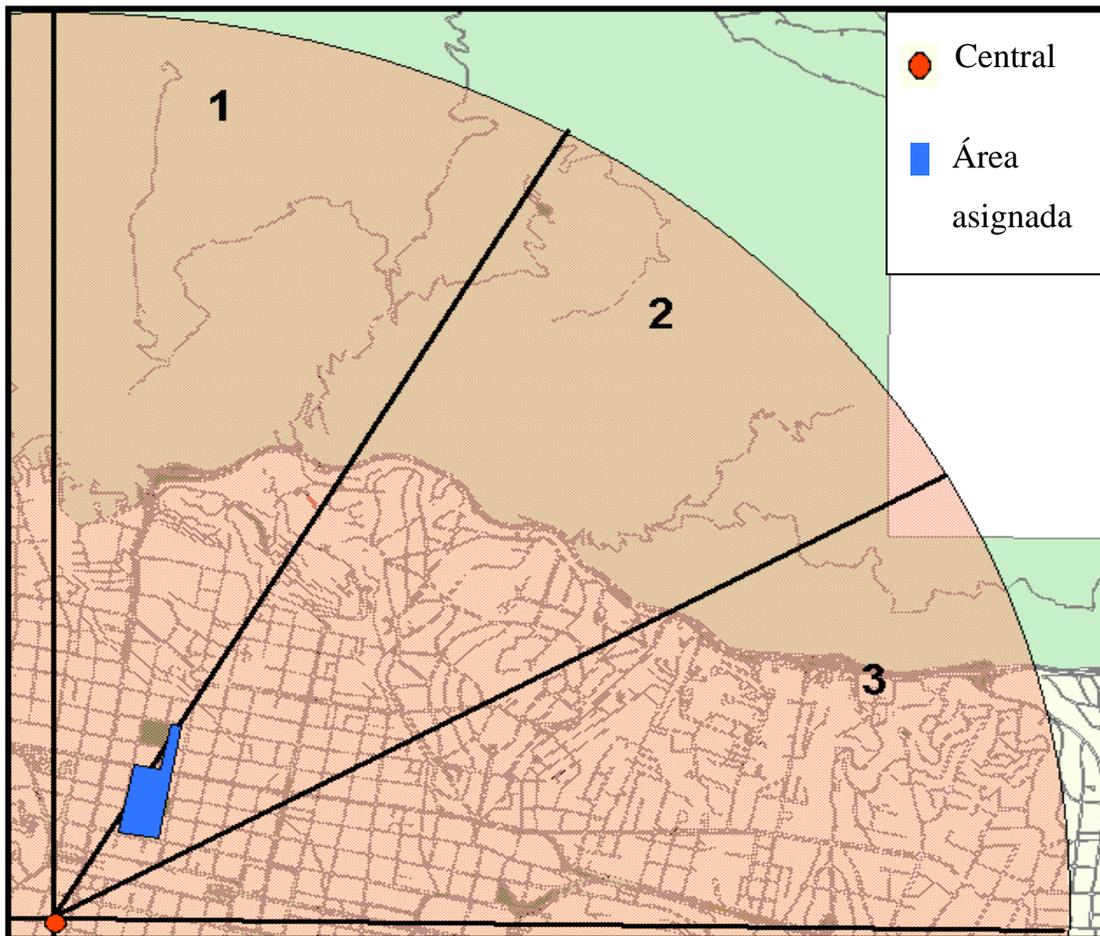


Figura 17. Representación de subáreas radiales con el área asignada.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 18 se muestra la disposición de los anillos alrededor del área asignada, trazados a través de los ductos existentes. Siendo el anillo exterior el de color rojo y el anillo interior el de color amarillo. La zona representada por el color azul será atendida con el anillo interno.



Figura 18. Tendido de anillos en la subárea.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, la Figura 19 muestra algunas fotografías tomadas en la visita a la central, las cuales representan algunas salas, la fosa, los cierres de empalme, entre otros factores de interés.

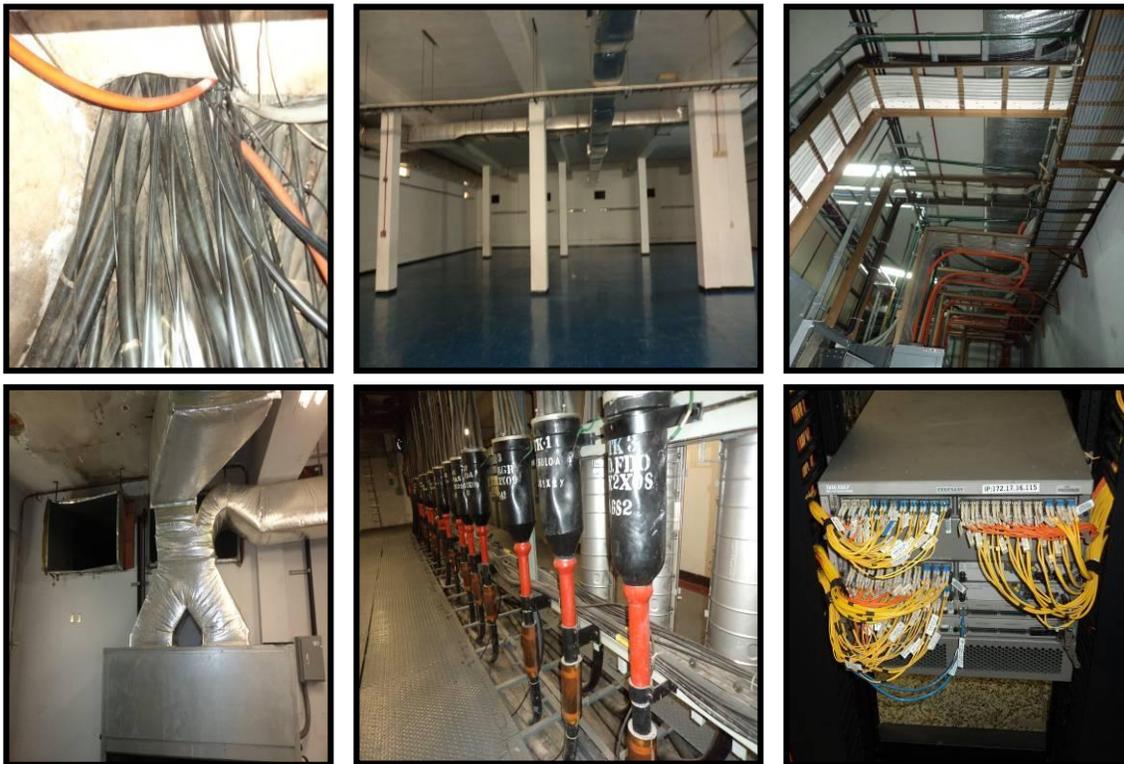


Figura 19. Central Maderero

Fuente: Elaboración propia.

Recomendaciones para el tramo central

1. Trazar las rutas de fibra por donde existan ductos. Esto evitará obras civiles que generan mayores gastos y requieren de permisos por parte de alcaldías y gobernaciones.
2. Realizar la redundancia en cada subárea radial, en la cual se deben trazar anillos.
3. Crear dos anillos por subárea radial, esto permitirá brindar redundancia geográfica a la red y a su vez disminuirá la distancia entre el primer y último GDP.

IV.2.2.1. Tramo de Distribución

Uno de los elementos principales en la red de distribución es el DFP, este puede ser un GDP o un CDV y es el encargado de realizar la distribución de los cables. El GDP se distribuirá los cables que van a los PC y PI, mientras que el CDV distribuye a los GC.

Para diseñar el tramo de distribución se deberá ubicar el DFP y la ruta de distribución siguiendo los pasos descritos a continuación:

1. Tipificar los clientes de la zona seleccionada. En la Tabla 4 se muestra el criterio de tipificación utilizado, el cual se basa en la cantidad de unidades registradas por estructura durante la visita.

Como apoyo al proceso de tipificación se puede considerar hacer una estimación en base a la cantidad de terminales existentes en el área, previo a la visita que se debe realizar. En la Tabla 4 se indica también el criterio en base a los terminales existentes (FXB ó TRM) para hacer la tipificación estimada.

Tipo de estructura	Visita al área	Uso de terminales existentes	
	Unidades	FXB	TRM
PI	1		<20
PC	<24	<20	
GC	>24	>20	

Tabla 4. Criterio para la tipificación

Fuente: Elaboración propia

2. Ubicar los GDP basándose en el centro de carga de los PC y PI, asegurando que los mismos se ubiquen sobre la ruta del anillo para garantizar que no se pierda la redundancia.
3. Cada GDP abarca una cuadrícula de 600 m² aproximadamente que permitirá la cobertura radial desde ese GDP.
4. Ubicar un CDV en cada una de las estructuras tipificada como GC
5. Trazar la ruta del cable de distribución en forma de estrella, desde el GDP hasta las PI y PC de las diferentes cuadrículas.
6. Agrupar los GC que se encuentren cercanos a una distancia aproximada de 150 m.
7. Colocar un cierre de empalme en el anillo por cada grupo de GC a la distancia más corta desde el anillo hasta el último GC del grupo
8. Extender el cable central desde los cierres de empalme hasta cada uno de los GC del grupo con una distribución física en forma de bus, donde cada hilo de fibra sigue una distribución lógica en forma de estrella hasta los mismos.

A continuación se presenta el diseño del tramo de distribución basado en el tipo de estructura y la cantidad de unidades obtenidas en la visita al área. La estimación en base a los terminales existentes se puede observar en el apéndice C.

La Figura 20 muestra el mapa utilizado en la visita para tipificar a los clientes, correspondiente a las parcelas de cada una de las estructuras pertenecientes al área según el catastro.

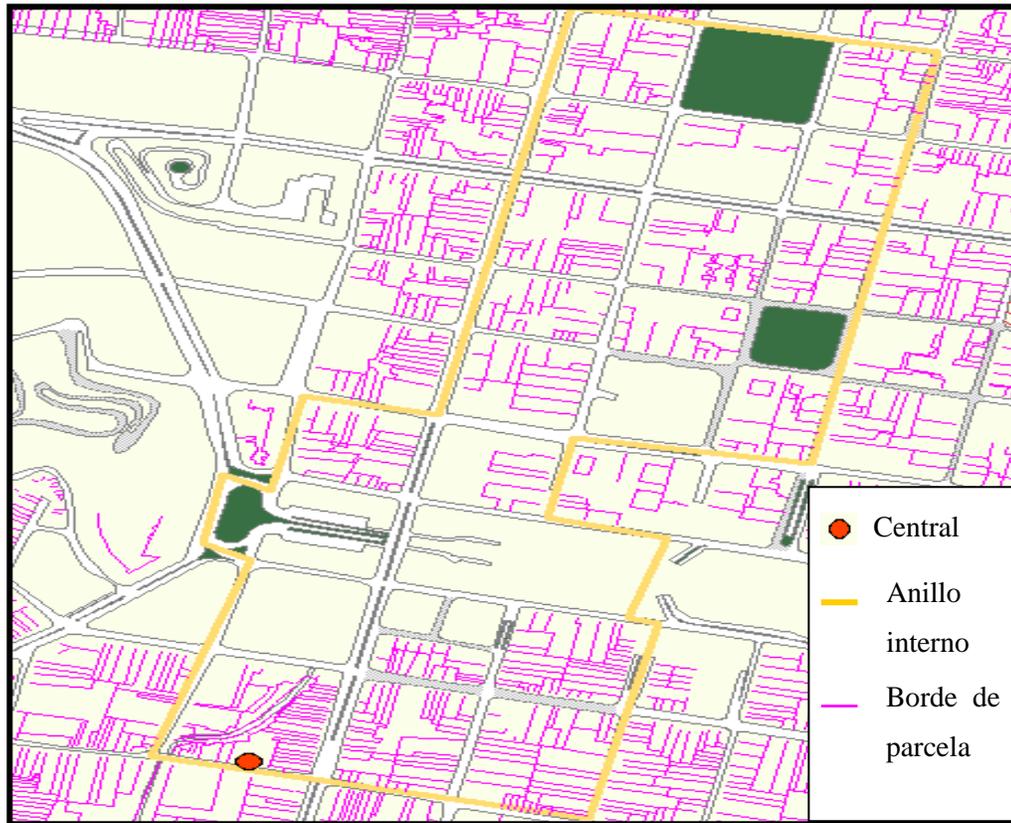


Figura 20. Mapa de las parcelas visitadas

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 21 se pueden observar algunas fotografías obtenidas de la visita a la localidad.



Figura 21. Localidad asignada

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5 se observa parte del registro por estructuras obtenido en la visita, indicando el tipo de propiedad y la cantidad de unidades según el tipo de unidad, la tabla completa se puede observar en el apéndice A.

Tipo de estructura	Total de estructuras	Unidades residenciales	Unidades comerciales	Unidades publicas	Total de unidades
PC	16	50	166	1	217
PI	16	2	9	10	21
GC	13	252	259	12	523
Total	45	304	434	23	761

Tabla 5. Registro de estructuras y unidades

Fuente: Elaboración propia

La Figura 22 muestra la tipificación final de los clientes en base a la información obtenida en la visita, siendo las PI aquellas parcelas rellenas con el color morado, los PC aquellas representadas por el color verde y los GC los representados por el color fucsia.

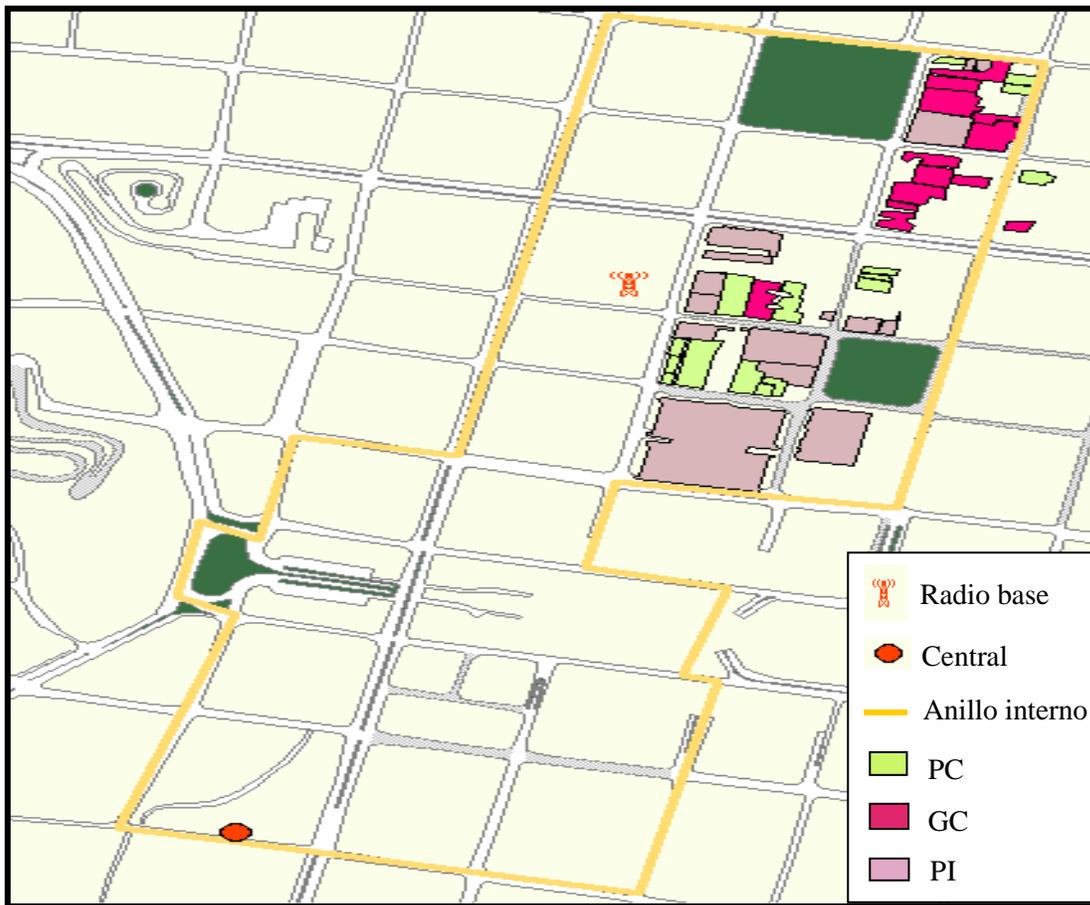


Figura 22. Tipificación final de las estructuras

Fuente: Elaboración propia

En el caso particular del área asignada, se ubicaron cuatro GDP alrededor del anillo interno con sus cuadrículas correspondientes. La Figura 23 muestra la distribución de los GDP según sus cuadrículas, siendo el GDP el símbolo verde.

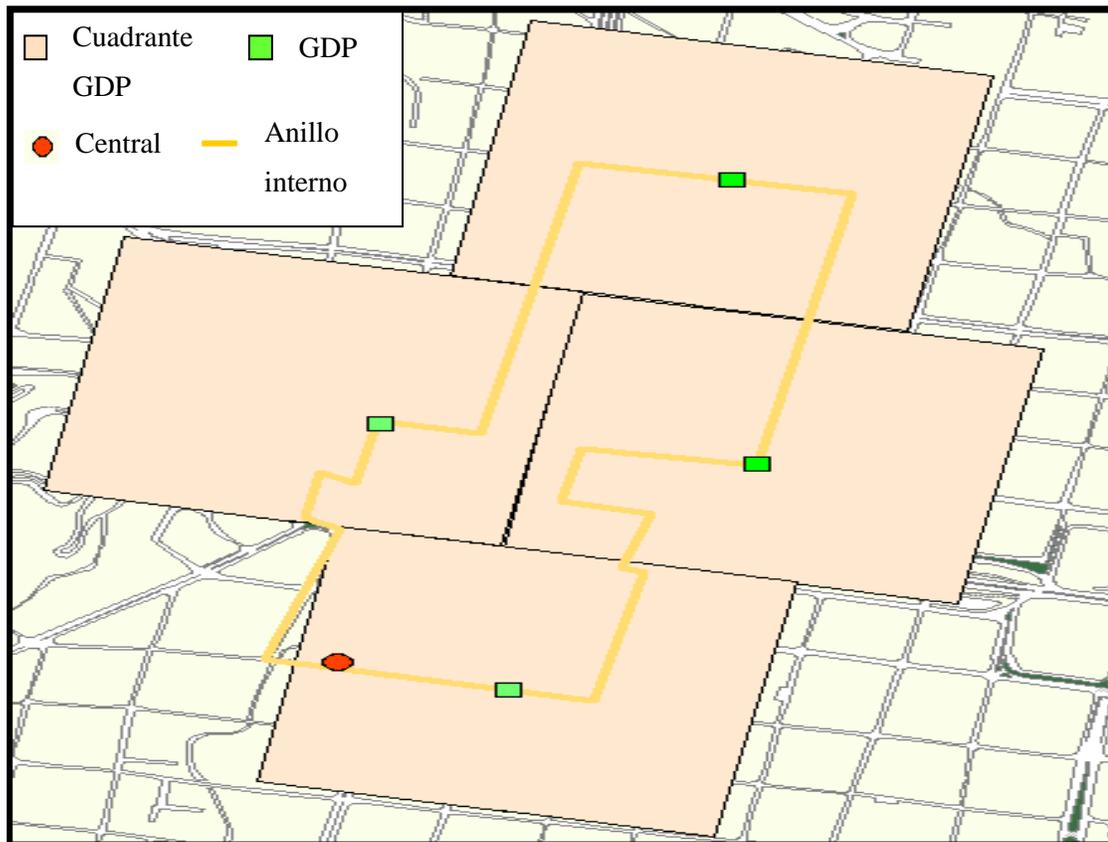


Figura 23. Distribución de los GDP según sus cuadrículas

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 24 se puede apreciar que para cubrir el área en la que se realizó el diseño basta con colocar dos GDP en el anillo, a su vez esto permite dejar terminales disponibles en el GDP para abarcar toda la cuadrícula en caso de futuro crecimiento.

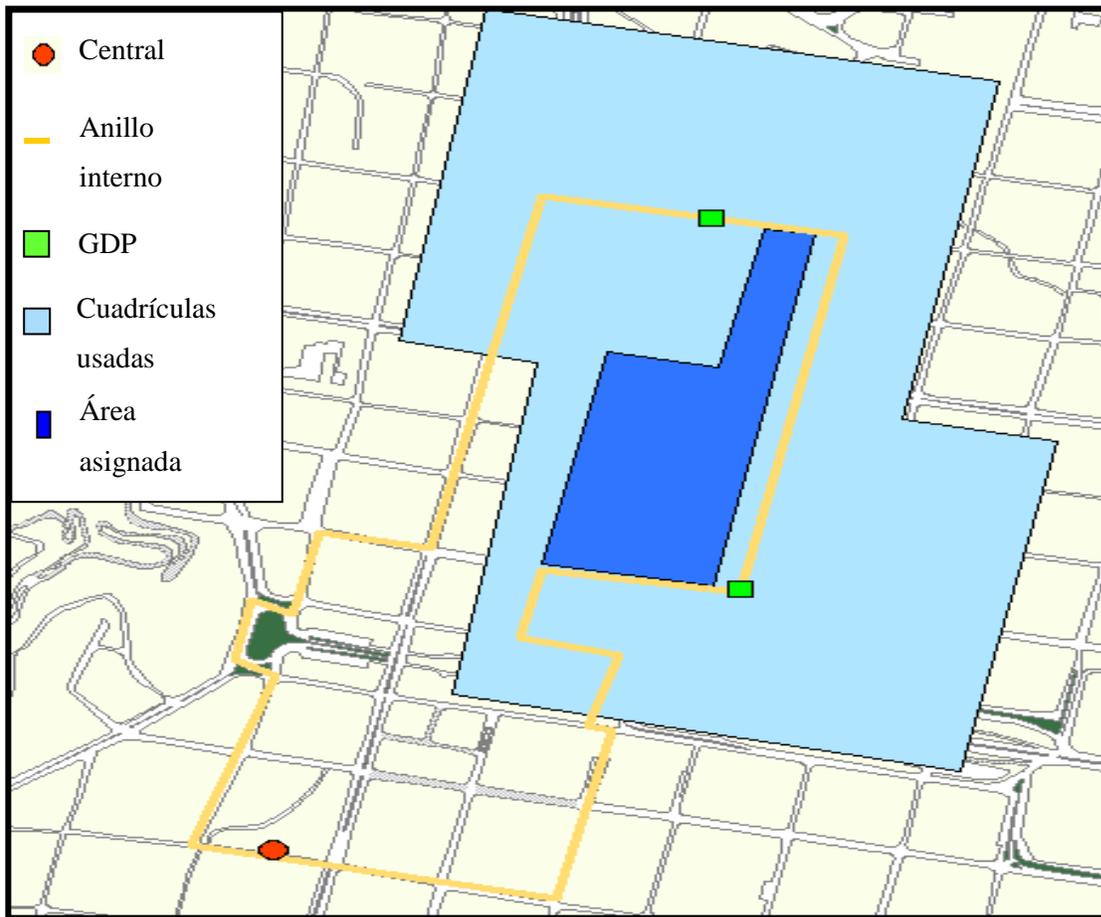


Figura 24. GDP utilizados para cubrir el área.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 25 muestra la ruta del cable de fibra de distribución representado por la línea azul, desde el GDP hasta cada una de los clientes tipificados como PI y PC.

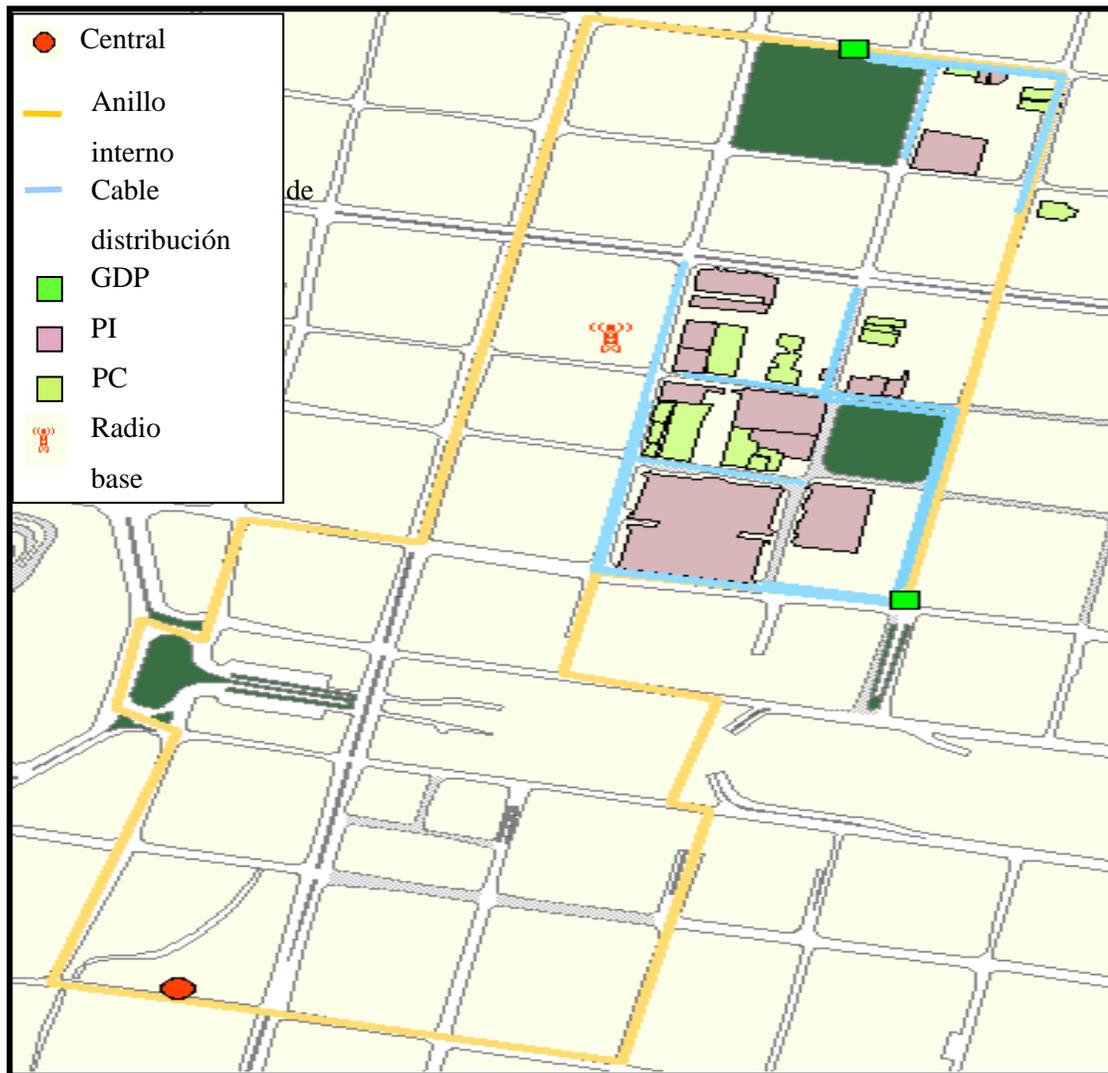


Figura 25. Ruta del cable de distribución

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 26 muestra la ubicación de los cierres de empalme (representados por el símbolo azul) en el anillo con la derivación del cable central hasta cada uno de los CDV.

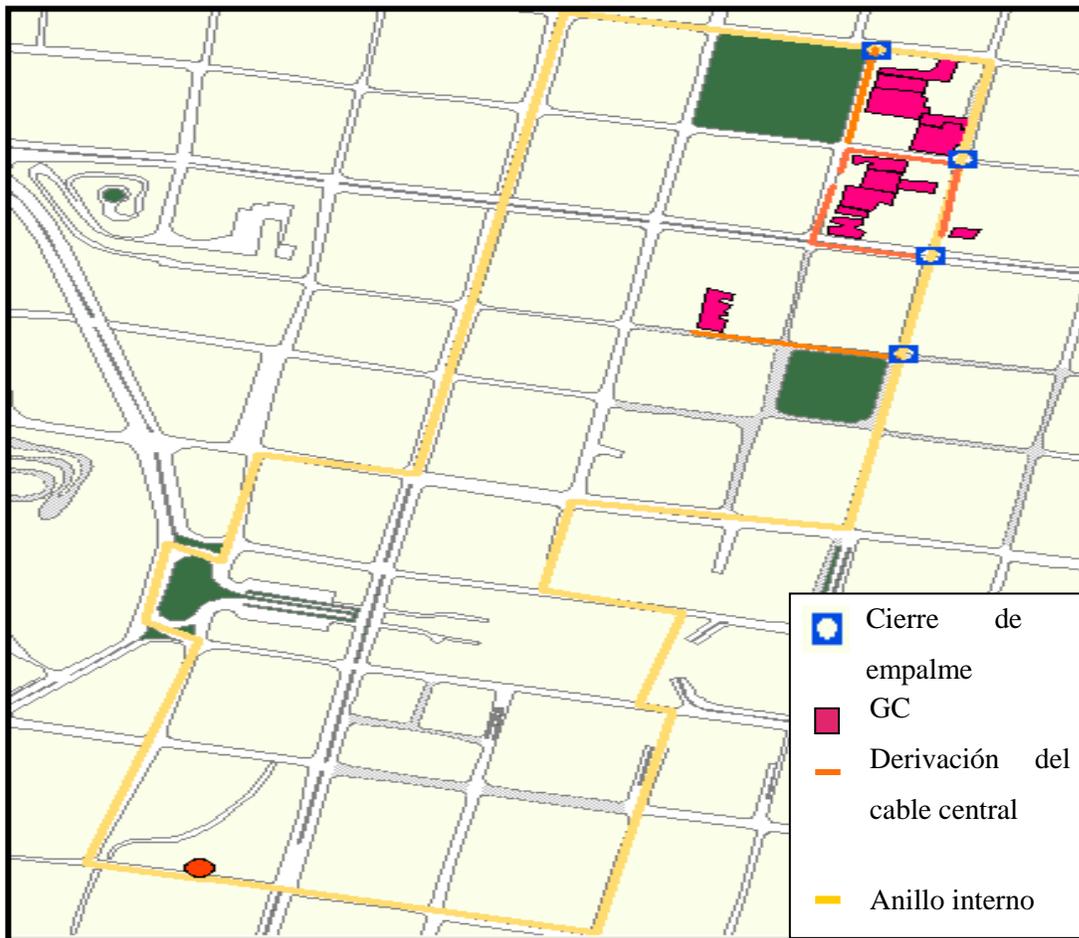


Figura 26. Derivación y ruta del cable central hasta los CDV.

Fuente: Elaboración propia

Recomendaciones y normas para el tramo de distribución

1. En cuanto a la tipificación se recomienda clasificar las estructuras según la cantidad de unidades y no los pisos que presente la unidad como se especifica en la teoría.
2. Todas las fibras deberán estar marcadas con el número de GDP, el puerto y el número de plano.

3. Cuando no hay espacio disponible en los ductos y las distancias son cortas, se puede compartir la fibra con los cables de cobre existentes utilizando subductos.

La Tabla 6 representa las recomendaciones según los atributos y las capacidades de los dos tipos de DFP existentes.

	GDP	CDV
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> • Será de tipo externo, por lo que deberá cumplir con los requerimientos para este tipo de ambiente. • Deberá brindar protección mecánica y ambiental a los divisores ópticos, empalmes, conectores y cables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se ubicará en el edificio, bien sea en el sótano o en algún lugar externo que se encuentre dentro del área del edificio. • Requerirá de gran resistencia a condiciones ambientales externas e internas debido a su ubicación.
	En general los DFP deberán tener bandejas para realizar empalmes y <i>cassettes</i> para ubicar los divisores ópticos, deben tener fácil acceso a los conectores y debe tener rutas de encaminamiento del cable para mantener el orden. A su vez deberá contar con sistema de seguridad.	
Capacidad	Deberá tener la capacidad de almacenar aproximadamente 18 divisores ópticos de 2:32, así como sus salidas deberán permitir el paso de 576 hilos de fibra.	Deberá tener la capacidad de almacenar hasta 3 divisores ópticos de 2:32 y sus salidas deberán permitir el paso de hasta 96 hilos de fibra

Tabla 6. Recomendaciones para el DFP

Fuente: Elaboración propia

IV.3.2.1. Tramo terminal

El tramo terminal comienza en el DFS, desde el cual parten fibras individuales hasta las premisas del cliente.

El DFS es un elemento importante dentro de este tramo ya que va a distribuir el cable hasta cada una de las viviendas, este puede ser un TAO o un CDH. El TAO distribuirá los cables a las PI, mientras que el CDH distribuirá hasta las unidades individuales de los GC ó PC.

Ubicación del DFS

1. Ubicar los TAO en las esquinas de las cuadras donde se encuentren las PI.
2. Ubicar los CDH según el tipo de estructura. La Tabla 7 muestra el criterio a seguir al momento de instalar los CDH, indicando la capacidad del CDH, cantidad de CDH y ubicación en cada una de las estructuras.

Tipo de estructura	Capacidad	Cantidad	Ubicación
PC	32 hilos de fibra	1	Planta baja del PC
GC	12 hilos de fibra.	Unidades/8	Colocar 1 CDH cada 8/N pisos, donde N= N° de apartamentos por piso.

Tabla 7. Criterio de instalación para CDH.

Fuente: Elaboración propia

La Figura 27 muestra la ubicación de los TAO representados por las cruces rojas en las esquinas



Figura 27. Ubicación de los TAO

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 28 se muestra la distribución final de las estructuras trazadas con su cajetín respectivo. En los PC se ubicaron triángulos amarillos que representan los CDH, en los GC se ubicaron triángulos aguamarina que representan los CDV mientras que los rombos representan los COE ubicados en las PI.

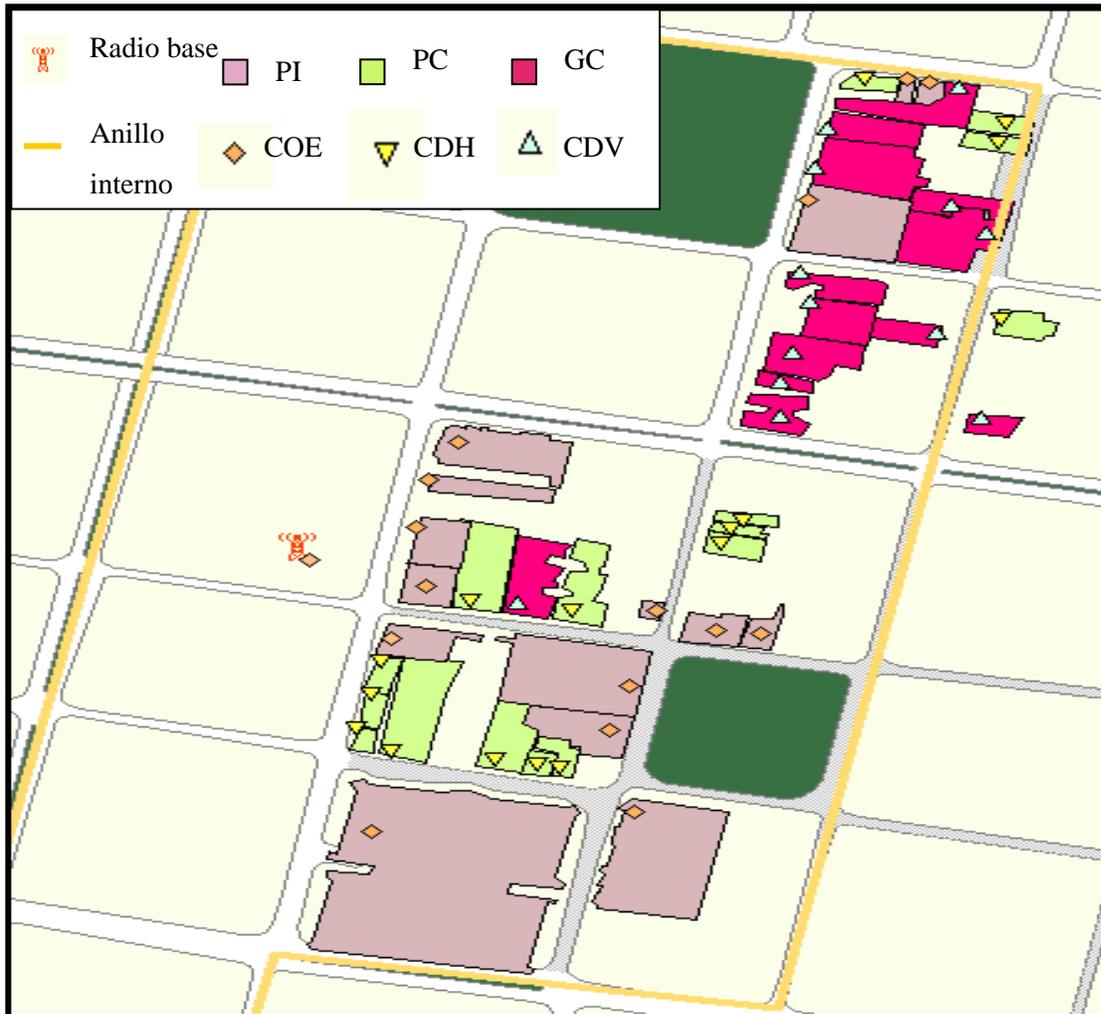


Figura 28. Ubicación de las estructuras con sus cajetines respectivos

Fuente: Elaboración propia

Recomendaciones y normas para el tramo terminal

1. Las Propiedades Individuales externas deberán tener un cajetín óptico externo (COE), el cual deberá estar adherido una de las paredes externas.

2. El COE deberá estar ubicado a una altura de 2 m. sobre el suelo para que el mismo no sea accesible a niños o personas que puedan dañarlo de alguna manera. Igualmente dicho cajetín deberá estar hecho de un material resistente a las condiciones ambientales externas.
3. El COE tendrá una llave para que sea de uso exclusivo de la empresa. En su interior deberá poseer bandejas para realizar el empalme que permite el cambio en el tipo de fibra, y un sistema de sujeción que permita fijar el cable guía para mantener la tensión.
4. En el caso de PC el cable de distribución proveniente del GDP, entrará en el CDH de la estructura. Dependiendo de la cantidad de unidades se deberán colocar tantos CDH como se requieran.
5. Para GC el cable central será llevado hasta el CDV ubicado en la parte baja del edificio. En este cajetín se deberán realizar los empalmes entre el cable de distribución y el cable saliente del divisor óptico. El cable de distribución será instalado siguiendo las normas de acometida de paso vertical, llegando a los diferentes CDH ubicados en el edificio.
6. La ruta del cable terminal desde el CDH hasta las unidades deberá ser la más directa posible.
7. El MO debe estar ubicado junto a una toma de corriente y debe tener fácil acceso para futuras operaciones y mantenimiento fuera del alcance de mascotas y niños.

La Tabla 8 representa las recomendaciones según los atributos y las capacidades de los dos tipos de DFS existentes.

	CDH	TAO
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Para los Grandes Condominios se colocará un CDH por cada 8/N pisos, donde N es el número de apartamentos por piso. ▪ En el caso de Pequeños Condominios se ubicará el CDH en la planta baja del edificio. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se ubicará en las esquinas de las cuadras a una distancia no mayor a 100 m entre sí, bien sea aéreo o subterráneo. ▪ Deberá ser resistente a condiciones ambientales externas.
	Debe ofrecer fácil acceso a las conexiones para el mantenimiento y servicio. A su vez deberá tener bandejas internas para realizar empalmes y espacio disponible para conectores. No tendrá divisores ópticos en su interior y contará con sistema de seguridad.	
Capacidad	<p>Se propone el uso de dos tipos de CDH:</p> <p>Para los GC tendrá una capacidad de hasta 12 hilos de fibra en su salida.</p> <p>Para los PC tendrá una capacidad de 32 hilos de fibra.</p>	Tendrán una capacidad de 12 hilos de fibra.

Tabla 8. Recomendaciones para los DFS.

Fuente: Elaboración propia

IV.1.3 Recomendaciones generales para el diseño físico

Los elementos comunes a todos los tramos en la Red de Distribución Óptica deben cumplir con una serie de capacidades, atributos y dimensiones que faciliten las labores de mantenimiento futuras y garanticen la durabilidad de la red. Es conveniente cuidar las prácticas para la instalación correcta con el fin de evitar daños a los dispositivos. A continuación se describen estos dispositivos.

IV.1.3.1. Estándares para la fibra óptica

Existen diversos tipos de fibra, en la Tabla 9 se describen los atributos de los tipos de fibra según su subclasificación, que se utilizarán en CANTV para la iniciativa 100% Fibra y el tramo en el que se recomienda utilizarlo.

Tipo de fibra	Subclasificación	Recomendación	Tramo recomendado	Atributos
ITU-G.652	A		central y de distribución	Mayor rigidez, ideal para planta externa
	B			
	C			
	D	✓		
ITU-G.657	A	✓	terminal	Mayor flexibilidad, facilita la instalación en ambientes interiores, los cuales requieren menor radio de curvatura. Es más costosa y ocasiona mayores pérdidas

Tabla 9. Recomendación de estándares para la fibra óptica.

Fuente: Elaboración propia

Como se pudo apreciar en la Tabla 9, se utilizarán dos tipos de fibra según su resistencia a la curvatura, en este caso, la fibra ITU-G.652 y la ITU-G.657. Ambos tipos de fibra cumplen con las transmisiones en las longitudes de onda correspondientes a GPON y presentan atributos que facilitan las conexiones.

Los cables de conexión ubicados en el GDP y los diversos cajetines se requiere que el cable de fibra soporte un radio de curvatura 10 veces mayor al diámetro externo del cable según Telcordia GR-449-CORE, edición 2.

IV.2.3.1. Cables

Para describir los tipos de cables utilizados se presenta la Tabla 10, la cual muestra los tipos de cables según el tramo, a su vez describen los atributos relevantes, el ambiente donde será instalado y las capacidades establecidas por CANTV.

Tipo de cable	Tramo recomendado	Atributos	Ambiente	Capacidad (hilos de fibra)
Tipo 8 bifilar	Terminal	Tiene soporte mecánico para prevenir el estiramiento de la fibra debido a que la misma ocasiona pérdidas.	Exteriores	2
Cable ranurado de cinta multifilar	Central	Contiene múltiples hilos de fibra de manera compacta tal que se pueda realizar el sangrado del mismo en los gabinetes	Exteriores	312
Tubo holgado multifilar	Distribución	Permite el sangrado de la fibra sin riesgo de dañar las fibras cercanas.	Exteriores	144
Bifilar flexible	Terminal	Cable para el interior de la vivienda	Interiores	2
Tubo holgado multifilar	Cable eslabón	Conecta los dos DFC	Interiores	256
Tubo holgado multifilar	Cable eslabón	Conecta el DFC con ECO a medida que se requiera la instalación.	Interiores	256
Unifilar compactopreconectado	Distribución	Puentea los cables en los DFP para conectar los divisores ópticos	Interiores	1
Cable vertical	Distribución	Ideal para distribución vertical ya que es un cable plano, reduciendo el espacio a utilizar, ideal para los edificios que ya tienen en sus ductos otros cables instalados.	Interiores	2
Microcable	Distribución	Ideal para la instalación de fibra con soplado en microductos para el tramo de distribución y en distribución vertical	interiores	1

Tabla 10. Tipos de cables a utilizar.

Fuente: CANTV, 2012

Los cables deben estar identificados al inicio y al final con la longitud, indicador, número de fibras y el tamaño.

Se deben considerar los servicios existentes, por lo que se debe evitar el exceso de cables de reserva.

Los cables de reserva deben estar identificados con la información de donde será utilizado el cable.

Los soportes de los cables deben instalarse sin bordes afilados y sin curvas cerradas. A su vez, se debe dejar una separación de al menos 6 pulgadas por encima y 3 pulgadas a los lados de los soportes.

Dependiendo del ambiente en el que se despliegue el cable o los elementos en general, se deberá cumplir con ciertas características específicas según el tipo de tendido, dichas características se pueden apreciar en la Tabla 11.

Ambiente	Características	
	Aéreo	Enterrado
Interiores	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Libre de halógeno. ▪ Se deben respetar los niveles de tensión y el radio de curvatura. ▪ Resistencia a la humedad, y a las variaciones de temperatura. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deberá ser impermeable y tener resistencia a la humedad, roedores, agua, entre otros. ▪ Libre de halógeno. ▪ Los cables deberán estar contenido en canalizaciones o tubos.
Exteriores	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resistencia al viento, clima y animales que puedan afectar al cable. ▪ Resistencia a la tracción y a las altas temperaturas en el caso de que esté ubicado en el mismo lugar por donde pasan los cables de corriente. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deberá ser impermeable y tener resistencia a la humedad, roedores, agua, entre otros factores que puedan afectar el cable en estas condiciones.

Tabla 11. Características del tendido según el ambiente.

Fuente: Elaboración propia

Según el tramo a tender se recomienda en la Tabla 12 el tipo de tendido y la técnica de instalación recomendada para ese tendido.

Tramo	Tipo de tendido		Técnica de instalación
Central	1	Enterrado en ductos existentes	Halado
	2	Aéreo	
Distribución	1	Canalizado con micro-zanjas	Soplado
	2	Aéreo	Halado
Terminal	Según el tipo de acometida		Según el tipo de acometida

Tabla 12. Técnica y tipo de tendido según el tramo.

Fuente: Elaboración propia

Al usar el tendido canalizado se recomienda la creación de ductos y sub-ductos para prevenir el crecimiento de la red y facilitar la instalación. Siempre se debe evaluar si ya hay ductos existentes y disponibles, si este es el caso, se instalará la fibra en estos ya que representan menor gasto de instalación.

En la Tabla 13 se muestran según sus dimensiones los tipos de ductos, miniductos y microductos que pueden ser utilizadas por CANTV.

Ø ducto (mm)	Ø miniducto (mm)	Cantidad de microductos	Ø micro-ducto (mm)	Ø micro-cable (mm)	Cantidad de hilos
110	16.6	3	5/4	2.4	2-4
	20.5		7/5.5	3.3	6
				3.9	12
				4.0	24
	27.4		10/8	5.4	48-72
	32.3	12/10		7.2	96
	22.2	7	5/4	2.4	2-4
	28		7/5.5	3.3	6
				3.9	12
				4.0	24
	38.4		10/8	5.4	48-72
	44.4	12/10	7.2	96	
	33	13	5/4	2.4	2-4
	39.9		7/5.5	3.3	6
				3.9	12
				4.0	24
	57	10/8	5.4	48-72	
	33.4	20	5/4	2.4	2-4
	43		7/5.5	3.3	6
				3.9	12
4.0	24				
38.4	24	5/4	2.4	2-4	

Tabla 13. Dimensiones de ductos, miniductos y microductos.

Fuente: Alcatel Lucent, 2012

Se recomienda el uso de mini-ductos para el tramo de distribución los cuales serán introducidos en las micro-zanjas.

IV.3.3.1. Tanquillas

Se propone la ubicación de tanquillas cada dos cuadras como se indica en la Figura 29, de esta manera la tanquilla ubicada en el centro de las esquinas servirá para ubicar el cierre de empalme que permitirá conectar el cable proveniente de los terminales de acceso.

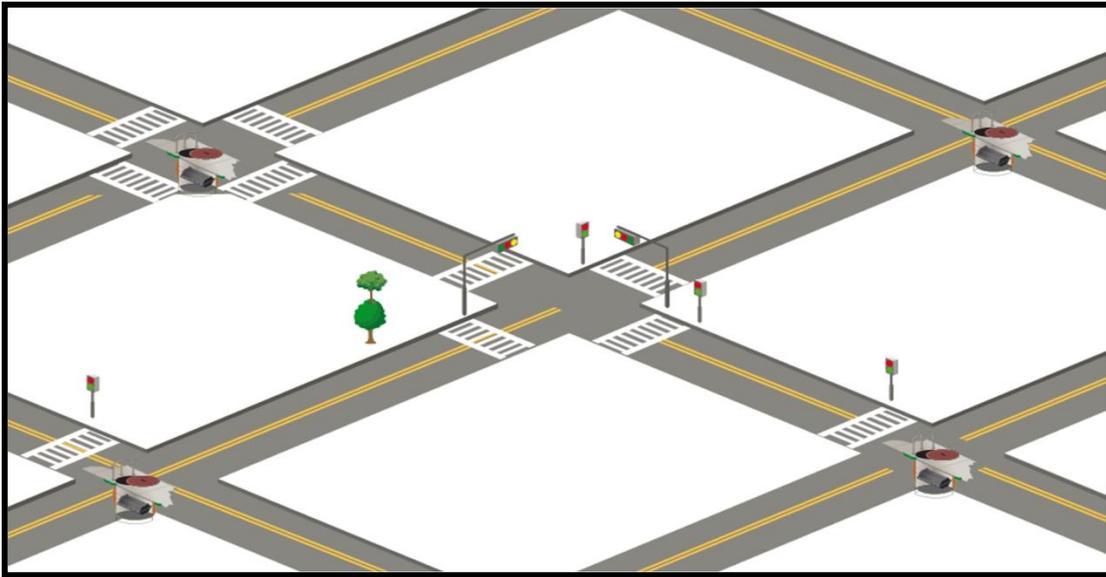


Figura 29. Distribución general de las tanquillas en las cuadras

Fuente: elaboración propia

De ser posible se utilizarán las tanquillas existentes que coincidan con la distribución antes planteada.

En la Figura 30 muestra la ubicación de las tanquillas existentes que siguen con la distribución recomendada, utilizadas en el diseño. Las tanquillas se ven representada por los rectángulos azules.

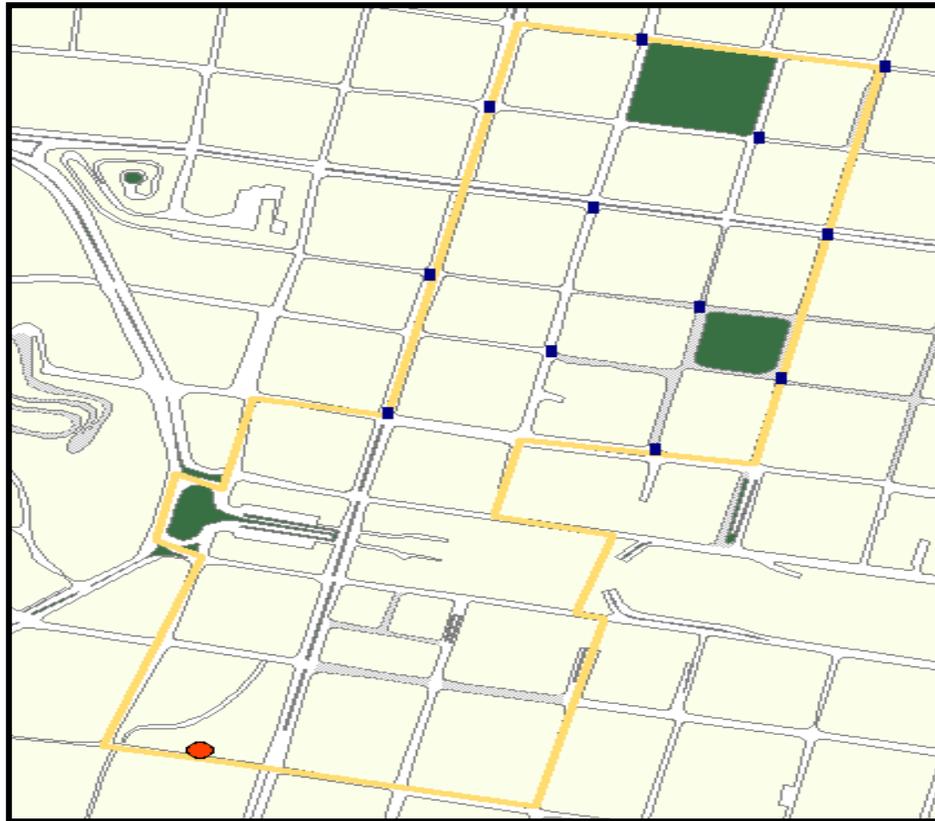


Figura 30. Ubicación de tanquillas en la localidad

Fuente: Elaboración propia

IV.4.3.1. Cierres de empalme

Los cierres de empalme aparte de brindar protección a los empalmes, poseen bandejas en donde se realizan los empalmes respectivos de una manera más práctica. Los cierres de empalme pueden ser tanto subterráneos como aéreos, en este caso, se propone utilizar cierres de empalme tipo domo bajo tierra y rectangulares para el caso de los aéreos. Se requiere que los cierres de empalme sean sin herramientas para facilidad de los técnicos, así mismo, deben cumplir con los niveles de presurización y resistencia propuestos en las especificaciones técnicas.

Se realizará en un cierre de empalme la unión correspondiente a los cables derivados del cable central con los que entrarán al DFP como lo indica la Figura 31. Los empalmes realizados en tanquillas deberán ser realizados en cierres de empalmes

como se muestra en la Figura 32, esto permitirá tender la fibra de un modo más práctico y podrá permitir realizar las derivaciones a las diferentes cuadras adyacentes.

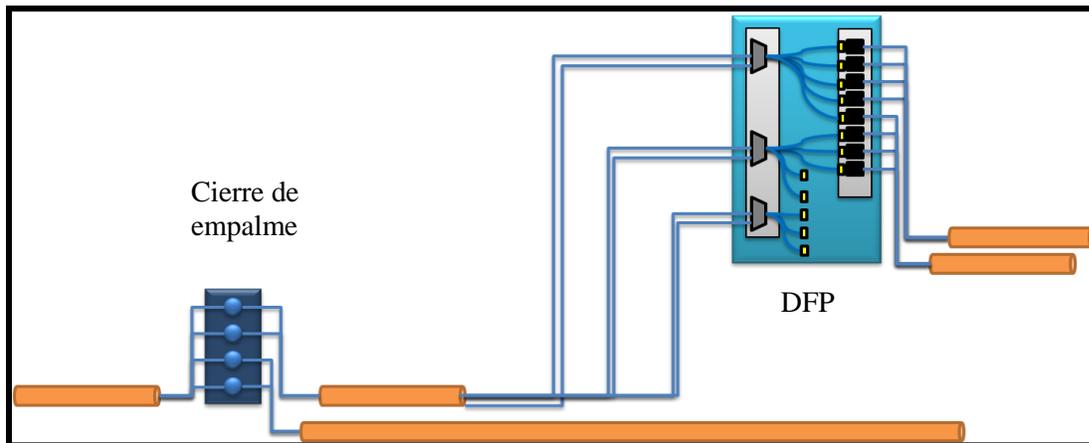


Figura 31. Derivación del cable central al DFP

Fuente: Elaboración propia.

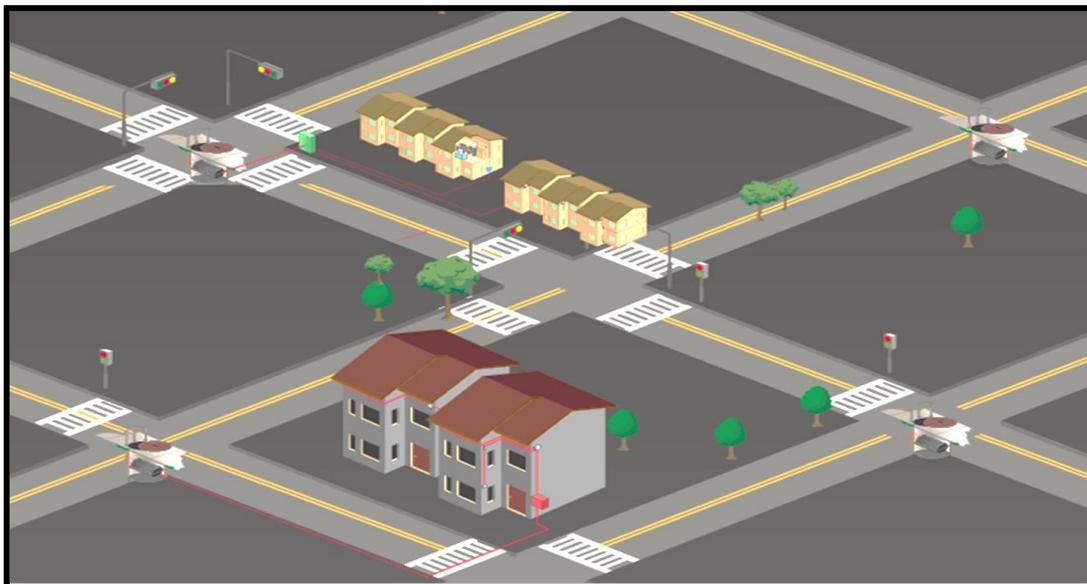


Figura 32. Derivación del cable de distribución en cierres de empalme

Fuente: Elaboración propia

Para seleccionar el cierre de empalme a utilizar, es indispensable verificar que las salidas coincidan con el diámetro de los cables. A su vez es importante verificar que las dimensiones del cierre empalme sean tales que puedan ser introducidas en las tanquillas existentes.

IV.5.3.1. Divisores ópticos

En el diseño de la red propuesta para CANTV, se ubican dos divisores ópticos, los cuales serán colocados en cascada. El primer divisor tendrá una relación de 1:2 y se situará en el tramo central, específicamente en el DFC-A. El segundo divisor óptico tiene una relación de 2:32 y se sitúa en el DFP.

El uso de divisores ópticos en cascada resulta útil si se piensa en una gran cantidad de abonados y en el costo de la fibra. El divisor de 1:2 permite duplicar la cantidad de puertos existentes en el ECO mientras que el divisor de 2:32 permite la conexión a mayor cantidad de usuarios aparte de brindar redundancia a la red.

IV.6.3.1. Acometidas internas

CANTV en su manual de 100% Fibra ha tipificado las acometidas internas de los clientes por espacios. A continuación, en la Figura 33, se presentan los distintos escenarios de estructuras y los espacios que poseen. La acometida debe llevar la fibra hasta el salón privado de cada estructura.

	Espacio 1	Espacio 2	Espacio 3	Espacio 4	Espacio 5
Propiedades Individuales con fachada a la calle					Salón Privado
Propiedades Individuales con portal				Vestíbulo	Salón Privado
Complejo Privado de Propiedades Individuales			Medianeras	Vestíbulo	Salón Privado
Edificios		Portal Público	Paso Vertical	Paso Horizontal	Salón Privado
Complejo privado de edificios	Medianeras	Portal Público	Paso Vertical	Paso Horizontal	Salón Privado

Figura 33. Escenarios para las estructuras según los espacios que poseen

Fuente: CANTV, 2012

Dada esta tabla de escenarios, para cada espacio se pueden aplicar técnicas particulares para la instalación de la fibra óptica y, dependiendo del tipo de espacio, se pueden colocar, los diferentes dispositivos de conectorización, donde se requieran. En la Tabla 14, en la Tabla 15y en la Tabla 16se sintetizan las técnicas de instalación y los dispositivos recomendados. A continuación se explican los pasos a seguir.

1. Seleccionar la técnica de instalación según el espacio indicado en la Tabla 14. En esta tabla se muestran los diferentes espacios que se

pueden encontrar en las estructuras y las prioridades recomendadas como técnicas de tendido una vez conocida la infraestructura.

2. Ubicar los dispositivos según el espacio. En la Tabla 16 se muestran los dispositivos que se van a colocar en cada espacio para los distintos escenarios.

Espacio	Descripción	Escenario	Prioridad	Técnica de tendido recomendada
Salón privado	Espacio donde se instalarán los dispositivos de usuario	Habitación, sala, aula, local, sótano, azotea, sala de juego, sala de estudio, habitación de servicio, oficina	1	Ductos existentes, usando cables de baja fricción
			2	Pared
Vestíbulo	Espacio de entrada hacia el salón privado	Pórtico, porche, áreas verdes, estacionamiento, patio, zona de <i>parking</i> , recepción, hall de entrada	1	Ductos existentes, pasando el cable de terminal
			2	Micro-zanja
			3	Pared
			4	Aéreo
Paso horizontal	Nivel interior de la estructura que da acceso a las diferentes propiedades.	Pasillo, pasadizo, pasaje, corredor, galería, túnel, callejón, veredas	1	Ductos existentes utilizando el cable de un solo paso.
			2	Pared-Aéreo-Pared
			3	Fachada
Paso vertical	Vía de acceso a los diferentes niveles de la estructura	Escaleras, escaleras de emergencia, ascensor, rampa, ducto de aseo, pared exterior	1	Ductos existentes, utilizando cables de baja fricción
			2	Sin ducto
			3	Pared-aéreo-pared
			4	Fachada
Portal público	Vestíbulo de entrada al condominio	Corredor principal, áreas verdes de entrada, estacionamiento, recepción, hall de entrada	1	Ductos existentes
			2	Pared, utilizando cable de exteriores con soporte de cables.
			3	Mini-zanjas
			4	Aéreo, con cable terminal de tensión.
Medianeras	Espacio que separa a los diferentes condominios y da acceso al portal público de los mismos.	Calles residenciales, aceras, veredas, caminos, pasajes, parques, áreas verdes, espacios público	1	Ductos existentes
			2	Aéreo
			3	Mini-zanjas

Tabla 14. Espacios de acometidas y prioridad de técnicas de tendido

Fuente: CANTV, 2012

Todas las técnicas de tendido se describen a continuación en la Tabla 15

Técnica de tendido	Descripción
Ductos existentes	Reutilizar la entrada de otros servicios ya instalados.
Pared	Consiste en perforar la pared y atravesar el cable, el cual será llevado en canaletas adhesivas de un solo paso (<i>One Pass</i>)
Micro-zanjas	Realizar micro zanjas en el área donde no existan acabados decorativos, usando canaletas VDC ó tubos de PVC por donde pasará el cable terminal subterráneo.
Aéreo	Realizar el tendido aéreo del cable terminal de tensión mediante soportes de cable.
Pared-Aéreo- Pared	Consiste en llevar el cable terminal de tensión aéreo hasta la pared más cercana a la propiedad utilizando soporte de cables.
Fachada	Pasar el cable de exteriores por una canaleta- tubo de PVC ó soporte de cables por la pared exterior.
Sin ducto	Se deben instalar tubos internos de PVC ó galvanizados para llevar el cable de baja fricción bien sea unifilar o multifilar.
Mini-zanjas	Realizar mini-zanjas en las áreas donde no existan acabados decorativos. Se instalará el cable terminal subterráneo en canaletas VDC ó tubos de PVC.

Tabla 15. Descripción de las técnicas de tendido

Fuente: CANTV, 2012

Tipo de estructura	Clasificación	Tipo de acometida	Dispositivo
PI	Propiedades Individuales con fachada a la calle	Salón privado	COI-MO
	Propiedades Individuales con portal	Vestíbulo	COE
		Salón privado	COI-MO
	Complejo privado de Propiedades Individuales	Medianeras	TAO
		Vestíbulo	COE
		Salón privado	COI-MO
PC / GC	Edificios	Portal público	Cierre de empalme
		Paso Vertical	CDV
		Paso Horizontal	CDH
		Salón Privado	COI-MO
	Complejo privado de edificios	Medianeras	Cierre de empalme
		Portal público	Cierre de empalme
		Paso Vertical	CDV
		Paso Horizontal	CDH
		Salón Privado	COI-MO

Tabla 16. Dispositivos según el espacio.

Fuente: CANTV, 2012

Una vez conocidos los elementos pertenecientes a los tramos, y aquellos generales que conforman el diseño físico del despliegue, se realizó el diseño esquemático, el cual se puede observar en el Apéndice B de este documento.

IV.1.4 Diseño Lógico

El diseño lógico está representado por el análisis que debe realizarse para que la Red de Distribución Óptica no exceda los niveles de pérdida del presupuesto óptico permitido por el estándar de la ITU-T G.6984.

En el caso particular de este diseño, se hizo énfasis en los elementos que ocasionan mayores pérdidas a la red (empalmes, conectores, acopladores, divisores ópticos y la fibra según su longitud). Para corroborar que se cumple con el presupuesto óptico permitido, se verificaron e introdujeron los valores en la tabla de cálculo de presupuesto óptico elaborada por Villegas en el 2009, ubicada en el anexo B de este documento.

Partiendo de la recomendación del uso del *transceiver* de clase C+, debido a que permite alcanzar una mayor distancia en el tendido de la fibra y tolera hasta -32 dB de pérdidas, se propone ubicar los diversos elementos como se muestra a continuación.

IV.1.4.1. Empalmes y conectores

La Tabla 17 muestra la cantidad de empalmes y conectores requeridos en el diseño por cada elemento de la red

Elemento	Empalmes	Conectores
ECO	0	1
DFC-A	2	0
DFC-B	1	0
GDP	1	1
CDV	1	1
TAO	1	1
CDH	1	1
COE	1	0
COI	1	1
MO	0	1
Cierres de empalme	2	0

Tabla 17. Cantidad de conectores y empalmes requeridos en el diseño.

Fuente: Elaboración propia

Recomendaciones para empalmes y conectores

La Tabla 18 muestra los tipos de empalme y de conectores elegidos para el diseño, sus pérdidas y las recomendaciones generales para cada caso

	Empalmes	Conectores
Tipo de elemento y pérdidas asociadas.	Mecánico: 0.2 dB	SC: 0.3 dB APC
Recomendación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se propone colocar empalmes en lugares donde requieran ser derivados los cables ó se requiera cambiar el tipo de cable. A su vez se propone el uso de empalmes en los lugares donde la flexibilidad de la red no se vea afectada. ▪ Los empalmes mecánicos facilitan la instalación y reducen los costos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se propone el uso de conectores en aquellos lugares donde se requiera flexibilidad en la red, permitiendo la rápida conexión o desconexión del servicio. A su vez ofrecen protección a la fibra durante su manejo. ▪ Se propone el uso de conectores APC ya que éste presenta menor pérdida por retorno, permitiendo ofrecer futuros servicios de video <i>broadcast</i>, entre otros.

Tabla 18. Recomendaciones para el uso de conectores y empalmes.

Fuente: Elaboración propia

IV.2.4.1. Recomendaciones generales para el diseño lógico

La Tabla 19 muestra las pérdidas y recomendaciones por cada elemento que genera pérdidas en la red de distribución aparte de los conectores y empalmes.

Elemento	Pérdidas	Recomendación
Divisor óptico 1:2	3.5 dB	Ubicarlo en la central
Divisor óptico 2:32	17,5 dB	Ubicarlo en el DFP
Acoplador	1 dB	Se propone el uso de un acoplador en el DFC-A, el cual permitirá realizar las pruebas de línea
Fibra x Km	0.35 dB	Cada kilómetro recorrido por el cable de fibra genera pérdidas por atenuación. Para el diseño, habrá que tomar en cuenta la longitud del cable central, del cable de distribución y del cable terminal.
Envejecimiento de la fibra	1 dB	Se debe dejar siempre un margen extra para que el enlace siga siendo válido a pesar el envejecimiento y la manipulación de la fibra.

Tabla 19. Cantidad de pérdidas por elemento y recomendación.

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 20 muestra las pérdidas totales causadas por cada uno de los elementos según el escenario.

Escenario	Empalmes (dB)	Conectores (dB)	Divisores ópticos (dB)	Acopladores (dB)	F.O (db por 10 km) a 1310nm	Total (dB)
PI	1,8	1,8	21	1	3,5	29,104
PC	1,6	1,5	21	1	3,5	28,604
GC	1,6	1,5	21	1	3,5	28,604

Tabla 20. Pérdidas totales por elementos

Fuente: CANTV, 2012

Dadas las atenuaciones que se muestran en la Tabla 20 para distancias de 10 km no es recomendable usar el *transceiver* B+. De esta manera se confirma la premisa anterior de que se deben usar *tranceivers* C+.

CAPÍTULO V.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El diseño final que se realizó de la planta externa para atender la zona en estudio fue el resultado del dimensionamiento más apropiado, la optimización de las rutas de cableado y el posicionamiento de los elementos de la red de distribución óptica. A continuación se muestran las principales lecciones obtenidas durante el diseño.

Cable Central

Para poder cumplir con el presupuesto óptico en una topología redundante se requiere acotar la distancia desde cualquier unidad hasta cada uno de los extremos del anillo. Para esto se idearon dos conceptos de diseño:

1. Dividir el área de cobertura en cuadrantes y subáreas radiales, dentro de las cuales se establecen anillos cuyo perímetro reduce la longitud del cable central.
2. Construir dos anillos, uno interno de media longitud y uno externo de longitud completa. El anillo interno permite cubrir la mitad interna de las subáreas radiales y el anillo externo permite cubrir la mitad externa, logrando cubrir la totalidad de la subárea radial. En este caso el anillo interno tiene un perímetro de 3,9 km. y el externo un perímetro de 7,4 km.

El cable central propuesto en el diseño es del tipo cable ranurado de cinta de 312 hilos de fibra. Hay que tomar en cuenta que para distancias mayores que la

longitud de la fibra en un carrete, se ubicarán tanquillas con sus cierres de empalme para permitir el empalmado entre los cables.

CDV

En el área se identificaron 13 GC, los cuales son alimentados con una derivación del cable central proveniente del cierre de empalme más cercano ubicado en el anillo. Con la identificación de los GC queda definida la posición de su CDV respectivo.

Con el fin de facilitar la realización de empalmes y reducir el número de intervenciones al cable central, sólo se ubicaron 4 cierres de empalme adicionales para derivar el mismo hacia los CDV.

En total por cada cierre de empalme correspondiente a los GC se derivarán 24 hilos del cable central, de los cuales serán repartidos hasta 6 hilos de fibra a cada CDV en forma de estrella. Esto permite brindar la cantidad necesaria de hilos de fibra a cada CDV del grupo, tomando en cuenta la redundancia y la reserva, a su vez se aprovecha la derivación del cable central sin requerir mayores intervenciones.

En cuanto a los CDH que se colocaron en los diversos GC, se ubicaron CDH con capacidad de 12 hilos de fibra a su salida, esto permitió distribuir el cable terminal a las diferentes unidades a través de los diversos pisos de una manera organizada. En la tabla del apéndice A se puede encontrar en detalles la cantidad de CDH colocados en cada GC del área asignada

Se identificaron finalmente 523 unidades correspondientes a los GC en toda el área asignada.

CDH – TAO

Al igual que los GC se identificó la posición de los tipos de estructuras correspondientes a los PC y PI, esto permitió determinar la posición de los CDH de 32 hilos de fibra de capacidad, los TAO y los COE. A su vez la identificación de los PC y PI proporcionó la información necesaria para establecer el centro de carga de los mismos.

Se identificaron 10 TAO los cuales son alimentados con una derivación de 12 hilos de fibra provenientes del cable de distribución que sale del GDP. Dicha derivación es realizada en el cierre de empalme ubicado en la tanquilla de la cuadra correspondiente.

Para las cuadras en donde hay PI se ubicaron terminales en las esquinas donde se encuentra la tanquilla del tramo de distribución, esto permite reducir la distancia entre el cierre de empalme y el terminal, a su vez permite llevar el cable terminal hasta cada uno de los COE a medida que se solicita el servicio. En total se consideraron 16 PI en toda el área asignada.

Se encontraron 16 PC con un total de 217 unidades en los cuales se ubicó un CDH de 32 hilos de fibra a su salida en la planta baja de cada uno de los PC. Los CDH son alimentados con una derivación de 32 hilos de fibra del cable de distribución proveniente del GDP, esto permite realizar el tendido del cable terminal hasta las diversas unidades dejando aproximadamente el 30% de cables de reserva sin necesidad de utilizar divisores ópticos.

Igualmente para los CDH, la derivación del cable de distribución es realizada en el cierre de empalme de la tanquilla correspondiente a su cuadra. En total hay 12 tanquillas en el tramo de distribución con un cierre de empalme en cada una de las mismas, con el fin de cubrir toda el área del anillo interno.

GDP- Cable de distribución

Se ubicaron GDP alrededor del anillo, aproximadamente en el centro de carga de las PI y PC, cuya cobertura ocupa cuadrículas de 600 m². Esta distribución permite brindar redundancia a la red y determinar en qué áreas está ubicado el sector en estudio. En el caso de este diseño se pudo determinar que para cubrir el área asignada sólo son necesarios dos GDP, por lo que sólo se trabajó con los mismos.

Los GDP tienen una capacidad para atender hasta 576 clientes y tienen en su interior divisores ópticos con factor de división de 2:32 para brindar redundancia. Dichos GDP son alimentados con una derivación del cable central de 32 hilos de fibra. Dicha derivación es realizada en un cierre de empalme ubicado en la taquilla cercana al GDP.

Dado que los GDP ocupan un centro de carga se determinó que del mismo saldrán cuatro cables de distribución en cada dirección como se muestra en la figura 34. Los cables de distribución son del tipo tubo holgado de 144 hilos de fibra.

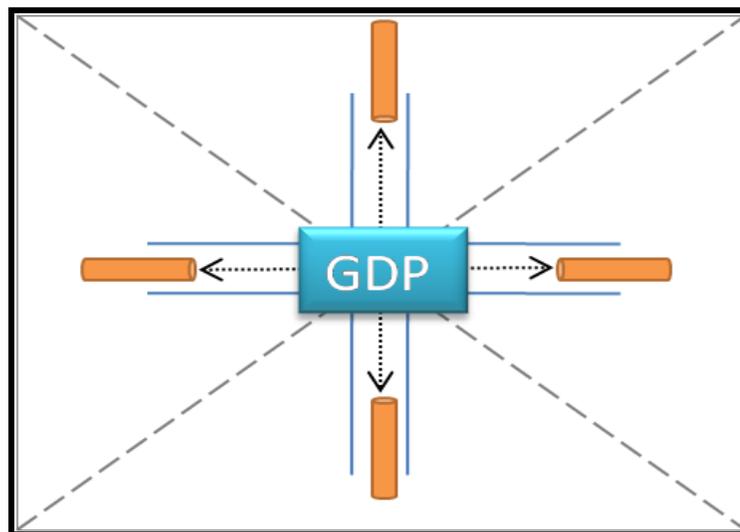


Figura 34. Salida del cable de distribución desde el GDP

Fuente: Elaboración propia

El primer GDP ubicado al sur cubrirá 12 PI y 12 PC para un total de 163 unidades pertenecientes a su cuadrícula. El segundo GDP ubicado al norte atenderá 4 PC y 3 PI con un total de 50 unidades. Adicionalmente el GDP del sur atenderá la radio base ubicada en la zona.

Central

El diseño para la ubicación de los equipos en la central tomó en consideración tres aspectos: los equipos activos, el Distribuidor de Fibra Central que permite las conexiones cruzadas para la asignación de los puertos de ECO, un DFC que permite realizar el cambio entre los cables de planta interna y externa.

Se diseñaron dos salas separadas, una para los ECO y otra para las conexiones cruzadas. Se propuso la colocación de los ECO y de los DFC en grupos de dos ECO y dos DFC entre los cuales se efectuarán las conexiones cruzadas. Esto permite ir aumentando progresivamente la capacidad de la planta, adaptándose a una penetración creciente del servicio sin desaprovechar los recursos.

El orden estructurado de los cables a través de canaletas entre salas y la colocación de diferentes bastidores para realizar empalmes, permitirá llevar un orden de conexión, mantener la estética de la sala, reducir el número de operaciones para realizar conexiones y brindar practicidad a la hora de hacer empalmes.

Acometidas

En base al tipo de propiedad privada del cliente, se clasificaron seis espacios específicos: salón privado, vestíbulo, paso horizontal, paso vertical, portal público y medianeras. Esto permite identificar los espacios en cada estructura y emplear una

técnica de tendido en cada espacio según la infraestructura de soporte existente de acuerdo a unas prioridades.

Realizar todo el esquema de acometidas, viendo el tipo de espacio existente, clasificando la estructura y estableciendo la técnica de tendido según la prioridad, permitió finalmente indicar los dispositivos que se ubicarán en los espacios correspondientes al hogar del cliente.

CAPÍTULO VI.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante el desarrollo de este trabajo especial de grado se validaron y enriquecieron las normas y procedimientos de CANTV para la iniciativa 100% Fibra cumpliendo así con el objetivo general.

Se ha podido observar que para llevar a cabo un despliegue real de FTTH es necesario tomar en cuenta antecedentes, factores de diseño, estándares y normas con el fin de obtener resultados satisfactorios. En este caso, primero se realizó una investigación teórica la cual está incluida como antecedente en el marco teórico, cumpliendo así con uno de los objetivos específicos. Dicha información está basada en FTTH, GPON y algunos despliegues pertenecientes a otras empresas.

Uno de los objetivos más importantes fue la elaboración del diseño, ya que éste permitió validar algunas normas, identificar y proponer recomendaciones de mejora para el despliegue real que realizará CANTV según el tramo diseñado.

En el desarrollo se creó una secuencia de pasos para elaborar un procedimiento general de diseño de localidades. Esto permitió orientar el diseño específico realizado a las normas establecidas.

Es importante destacar que el área específica donde se realizó el diseño es del tipo *Brownfield*, esto implica que todos los elementos deben ser considerados para atender un área más grande que la seleccionada. En este caso se previó el crecimiento del área de modo que dichos elementos puedan atender los alrededores.

A pesar de trabajar con una zona tipo *Brownfield*, el diseño, las normas y las recomendaciones descritas en este trabajo especial de grado son aplicables a localidades del tipo *Greenfield*.

Uno de los mayores aprendizajes obtenidos de este trabajo se basa en el hecho de que para llevar a cabo despliegues reales de FTTH, la tipificación de las estructuras forma parte de uno de los pasos fundamentales para la elaboración del diseño de cualquier zona. Esto se debe a que a partir de la tipificación se pueden ubicar y dimensionar los diferentes elementos de la red, permitiendo trazar las diversas rutas de distribución hasta cada unidad.

Partiendo del hecho de que esta investigación forma parte de un tema muy extenso, sería recomendable que CANTV continuara con esta misma línea de investigación, para editar un manual de prácticas y normas más específicas que complementen las actuales. Entre otros temas se proponen el dimensionamiento de los gabinetes y dispositivos con sus capacidades particulares y políticas de reserva y las normas para el rotulado de los elementos de red y los puntos de conexión o empalmes.

No cabe duda de que a medida que se tengan conocimientos más específicos sobre el dimensionamiento y alcance de los elementos que conforman la red, se podrá hacer una estimación más real del diseño. Esto permitirá que las normas y recomendaciones para despliegues reales de FTTH sean más precisas.

ACRÓNIMOS

ADSL	<i>Asymmetrical Digital Subscriber Line</i>
APON	<i>Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network</i>
BPON	<i>Broadband Passive Optical Network</i>
CDH	Cajetín de Distribución Horizontal
CDV	Cajetín de Distribución Vertical
COE	Cajetín Óptico Externo
COI	Cajetín Óptico Interno
DFC	Distribuidor de Fibra Central.
DFS	Distribuidor de Fibra Secundario.
DFP	<i>Distribuidor de Fibra Primario.</i>
ECO	<i>Equipo Central Óptico.</i>
EPON	<i>Ethernet Passive Optical Network</i>
FTTB	<i>Fiber To The Building</i>
FTTC	<i>Fiber To The Curb</i>
FTTD	<i>Fiber To The Desktop</i>
FTTH	<i>Fiber To The Home</i>
FTTN	<i>Fiber To The Node</i>
FXB	Caja de distribución principal
GCC	Grupo de Conexión Cruzada
GDP	Gabinete de Distribución Público

GIS	<i>Geographic Information System</i>
GPON	<i>Gigabit-capable Passive Optical Networks</i>
GR	Grandes Condominios.
HDL	<i>Hardware Description Language</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
ITU	<i>International Telecommunications Union</i>
MDU	<i>Multi Dwelling Unit</i>
MO	Modem Óptico
ODN	<i>Optical Distribution Network</i>
OLT	<i>Optical Line Terminal</i>
ONT	<i>Optical Network Terminal</i>
P2MP	<i>Point-to-Multipoint</i>
PI	Propiedades Individuales.
PC	Pequeños Condominios
P2P	<i>Point-to-Point</i>
PON	<i>Passive Optical Network</i>
RDO	<i>Red de Distribución Óptica.</i>
TAO	<i>Terminal de Acceso Óptico.</i>
TDM	<i>Time Division Multiplex</i>
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i>
TRM	Terminal

VDSL *Very-high-rate Digital Subscriber Line*

xDSL *x Digital Subscriber Line.*

BIBLIOGRAFÍA

1. Acurio Vargas, H. y Sangurima, J. (2009). Recuperado el 18 de septiembre de 2011, *Diseño de una red GPON para la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. Disponible en:* <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/31/8/Capitulo2.pdf>
2. Alcatel Lucent. (2012). *Técnica de construcción para Proyectos FTTH*. Caracas
3. ADC. (2005). El libro de FTTx: *Desde el diseño hasta la instalación, una guía práctica para la infraestructura de FTTx*. Minnessota, EEUU. Telecommunications, Inc.
4. CANTV, Gerencia de Planificación de Medios de Acceso. (2010). *Manual de instalación de las Redes 100% Fibra. Planificación, Despliegue y Mejores Prácticas para el despliegue de las Redes Ópticas (Versión 8)*.Caracas.
5. CANTV, Gerencia de Arquitectura de Redes. (2011). *Especificaciones Técnicas Funcionales, Redes GPON de Acceso por Fibra Óptica hasta la Casa (Versión 5)*. Caracas

6. CANTV, Gerencia de Planificación de Medios de Acceso. (2012). Conceptualización de 100% Fibra: presupuesto óptico. Caracas

7. CENDIT (2012). *Manual de Instalación de Fibra Óptica Monomodo: Técnicas de Tendido de Fibra Óptica Aérea por Cable de Guarda*. Caracas

8. CENDIT (2012). *Manual de Instalación de Fibra Óptica Monomodo: Técnicas de Tendido de Fibra Óptica en Redes de Acceso*. Caracas

9. CENDIT (2012). *Manual de Instalación de Fibra Óptica Monomodo: Técnicas de Tendido de Fibra Óptica por Flotación*. Caracas

10. CENDIT (2012). *Manual de Instalación de Fibra Óptica Monomodo: Técnicas de Tendido de Fibra Óptica con Aire a Presión*. Caracas

11. España Boquera, M. (2003) *Servicios Avanzados de Telecomunicación*. España: Ediciones Díaz de Santos, S.A.

12. Estepa, R. (2004) *Componentes y estructuras de una red de telecomunicación*. Apuntes para la materia Arquitectura de redes sistemas y servicios. Universidad de Sevilla. Recuperado el 16 de septiembre de 2012 de <http://trajano.us.es/~rafa/ARSS/apuntes/tema2.pdf>

13. García Álvarez, J. Comunicaciones I. Disponible en: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4040050/Descargas/capcinco/tiposfibras.pdf>. Recuperado 14 de septiembre de 2011

14. Godoy, R. (2010). *Comunicaciones ópticas, tipos de cables*. Universidad Católica Andrés Bello.

15. Godoy, R. (2010). *Comunicaciones ópticas, Elementos ópticos de interconexión*. Universidad Católica Andrés Bello

16. Higuera, E. (2012). *Descripción de Acometidas de 100% Fibra*. Trabajo realizado para la Gerencia de Planificación de Medios de Acceso de CANTV. Caracas.

17. International Telecommunication Union, ITU. (Marzo de 2001). *G.984.1 : Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): General characteristics ITU-T*

18. International Telecommunication Union, ITU. (Marzo de 2001). *G.984.2 : Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification*

19. Millán, Ramón. (2010). *Tecnologías de Banda Ancha*. Recuperado el 15 de septiembre de 2011. Disponible en <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/bandaanchafibraoptica.php>

20. Ortega Tamarit, B. (2007) *Redes Ópticas*. Valencia: Editorial de la UPV

21. Rodríguez, C. (2010) *Diseño de la arquitectura de redes de fibra óptica para diferentes zonas, según sus características*. Trabajo especial de grado entregado como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones. Universidad Católica “Andrés Bello”

22. Tejedor, R. J. (Diciembre de 2008). Recuperado el 14 de septiembre de 2011, de Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicaciones. Disponible en <http://www.coit.es/publicaciones/bit/bit166/63-67.pdf>

23. Villegas, V. (2009) *Diseño de una red piloto de fibra óptica GPON para CANTV, aplicado a la localidad Alto Hatillo*. Trabajo especial de grado entregado como parte de los requisitos para optar al título de ingeniero en telecomunicaciones. Universidad Católica “Andrés Bello”.

APÉNDICE A

Registro por estructuras obtenido en la inspección de la localidad

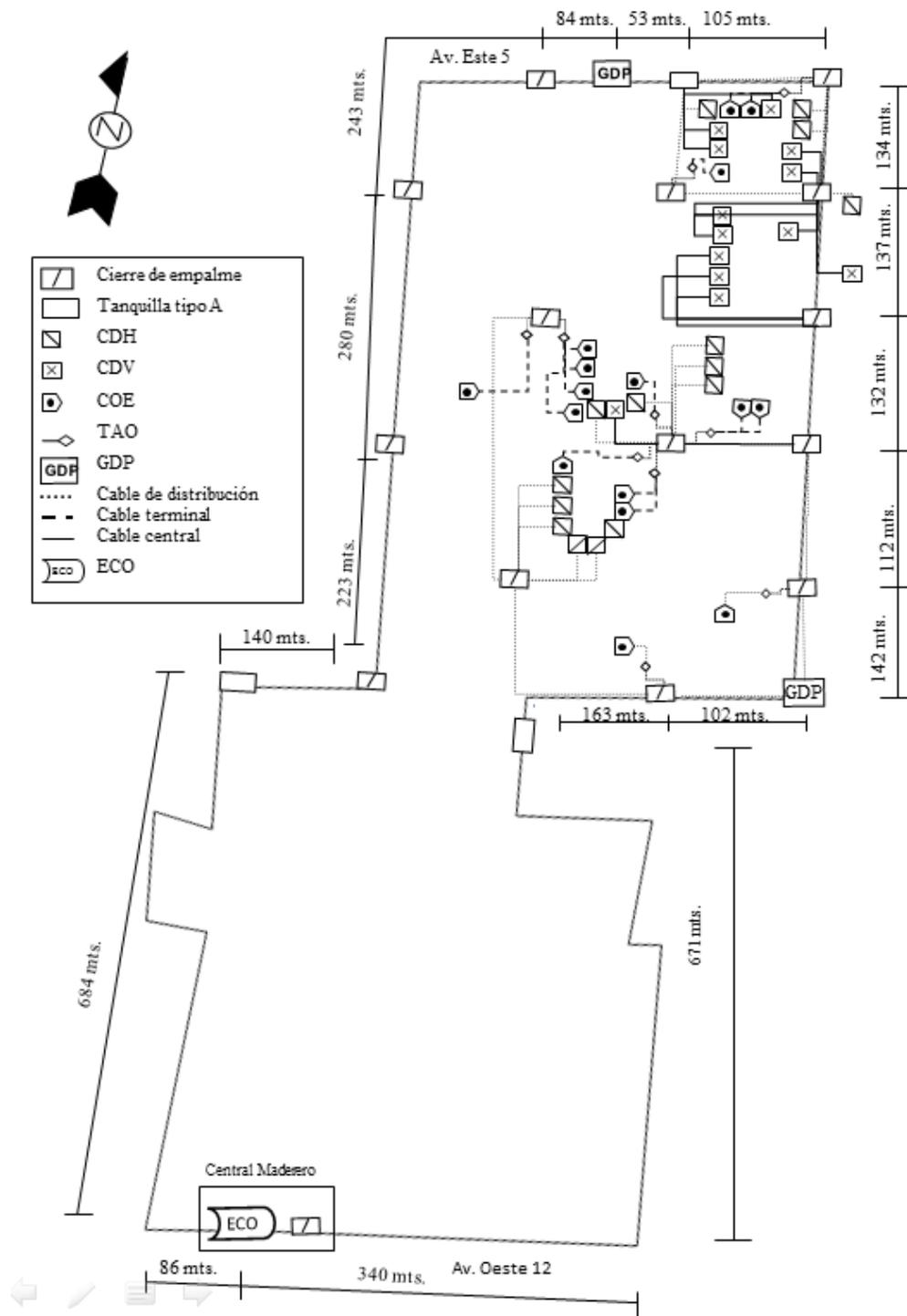
Grandes Condominios								
Nombre	Nº de pisos	Cantidad de apartamentos por piso	Unidades comerciales	Unidades residenciales	Unidades públicas	Total de unidades	Cantidad de CDH a instalar	Intervalo de pisos entre CDH
Previsora	6	8	50			50	8	1
San Sebastián	4	5	10	20		30	5	1
Romen	6	6		40		40	6	1
San Mauricio	5		6	60		66	9	
Insbanca	6	9	54		1	55	8	1
Banco Provincial/Torre Banco Lara	16				6	6		
La Avileña	18	2	4	36		40	6	4
Alai	8	3	3	24		27	4	2
Alce	6	6	20	36		56	8	1
Centro Imanta	13	7	76		5	81	11	1
San José	9	4	6	36		42	6	2
Bandagro	13							
Caja de ahorros/CASEP	7	4	30			30	5	2

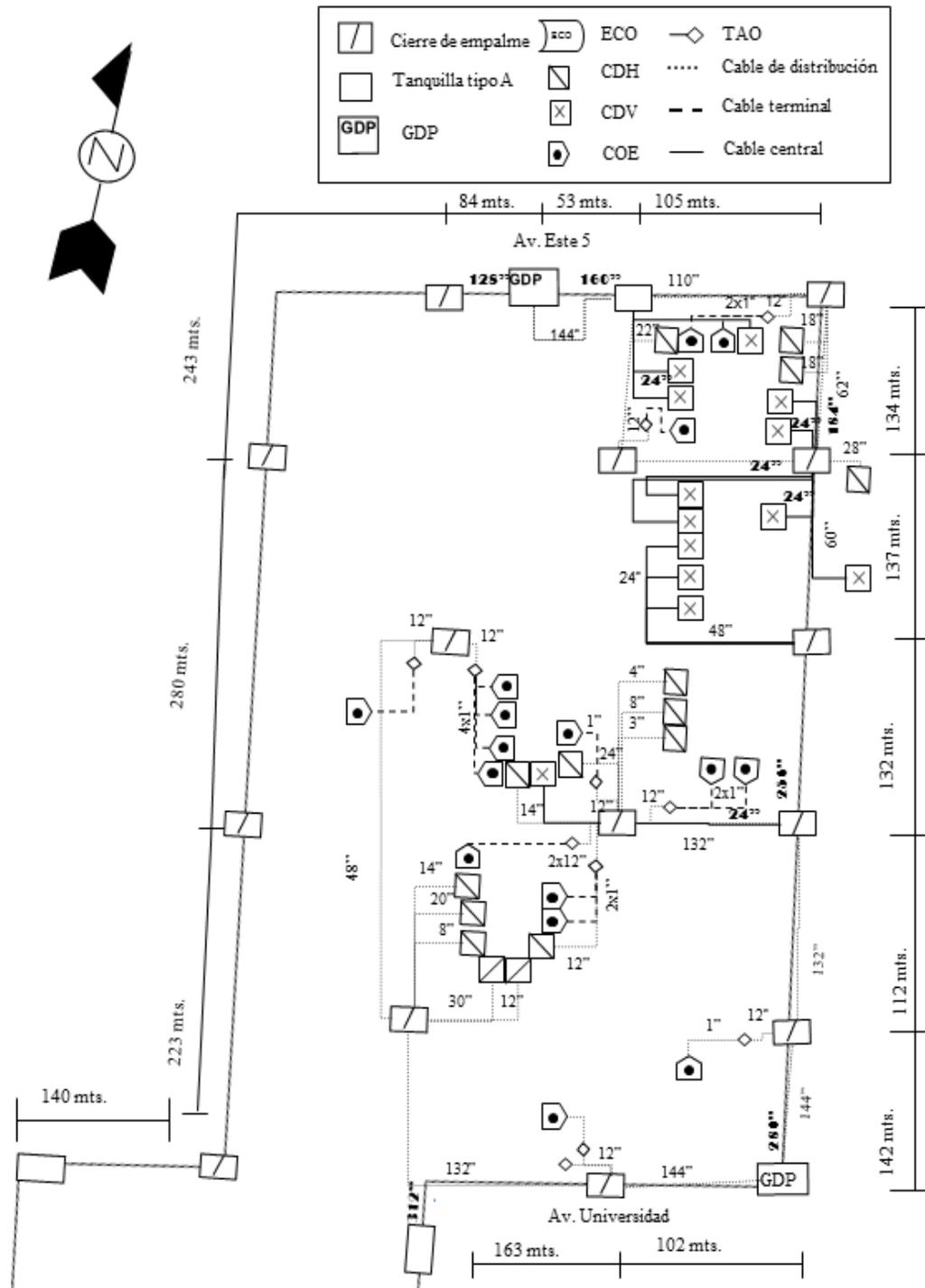
Pequeños Condominios								
Nombre	N° de pisos	Cantidad de apartamentos por piso	Unidades comerciales	Unidades residenciales	Unidades públicas	Total de unidades	Cantidad de CDH a instalar	Ubicación del CDH
Multicentro Capitolio			28			28		
Sn/ 08-01	3		20			20	1	Pb
Minicentro Paris/ Edif 6	3	2	8			8	1	Pb
Terreno/ Joyerías	3		20			20	1	Pb
Vuelvan Caras	2	4	11			11	1	Pb
Ayacucho	4		4	12		16	1	Pb
Capitole	7	1	6			6	1	Pb
España	2	4	10			10	1	Pb
Ambos Mundos	5	4	20			20	1	Pb
bloque de armas	3		1			1	1	Pb
Perrarin Novedades	5	1	5			5	1	Pb
05.16/ Instituto de Altos Estudios Diplomáticos	4				1	1	1	Pb
Boulevard 40-01	6	2	4	14		18	1	Pb
Pas de Calais	5	4	24			24	1	Pb
Gumenza	6	2	2	12		14	1	Pb
Norfy	6	2	3	12		15	1	Pb

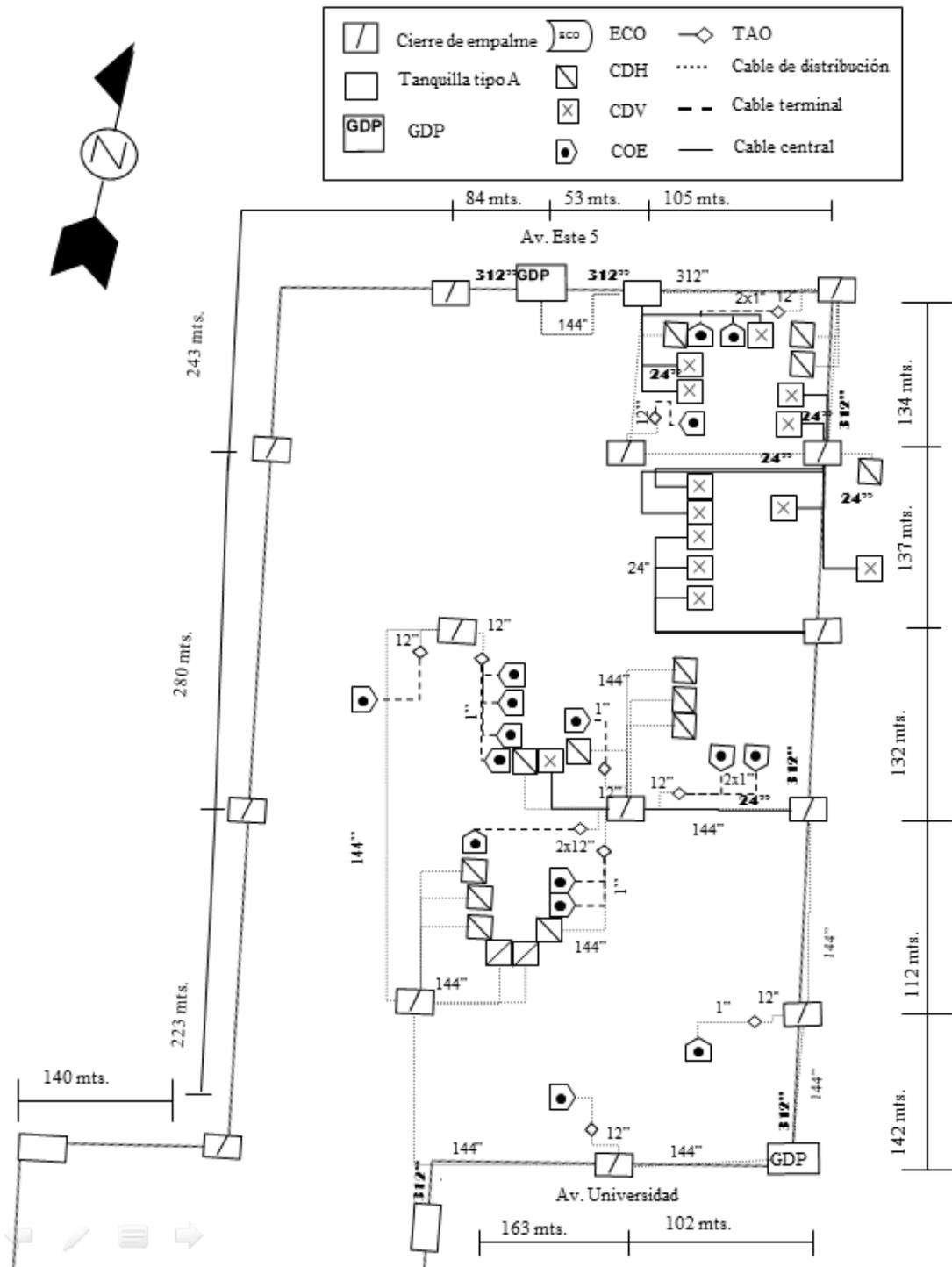
Propiedades Individuales						
Nombre	N° de pisos	Unidades comerciales	Unidades residenciales	Unidades públicas	Total de unidades	Cantidad de COE a instalar
Congreso Nacional				1	1	1
Bco. Vzl. De Crédito				1	1	1
Consejo Municipal				1	1	1
Rialto				1	1	1
Casa Amarilla				1	1	1
Caracas 2000/ Hotel el Conde	5				1	1
Bib. Metropolitana	4				1	1
Gal 15-21		3		1	4	1
Ministerio de Relaciones Exteriores/ Vicepresidencia				1	1	1
El Mesón de Caracas		1			1	1
Venezuela	1	5			5	1
Gobernación				1	1	1
Gobernación				1	1	1
Colegio Universitario Francisco de Miranda	5			1	1	1
46-02	1		1		1	1
46-03	1		1		1	1

APÉNDICE B

Diseño esquemático, diseño esquemático con el tipo de cable y diseño esquemático con conteo de fibras.







APÉNDICE C

Capacidad y ubicación de los terminales existentes en la localidad

Capacidad	Tipo de Terminal
00100	FXB
00040	FXB
00010	FXB
00040	FXB
00010	FXB
00100	FXB
00100	FXB
00015	FXB
00045	FXB
00030	FXB
00100	FXB
00300	FXB
00004	FXB
00020	FXB
00050	FXB
00020	FXB
00030	FXB
00050	FXB
00090	FXB
00010	FXB
00130	FXB
00050	FXB
00020	FXB
00050	FXB
00050	FXB
00010	FXB
00010	TRM

Capacidad	Tipo de Terminal
00030	FXB
00010	FXB
00070	FXB
00090	FXB
00010	TRM
00020	TRM
00010	TRM
00020	TRM
00020	TRM
00010	TRM
00010	TRM
00010	TRM
00020	FXB
00030	FXB
00150	FXB
00030	FXB
00200	FXB
00010	TRM
02100	FXB
00170	FXB
00070	FXB
00050	FXB
00030	FXB
00030	FXB
00010	TRM
00150	FXB
00600	FXB

Capacidad	Tipo de Terminal
00080	FXB
00050	FXB
00040	FXB
00010	FXB
00020	FXB
00030	FXB
00020	FXB
00010	TRM
00006	TRM
00010	TRM
00010	TRM
00010	TRM
00200	FXB
00120	FXB
00030	FXB
00010	FXB
00130	FXB
00020	FXB
00150	FXB
00030	FXB
00010	TRM
00030	FXB
00100	FXB
00030	FXB
00040	FXB
00020	TRM
00010	TRM

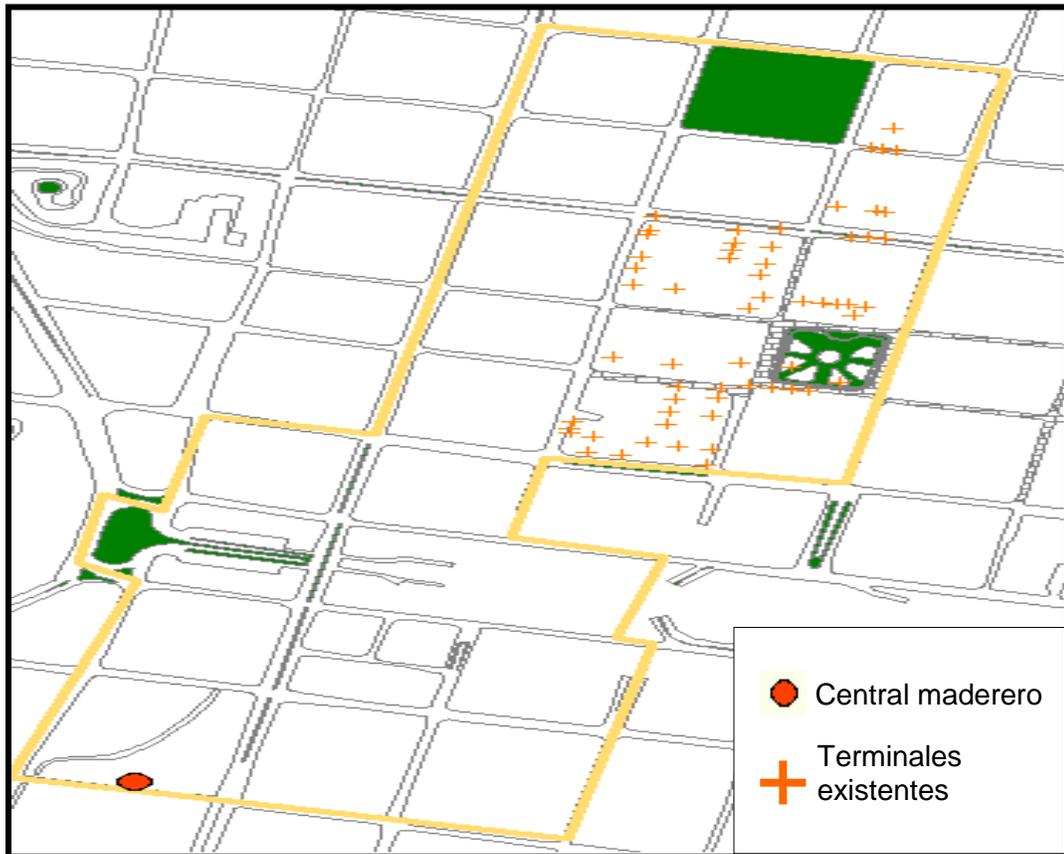


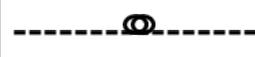
Figura 35. Terminales existentes en el área

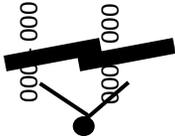
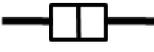
Fuente: Elaboración propia

ANEXO A

Simbología empleada para el diseño esquemático

Fuente: Rodríguez, 2010

N°	Símbolo	Descripción
1		Cable de Fibra Óptica en Ducto
2		Cable de Fibra Óptica Aérea
3		Cable de Fibra Óptica Enterrado
4		Cable Terminal
5		Cable Interno de Cliente
6		Reserva Interna
7		Reserva Externa
8		Poste CANTV
9		Poste Electricidad
10		Retenida Normal
11		Retenida de Brazo
12		Retenida en su propia base
13		Retenida de poste con retenida
14		Retenida de Pie de Amigo de Poste
15		Retenida de Pie de Amigo
16		Regleta en Armario

Nº	Símbolo	Descripción
17		Regleta en Distribuidor Principal
18		Tanque
19		Tanquilla tipo "A"
20		Tanquilla "Doble A"
21		Tanquilla tipo "B"
22		Sub-ducto en ducto
23		Ducto Libre
24		Ducto Ocupado
25		Ducto Reservado
26		Ducto Obstruido
27		Ducto a Recuperar
28		Equipo Central Óptico
29		Distribuidor Central
30		Cierre de Empalme
31		Unión Pre-Conectorizada

Nº	Simbología	Descripción
32		Unión Conectorizada en Campo
33		Empalme de Fusión
34		Empalme Mecánico
35		Divisor Óptico
36		Distribuidor de Fibra Primario
37		Distribuidor de Fibra Secundario
38		Cajetín Óptico Interno
39		Cajetín Óptico Externo
40		Cajetín de Distribución Vertical
41		Cajetín de Distribución Horizontal
42		Terminal de Acceso de Fibra
43		Modem Óptico

ANEXO B

Tabla de presupuesto óptico para cada escenario

Grandes Condominios

		Tramo Central										Tramo de Distribución																				
		ECO Salida	ECO Conector	DFC B Empalme	DFCA Empalme	DFC A Divisor Óptico 1:2	DFC A Empalme	DFC A Acoplador	Cierre de Empalme	Cable Central	Cierre de Empalme	CDV Cierre De Empalme	CDV Splitter 1:32	CDV Conector	Cable de Distribución	CDH Empalme	CDH Conector	Cable Terminal	Cajetín Óptico Interno Empalme	Cajetín Óptico Interno Conector	Modem Óptico Conector	Empalmes	Conectores	Divisor Óptico 1:2	Divisor Óptico 1:32	Acoplador	Envejecimiento de la Fibra Óptica	Potencia ECO (dBm)	Atenuación Máxima (dB)	Margen	Budget	
Potencia (dBm)		7																														
Empalme Mecanico					0,2		0,2		0,2		0,2				0,2			0,2				1,4										
Empalmes de Fusión																						0										
Conectores SC			0,3	0,3										0,3		0,3				0,3	0,3		1,8									
Divisor Óptico 1:2						3,5																		3,5								
Divisor Óptico 1:32												17,5													17,5							
Acoplador								1																	1							
Envejecimiento de la Fibra Óptica																										1						
FO (dB por Km)										0,35					0,35			0,35														
Puerto 1	Distancia F.O. (Km)									9,00					1,00		0,01															
	Atenuación (dB)									3,15					0,35		0,004					1,40	1,80	3,50	17,50	1,00	1,00	7,00	29,70	9,30	-32	

Pequeños Condominios

		Tramo Central							Tramo de Distribución							Tramo Terminal																
		ECO Salida	ECO Conector	DFC B Empalme	DFCA empalme	DFC A Divisor Óptico 1:2	DFC A Empalme	DFC A Acoplador	Cierre de Empalme	Cable Central	Cierre de Empalme	GDP Cierre De Empalme	GDP Splitter 1:32	GDP Conector	Cable de Distribución	Cierre de Empalme	CDH Empalme	CDH Conector	Cable Terminal	Cajetin Óptico Interno Empalme	Cajetin Óptico Interno Conector	Modem Óptico Conector	Empalmes	Conectores	Divisor Óptico 1:2	Divisor Óptico 1:32	Acoplador	Envejecimiento de la Fibra Óptica	Potencia ECO (dBm)	Atenuación Máxima (dB)	Margen	Budget
Potencia (dBm)		7																														
Empalme Mecanico				0,2	0,2		0,2		0,2		0,2	0,2				0,2	0,2						1,8									
Empalmes de Fusión																							0									
Conectores SC			0,3											0,3				0,3				0,3		1,5								
Divisor Óptico 1:2						3,5																			3,5							
Divisor Óptico 1:32												17,5														17,5						
Acoplador							1																			1						
Envejecimiento de la Fibra Óptica																											1					
FO (dB por Km)										0,35					0,35				0,35													
Puerto 1	Distancia F.O. (Km)									8,00					2,00				0,01													
	Atenuación (dB)									2,80					0,70				0,004				1,80	1,50	3,50	17,50	1,00	1,00	7,00	29,80	9,20	-32

Propiedades Individuales

		Tramo Central						Tramo de Distribución						Tramo Terminal																		
		ECO Salida	ECO Conector	DFC B Empalme	DFCA empalme	DFCA Divisor Óptico 1:2	DFCA Empalme	DFCA Acoplador	Cierre de Empalme	Cable Central	Cierres de Empalme	GDP Cierre De Empalme	GDP Splitter 1:32	GDP Conector	Cable de Distribución	TAO Empalme	TAO Conector	Cable Terminal	Cajetin óptico Externo Empalme	Cajetin Óptico Interno Empalme	Cajetin Óptico Interno Conector	Modem Óptico Conector	Empalmes	Conectores	Divisor Óptico 1:2	Divisor Óptico 1:32	Acoplador	Envejecimiento de la Fibra Óptica	Potencia ECO (dBm)	Atenuación Máxima (dB)	Margen	Budget
Potencia (dBm)		7																										7				
Empalme Mecanico				0,2	0,2		0,2			0,2	0,2				0,2			0,2	0,2			1,8										
Empalmes de Fusión																						0										
Conectores SC			0,3										0,3		0,3						0,3	0,3	1,5									
Divisor Óptico 1:2						3,5																		3,5								
Divisor Óptico 1:32												17,5													17,5							
Acoplador							1																		1							
Envejecimiento de la Fibra Óptica																										1						
FO (dB por Km) 1310 nm									0,35					0,35			0,35										1					
Puerto 1	Distancia F.O. (Km)								8,00					2,00			0,01															
	Atenuación (dB)								2,80					0,70			0,0035						1,80	1,50	3,50	17,50	1,00	1,00	7,00	29,80	9,20	-32

ANEXO C

Estándar ITU-T G.984.1

ANEXO D

Estándar ITU-T G.984.2