

# **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**Sede Cuenca**

## **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**“PLANTEAMIENTO DE NORMATIVAS Y DISEÑO DE UNA  
HERRAMIENTA PARA CREAR UN MODELO DE DISEÑO DE LA  
RED INTERNA DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES  
CON FIBRA ÓPTICA APLICADA A SOLUCIONES  
HABITACIONALES DE LA CIUDAD DE CUENCA PARA LA  
EMPRESA ETAPA E.P.”**

**Tesis previa a la obtención del  
Título de Ingeniero Electrónico**

**Dirigido por: Ing. Andrés Ortega, MgT**

**AUTORES:**

**Kléber Adrián Peñaloza Gallardo  
Gerardo Marcelo Inga Lojano**

**CUENCA, MAYO DE 2014**



## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios,  
por darme la vida y guiarme hasta este momento  
tan importante de mi formación profesional.

A mis padres y hermanos, por ser el pilar más  
importante y por demostrarme siempre su cariño y  
apoyo incondicional. A mi esposa y a mi hija  
por permanecer siempre a mi lado demostrando  
amor y confianza en cada momento. A toda mi familia  
por su cariño, sus sabios consejos y su comprensión.

*Gerardo*

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de tesis a mis padres Rosita y Saúl, por su comprensión, su amor incondicional y sus enseñanzas a cada momento, las cuales me han hecho la persona que soy hoy por hoy.

A mi esposa Rossibel, por su paciencia, su comprensión, su amor; ella me ha inculcado la tenacidad para lograr todas las metas que me he propuesto.  
A mis hijos Aythan y Amelié, ya que ellos fueron la inspiración para no decaer y acabar este proyecto.

*Adrián*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por cada día de vida y salud para seguir adelante.

A mis padres Rosa Elena y José Marcelo por creer en mí y convertir una ilusión en una meta, y ésta en una realidad.

A mi esposa Jessica y a mi hija Danna Marcela ser la inspiración de este proyecto y tener la paciencia suficiente para acompañarme hasta el final de este objetivo.

A mis hermanos, tíos y abuelitos ya que siempre serán un ejemplo de seres humanos.

A mi director de tesis Ing. Andrés Ortega, MgT, por su dedicación y aporte para la realización de este trabajo.

Este objetivo es parte de mi agradecimiento sincero a cada uno de ustedes.

*Gerardo*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primeramente a Dios por guiarme por el camino del bien y no hacerme desfallecer nunca.

A mi familia por siempre haberme brindado su apoyo incondicional.

A todos los profesores que he tenido durante el transcurso de toda mi carrera.

A mi director de tesis, Ing. Andrés Ortega, MgT, por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, y su experiencia, ha logrado que podamos terminar nuestros estudios con éxito.

A todos ellos nunca les podre estar lo suficientemente agradecido

*Adrián*

## CERTIFICACIÓN

Ing. Andrés Ortega, MgT

### CERTIFICA

Haber dirigido y revisado prolijamente cada uno de los capítulos de este trabajo de tesis, realizado por los señores Kléber Adrián Peñaloza Gallardo y Gerardo Marcelo Inga Lojano.

Por cumplir los requisitos, autorizo su presentación.

Cuenca, Mayo de 2014



---

Ing. Andrés Ortega, MgT

## **Declaratoria de responsabilidad**

Nosotros, Kléber Adrián Peñaloza Gallardo y Gerardo Marcelo Inga Lojano, autores del presente trabajo de tesis titulado “PLANTEAMIENTO DE NORMATIVAS Y DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA PARA CREAR UN MODELO DE DISEÑO DE LA RED INTERNA DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES CON FIBRA OPTICA APLICADA A SOLUCIONES HABITACIONALES DE LA CIUDAD DE CUENCA PARA LA EMPRESA ETAPA EP” declaramos que:

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Autorizamos el uso de la misma para su publicación o referencia con fines académicos previa notificación a los autores.

Cuenca, Mayo de 2014.



---

Kléber Adrián Peñaloza Gallardo



---

Gerardo Marcelo Inga Lojano



## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>Capítulo 1 . GENERALIDADES Y CONCEPTOS BÁSICOS DE FIBRA ÓPTICA</b> .....	3
<b>1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA ÓPTICA</b> .....	3
1.1.1 CARACTERÍSTICAS MECANICAS DE LA FIBRA ÓPTICA.....	4
1.1.2 CARACTERÍSTICAS TECNICAS DE LA FIBRA ÓPTICA .....	5
1.1.3 PROPIEDADES DE TRANSMISIÓN Y PARAMETROS DE LA F.O.....	6
1.1.3.1 REFLEXIÓN .....	7
1.1.3.2 REFLEXIÓN TOTAL INTERNA .....	7
1.1.3.3 REFRACCION .....	9
1.1.3.3.1 Índice De Refracción .....	10
1.1.3.3.2 Ley De Snell .....	11
<b>1.2 PROPAGACIÓN DE LA LUZ A TRAVÉS DE LA FIBRA ÓPTICA</b> .....	11
1.2.1 CONFIGURACIONES DE LA FIBRA ÓPTICA.....	14
1.2.1.1 FIBRA MONOMODO DE ÍNDICE ESCALONADO .....	14
1.2.1.2 FIBRA MULTI MODAL DE INDICE ESCALONADO .....	16
1.2.1.3 FIBRA MULTIMODAL DE INDICE GRADUADO .....	17
<b>1.3 PERDIDAS EN LA FIBRA ÓPTICA</b> .....	18
1.3.1. Pérdidas Intrínsecas .....	18
1.3.1.1. Pérdidas por curvatura .....	19
1.3.1.2 Pérdidas por conexión y empalme .....	20
1.3.2. Pérdidas Extrínsecas .....	20
1.3.2.1 Perdidas por reflexión de Fresnel .....	21
1.3.2.2 Pérdidas constitutivas de la fibra .....	21
1.3.2.3 Atenuación en la fibra óptica .....	21
<b>1.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE LA FIBRA OPTICA</b> .....	22
1.4.1 VENTAJAS .....	22
1.4.2 DESVENTAJAS .....	23
<b>1.5 ESTADO DEL ARTE PARA SERVICIOS TRIPLE PLAY EN FTTH</b> .....	25
1.5.1 Servicio FTTH triple play en Italia.....	25
1.5.2 Servicio FTTH triple play en España .....	25
1.5.3 Servicio FTTH triple play en Slovakia y Reino Unido .....	26
1.5.4 Servicio FTTH triple play en Estados Unidos.....	26
1.5.5 Servicio FTTH triple play en Brasil .....	26

<b>Capítulo 2 . REQUERIMIENTOS Y NORMATIVA PARA EL USO DE FIBRA ÓPTICA EN SOLUCIONES HABITACIONALES</b> .....	29
<b>2.1 NORMATIVA GENERAL ASOCIADA CON EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y USO DE LA RED INTERNA CON FIBRA ÓPTICA.</b> .....	29
2.1.1. ANSI/TIA 568-C.0. ....	30
2.1.2. ANSI/TIA-568-C.1 .....	33
2.1.3. ANSI/TIA-568-C.3 .....	37
2.1.4. ANSI/TIA-569-B .....	40
2.1.5. ANSI/TIA-606-A.....	44
2.1.6. ANSI/TIA-607-B .....	47
2.1.7. Normas para tipos de fibra óptica.....	47
2.1.7.1. Fibra multimodo .....	47
2.1.7.2. Fibra monomodo.....	48
2.1.7.2.1. Norma ITU-T G652.....	49
2.1.7.2.2. Norma ITU-T G657 .....	50
2.1.7.2.3. Norma ITU-T G655 .....	51
2.1.8 Tipos de conectores .....	51
2.1.8.1 Conector ST .....	52
2.1.8.2 Conector SC.....	53
2.1.8.3 Conector FC.....	53
2.1.9 Tipos de cajetines .....	54
2.1.10. Otras normas aplicables.....	55
<b>2.2 ESTÁNDARES TÉCNICOS DEL USO E IMPLEMENTACIÓN DE REDES GPON PARA TRIPLE PLAY CON FIBRA ÓPTICA</b> .....	56
2.2.1 Servicio Triple-play .....	56
2.2.2 Arquitectura de redes de fibra en servicios tripleplay .....	58
2.2.3 Red óptica pasiva (PON) para FTTH .....	60
2.2.4 Pérdidas de canal .....	62
2.2.5 Presupuesto de potencia.....	64
2.2.6 Distancia del enlace .....	64
<b>2.3. NORMATIVA PARA ETAPA E.P.</b> .....	65
2.3.1. Conceptos Generales.....	65
2.3.2. Demanda .....	67
2.3.2.1 Demanda existente .....	67
2.3.3 Normas Generales para redes en edificios y urbanizaciones .....	67
2.3.3.1 Estructura de la Red .....	67
2.3.3.2 Ubicación de los equipos .....	67
2.3.3.3 Manga de Distribución Principal .....	68
2.3.4 Red de Cliente.....	68

2.3.5 Línea óptica de usuario.....	70
2.3.6. Coexistencia con otras redes.....	71
2.3.7 Acometida de telecomunicaciones.....	71
2.3.8 Fibra óptica de acometida .....	71
2.3.8.1 Construcción de la acometida.....	72
2.3.8.2 Canalización de acometida .....	72
2.3.8.3 Cajas de usuario.....	73
2.3.8.4 Pigtailes y Patchcords.....	74
2.3.8.5 Bastidor de distribución principal.....	75
2.3.9 Cuarto de telecomunicaciones .....	76
2.3.9.1 Dimensionamiento.....	76
2.3.9.2 Energía.....	78
2.3.9.3 Puesta a tierra del cuarto de telecomunicaciones .....	79
2.3.10 Caja de Distribución Interior .....	80
2.3.11 Cableado vertical .....	81
2.3.12 Cableado Horizontal .....	82
2.3.12.1 Ductería.....	82
2.3.12.2 Roseta Óptica.....	82
2.3.13 Identificación de la red .....	83
2.3.13.1 Código de colores .....	83
2.3.13.2 Formatos de identificación .....	83
2.3.13.3 Codificación de colores para etiquetas .....	84
2.3.14 Radios de curvatura .....	84
2.3.15 Empalmes .....	84
2.3.16 Conectores .....	84
2.3.17 Pérdidas de canal .....	85
2.3.18 Red óptica interior.....	85
2.3.19 Identificación de la red .....	88
2.3.20 Responsabilidad.....	91
2.3.21 Documentación para el diseño.....	91
2.3.22 Documentación para edificios y urbanizaciones.....	92

<b>Capítulo 3 . DISEÑO GENÉRICO DE RED INTERNA CON FIBRA ÓPTICA PARA SOLUCIONES HABITACIONALES Y HERRAMIENTA PARA LA FISCALIZACIÓN</b>	94
<b>3.1. MODELO DE DISEÑO GENERICO DE UNA RED INTERNA CON FIBRA ÓPTICA PARA EDIFICIOS</b>	94
3.1.1. Determinación de la demanda	95
3.1.2. Acometida de la red óptica	96
3.1.3. Diseño de red interna	96
3.1.4. Registro de hilos de fibra	96
<b>3.2 MODELO DE DISEÑO GENERICO DE UNA RED INTERNA CON FIBRA ÓPTICA PARA CONDOMINIOS.</b>	97
3.2.1. Determinación de la demanda	98
3.2.2. Acometida de la red óptica	98
3.2.3. Diseño de red interna	98
3.2.4. Registro de hilos de fibra para el condominio	99
<b>3.3 ELEMENTOS DE UNA RED INTERNA CON FIBRA ÓPTICA A UTILIZAR.</b>	100
3.3.1 Acometida de fibra óptica y armario principal de telecomunicaciones.	101
3.3.2 Tipo de fibra	103
3.3.3 Cajas de usuario	105
3.3.4. Cableado y canalización horizontal	106
3.3.5 Cableado y canalización de backbone	108
3.3.6 ONT (terminal de usuario) y decodificadores de IPTV	109
3.3.7. Empalmes	109
<b>3.4 HERRAMIENTA PARA EL PRESUPUESTO DEL DISEÑO DE REDES ÓPTICAS EN CONDOMINIOS Y URBANIZACIONES</b>	111
3.4.1. Pestaña Índice	111
3.4.2. Pestaña Cabecera	112
3.4.3. Pestaña Identificación de red	112
3.4.4. Pestaña Pérdidas proyectadas	114
3.4.5. Pestaña Presupuesto del enlace.	115
3.4.6. Pestaña Mano de obra	115
3.4.7. Pestaña Materiales	116
3.4.8. Pestaña Equipos	118
3.4.9. Pestaña Presupuesto total.	118
3.4.10. Bases de datos de mano de obra, materiales y equipos	119

<b>Capítulo 4 . ANALISIS TECNICO-ECONOMICO DE LOS MODELOS OBTENIDOS</b>	123
<b>4.1. EQUIPOS Y MATERIALES</b>	123
4.1.1. Rack y patch panel	123
4.1.2. Fibra óptica	124
4.1.3. Splitters de piso y splitter general	124
4.1.4. Canalización	125
4.1.5. ONT	126
4.1.5.1 Alcatel i220	127
4.1.5.2 Huawei HG850	127
<b>4.2. DISEÑO DE RED CON NORMAS INTERNACIONALES</b>	128
4.2.1. Diseño de red del edificio	128
4.2.2. Diseño de red para urbanizaciones	131
4.2.3. Resumen del diseño con normas internacionales	133
<b>4.3. DISEÑO DE RED CON NORMAS DE ETAPA E.P.</b>	137
4.3.1. Diseño de red para el edificio modelo	137
4.3.2. Diseño de red para la urbanización modelo	138
4.3.3. Resumen de diseño con normativa de ETAPA E.P.	139
<b>4.4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS Y MATERIALES</b>	143
4.4.1. Generalidades	143
4.4.2. Características técnicas del equipamiento	144
4.4.2.1. Fibra óptica	144
4.4.2.2. Rack de comunicaciones	144
4.4.2.3. Cajas de usuario	145
4.4.2.4. ONTs	145
4.4.2.5. Canalización y ductería	146
4.4.3. Sistema de cableado de fibra óptica	148
4.4.4. Enlaces pre-terminados de fibra óptica	148
4.4.5. Patch cord de fibra óptica	149
4.4.6. Cable de fibra óptica para interiores	149
4.4.7. Conectores de fibra óptica del tipo SC/APC	150
4.4.8. Conectores de compresión	150
4.4.8.1. Grapas de retención	150
4.4.8.2. Grapa de suspensión	151
4.4.8.3. Grapa de bajada	151
4.4.9. Etiquetamiento	152
4.4.10. Dibujos generales para sistema de red eléctrica y red de datos	152
4.4.11. Registro para sistema de red eléctrica, red de voz y datos	152

4.4.12. Reportes generales para red eléctrica, red de voz y datos .....	153
4.4.13. Instalación, puesta en marcha y pruebas.....	153
4.4.14. Especificaciones generales .....	154
4.4.14.1. Capacitación .....	154
4.4.14.2. Garantía.....	155
4.4.14.3. Documentación .....	155
4.4.14.4. Entrega y recepción .....	155
4.4.14.5. Seguridad industrial .....	155
<b>4.5. COMPARACIÓN DEL DISEÑO BASADO EN NORMAS INTERNACIONALES, Y EL DISEÑO BASADO EN NORMATIVA DE ETAPA E.P.</b> .....	156
4.5.1. Costos de implementación.....	156
4.4.2. Crecimiento y actualización de la red.....	156
4.4.3. Mantenimiento y administración .....	159
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	161
<b>REFERENCIAS</b> .....	166
<b>ANEXOS</b> .....	179

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Composición de una Fibra Óptica .....	3
Figura 1.2. Estructura de una Fibra Óptica. ....	5
Figura 1.3. Cable de F.O de varios hilos. ....	6
Figura 1.4. Principio de reflexión .....	7
Figura 1.5. Guía de ondas .....	8
Figura 1.6. Reflexión total interna .....	8
Figura 1.7. Apertura numérica .....	9
Figura 1.8. Modos .....	9
Figura 1.9. Principio de refracción .....	10
Figura 1.10. Modos de propagación: (a) unimodal; (b) multimodal .....	12
Figura 1.11. Perfiles de índice en el núcleo: (a) unimodal, índice escalonado; (b) multimodal, índice escalonado; (c) multimodal, índice graduado .....	13
Figura 1.12. Fibra óptica multimodo de índice escalonado. ....	13
Figura 1.13. Fibra óptica multimodo de índice graduado .....	14
Figura 1.14. Fibras unimodales de índice escalonado: (a) revestimiento de aire; (b) revestimiento de vidrio. ....	15
Figura 1.15. Fibra multimodal de índice escalonado .....	16
Figura 1.16. Fibra multimodal de índice graduado.....	17
Figura 1.17. Microcurvatura de una fibra óptica .....	19
Figura 1.18. Macrocurvatura de la fibra óptica .....	20
Figura 2.1. Sistema genérico de cableado estructurado .....	30
Figura 2.2. Modelo de cableado para edificios comerciales .....	34
Figura 2.3. Cableado centralizado de fibra óptica .....	35
Figura 2.4. Topología estrella jerárquica para el cableado de un edificio .....	36
Figura 2.5. Cableado horizontal y de área de trabajo .....	37
Figura 2.6. Rutas y espacios de telecomunicaciones en un edificio .....	41
Figura 2.7. Ducto de conexión entre cuartos de telecomunicaciones .....	44

Figura 2.8. Conector de fibra óptica ST .....	53
Figura 2.9. Conector de fibra óptica tipo SC .....	53
Figura 2.10. Conector de fibra óptica tipo SC .....	54
Figura 2.11. Cajetín o roseta óptica .....	54
Figura 2.12. Distribución de fibra óptica dentro de un cajetín normalizado .....	55
Figura 2.13. Bloques de la infraestructura de servicios Tripleplay .....	57
Figura 2.14. Comparación básica entre tecnologías de transmisión y el ancho de banda entregado al usuario .....	57
Figura 2.15. Concepto de empaquetado de servicios tripleplay .....	58
Figura 2.16. Penetración de arquitecturas de fibra óptica .....	59
Figura 2.17. Sistema estándar para servicios tripleplay.....	60
Figura 2.18. Principio de funcionamiento de un splitter óptico .....	61
Figura 2.19. Estructura básica de la red de servicio de fibra óptica. ....	67
Figura 2.20. Esquema de la red de cliente. Fuente ETAPA E.P.....	70
Figura 2.21. Caja de usuario .....	73
Figura 2.22. Pigtail de fibra óptica .....	74
Figura 2.23. Patch cord de fibra óptica .....	74
Figura 2.24. Bastidor de fibra en sala de telecomunicaciones .....	75
Figura 2.25. Dimensiones mínimas del cuarto de telecomunicaciones. ....	77
Figura 2.26. a) Distancias para la ubicación de los equipos en el cuarto de telecomunicaciones. b) Ubicación del rack en relación a la posición de la puesta a tierra. Fuente: Los Autores .....	78
Figura 2.27. Ubicación de equipos eléctricos para un cuarto de telecomunicaciones de 1 rack. Fuente: Los Autores.....	79
Figura 2.28. Placa de cobre perforada. Fuente: ETAPA E.P.....	80
Figura 2.29. Estructura de la red interior. Fuente: ETAPA E.P.....	81
Figura 2.30. Cableado centralizado de fibra óptica. Fuente: ETAPA E.P.....	81
Figura 2.31. Roseta de fibra óptica .....	83
Figura 3.1. Diagrama vertical para la solución de red en edificios. Fuente: Autor .....	96
Figura 3.2. Solución de red de fibra con armario de equipos intermedio. Fuente: Autor.....	99



Figura 3.3. Gabinete de distribución de servicios en una conexión FTTH.....	101
Figura 3.4. Rack de pared utilizado en redes de cableado estructurado .....	102
Figura 3.5. Patch Panel de fibra óptica. ....	102
Figura 3.6. Distribución del rack .....	103
Figura 3.7. Tipos de fibra utilizados en WDM .....	104
Figura 3.8. Conector SC/APC utilizado en arquitecturas FTTH. ....	104
Figura 3.9. Arquitectura simplificada de red para soluciones FTTH en edificios.....	105
Figura 3.10. Caja de usuario 1:16 en caja metálica para rack .....	105
Figura 3.11. Máximo radio de curvatura en una fibra óptica.....	106
Figura 3.12. Roseta óptica adosada en Pared (Soluciones FTTH) .....	107
Figura 3.13. Solución de Triple play con ONT y roseta óptica .....	108
Figura 3.14. Canaleta utilizada para fibra óptica. ....	108
Figura 3.15. Conexión entre la roseta óptica y la ONT .....	109
Figura 3.16. Caja de empalmes.....	110
Figura 3.17. Cajas de terminación .....	110
Figura 3.18. Pestaña “Índice” de la herramienta para cálculo de presupuesto. Fuente: Autor .	111
Figura 3.19. Pestaña “Cabecera” de la herramienta para cálculo de presupuesto. ....	112
Figura 3.20. Pestaña “Identificación de red” de la herramienta para cálculo de presupuesto ..	113
Figura 3.21. Pestaña “Pérdidas proyectadas” de la herramienta para el cálculo del presupuesto. Fuente: Autor .....	114
Figura 3.22. Pestaña “Presupuesto del enlace” de la herramienta para el cálculo del presupuesto. Fuente: Autor .....	115
Figura 3.23. Pestaña “Mano de obra” de la herramienta para el cálculo del presupuesto. Fuente: Autor .....	116
Figura 3.24. Pestaña “Materiales” de la herramienta para el cálculo del presupuesto. Fuente: Autor .....	117
Figura 3.25. Pestaña “Equipos” de la herramienta para el cálculo del presupuesto .....	118
Figura 3.26. Pestaña “Presupuesto total” de la herramienta para el cálculo del presupuesto..	119
Figura 3.27. Base de datos de mano de obra calificada. Fuente: Autor.....	120
Figura 3.28. Base de datos de materiales. Fuente: Autor.....	121

Figura 3.29. Base de datos de equipos .....	121
Figura 4.1. ONT Alcatel i220 .....	127
Figura 4.2. ONT Huawei HG850 .....	127
Figura 4.3. Solución de red de fibra con armario de equipos intermedio. Fuente: Autor.....	129
Figura 4.4. Solución de red de fibra sin armario intermedio. Fuente: Autor .....	130
Figura 4.5. Solución de red de fibra óptica para el condominio modelo. ....	132
Figura 4.6. Diagrama vertical de red para el edificio modelo. Fuente: Autor .....	138
Figura 4.7. Diagrama vertical de red para la urbanización modelo. ....	139
Figura 4.8. Crecimiento de ancho de banda en EEUU .....	157

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Índices de Refracción.....	10
Tabla 1.2. Comparativa de los distintos tipos de fibra óptica.....	18
Tabla 1.3. Tabla Comparativa de los tres tipos de fibra óptica.....	24
Tabla 2.1. Distancias máximas y atenuación para fibra óptica .....	32
Tabla 2.2. Tensiones y radios de curvatura máximos para fibra óptica .....	33
Tabla 2.3. Parámetros de desempeño de fibra óptica .....	38
Tabla 2.4. Radio de curvatura en fibra óptica para edificios .....	39
Tabla 2.5. Código de colores para fibra óptica .....	39
Tabla 2.6. Tamaños mínimos de tableros y cabinas de acometida en función de la superficie del edificio .....	42
Tabla 2.7. Tamaño del cuarto de equipos en función del número de estaciones de trabajo .....	43
Tabla 2.8. Identificadores para la clase 1 de administración .....	45
Tabla 2.9. Formatos de identificación para elementos de red.....	46
Tabla 2.10. Código de colores para etiquetas .....	46
Tabla 2.11 Estándares aplicables a tipos de fibra óptica .....	48
Tabla 2.12. Características de fibra óptica G.652.....	49
Tabla 2.13. Fibras ópticas según ITU-T G652 .....	49
Tabla 2.14. Fibra tipo G652.....	50
Tabla 2.15. Tipos de fibra según ITU-T G657 .....	50
Tabla 2.16. Fibra óptica tipo G655 .....	51
Tabla 2.17. Pérdidas de inserción en función del número de puertos de un splitter óptico .....	61
Tabla 2.18. Características de las redes PON existentes .....	63
Tabla 2.19. Balance de atenuación en sistemas GPON de 2.5Gbit/s.....	63
Tabla 2.20. Tensiones y radios de curvatura máximos para fibra óptica.....	84
Tabla 2.21. Registro de hilos de la red interna .....	89
Tabla 2.22. Registro de hilos de la red interna. ....	90
Tabla 3.1. Registro de hilos de fibra para la Caja A1 del edificio.....	97

Tabla 3.2. Registro de hilos para la caja A1 en la red óptica de la urbanización .....	99
Tabla 4.1. Comparación de precios para diferentes marcas de patch panel .....	123
Tabla 4.2. Comparación de precios para diferentes marcas de Racks de pared. ....	123
Tabla 4.3. Comparación de precios de fibra óptica de diferentes fabricantes .....	124
Tabla 4.4. Comparación de precios entre fabricantes de Splitters y costo total de la instalación, .....	125
Tabla 4.5. Precio de canaletas para la instalación de fibra óptica en el edificio modelo.....	125
Tabla 4.6. Comparación de precios entre ONTs de diferentes fabricantes.....	126
Tabla 4.7. Comparación de características de ONTs en el mercado .....	126
Tabla 4.8. Comparación de costos y pérdidas de las dos soluciones de redes propuestas.....	131
Tabla 4.9. Comparación de soluciones para condominio habitacional.....	133
Tabla 4.10. Resumen de costos de la red de fibra para el edificio modelo con normas internacionales. ....	134
Tabla 4.11. Totales de implementación proyectados para el edificio modelo.....	134
Tabla 4.12. Resumen de costos de red de la urbanización modelo con normas internacionales. .....	136
Tabla 4.13. Totales de implementación proyectados para la urbanización modelo .....	137
Tabla 4.14. Costo de diseño para condominios con normativa de ETAPA.....	140
Tabla 4.15. Total proyectado de implementación para el edificio modelo aplicando normas de ETAPA E.P. ....	140
Tabla 4.16. Costo de diseño para urbanizaciones con normativa de ETAPA E.P.....	142
Tabla 4.17. Total proyectado para la urbanización modelo utilizando normas de ETAPA E.P. .....	143
Tabla 4.18. Comparación de costos para urbanizaciones y condominios según normativa utilizada.....	156
Tabla 4.19. Proyección de crecimiento de ancho de banda en EEUU.....	158
Tabla 4.20. Proyección de crecimiento de ancho de banda en Ecuador .....	158
Tabla 4.21. Proyección de crecimiento de ancho de banda en Ecuador con valores de referencia de EE.UU .....	158

## INTRODUCCIÓN

La tecnología tiene un desarrollo impresionante, día a día surgen nuevos y novedosos servicios, aplicaciones en cuanto a voz, video y datos, es por eso que el despliegue de redes debe principalmente ser eficiente y con un alto factor de calidad.

En la ciudad de Cuenca la empresa proveedores de servicios de telecomunicaciones ha mantenido la red de cobre como medio de transmisión para brindar los diferentes servicios, pero debido a la gran demanda hoy en día la red existente no presenta los requerimientos necesarios para ser una red de alta velocidad y de acuerdo como la tecnología avanza a pasos agigantados a futuro esta red va a quedar prácticamente obsoleta y se requiere de una solución.

Las empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones enfrentan una lucha constante de competitividad en el mercado y aunque en la ciudad de Cuenca la empresa ETAPA EP es la entidad líder en cuanto a estos servicios no puede dejar de lado la mejora de su infraestructura de red.

A nivel internacional el uso de fibra hasta el hogar es algo común ya que permite la distribución de servicios avanzadas como el Triple Play, telefonía, Internet de banda ancha y televisión, a los hogares y negocios de los abonados alcanzando velocidades de hasta 100 megas simétricos, por ejemplo, en Europa hay países como Francia, Holanda o Suecia donde disfrutan ya de estas conexiones. En España el número de abonados es inferior a 10.000 y únicamente Movistar comercializa ofertas de 50 y 100 megas en las principales ciudades.

En el ámbito local, dentro de las políticas de telecomunicaciones del Gobierno se encuentra el crecimiento de la fibra óptica, como una línea inclusiva que permita reducir la brecha digital con el objetivo de que todos los ecuatorianos tengan acceso a las tecnologías de la información y comunicación a través de servicios de calidad y calidez, independientemente de la condición social o ubicación geográfica.

ETAPA E.P como líder en el mercado de telecomunicaciones en la ciudad de Cuenca, tiene el compromiso de mantenerse siempre a la vanguardia con la tecnología y es por ello que la empresa ha emprendido en varios proyectos para realizar la sustitución de la red de cobre existente por fibra óptica, tomando en cuenta normas tanto para el diseño como para la implementación. El diseño de este tipo de redes requiere muchas veces tiempo y recursos inestimables con lo cual este proyecto pretende generar una herramienta capaz de agilizar el proceso de diseño y que su vez permita lograr una reducción de costos en dicho proceso.

# CAPITULO I

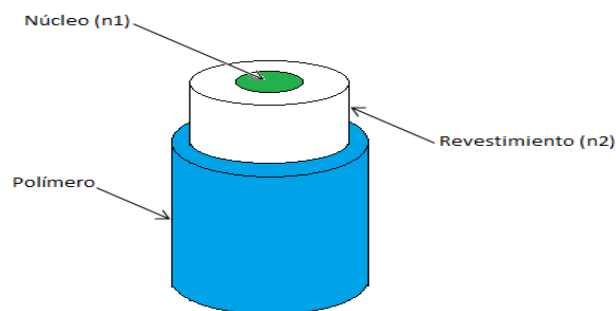
# Capítulo 1. GENERALIDADES Y CONCEPTOS BÁSICOS DE FIBRA ÓPTICA

## 1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA ÓPTICA

La Fibra Óptica es un medio de transmisión físico capaz de brindar velocidades y distancias mayores a cualquier otro medio de transmisión como por ejemplo cobre y medios inalámbricos.

Son pequeños filamentos los cuales pueden ser de vidrio compuestos de cristales naturales o de plástico compuestos de cristales artificiales (óxido de silicio y germanio), con un espesor entre 10 y 300 micrómetros. Estos filamentos llevan señales de luz de un extremo al otro independientemente del camino que tomen ya sea curvo o recto. Está compuesta por tres capas:

- Núcleo: Es propiamente la fibra y brinda el camino por donde se dirigirá el haz de luz.
- Revestimiento: Cubre el núcleo y asegura de que la luz se dirija por el mismo. Se compone de una o más capas.
- Recubrimiento o Polímero: Protege la fibra de cualquier daño como por ejemplo de la humedad y del maltrato. Todo esto lo podemos observar en la Figura 1.1.



**Figura 1.1. Composición de una Fibra Óptica [1]**

Así como la fibra óptica ha ido evolucionando lo han hecho sus características:

- Cobertura más resistente: La cubierta contiene un 25% más material que las cubiertas convencionales.

- Uso dual (interior y exterior): La resistencia al agua y emisiones ultravioleta, la cubierta resistente y el funcionamiento ambiental extendido de la fibra óptica contribuyen a darle un mayor tiempo de vida a la fibra.
- Mayor protección en lugares húmedos: Se combate la intrusión de la humedad en el interior de la fibra con múltiples capas de protección alrededor de ésta, proporcionándole así, una mayor vida útil y confiabilidad en lugares húmedos.
- Empaquetado de alta densidad: Con el máximo número de fibras en el menor diámetro posible se consigue una más rápida y más fácil instalación, donde el cable debe enfrentar dobleces agudos y espacios estrechos. Se ha llegado a conseguir un cable con 72 fibras de construcción súper densa cuyo diámetro es un 50% menor al de los cables convencionales. [2]
- Protección antiinflamable: Debido a que las instalaciones antiguas de Fibra Óptica contenían cubiertas de material y relleno de gel inflamables los nuevos avances en protección antiinflamable hace que este riesgo disminuya cumpliéndose así con las normas de instalación

### **1.1.1 CARACTERÍSTICAS MECANICAS DE LA FIBRA ÓPTICA**

La F.O. como elemento resistente dispuesto en el interior de un cable formado por agregación de varias de ellas, no tiene características adecuadas de tracción que permitan su utilización directa.

Por otra parte, en la mayoría de los casos las instalaciones se encuentran al aire libre o en entornos que pueden afectar de manera perjudicial al núcleo.

La investigación sobre componentes optoelectrónicos y fibras ópticas ha traído consigo un sensible aumento de la calidad de funcionamiento de los sistemas. Así mismo se hace necesario el uso de protecciones de calidad capaces de garantizar el buen estado de la fibra. Todo esto va relacionado especialmente con la curvatura y microcurvatura de la misma, así mismo la resistencia mecánica y las propiedades de durabilidad.

Las microcurvaturas y tensiones se determinan por medio de los ensayos de:

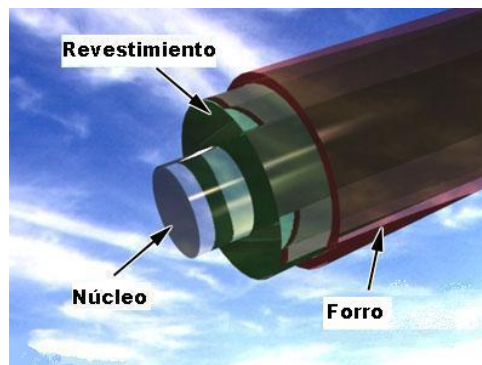


- **Tensión:** en el tendido de fibra se pueden realizar fuerzas de estiramiento o contracción que quizá puedan sobrepasar el límite de elasticidad, provocando rompimiento o las llamadas microcurvaturas, como se observa en la Figura 1.17.
- **Compresión:** se refiere al esfuerzo transversal.
- **Impacto:** se debe principalmente a las protecciones del cable óptico.
- **Enrollamiento:** el ángulo de curvatura siempre tiene un límite de acuerdo al tipo de fibra sin embargo en cuanto al enrollamiento la cubierta de la fibra impide que se sobrepase dicho ángulo. Por otra parte en el tendido de F.O. se podría dar una macrocurvatura, como se observa en la Figura 1.18.
- **Torsión:** es el esfuerzo lateral y de tracción.
- **Limitaciones Térmicas:** De acuerdo al material con que fueron producidas las fibras ópticas ya sea vidrio o materiales sintéticos, dependen las limitaciones de las mismas.

Un objetivo adicional es reducir las pérdidas adicionales por cableado y la atenuación con la temperatura. [4]

### 1.1.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA FIBRA ÓPTICA

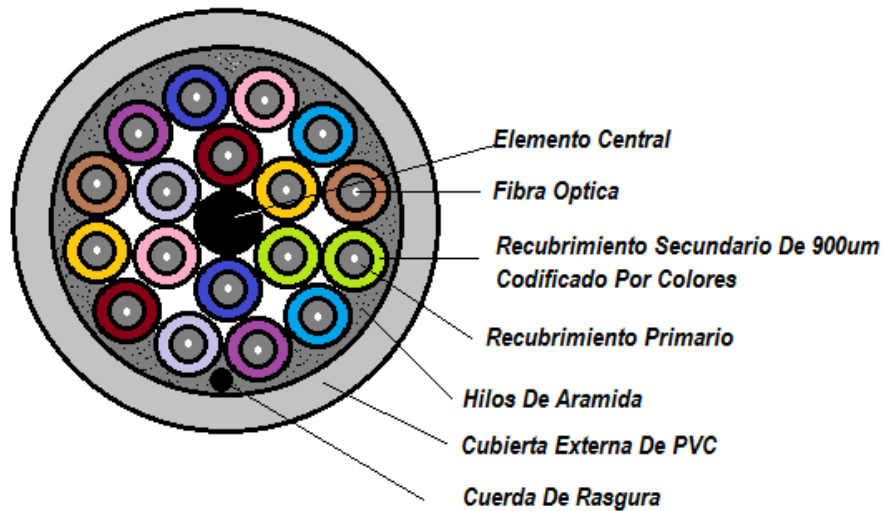
Elementalmente, la fibra óptica está formada por una parte cilíndrica en donde se realiza la propagación, se denomina núcleo, observado en la Figura 1.2. Así mismo esta sección va protegida por una zona externa y coaxial a éste, realmente necesaria para que se produzca el modo de propagación, la cual se denomina envoltura o revestimiento. Estas dos zonas a su vez tienen una funda o protección para evitar daños por temperatura, roedores, humedad, aplastamiento y otros perjuicios por el entorno.



**Figura 1.2. Estructura de una Fibra Óptica. [5]**

La capacidad de transmisión de información que tiene una fibra óptica depende de tres características fundamentales:

- a) Del diseño geométrico de la fibra.
- b) De las propiedades de los materiales empleados en su elaboración. (Diseño óptico)
- c) De la anchura espectral de la fuente de luz utilizada. Cuanto mayor sea esta anchura, menor será la capacidad de transmisión de información de esa fibra. [4]



**Figura 1.3. Cable de F.O de varios hilos. [4]**

Las dimensiones son más pequeñas que otros medios de transmisión. Por ejemplo un cable de 10 fibras tiene un diámetro aproximado de 8 o 10 mm, y proporciona la misma o más información que un coaxial de 10 tubos.

Por otra parte el peso de los cables de fibras ópticas es inferior comparado con los cables metálicos, lo cual facilita la instalación.

La sílice tiene un amplio margen de funcionamiento en lo referente a temperatura, pues funde a 600°C. La F.O. presenta un funcionamiento uniforme desde -55°C a +125°C sin degradación de sus características. [4]

### **1.1.3 PROPIEDADES DE TRANSMISIÓN Y PARAMETROS DE LA F.O**

En un sistema de comunicación a través de fibra óptica se requiere un proceso de acuerdo a los siguientes pasos: (1) un transmisor genera la señal óptica (2) la señal se envía a través de la fibra óptica, asegurando una señal potente y sin distorsiones (3) recepción de la señal óptica para luego convertirla en una señal eléctrica.

Las características de *refracción* y *reflexión* permiten que varias longitudes de onda sean direccionadas a través del cable. Por otra parte para la propagación, se requiere que la luz sea confinada en el interior de la fibra lo cual lo podemos lograr con la *reflexión total interna*.

### 1.1.3.1 REFLEXIÓN

La luz viaja a distintas velocidades de acuerdo al material que atraviesa. Cuando un rayo incidente de luz cruza de una superficie a otra, se refleja parte de la energía de dicho rayo de luz denominado rayo reflejado, como se ve en la Figura 1.4.

Rayo 1: Rayo incidente medido a  $\theta_1$  de lo normal.

Rayo 2: Rayo reflejado medido a  $\theta_2$  de lo normal.

De acuerdo a la ley de la reflexión  $\theta_1 = \theta_2$

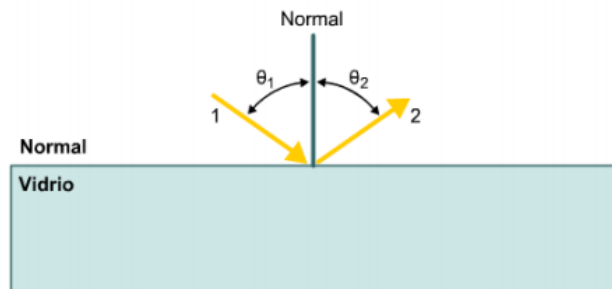
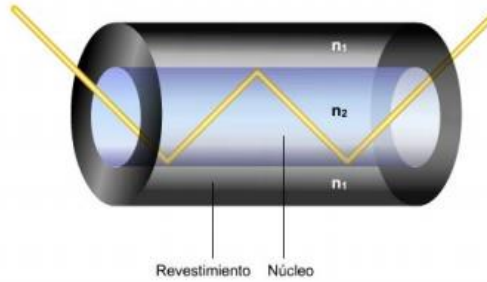


Figura 1.4. Principio de reflexión [14]

### 1.1.3.2 REFLEXIÓN TOTAL INTERNA

La señal óptica enviada como unos y ceros a través de una fibra óptica, debe mantenerse en la fibra hasta que llegue al receptor. Se habla de que el rayo de luz no debe refractarse en el revestimiento de la fibra, ya que si lo hace se produce pérdidas en la potencia de la señal del rayo. Es aquí donde el material envolvente de la fibra debe ser diseñado como una especie de espejo para que el rayo se propague totalmente, entonces los rayos que quisieran salir por la parte lateral de la fibra son reflejados nuevamente hacia dentro con lo cual se forma un "conducto" o "guía de ondas", observado en la Figura 1.5.

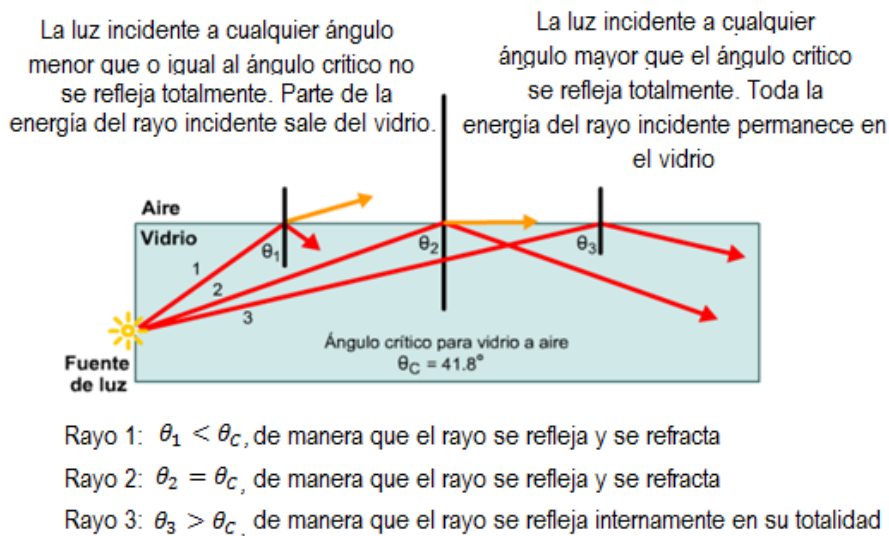


**Figura 1.5. Guía de ondas [14]**

Tomando en cuenta las leyes de reflexión y de refracción se puede diseñar una fibra óptica que permita guiar la luz dentro de la misma con pérdidas mínimas, lo cual se puede garantizar con las siguientes condiciones:

- El componente que envuelve la fibra óptica (revestimiento) debe tener un índice de refracción menor que el del núcleo de la misma.
- El rayo de luz tendrá un ángulo de incidencia mayor que el ángulo crítico para el núcleo y su revestimiento.

Estas dos condiciones se reflejan en la siguiente Figura 1.6:

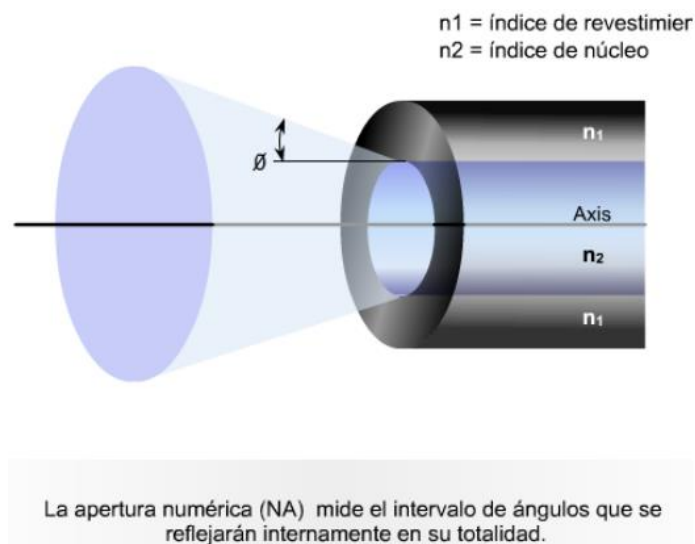


**Figura 1.6. Reflexión total interna [15]**

De esta forma la luz incidente en la fibra se refleja completamente, a lo que se llama **Reflexión Total Interna** cuyo concepto es la base de la fabricación de la fibra óptica. Así de esta manera el rayo de luz se propaga a través de la fibra en forma de zigzag al momento de chocar entre el núcleo y el revestimiento.

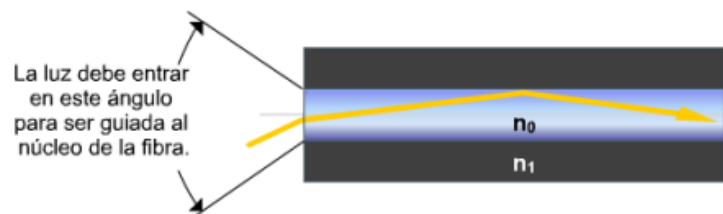
Por otra parte el ángulo incidente de los rayos de luz puede ser controlado con la restricción de los siguientes parámetros:

- La apertura numérica de la fibra: La apertura numérica (reflejada en la Figura 1.7) del núcleo es el rango de ángulos de los rayos de luz incidente que ingresan a la fibra y que son reflejados en su totalidad. [17]



**Figura 1.7. Apertura numérica [16]**

- Modos: Los trayectos que puede recorrer un rayo de luz cuando viaja por la fibra (obsérvese en la Figura 1.8). [17]

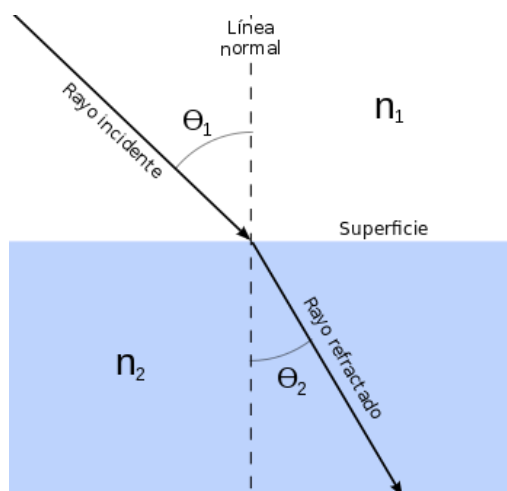


**Figura 1.8. Modos [18]**

### 1.1.3.3 REFRACCION

Existe un rayo refractado debido a que parte de la energía de la luz que no se refleja entra en el revestimiento de la fibra doblándose con ángulo, como se puede observar en la Figura 1.9.

El grado en que se dobla el rayo de luz incidente depende del ángulo que forma el rayo incidente al llegar a la superficie del material y de las distintas velocidades a la que la luz viaja a través de las dos sustancias. [18]



**Figura 1.9. Principio de refracción [19]**

### 1.1.3.3.1 Índice De Refracción

El índice de refracción es una medida que determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio homogéneo. Lo cual se observa en la Tabla 1.1.

Índice de refracción para diferentes medios:

Material	Índice de refracción
Vacío	1
Aire (*)	1,0002926
Agua	1,333
Acetaldehído	1,35
Solución de azúcar (30%)	1,38
1-butanol (a 20 °C)	1,399
Glicerina	1,473
Heptanol (a 25 °C)	1,423
Solución de azúcar (80%)	1,52
Benceno (a 20 °C)	1,501
Metanol (a 20 °C)	1,329
Cuarzo	1,544
Vidrio (corriente)	1,54
Disulfuro de carbono	1,6295
Cloruro de sodio	1,544
Diamante	2,42

**Tabla 1.1. Índices de Refracción**

### 1.1.3.3.2 Ley De Snell

Se trata de una fórmula que calcula el ángulo de refracción de la luz cuando atraviesa una superficie de separación entre dos medios con índice de refracción distintos (Ecuación 1-1).

$$n_1 * \sin(\theta_1) = n_2 * \sin(\theta_2) \quad (1-1)$$

En donde:

$n_1$  = Índice de refracción del primer medio

$\theta_1$  = Ángulo de incidencia del primer medio

$n_2$  = Índice de refracción del segundo medio

$\theta_2$  = Ángulo de incidencia del segundo medio

## 1.2 PROPAGACIÓN DE LA LUZ A TRAVÉS DE LA FIBRA ÓPTICA

El núcleo y el revestimiento están formados por un material similar el cual comúnmente es vidrio de sílice con la leve diferencia de que el núcleo posee un mayor índice de refracción que el revestimiento. Esto se debe a que cuando la luz golpea con una superficie con un índice de refracción menor, se refleja gran parte de ella, cuanto mayor sea la diferencia de índices y mayor el ángulo de incidencia, más se tiende a llegar a la reflexión interna total.

En el interior de una fibra óptica, la luz se va reflejando contra las paredes en ángulos muy abiertos, de tal forma que prácticamente se dirige solo por núcleo. [7]

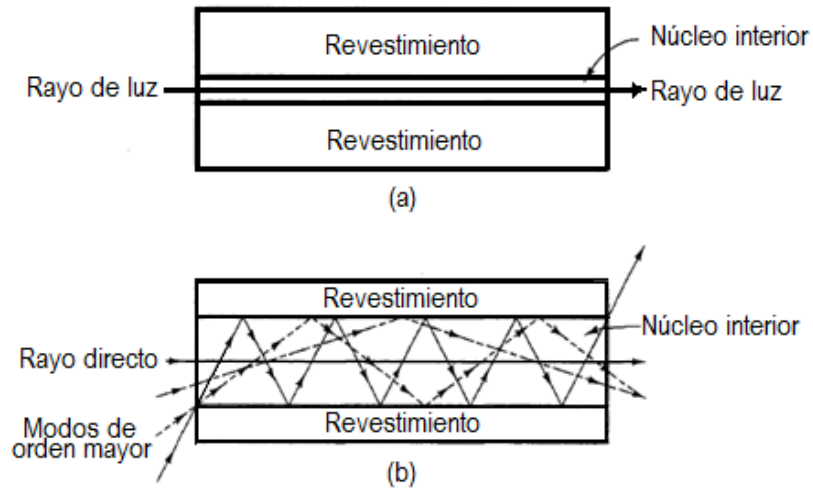
De este modo, la luz puede transmitirse a largas distancias reflejándose miles de veces sin que se produzca pérdidas. En el mercado también existen las fibras hechas de plástico que aunque su precio es menor que las fabricadas de vidrio de sílice poseen la desventaja de que no tienen tanto alcance en su aplicación y la señal a su llegada es mucho más tenue.

La luz puede propagarse por medio del cable de fibra óptica por dos modos, reflexión o refracción, para que se dé una de estas dos alternativas depende del modo de propagación y del perfil de índice de la fibra óptica. Ambos modos son reflejados en la Figura 1.10.

A continuación se presentan las características principales relacionadas con los modos de propagación en fibra óptica basados en lo expuesto por Wayne Tomasi en su libro Sistemas de Comunicaciones Electrónicas [5].

- **Modo de Propagación**

Si la luz se dirige en una sola trayectoria se llama monomodo pero si lo hace en más de una toma el nombre de multimodo.

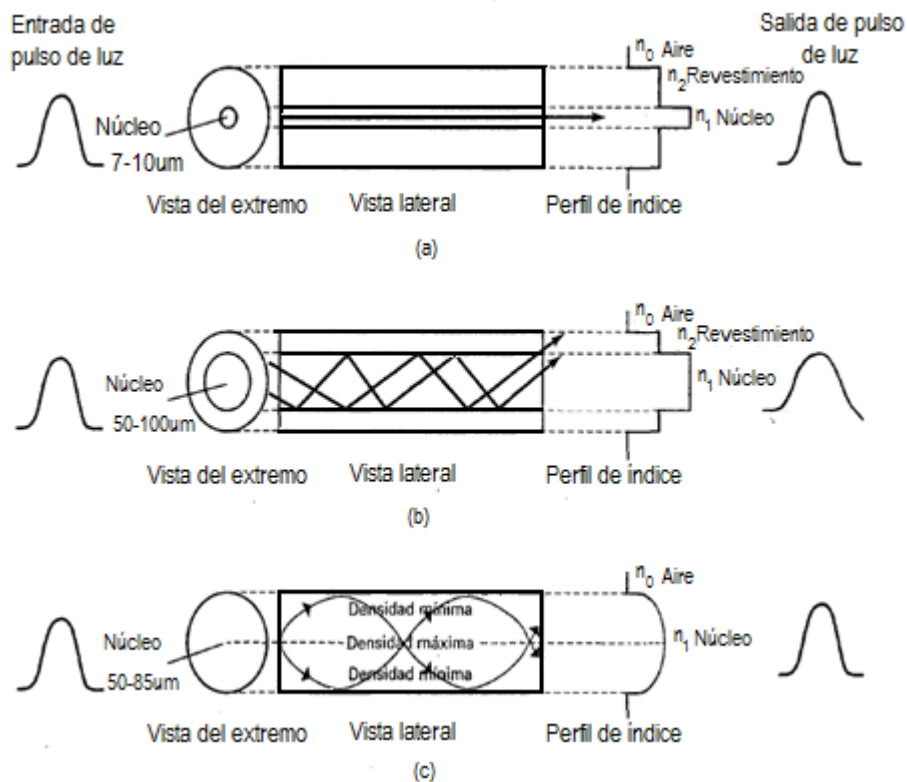


**Figura 1.10. Modos de propagación: (a) unimodal; (b) multimodal [5]**

- **Perfil de índice de la fibra**

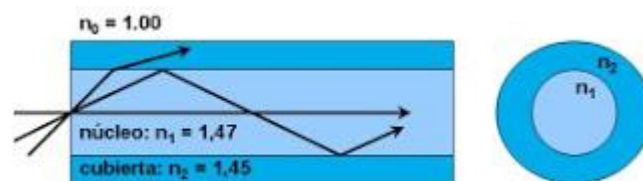
Es una representación gráfica del índice de refracción en la sección transversal de la fibra. El índice de refracción se grafica en el eje horizontal y el eje vertical representa la distancia radial al centro. Hay dos tipos básicos de perfiles de índice: escalonados y graduados (Figura 1.11).





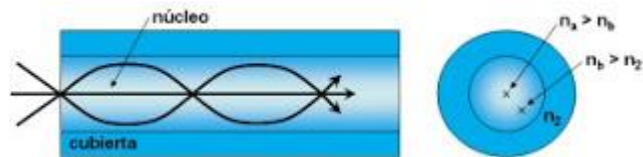
**Figura 1.11. Perfiles de índice en el núcleo: (a) unimodal, índice escalonado; (b) multimodal, índice escalonado; (c) multimodal, índice graduado [5]**

- **Perfil de índice escalonado:** Una fibra de índice escalonado tiene un núcleo central con índice de refracción uniforme el cual está rodeado por un revestimiento externo con un índice de refracción uniforme pero menos que el del núcleo. En este tipo de fibras hay un cambio inmenso de índice de refracción en la interfaz entre el núcleo y el revestimiento, como se ve en la siguiente Figura 1.12.



**Figura 1.12. Fibra óptica multimodo de índice escalonado. [8]**

- **Perfil de índice graduado:** En una fibra de índice graduado no hay revestimiento y el índice de refracción del núcleo no es uniforme de tal manera que en el centro tiene su índice máximo y disminuye conforme se acerca a su borde externo, como se observa en la Figura 1.13.



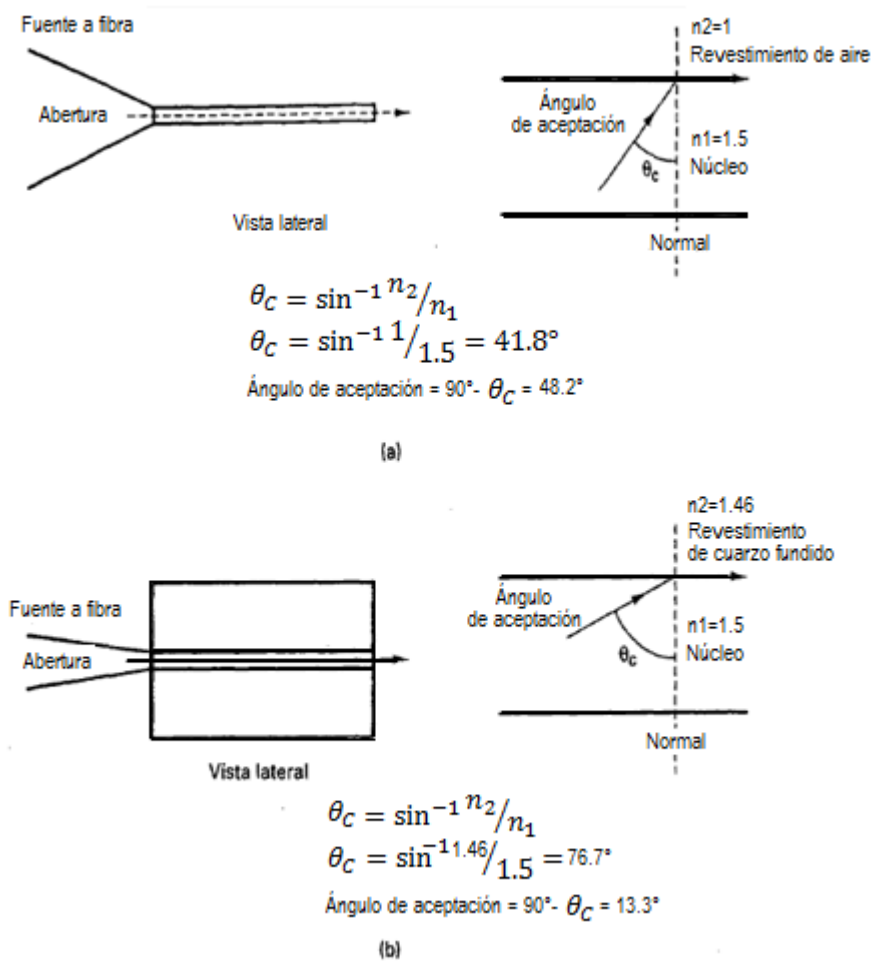
**Figura 1.13. Fibra óptica multimodo de índice graduado [8]**

## 1.2 .1 CONFIGURACIONES DE LA FIBRA ÓPTICA

En esencia hay tres clases de configuración de fibra óptica: índice escalonado unimodal, índice escalonado multimodal e índice graduado multimodal.

### 1.2.1.1 FIBRA MONOMODO DE ÍNDICE ESCALONADO

La fibra monomodo de índice escalonado tiene un núcleo central tan pequeño que la luz solo puede propagarse por el cable en una sola trayectoria (Figura 1.14). En esta clase de fibras, el revestimiento externo solo es de aire. El índice de refracción del núcleo de vidrio ( $n_1$ ) es uniforme y es aproximadamente 1.5, y el de revestimiento de aire ( $n_0$ ) es 1, esta diferencia hace que el ángulo crítico sea de aproximadamente 42 grados en la interfaz vidrio-aire, lo que en conclusión es encapsular la luz de una fuente hacia el cable, pero tiene la desventaja de ser muy débil y sus usos prácticos limitados.



**Figura 1.14. Fibras unimodales de índice escalonado: (a) revestimiento de aire; (b) revestimiento de vidrio. [5]**

Una clase más práctica de fibra unimodal escalonada es la que tiene un revestimiento de cuarzo fundido (Figura 1.11a). El índice de refracción del revestimiento ( $n_2$ ) es un poco mayor que el del núcleo central ( $n_1$ ) y es uniforme en todo el revestimiento. Esta clase de fibra es más resistente, pero el ángulo crítico también es mucho mayor, unos  $77^\circ$ , lo que dificultaría acoplar la fuente para que pase la luz al interior de la fibra.

Con ambos tipos de fibra unimodal de índice escalonado, la luz se propaga por la fibra por reflexión. Los rayos luminosos que entran a la fibra se emiten directamente por el núcleo o quizá se reflejen una vez. En consecuencia, todos los rayos de luz siguen aproximadamente la misma trayectoria por el cable, y tardan de forma aproximada el mismo tiempo en recorrer el tramo de cable. Esta es una ventaja de las fibras unimodales de índice escalonado. [5]

Una fibra óptica unimodal transmitirá un solo modo para todas las longitudes de onda que sean mayores que su longitud de onda de corte ( $\lambda_c$ ), la cual se calcula a través de (Ecuación 1-2).:

$$\lambda_c = \frac{2\pi a n_1 \sqrt{2\Delta}}{2.405} \quad (\mu m) \quad (1-2)$$

Siendo en esta fórmula:

$$a = \frac{\text{diámetro de la fibra}}{2}$$

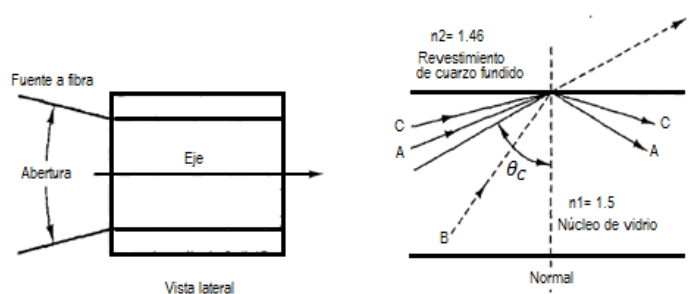
$n_1$  = índice de refracción del núcleo

$$\Delta = \frac{\text{índice de refracción del núcleo} - \text{índice de refracción del revestimiento}}{\text{índice de refracción del núcleo}}$$

### 1.2.1.2 FIBRA MULTI MODAL DE INDICE ESCALONADO

Este tipo de fibra tiene una configuración parecida a la fibra unimodal, pero el núcleo central es mucho mayor. Esta clase de fibra tiene una abertura grande de luz hacia la fibra como se muestra en la (Figura 1.15). Los rayos luminosos que llegan a la interfaz entre núcleo y revestimiento formando un ángulo mayor que el crítico (rayo A) se propagan por el núcleo en zigzag, reflejándose continuamente en la interfaz. Los rayos luminosos que llegan a la interfaz entre el núcleo y el revestimiento forman un ángulo menor que el crítico (rayo B) y los que entran al revestimiento se pierden.

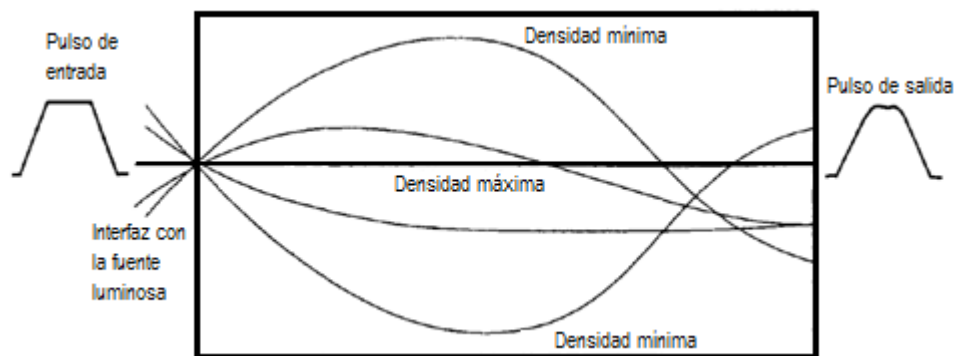
Se puede ver que hay muchas trayectorias que puede seguir un rayo de luz al propagarse por la fibra, dando como resultado que no todos los rayos de luz sigan la misma trayectoria por lo tanto no tardan lo mismo en recorrer la longitud de la fibra. [5]



**Figura 1.15. Fibra multimodal de índice escalonado [5]**

### 1.2.1.3 FIBRA MULTIMODAL DE INDICE GRADUADO

Estas fibras se caracterizan por un núcleo central cuyo índice de refracción no es uniforme el cual es máximo en el centro y disminuye gradualmente hacia su borde externo. La luz se propaga por esta clase de fibras por refracción. Al propagarse un rayo de luz en dirección diagonal desde la orilla hasta el núcleo, pasa continuamente de una fase menos densa a una más densa. En consecuencia, los rayos luminosos se refractan en forma constante, y eso produce su deflexión continua. La luz entra a la fibra formando muchos ángulos diferentes. Al propagarse por la fibra, los rayos que viajan en la zona más externa de la fibra recorren mayor distancia que los que van cerca del centro. En vista de que el índice de refracción disminuye con la distancia al centro y que la velocidad es inversamente proporcional al índice de refracción, la luz que va más alejada del centro se propaga con mayor velocidad, por lo tanto se tardan aproximadamente lo mismo en recorrer la longitud de la fibra. Esto se ve reflejado en la Figura 1.16.



**Figura 1.16. Fibra multimodal de índice graduado. [5]**

A continuación se presenta en la tabla comparativa de los distintos tipos de fibra óptica:

Características	Fibras Multimodo		Fibras Monomodo
	Índice Escalonado	Índice Gradual	
Diámetro del Núcleo	100um<0<600um	50um<0<100um	8um<0<10um
Diámetro de cubierta	140um<0<1000um	25um<0<150um	125um
Índice del núcleo	Constante	Carece del centro a la periferia	creciente o decreciente
Apertura numérica	0.30	0.20 al 0.27	muy pequeña I=0
Banda de paso	20 a 10 MHz/Km	200 a 1200 MHz/Km	> 10 GHz/Km, no significativa
<b>Atenuación según las ventanas</b>			
0.85um	8 a 20 dB/Km	x	x
1.3um	x	2.5 a 4 dB/Km	0.3 a 0.5 dB/Km
1.55um	x	0.6 a 1.5 dB/Km	0.150 a 0.3 dB/Km

**Tabla 1.2. Comparativa de los distintos tipos de fibra óptica. [3]**

### 1.3 PERDIDAS EN LA FIBRA ÓPTICA

La pérdida de potencia en la señal dentro de la fibra óptica depende de varios factores tanto intrínsecos (propiedades de la fibra) como extrínsecos (factores que dependen de la unión de la fibra). La longitud de la fibra óptica es limitada, y para hacer un enlace óptico largo se tienen que realizar interconexiones mediante diferentes dispositivos o mecanismos [13].

#### 1.3.1. Pérdidas Intrínsecas

Estas pérdidas se deben a factores propios a la naturaleza de las fibras, ya sea las características geométricas u ópticas de las mismas. Dentro de las pérdidas intrínsecas podemos hablar también de: pérdidas por curvatura y pérdidas por conexión y empalme.

### 1.3.1.1. Pérdidas por curvatura

Existe un límite de curvatura determinada en los parámetros de la fibra óptica dada por el fabricante, y cuando la misma es sometida a una curvatura mayor, se producen pérdidas.

En la Fibra Óptica se considera un radio de curvatura mínimo de valor igual a diez veces el diámetro del tubo que aloja al módulo de fibras. Se distinguen dos tipos de curvaturas en la fibra óptica [12]:

#### - Microcurvatura

Durante el proceso de fabricación e instalación se realizan fuerzas laterales a la fibra que pueden ocasionar microcurvaturas (Figura 1.17).

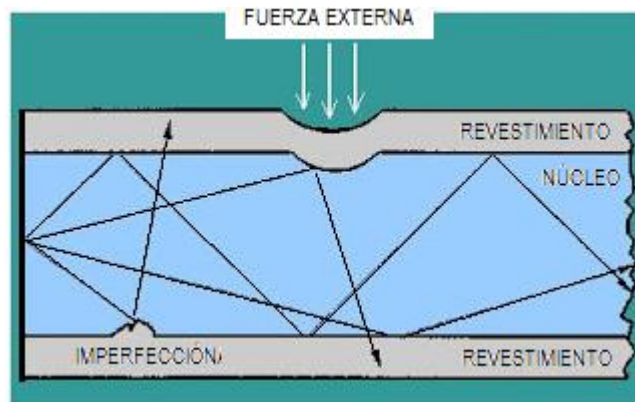
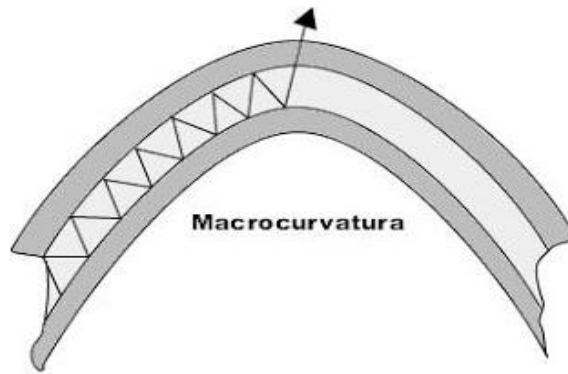


Figura 1.17. Microcurvatura de una fibra óptica [12]

#### - Macrocurvatura

Se da cuando los haces de luz logran escapar del núcleo, debido a que se supera el ángulo máximo en la reflexión total interna (Figura 1.18).



**Figura 1.18. Macrocurvatura de la fibra óptica [12]**

### **1.3.1.2 Pérdidas por conexión y empalme**

Cuando se realizan empalmes de fibra óptica durante el proceso de instalación, así mismo la interconexión de equipos a lo largo de un encaje óptico genera pérdidas en la potencia de la señal.

Las pérdidas por empalme dependen del tipo de empalme utilizado y se encuentran en un rango de 0,2dB a 1,0dB. [11]

En lo referente a conexiones las pérdidas se dan dependiendo del conector utilizado. Comúnmente existe un rango de pérdida que va de 0,3dB a 1,5dB. [11]. Cualquier diferencia que se dé en la unión de fibras ópticas va a dar paso a pérdidas de potencia.

### **1.3.2. Pérdidas Extrínsecas**

Las pérdidas extrínsecas se dan debido a factores externos a la naturaleza de las fibras. El dispositivo existente entre las fibras, separaciones, desviaciones ya sean lineales, angulares o laterales que ocasionan una diferencia en la conexión de los ejes de las mismas. En las subsecciones siguientes se detalla algunos tipos de pérdidas extrínsecas.[1]



### 1.3.2.1 Pérdidas por reflexión de Fresnel

La alteración existente en el índice de refracción en la unión de las fibras, da lugar a este tipo de pérdidas. Es decir una onda que va a ser propagada de un medio 1 a un medio 2 no llega completa al segundo porque parte de la onda se refleja hacia el primero. La siguiente fórmula permite calcular las pérdidas por reflexión de Fresnel. (Ecuación 1-3).

$$Pérdidas_{Fresnel} = -10 \log_{10}(1 - r)^2 = -20 \log_{10}(1 - r) \quad (1-3)$$

siendo  $r$  la reflectividad, que puede ser calculada con la siguiente fórmula (Ecuación 1-4):

$$r = \left( \frac{n_1 - n}{n_1 + n} \right)^2 \quad (1-4)$$

en donde  $n_1$  y  $n$  son los índices de refracción del núcleo de las fibras y el medio existente entre las mismas respectivamente.

### 1.3.2.2 Pérdidas constitutivas de la fibra

En el proceso de fabricación se puede dar ciertas imperfecciones, ya sea por residuos dañinos en el hilo de fibra, o ya sea a nivel constitutivo del vidrio lo cual ocasiona que el haz de luz no se propague correctamente y se pierda en el camino.

### 1.3.2.3 Atenuación en la fibra óptica

La atenuación en la fibra óptica es la cantidad de potencia perdida en la propagación del rayo de luz, o la alteración de la señal en el trayecto por la fibra. La atenuación depende también de la distancia a la cual se encuentren transmisor y receptor para que la señal sea transmitida sin errores.

La siguiente fórmula permite el cálculo de la atenuación (Ecuación 1-5):

$$A = 10 * \log \left( \frac{P_1}{P_2} \right) \quad (1-5)$$

Siendo:

A = Atenuación [dB/km]

P1 = Potencia de luz en la entrada de la F.O.

P2= Potencia de luz en la salida de la F.O.

La atenuación también depende del tipo de fibra óptica que se utiliza y de la señal que se esté transmitiendo.

## **1.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE LA FIBRA OPTICA**

La fibra óptica como tal tiene características generales como cualquier medio de transmisión con la diferencia de que con su uso se obtienen mejores prestaciones pero también presenta algunas desventajas que más que el beneficio que brindan es por su costo, a continuación se detallan ambas [9]:

### **1.4.1 VENTAJAS**

- Ancho de banda: La fibra óptica proporciona un ancho de banda significativamente mayor que los cables de pares (UTP / STP) y el Coaxial. Aunque en la actualidad se están utilizando velocidades de 1,7 Gbps en las redes públicas [referenciar], la utilización de frecuencias más altas (luz visible) permitirá alcanzar los 39 Gbps. El ancho de banda de la fibra óptica permite transmitir cualquier tipo de información como puede ser triple-play que es tan común en la actualidad.
- Distancia: La baja atenuación de la señal óptica permite realizar tendidos de fibra óptica sin necesidad de repetidores.
- Integridad de datos: En condiciones normales, una transmisión de datos por fibra óptica tiene una frecuencia de errores o BER (Bit Error Rate) menor de  $10^{-11}$ . Esta característica permite que los protocolos de comunicaciones de alto nivel, no necesiten implantar procedimientos de corrección de errores por lo que se acelera la velocidad de transferencia.

- Duración: La fibra óptica es resistente a la corrosión y a las altas temperaturas. Gracias a la protección de la envoltura es capaz de soportar esfuerzos elevados de tensión en la instalación.
  - Seguridad: Debido a que la fibra óptica no produce radiación electromagnética, es resistente a las acciones intrusivas de escucha. Para acceder a la señal que circula en la fibra es necesario partirla, con lo cual no hay transmisión durante este proceso, y puede por tanto detectarse.
  - La fibra también es inmune a los efectos electromagnéticos externos como por ejemplo el ruido y las interferencias, por lo que se puede utilizar en ambientes industriales sin necesidad de protección especial.
- [9]
- Video y sonido en tiempo real con la mayor calidad posible, sin cortes y sin frizeos.
  - Fácil de instalar.
  - Las fibras no pierden luz, por lo que la transmisión es también segura y no puede ser perturbada.
  - Carencia de señales eléctricas en la fibra, por lo que no pueden dar sacudidas ni otros peligros.
  - Son convenientes para trabajar en ambientes explosivos.
  - Presenta dimensiones más reducidas que los medios preexistentes.
  - El peso del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos, capaz de llevar un gran número de señales.
  - La materia prima para fabricarla es abundante en la naturaleza.
  - Compatibilidad con la tecnología digital.

#### **1.4.2 DESVENTAJAS**

- Sólo pueden suscribirse las personas que viven en las zonas de la ciudad por las cuales ya esté instalada la red de fibra óptica.
- El coste de instalación es elevado.
- Fragilidad de las fibras.
- Disponibilidad limitada de conectores.

- Dificultad de reparar un cable de fibras roto en el campo.

En la Tabla 1.3 se resumen las principales ventajas y desventajas de acuerdo con el tipo de fibra:

	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Fibra Unimodal de Índice Escalonado</b>	Hay dispersión mínima	Debido a que el núcleo de esta fibra es muy pequeño es difícil acoplar la luz hacia adentro y hacia afuera de esta clase de fibra
	Todos los rayos tardan el mismo tiempo en recorrer el cable	Se requiere una fuente de luz muy direccional
	Prácticamente el pulso que entra en el cable es el mismo que el que sale	Este tipo de fibras son costosas y difíciles de fabricar.
	Mayores anchas de banda y mayores capacidades de transmisión de información	
<b>Fibra Multimodal de Índice Escalonado</b>	Las fibras multimodales de índice escalonado son de bajo costo, y su fabricación es sencilla.	Un pulso de luz que se propague por una fibra multimodal de índice escalonado se distorsiona más que en otros tipos de fibra debido a que los rayos luminosos siguen distintas trayectorias por la fibra
	Es fácil acoplar la luz hacia adentro y hacia afuera de las fibras multimodales de índice escalonado; tienen una abertura grande de la fuente a la fibra.	El ancho de banda y la capacidad de transferencia de información posibles con este tipo de cables es menor que con los demás tipos.
<b>Fibra multimodal de Índice graduado</b>	La fibra multimodal de índice graduado se considera intermedia en comparación con los otros dos tipos de fibra por ejemplo en acoplar la luz que entra y sale de ellas, la distorsión debida a trayectorias múltiples de propagación, y en cuanto a la complejidad de su fabricación.	

**Tabla 1.3. Tabla Comparativa de los tres tipos de fibra óptica**

## **1.5 ESTADO DEL ARTE PARA SERVICIOS TRIPLE PLAY EN FTTH**

Para tener una idea global del despliegue de servicios triple play en FTTH podemos analizar las arquitecturas y soluciones utilizadas en otros países. Este servicio es ampliamente utilizado en países de América del Norte, Europa y Asia, por lo que analizaremos las soluciones más relevantes.

### **1.5.1 Servicio FTTH triple play en Italia**

En Italia la compañía líder en servicio triple play es FastWeb, la cual entró en funcionamiento en 1999. Su red se basa en FTTH con tripleplay mediante WDM con video digital (IPTV), y da servicio a 2 millones de usuarios mediante una red de 35 mil kilómetros de fibra óptica [41].

La red de FastWeb utiliza los siguientes elementos:

- OLTs en el lado del proveedor de servicios
- Los usuarios tienen una red PON en casas y edificios.
- Las ONTs utilizadas funcionan con IPTV y no con video analógico

### **1.5.2 Servicio FTTH triple play en España**

En España la compañía de mayor penetración en servicio triple play es Telefónica (Movistar). Su red se basa en PON con IPTV mediante WDM y tiene los siguientes elementos [42]:

- ONTs Huawei y Alcatel con decodificadores IPTV
- OLTs en el lado del proveedor de servicios
- Los usuarios tienen una red PON en casas y edificios

### **1.5.3 Servicio FTTH triple play en Slovakia y Reino Unido**

En Slovakia y Reino Unido la empresa líder en servicios triple play es Orange. Su red, de igual manera que la anterior es PON pero con servicios de televisión analógica, es decir, utiliza fibras de 1550nm sobre WDM [43]. Orange, además brinda servicios de FTTB y FTTC para usuarios residenciales y comerciales. Su red tiene los siguientes elementos:

- ONTs ZTE con decodificadores de video analógico
- OLTs en el lado del proveedor de servicios
- Los usuarios mantienen una red PON en FTTH, y una red ethernet para FTTB y FTTC.

### **1.5.4 Servicio FTTH triple play en Estados Unidos**

En Estados Unidos la empresa líder en servicios triple play es AT&T. Su red utiliza servicios de televisión digital IPTV sobre WDM [43]. A diferencia de otros distribuidores, además permite una conexión directa con dos fibras (una de transmisión y otra de recepción) para redes de 10Gbit/s. La red de AT&T tiene los siguientes elementos.

- ONTs Huawei con decodificadores de IPTV
- OLTs en el lado del proveedor de servicios
- Los usuarios mantienen una red PON en FTTH.

### **1.5.5 Servicio FTTH triple play en Brasil**

El caso de Brasil es de particular interés, pues el Ecuador escogió el formato de televisión digital brasileño. En Brasil el principal proveedor de servicios triple play es Brasil Telecom, el cual utiliza IPTV para la transmisión de video sobre WDM [44].

La red de Brasil Telecom es muy similar a la utilizada por Movistar en España, pues utiliza equipos de la misma marca, con la diferencia del formato de televisión digital. Los elementos de la red de Brasil Telecom son los siguientes:

- ONTs Alcatel con decodificadores IPTV y receptores de Televisión digital Terrestre en formato brasileño.
- OLTs en el lado del proveedor de servicios
- Los usuarios mantienen una red PON en FTTH.

## CAPITULO II



## **Capítulo 2 . REQUERIMIENTOS Y NORMATIVA PARA EL USO DE FIBRA ÓPTICA EN SOLUCIONES HABITACIONALES**

Para realizar una normativa local de construcción de redes internas de fibra óptica en un edificio habitacional, debemos analizar las normativas existentes dentro del campo de estudio. Este análisis nos permitirá conocer el estado del arte en sistemas de cableado estructurado de fibra para edificios con el objetivo de rescatar los parámetros más importantes para el diseño del modelo requerido en este trabajo de tesis. Además, debemos analizar adecuadamente los requerimientos constructivos del edificio para la instalación del backbone de fibra<sup>1</sup> el cual debe cumplir con características especiales para el correcto manejo del cableado dentro de la edificación. En el presente capítulo se recopilarán las características más importantes de todas las normas que intervienen en un diseño de cableado estructurado de fibra óptica, basándonos en el documento de la empresa ANIXER [20], el cual cita las normas utilizadas para cableado de par trenzado y fibra óptica en general.

### **2.1 NORMATIVA GENERAL ASOCIADA CON EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y USO DE LA RED INTERNA CON FIBRA ÓPTICA.**

La normativa asociada al diseño de redes de fibra óptica, se basa en las normas de cableado estructurado en edificios. Dichas normas dan pautas generales para el diseño de cuartos de comunicaciones, cableado horizontal y cableado vertical en edificaciones. El objetivo de contar con normativas para la construcción de redes de cableado estructurado, radica en el mantenimiento de las instalaciones, y en la opción de ampliar dichas redes en función del crecimiento de la demanda (en el caso de edificios habitacionales, el crecimiento se da en la demanda de ancho de banda). A continuación se revisarán las principales normas aplicables al diseño de cableado estructurado con fibra óptica (la normativa para cableado con par trenzado no se incluye).

---

<sup>1</sup> El backbone es el cableado vertical dentro de una instalación de telecomunicaciones en edificios

### 2.1.1. ANSI/TIA 568-C.0.

Norma para cableado genérico de telecomunicaciones. Su propósito es permitir la planeación e instalación de un sistema de cableado estructurado genérico para cualquier tipo de usuarios. Especifica un sistema basado en múltiples usuarios con características diferentes (industriales, habitacionales, etc.), permitiendo una red genérica que pueda dar servicio a cualquier usuario en particular.

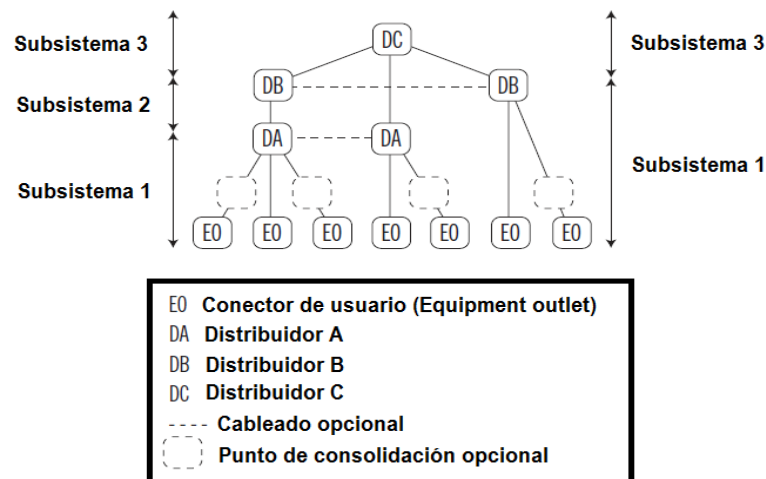
La norma especifica los requerimientos de cableado como:

- Topología y distancia
- Estructuras de cableado
- Instalación, rendimiento y pruebas de campo
- Transmisión en fibra óptica

Este estándar reemplaza al antiguo ANSI/TIA/EIA-568-B.1.

**Estructura de cableado.-** Especifica la terminología de los subsistemas de cableado.

En la figura 1 se muestran los elementos de un sistema genérico de cableado.



**Figura 2.1. Sistema genérico de cableado estructurado [20]**

**Topología.-** Se especifica una topología tipo estrella, con no más de dos distribuidores entre DC y EO. Además se definen los equipos dentro de la estructura del cableado como son:

- Conector de usuario o Equipment Outlets (EO): Es el punto final de la topología tipo estrella. Es el punto de conexión entre el equipo de usuario y la red de telecomunicaciones.
- Distribuidores: Equipos de administración, conexión, reconfiguración y testeo de la red. Pueden ser interconexiones (conexión directa) o conexiones cruzadas (conexión mediante un Patch cord).
- Subsistema de cableado 1: Provee conexión entre DA y DB, o entre DC y EO, con máximo una transición o punto de consolidación. Especifica que no se deben colocar empalmes en redes de par trenzado, ni splitters en redes de fibra óptica.
- Subsistema de cableado 2 y 3: Proveen conexión entre distribuidores, el uso del DB es opcional.
- Cableado: Reconoce como cableado apropiado para estas redes al cable de par trenzado de 100 ohmios y a la fibra óptica monomodo, y multimodo.

El estándar especifica las distancias máximas para par trenzado y fibra óptica. En la Tabla 2.1 se puede observar las distancias especificadas en fibra óptica (las distancias de par trenzado pueden verse en la normativa).

	Parámetro	Multimodo						Monomodo	
		52.5/125um		50/125um		850 nm optimizada para láser 50/125um		TIA 492CAAA (OS1)	
	Tipo de Fibra								
	Norma aplicada	TIA 492AAAA (OM1)		TIA 492AAA B (OM2)		TIA 492AAAC (OM3)		TIA 492CAAB (OS2)	
Aplicación	Longitud de onda nominal (nm)	850	1300	850	1300	850	1300	1310	1550
Camal de fibra 100-SM-LC-L (1062 Mbaud)	Atenuación de canal (dB)	-	-	-	-	-	-	7.8	-
	Distancia máxima (m)	-	-	-	-	-	-	10000	-
Canal de fibra 200-MX-SN-I (2125)	Atenuación de canal (dB)	2.1	-	2.6	-	3.3	-	-	-
	Distancia máxima (m)	150	-	300	-	500	-	-	-

Mbaud)									
Canal de fibra 200-SM-LC-L (2125 Mbaud)	Atenuación de canal (dB)	-	-	-	-	-	-	7.8	-
	Distancia máxima (m)	-	-	-	-	-	-	10000	-
Canal de fibra 400-MX-SN-I (4250 Mbaud)	Atenuación de canal (dB)	1.8	-	2.1	-	2.5	-	-	-
	Distancia máxima (m)	70	-	150	-	270	-	-	-
Canal de fibra 400-SM-LC-L (4250 Mbaud)	Atenuación de canal (dB)	-	-	-	-	-	-	7.8	-
	Distancia máxima (m)	-	-	-	-	-	-	10000	-
Canal de fibra 1200-MX-SN-I (10512 Mbaud)	Atenuación de canal (dB)	2.4	-	2.2	-	2.6	-	-	-
	Distancia máxima (m)	33	-	82	-	300	-	-	-
Canal de fibra 1200-SM-LL-L (10512 Mbaud)	Atenuación de canal (dB)	-	-	-	-	-	-	6	-
	Distancia máxima (m)	-	-	-	-	-	-	10000	-

**Tabla 2.1. Distancias máximas y atenuación para fibra óptica [20]**

**Radio de curvatura mínimo y tensión máxima de fibra óptica.-** Se especifican los radios de curvaturas y las tensiones a las que pueden estar sujeto los hilos de fibra en un sistema de cableado estructurado. En la normativa se especifican estos valores que se pueden observar en la Tabla 2.2.

<b>Tipo de cable y detalles de instalación</b>	<b>Tensión máxima durante la instalación</b>	<b>Radio de curvatura mínimo durante la instalación</b>	<b>Tensión sin carga después de la instalación</b>
Cableado de interior con 2 o 4 fibras instalado en el subsistema 1	220n	50mm	25mm
Cableado de interior con más de 4 fibras	Según el fabricante	20 veces el radio externo de la fibra	10 veces el radio externo de la fibra
Cableado de interior y exterior de hasta 12 fibras	1335n	20 veces el radio externo de la fibra	10 veces el radio externo de la fibra

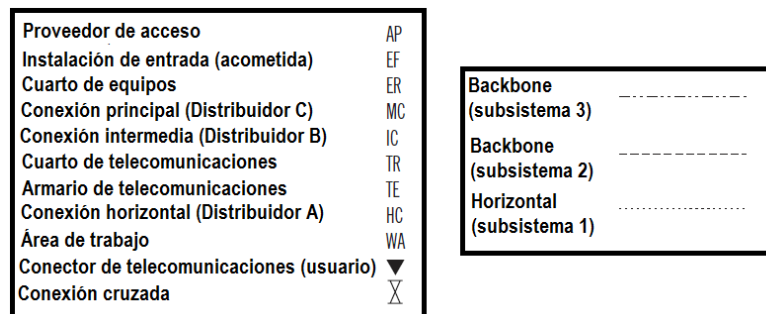
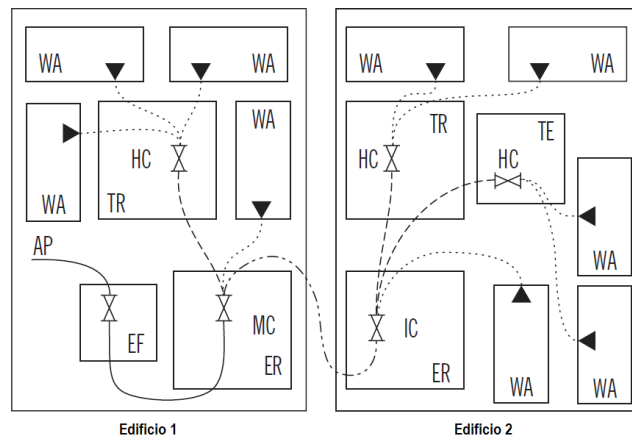
Cableado de interior y exterior con más de 12 fibras	2670n	20 veces el radio externo de la fibra	10 veces el radio externo de la fibra
Cableado exterior	2670n	20 veces el radio externo de la fibra	10 veces el radio externo de la fibra
Cableado vertical instalado mediante tecele	1335n	20 veces el radio externo de la fibra	10 veces el radio externo de la fibra
Cableado vertical instalado en ductos o enterrado	440n	20 veces el radio externo de la fibra	10 veces el radio externo de la fibra

**Tabla 2.2. Tensiones y radios de curvatura máximos para fibra óptica [20]**

### 2.1.2. ANSI/TIA-568-C.1

Norma de cableado estándar de telecomunicaciones en edificios comerciales. Permite la planeación e instalación de cableado estructurado específicamente en edificios comerciales y campus. Soporta infraestructuras de voz, datos y video en edificios desde tres mil metros cuadrados, hasta un millón de metros cuadrados de construcción con hasta cincuenta mil usuarios. Este estándar reemplaza a la normativa ANSI/TIA/EIA-568-B.1. En cuanto a fibra óptica, este estándar incluye el cableado con láser optimizado de 850nm para fibra multimodo de 50/125um, y además define los siguientes elementos:

**Estructura del cableado.-** Considera la integración del sistema de comunicaciones en un edificio y la interconexión de varios edificios. En la figura 2 podemos observar la estructura planteada por la norma.

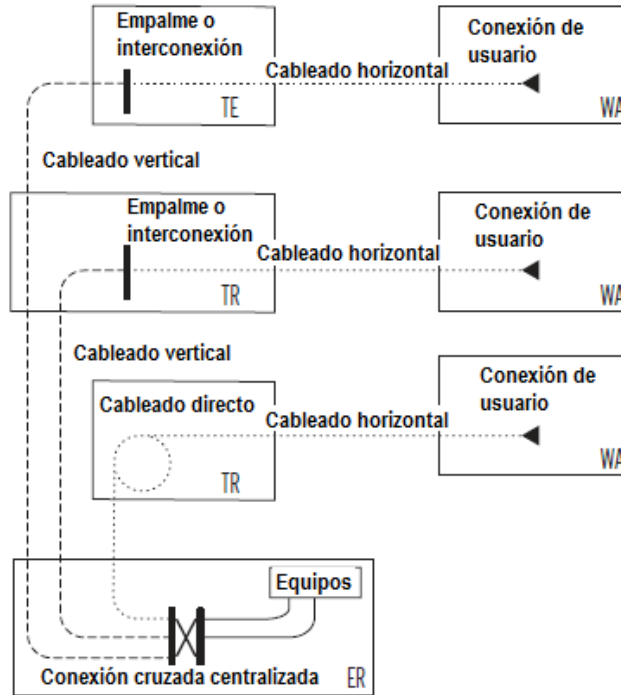


**Figura 2.2. Modelo de cableado para edificios comerciales [20]**

**Topología.-** Define los equipos dentro de la estructura del cableado, como son:

- Instalación de entrada (acometida): contiene los cables, puntos de demarcación, hardware de conexión, sistemas de protección y demás equipos necesarios para la conexión con el proveedor de acceso (AP). Incluye las conexiones del cableado externo con el cableado interno del edificio.
- Cuarto de equipos: infraestructura donde se ubica el distribuidor principal (MC). Difiere del cuarto de telecomunicaciones, y del armario de telecomunicaciones en su complejidad. Puede contener a los TR y TE.
- Cuarto de telecomunicaciones y armarios de telecomunicaciones: Proveen acceso al backbone y al cableado para conexión cruzada. Los TR y TE deben ubicarse en el piso donde darán servicio.

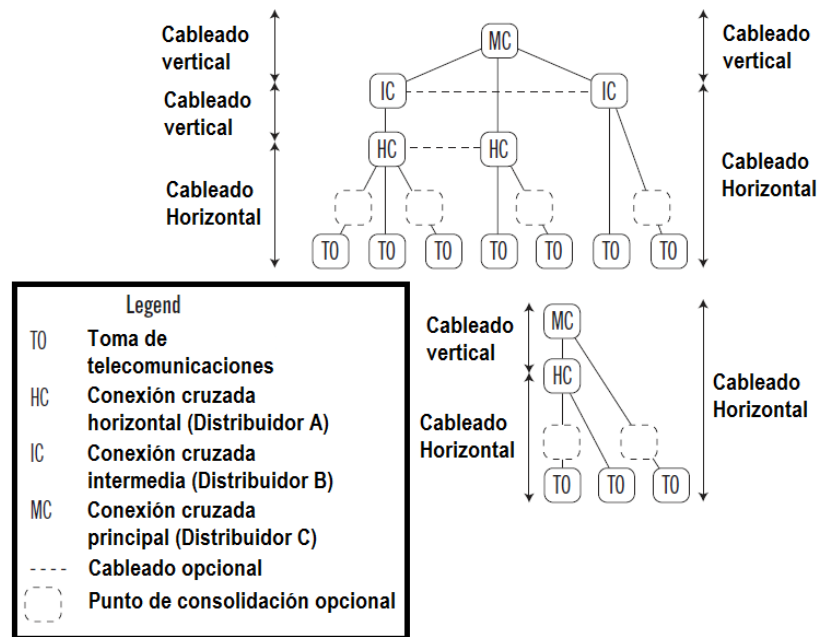
**Cableado centralizado de fibra óptica.-** Constituye el cableado directo de fibra óptica (Figura 2.3) desde el WA hasta el ER. La longitud máxima de un cableado directo es de 90 metros.



**Figura 2.3. Cableado centralizado de fibra óptica [20]**

**Cableado de backbone para los subsistemas 2 y 3.-** Cableado para conectar los sistemas horizontales entre sí, y con el cuarto de telecomunicaciones mediante una topología tipo estrella. No debe tener más de dos niveles jerárquicos de conexiones cruzadas. Se recomienda fibra óptica multimodo de 50/125um optimizada para láser de 850nm.

**Distancias máximas del backbone.-** El cableado de backbone se extiende desde el MC hasta un IC o HC (Figura 2.4). Los patch cords deben ser de máximo 20 metros, y la longitud del cableado no debe sobrepasar los 30 metros.

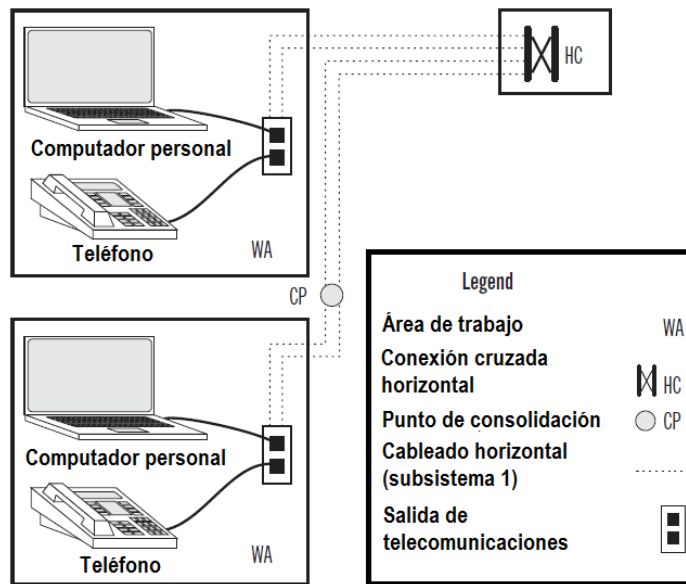


**Figura 2.4. Topología estrella jerárquica para el cableado de un edificio [20]**

**Cableado horizontal.-** El cableado horizontal incluye los conectores en el área de trabajo, patch cords o jumpers en un TR o TE, CPs, y salidas de comunicación multiusuario (MUTOAs). Por norma se deben incluir mínimo dos enlaces permanentes (Figura 2.5). Los terminales de fibra óptica deben ser tipo dúplex. Independientemente del tipo de medio (fibra óptica o par trenzado), el cableado horizontal debe extenderse un máximo de 90 metros.

La longitud máxima de los patch cords debe ser de 5 metros. En la WA las conexiones entre la toma de comunicaciones y los patch cords en un TR o TE (sumadas) no deben exceder los 10 metros. Se reconoce como cableado horizontal a la fibra multimodo o monomodo de 2 fibras o más.





**Figura 2.5. Cableado horizontal y de área de trabajo [20]**

**Área de trabajo.-** el área de trabajo se extiende desde la salida de telecomunicaciones (cajetín) hasta el equipo del usuario.

**Salidas de telecomunicaciones multiusuario (MUTOA).-** Son los cajetines de múltiples conectores de telecomunicaciones. Los cables que salen de un MUTOA hasta los equipos de los usuarios deben ser tendidos apropiadamente mediante canaletas.

**Puntos de consolidación (CP).-** Es un punto de interconexión entre el cableado horizontal y las salidas de telecomunicaciones. Debe ser colocado por lo menos a 15 metros del TR o TE.

### 2.1.3. ANSI/TIA-568-C.3

Norma de componentes para cableado de fibra óptica. En este estándar se especifica el cableado y las características de una red con fibra óptica en particular. En la Tabla 2.3 se muestra la atenuación máxima permisible y el ancho de banda de los diferentes tipos de fibra contempladas en el estándar.

<b>Fibra óptica y tipo de cable (1)</b>	<b>Longitud de onda (nm)</b>	<b>Atenuación máxima (dB/km)</b>	<b>Ancho de banda modal mínimo en sobrecarga (MHz x km) (2)</b>	<b>Ancho de banda modal mínimo efectivo (MHz x km) (2)</b>
<b>62.5/125um</b>				
Multimodo	850	3.5	200	No requerido
TIA 492AAAA (OM1)	1300	1.5	500	No requerido
<b>50/125um</b>				
Multimodo	850	3.5	500	No requerido
TIA 492AAAB (OM2)	1300	1.5	500	No requerido
<b>850-nm optimizada para láser</b>				
50/125um multimodo	850	3.5	1500	2000
TIA 492AAAC (OM3)	1300	1.5	500	No requerido
<b>Monomodo interior/exterior</b>				
TIA 492CAAA (OS1)	1310	0.5	-	-
TIA 492CAAB (OS2) (3)	1550	0.5	-	-
<b>Notas</b>				
(1) La designación de la fibra (OM1, OM2, OM3, OS1 y OS2) corresponde a la designación ISO/IEC 11801 o ISO/IEC 24702				
(2) El ancho de banda puede ser especificado por el fabricante				
(3) OS2 se caracteriza por tener baja atenuación alrededor de 1383nm				

**Tabla 2.3. Parámetros de desempeño de fibra óptica [20]**

El estándar además contempla los radios de curvatura (macrocurvaturas) admisibles en sistemas de cableado de edificios (Tabla 2.4):

Tipo de fibra	Radio de curvatura
Cableado de interior (2-4 fibras)	25.4mm (sin carga)
	50.8mm (con carga)
Otro tipo de cableado interior	10 x diámetro (sin carga)
	15 x diámetro (con carga)
Cableado exterior	10 x diámetro (sin carga)
	20 x diámetro (con carga)

**Tabla 2.4. Radio de curvatura en fibra óptica para edificios. [20]**

El cableado de exterior debe ser protegido contra el agua y tener máximo 600lb de tensión (para cableado directo este valor se reduce a 300lb)

**Conector de fibra óptica.-** El estándar no especifica conectores para las redes en edificios. Se pueden utilizar diseños con conectores SC, MP0 o MTP.

**Identificación de colores.-** Para identificar cada fibra y cada grupo de fibras contenidas en los tubos de protección se utilizan diversos códigos de colores que varían de un fabricante a otro: (Tabla 2.5).

Código de Colores en Fibras Ópticas por Fabricantes												
Fabricante Pirelli-Alcatel												
Color/Tubo	Azul	Naranja	Verde	Marrón	Gris	Blanco	Rojo	Negro	Amarillo	Morado	Rosado	Celeste
Azul	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Naranja	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Verde	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Marrón	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Gris	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Blanco	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
Rojo	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Negro	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
Amarillo	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
Morado	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Rosado	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
Celeste	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144

**Tabla 2.5. Código de colores para fibra óptica. [104]**

Los tubos de protección también estarán referenciados por colores es así que los primeros 12 hilos estarán contenidos en un tubo de color azul, los siguientes 12 estarán contenidos en un tubo de color naranja, y así sucesivamente, esto se da en para cualquiera de los fabricantes.

**Requerimientos de la salida de telecomunicaciones.-** Capacidad de mínimo dos fibras SC o cualquier conexión dúplex.

**Empalmes (mecánicos o por fusión).-** Especifica los siguientes valores:

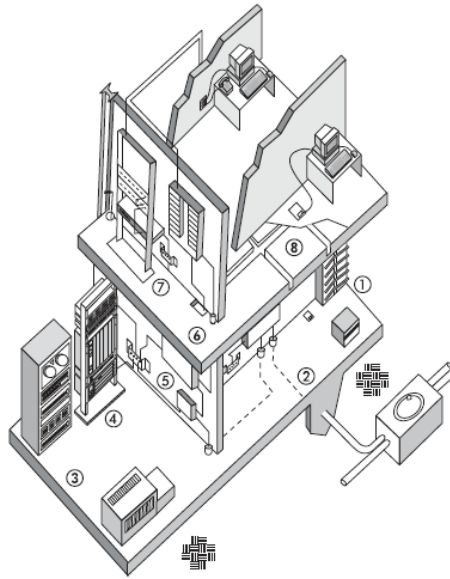
- Pérdida por inserción máxima: 0.3dB
- Pérdida por retorno máxima:
  - Multimodo: 20dB
  - Monomodo 26dB
  - Monomodo para CATV: 55dB

**Conectores.-** Especifica una pérdida por inserción máxima de 0.75dB

**Patch cords.-** Deben permitir la conexión de dos fibras del mismo tipo que la utilizada en el cableado horizontal y en el backbone, además debe mantener la polaridad durante toda la red.

#### **2.1.4. ANSI/TIA-569-B**

Norma para diseño de canalización y espacios para telecomunicaciones en edificios comerciales. El estándar da pautas para la ubicación óptima de espacios para cuartos de telecomunicaciones, armarios, y cableado.



**Figura 2.6. Rutas y espacios de telecomunicaciones en un edificio [80]**

En la Figura 2.6 podemos observar los diferentes espacios genéricos que se deben ubicar en el interior del edificio, donde:

- 1) Acometida eléctrica
- 2) Acometida de telecomunicaciones
- 3) Cuarto de equipos de telecomunicaciones
- 4) Equipos de datos
- 5) Equipos de voz
- 6) Conexiones de puesta a tierra
- 7) Sistema de cableado por debajo del piso

El estándar especifica los siguientes conceptos:

**Instalaciones de acometida.-** Hace referencia a las instalaciones de ingreso para la red externa, ya sea de voz, datos o de potencia (acometida eléctrica), y además se refiere al backbone entre edificios (cuando la red se extiende en un campus). Para sistemas de telecomunicaciones se recomienda lo siguiente:

- Para edificios de más de 1858m<sup>2</sup> de construcción se recomienda un armario cerrado
- Para edificios de más de 6503m<sup>2</sup> de construcción se recomienda un cuarto dedicado

En la Tabla 2.6 podemos observar los espacios mínimos requeridos para las instalaciones de acometida:

<b>Superficie servida [m2]</b>	<b>Tamaño mínimo de la tablero de acometida montada en pared [m]</b>	<b>Tamaño mínimo de cabina de acometida en interior [m]</b>
1000	2.4 x 0.99	-
2000	2.4 x 1.06	-
4000	2.4 x 1.725	-
5000	2.4 x 2.295	-
6000	2.4 x 2.4	-
8000	2.4 x 3.015	-
10000	2.4 x 3.63	3.66 x 1.93
20000	-	3.66 x 2.75
40000	-	3.66 x 3.97
50000	-	3.66 x 4.775
60000	-	3.66 x 5.63
80000	-	3.66 x 6.81
100000	-	3.66 x 8.44

**Tabla 2.6. Tamaños mínimos de tableros y cabinas de acometida en función de la superficie del edificio [80]**

**Canalización de acometida.-** Para instalaciones subterráneas se debe utilizar canalizaciones tipo conduit de 4 pulgadas, tubería PVC tipo B, C o D, ductos de acero galvanizado y de fibra de vidrio. No deben existir más de dos codos de 90 grados en la instalación. La inclinación para evitar estancamiento de aguas lluvias debe ser mayor al 10% (10cm por cada metro de longitud), y el llenado del conduit no debe ser mayor al 40% para más de 2 cables.

**Cuarto de equipos.-** En el cuarto de equipos se debe colocar la red de distribución principal y los equipos secundarios de protección (voltaje). El tamaño del cuarto de equipos, en la normativa antigua se dimensionaba en función del tamaño del edificio, con el nuevo estándar se especifica que la dimensión del cuarto de equipos se diseña en función del número de estaciones de trabajo existentes en la instalación (Tabla

2.7). Esta aproximación es más real pues toma en cuenta el espacio que ocupan los equipos de telecomunicaciones, los cuales suelen ser más grandes conforme crece el número de usuarios.

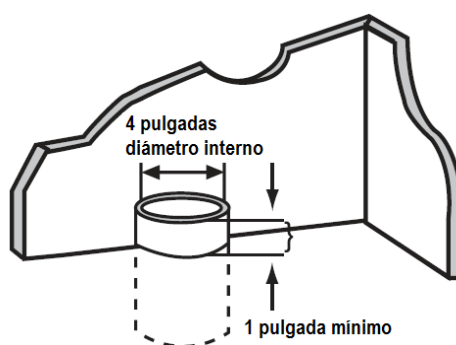
<b>Número de estaciones de trabajo</b>	<b>Superficie del cuarto de equipos [m2]</b>
1-100	14
101-400	38
401-800	74
801-1200	111

**Tabla 2.7. Tamaño del cuarto de equipos en función del número de estaciones de trabajo [80]**

Otras características básicas recomendadas para el diseño del cuarto de equipos son:

- Debe estar equipado con aire acondicionado, seguridad, sensores de incendio, iluminación propia, y se recomienda que esté próximo a las instalaciones de acometida.
- Debe ubicarse lejos de fuentes de ruido electromagnético como transformadores, máquinas de rayos X, motores, equipos de radio, etc.
- No debe tener techo falso, y se debe evitar que esté por debajo de instalaciones hidrosanitarias para evitar fugas de agua que puedan dañar los equipos. La altura del techo debe ser de 3 metros.
- De preferencia debe contar con algún control de acceso, o evitar que personal no autorizado ingrese.
- El sistema de aire acondicionado debe asegurar una temperatura entre los 18°C y los 24°C, de 30% a 55% de humedad, y estar alimentado de una fuente de poder diferente a la utilizada por los equipos de telecomunicaciones.
- La iluminación debe ser adecuada según las normativas nacionales aplicables
- Existirán mínimo 2 tomas de corriente de 15A 110VAC dobles en circuitos separados, alejadas una de otra en intervalos de 1.8 metros
- Los equipos deben estar adecuadamente puestos a tierra según la normativa de la empresa eléctrica local.

**Cuarto de telecomunicaciones.-** Como se mencionó anteriormente, el cuarto de telecomunicaciones es la unión entre el cableado vertical y el horizontal (ubicado en cada piso del edificio). Normalmente es suficiente con un cuarto de telecomunicaciones por piso, pero se requieren más si la distancia hasta el área de trabajo excede los 90 metros, o si el área de servicio (área del piso) es mayor a 929m<sup>2</sup>. Para interconectar cuartos de telecomunicaciones se recomienda tubería a prueba de incendio de 4 pulgadas como mínimo (Figura 2.7), y se las ubica normalmente cerca de la puerta de acceso.



**Figura 2.7. Ducto de conexión entre cuartos de telecomunicaciones [80]**

**Ductos de cableado horizontal.-** La ductería utilizada en el cableado horizontal se deja al criterio del diseñador de red, permitiendo la utilización de canaletas, tubo conduit o bandejas.

### **2.1.5. ANSI/TIA-606-A**

Norma de administración de infraestructura de telecomunicaciones. Especifica aspectos relacionados con la identificación de cables, etiquetado de conexiones, planos de red, y registros de operación. Abarca la administración del cableado horizontal, backbone, puestas a tierra, espacios designados para cuartos de equipos y telecomunicaciones, y sistemas de extinción de incendios.

**Clases de administración.-** En función del tamaño de la red y del número de cuartos de equipos utilizados, se selecciona la clase de administración para el diseño. Las clases de administración especifican los identificadores que deben utilizarse en los equipos y el cableado de la red. Existen cuatro clases de administración:



- Clase 1: para edificios con un único cuarto de equipos. Deben identificarse los espacios de telecomunicaciones utilizados (TS), el cableado horizontal de par trenzado o fibra, la barra de puesta a tierra de telecomunicaciones principal (TMGB), y la barra de puesta a tierra de telecomunicaciones entre pisos (TGB).
- Clase 2: para edificios con más de dos espacios de telecomunicaciones. Se requiere identificar el backbone de par trenzado y/o fibra óptica, la localización del sistema contra incendios, y los identificadores de la clase 1.
- Clase 3: para múltiples edificios (campus). Se identifica el edificio mediante código, el backbone de campus de fibra y/o par trenzado, y los identificadores de la clase 2.
- Clase 4: para múltiples campus. Se identifica el campus donde se ubica la red, y los identificadores de la clase 3.

Debido al tamaño del proyecto presentado en el presente trabajo, se especificarán los identificadores para la clase 1 (Tabla 2.8). Las otras clases son para edificaciones y redes de mayor tamaño, cuyos identificadores pueden revisarse en el estándar.

Identificador	Descripción
f	Caracteres numéricos de identificación para el piso del edificio donde se ubica el TS
s	Caracteres alfanuméricos de identificación para el piso donde se ubica el TS
fs	Identificador del TS
a	Uno o más caracteres alfanuméricos de identificación para el patch panel, o el grupo de patch panels de la red con puertos consecutivos.
n	Dos o cuatro caracteres numéricos que designan el puerto de un patch panel donde se conectan los cables que terminan en el TS
TMGB	Designación de la barra principal de tierra para telecomunicaciones
TGB	Designación de la barra de tierra de telecomunicaciones por piso

**Tabla 2.8. Identificadores para la clase 1 de administración. [80]**

**Formatos de identificación.-** Para identificar adecuadamente los cables, conectores, circuitos, etc., de la red de cableado estructurado del edificio, se seguirá el formato de identificación dado por el estándar. En la Tabla 2.9 se observa las sugerencias para algunos elementos:

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
BCXXX	Conector de enlace	HHXXX	Cajetín de revisión
BCDXXX	Canalización de backbone	ICXXX	Conexión cruzada intermedia
CXXX	Cable	JXXX	Jack
CBXXX	Cableado de backbone	MICXXX	Conexión cruzada principal
CDXXX	Canalización	MHXXX	Pozo de mantenimiento
CTXXX	Bandeja de cables	PBXXX	Caja de reserva
ECXXX	Enlace entre equipos	SXXX	Empalme
EFXXX	Instalación de acometida	SEXXX	Entrada de servicio
ERXXX	Cuarto de equipos	SLXXX	Canalización entre pisos (backbone)
FXXX	Fibra óptica	TCXXX	Armario de telecomunicaciones
GBXXX	Barra de puesta a tierra	TGBXXX	Barra de puesta a tierra de telecomunicaciones (entre pisos)
GCXXX	Conductor de puesta a tierra	TMGBXXX	Barra principal de puesta a tierra de telecomunicaciones
		WAXXX	Área de trabajo

**Tabla 2.9. Formatos de identificación para elementos de red. [80]**

**Codificación de colores para etiquetas.-** Cada etiqueta debe cumplir con el código de colores descrito en el estándar. El código de colores a utilizar se muestra en la tabla.

<b>Tipo de terminación</b>	<b>Color</b>	<b>Comentario</b>
Punto de demarcación	Naranja	Terminales CO
Conexiones de red	Verde	Auxiliar, terminales de circuito
Equipamiento común	Púrpura	PBX, host, LAN, MUX
Backbone de primer nivel	Blanco	Terminales MC e IC
Backbone de segundo nivel	Gris	Terminales IC y TC
Estación	Azul	Terminales de cableado horizontal
Backbone entre edificios	Café	Terminales de campus
Varios	Amarillo	Auxiliar, mantenimiento, seguridad
Sistema telefónico	Rojo	-

**Tabla 2.10. Código de colores para etiquetas. [80]**

### **2.1.6. ANSI/TIA-607-B**

Norma de puesta a tierra de sistemas de telecomunicaciones. Especifica la utilización de barras de ¼ de pulgada en el cuarto de equipos. Los equipos que deben ser conectados a la barra de tierra son: equipos de telecomunicaciones, rack, gabinetes, armarios, protecciones de voltaje, sistemas de alimentación (UPS) y bandejas metálicas para cables. Debe instalarse un backbone de puesta a tierra en la instalación.

### **2.1.7. Normas para tipos de fibra óptica**

Para seleccionar adecuadamente las normas a utilizar de fibra óptica, debemos conocer el tipo de fibra óptica utilizado en redes de fibra óptica. En el manual Triple-Play Service Deployment<sup>2</sup> se especifica que la fibra óptica utilizada en servicios triple play (el cual se explicará en los siguientes subcapítulos) es la monomodo de 1310-1490nm, por lo que se analizarán únicamente las normativas requeridas para la misma.

#### **2.1.7.1. Fibra multimodo**

Como se explicó en el capítulo anterior, la fibra multimodo es aquella en la que el haz de luz que viaja por la misma puede hacerlo por más de un camino (o modo), por lo cual, no todos los haces de luz llegan al mismo tiempo y la reconstrucción de la señal es inferior a la obtenida con la fibra monomodo. La fibra óptica monomodo puede alcanzar distancias de hasta 1000m para el servicio de 1.2Gbps [21]

Hace unos años, la diferencia de precio entre la fibra monomodo y multimodo era muy grande, por lo que se utilizaba únicamente fibras multimodo para redes pequeñas, pero gracias a la evolución tecnológica de los procesos de fabricación de fibra óptica, actualmente la diferencia de precios es mínima.

---

<sup>2</sup> Triple-Play Service Deployment: Es una guía completa para realizar pruebas, medidas y garantizar el servicio de triple-play.[21]

### 2.1.7.2. Fibra monomodo

En la fibra monomodo el haz de luz viaja por la fibra siguiendo un único camino (un único modo), logrando que la reconstrucción de la señal en el extremo del receptor sea de mejores características que en la multimodo. Este tipo de fibra es ampliamente utilizada en servicios triple play alrededor del mundo (España, Italia, Suiza, Reino Unido, etc.).

Las normativas que rigen este tipo de fibra están dadas por la ITU (International Communication Union, o Unión Internacional de Telecomunicaciones), la IEC (International Electrotechnical Commission o Comisión Electro-técnica Internacional) y la TIA (Telecommunications Industry Association o Asociación de la Industria de telecomunicaciones) las cuales clasifican a los diferentes tipos de fibra según las pérdidas causadas en el enlace y su sensibilidad a las curvaturas. En la Tabla 2.11 podemos observar los diferentes estándares utilizados para los diferentes tipos de fibra existentes.

<b>Descripción</b>	<b>Tipo IEC SMF</b>	<b>ITU</b>	<b>TIA</b>
Fibra monomodo estándar	B1.1	G652	OS1
Fibra de corte desplazado	B1.2	G654	-
Fibra de bajo pico	B1.3	G652	OS2
Fibra de dispersión desplazada	B2	G653	-
Fibra de dispersión	B4	G655	-
Fibra insensible a doblez	-	G657	-

**Tabla 2.11 Estándares aplicables a tipos de fibra óptica. [36]**

Debido a que la empresa ETAPA utiliza las recomendaciones ITU para las normas de cableado de fibra óptica, revisaremos las aplicables a las redes de edificios con servicio triple play tomando en cuenta los tipos de fibra que se pueden utilizar:

### 2.1.7.2.1. Norma ITU-T G652

La norma ITU-T G652 para fibras ópticas monomodo describe las características de la fibra óptica para longitudes de onda de 1310nm y 1550nm (Tabla 2.12).

<b>ITU-T G652.A</b>		
<b>Atributos de fibra</b>		
<b>Atributo</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>
Diámetro de modo	Longitud de onda	1310nm
	Rango de valores nominales	8.6-9.5um
	Tolerancia	+/-0.6um
Diámetro de revestimiento	Nominal	125um
	Tolerancia	+/-1um
Error de concentricidad de núcleo	Máximo	0.6um
No circularidad de revestimiento	Máximo	1%
Longitud de onda de corte	Máximo	1260nm
Pérdida de macrocurvatura	Radio	30mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1550nm	0.1dB
<b>Atributos de cable</b>		
<b>Atributo</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1310nm	0.5dB/km
	Máximo a 1550nm	0.4dB/km

**Tabla 2.12. Características de fibra óptica G.652. [45]**

Este estándar clasifica a las fibras según su coeficiente de atenuación (pérdidas) en cuatro clases (Tabla 2.13):

<b>Fibra</b>	<b>Atenuación</b>	<b>Macrocurvatura</b>
ITU-T G652A	0.5dB/km a 1310 nm y 0.4dB/km a 1550nm	0.5dB a 1550nm
ITU-T G652B	0.4dB/km a 1310 nm y 0.35dB/km a 1550nm	0.5dB a 1625nm
ITU-T G652C	0.4dB/km a 1310 nm y 0.3dB/km a 1550nm	0.5dB a 1625nm
ITU-T G652D	0.4dB/km a 1310 nm y 0.3dB/km a 1550nm	0.5dB a 1625nm

**Tabla 2.13. Fibras ópticas según ITU-T G652. [36]**

La ITU-T G.652 cubre las características de fibras con desplazo de inserción diferente de cero y es un tipo de fibra optimizada para 1310nm.

### 2.1.7.2.2. Norma ITU-T G657

La norma ITU-T G652 para fibras ópticas monomodo describe las características de la fibra óptica para longitudes de onda de 1310nm y 1550nm (Tabla 2.14).

ITU-T G657.A					
Atributos de fibra					
Atributo	Detalle	Valor			
Diámetro de modo	Longitud de onda	1310nm			
	Rango de valores nominales	8.6-9.5um			
	Tolerancia	+/-0.4um			
Diámetro de revestimiento	Nominal	125um			
	Tolerancia	+/-0.7um			
Error de concentricidad de núcleo	Máximo	0.5um			
No circularidad de revestimiento	Máximo	1%			
Longitud de onda de corte	Máximo	1260nm			
Pérdida de macrocurvatura		ITU-T G657A1		ITU-T G657A2	
	Radio (mm)	15	10	15	10
	Número de vueltas	10	1	10	1
	Máximo a 1550nm (dB)	0.25	0.75	0.1	0.2
Atributos de cable					
Atributo	Detalle	Valor			
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1310nm	0.4dB/km			
	Máximo a 1550nm	0.3dB/km			

**Tabla 2.14. Fibra tipo G652. [46]**

El estándar clasifica principalmente a las fibras según su diámetro de curvatura mínimo (Tabla 2.15)

ITU-T G657	
Estándar	Radio
G657A1	10mm
G657A2	7.5mm
G657B2	7.5mm
G657B3	5mm

**Tabla 2.15. Tipos de fibra según ITU-T G657. [36]**

La ITU-T G.657 cubre las características de fibras insensibles a curvaturas.

### 2.1.7.2.3. Norma ITU-T G655

La norma ITU-T G652 para fibras ópticas monomodo describe las características de la fibra óptica para longitudes de onda de 1310nm y 1550nm (Tabla 2.16).

<b>ITU-T G655</b>		
<b>Atributos de fibra</b>		
<b>Atributo</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>
Diámetro de modo	Longitud de onda	1550nm
	Rango de valores nominales	8.6-11um
	Tolerancia	+/-0.7um
Diámetro de revestimiento	Nominal	125um
	Tolerancia	+/-1um
Error de concentricidad de núcleo	Máximo	0.8um
No circularidad de revestimiento	Máximo	2%
Longitud de onda de corte	Máximo	1450nm
Pérdida de macrocurvatura	Radio	30mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1625nm	0.5dB
<b>Atributos de cable</b>		
<b>Atributo</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1550nm	0.35dB/km
	Máximo a 1625nm	0.4dB/km

**Tabla 2.16. Fibra óptica tipo G655. [47]**

La ITU-T G.655 cubre las características de fibras de dispersión por desplazamiento diferente de cero y es la más utilizada en sistemas triple play [36].

### 2.1.8 Tipos de conectores

Los conectores para fibra óptica son los elementos de interconexión entre la fibra y los equipos de transmisión y recepción. La normativa que rige el tamaño y la

forma de los conectores de fibra óptica se conoce como FOCIS<sup>3</sup> (Fiber Optic Connector Intermateability Standards) [37] y establece los parámetros físicos de manufactura para asegurar la compatibilidad de componentes entre los diferentes fabricantes. La normativa se publica como TIA-604-XX, y hasta la fecha existen los siguientes FOCIS:

- FOCIS 1: Biconic
- FOCIS 2: ST
- FOCIS 3: SC, SC/APC
- FOCIS 4: FC, FC,APC
- FOCIS 5: MTP/MPO
- FOCIS 6: Panduit FJ
- FOCIS 7: 3M Volition
- FOCIS 8: Mini-MAC
- FOCIS 9: Mini MPO
- FOCIS 10: Lucent LC, LC/APC
- FOCIS 11: Siecor SCDC/SCQC
- FOCIS 12: Siecor/Amp MT-RJ
- FOCIS 13: SFFSC, SFOC, LX-5
- FOCIS 14: SMC-SB
- FOCIS 15: MF
- FOCIS 16: LSH (E2000)
- FOCIS 17: MU

Los tipos de conectores más utilizados se describen a continuación:

#### **2.1.8.1 Conector ST**

Conector de fibra utilizado por AT&T, es el más utilizado en redes multimodo. Es un conector de 2.5mm de diámetro construido de cerámica (Figura 2.8).

---

<sup>3</sup> FOCIS: Compatibilidad de Conectores de Fibra Óptica por sus siglas en Ingles. En [102] se puede observar las gráficas de algunos de estos conectores.





**Figura 2.8. Conector de fibra óptica ST [38]**

### **2.1.8.2 Conector SC**

Es un conector con guía (parecido al conector RJ45 utilizado en Ethernet) de 2.5mm de diámetro. Estandarizado en la norma TIA-568-A. Es el conector más utilizado en la actualidad para redes monomodo (Figura 2.9).



**Figura 2.9. Conector de fibra óptica tipo SC [38]**

### **2.1.8.3 Conector FC**

Es un conector para redes monomodo, muy utilizado antes de que se fabriquen los conectores SC. Tiene un diámetro de 2.5mm y está construido de cerámica (Figura 2.10).



**Figura 2.10. Conector de fibra óptica tipo SC [38]**

### **2.1.9 Tipos de cajetines**

Los cajetines para fibra óptica se conocen como Rosetas ópticas (Figura 2.11), y están estandarizados en la norma ANSI/TIA 568-C, la cual especifica lo siguiente [39]:

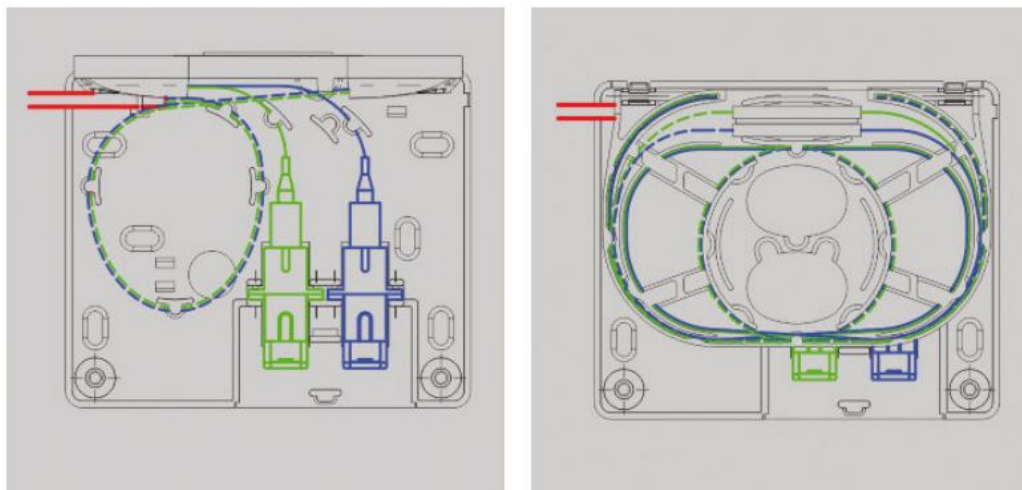


**Figura 2.11. Cajetín o roseta óptica. [40]**

- Los cajetines de fibra deben permitir la terminación de mínimo 2 fibras ópticas.

- Para prevenir daños a la fibra, el cajetín debe proveer un radio de curvatura mínimo de 30 milímetros
- El cajetín debe permitir el almacenamiento de al menos un metro de cable dúplex (dos fibras).
- El tamaño del cajetín debe ser tal que permita la sujeción del mismo en cajas eléctricas de 4 por 4 pulgadas.

La distribución del cajetín puede observarse en la Figura 2.12. Se utilizan conectores tipo SC/APC.



**Figura 2.12. Distribución de fibra óptica dentro de un cajetín normalizado [40]**

#### **2.1.10. Otras normas aplicables**

En general, las normas para fibra óptica en cuanto a canalización y diseño de red son las mismas que se utilizan para cableado estructurado de par trenzado. Por motivos de simplicidad del presente trabajo de tesis se nombraron los estándares que tienen especificaciones directas para la utilización de fibra óptica, pero además se pueden utilizar las siguientes normas:

- ANSI/TIA-862-A: Norma de cableado para automatización de edificios
- ANSI/TIA-942-A: Norma para infraestructura de telecomunicaciones en Centros de Datos
- ANSI/TIA-568-C.2: Norma para cableado y componentes estándar de redes con cable de par trenzado

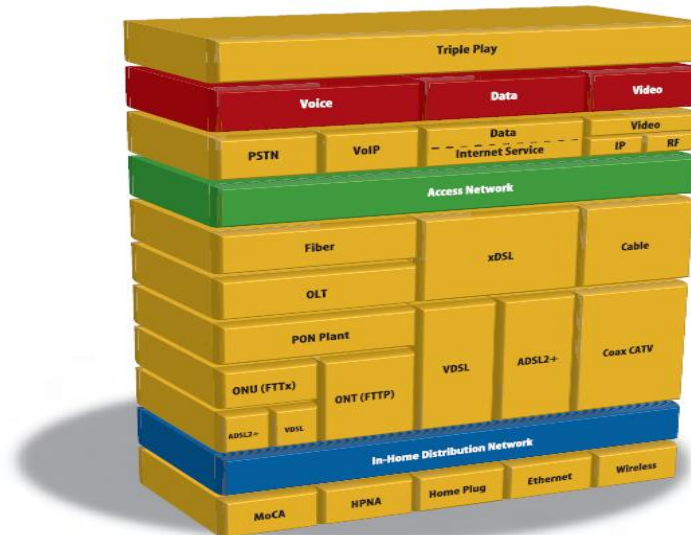
## **2.2 ESTÁNDARES TÉCNICOS DEL USO E IMPLEMENTACIÓN DE REDES GPON PARA TRIPLE PLAY CON FIBRA ÓPTICA**

Los estándares descritos anteriormente indican los criterios constructivos del cableado de datos para fibra óptica. Estos criterios están basados en edificios de oficinas, en los cuales se prioriza la optimización de la conexión para áreas de trabajo (computadores, impresoras, teléfonos IP, etc.) y son válidos en su aplicación para redes domiciliarias en medida de lo posible. Pero aparte de estos estándares, existen otros que son propios para redes de fibra en edificios residenciales, los cuales los explicaremos en el presente subcapítulo.

### **2.2.1 Servicio Triple-play**

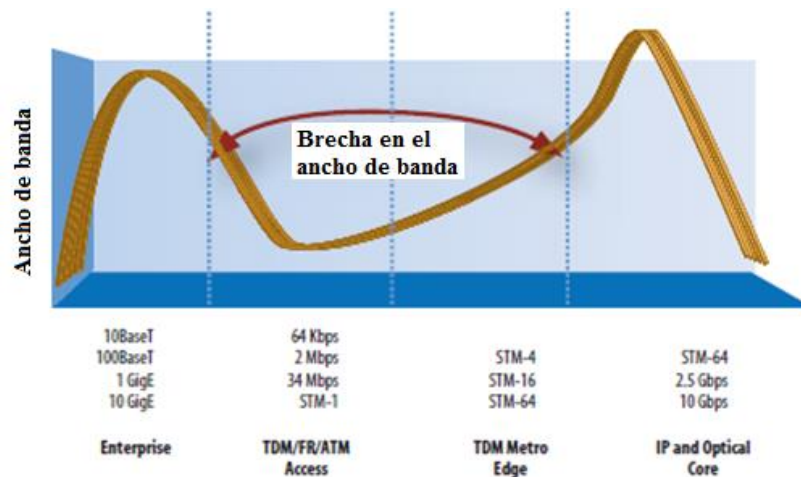
El servicio triple-play consiste en el uso de tecnologías de transmisión para entregar al usuario final voz, datos y video por el mismo medio (cable coaxial, par trenzado o fibra óptica). Permite que el usuario contrate al proveedor los servicios de televisión pagada (en definición estándar o “SD” o en alta definición o “HD” entregada por IP), telefonía (normalmente IP, pero también puede utilizarse PSTN) y datos (internet).

La arquitectura genérica de un servicio tripleplay (Figura 2.13) permite el despliegue del servicio utilizando varias tecnologías de acceso como xDSL, cable coaxial, o redes pasivas ópticas (PON).



**Figura 2.13. Bloques de la infraestructura de servicios Tripleplay [21]**

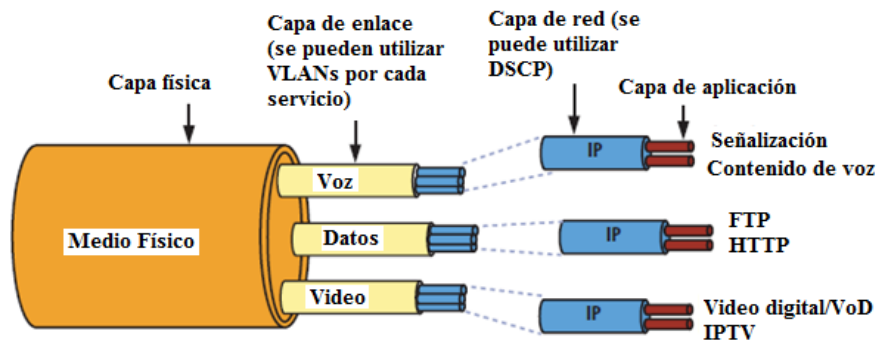
La utilización de un tipo u otro de tecnologías de transmisión, depende del ancho de banda a entregar al usuario, por lo cual, el despliegue de servicios en fibra óptica ha alcanzado su máximo en estos años, ya que la fibra permite la transmisión de datos a mayor velocidad. En la Figura 2.14 podemos observar una comparación a groso modo de las tecnologías de transmisión existentes para el servicio tripleplay en función del ancho de banda que pueden entregar.



**Figura 2.14. Comparación básica entre tecnologías de transmisión y el ancho de banda entregado al usuario [21]**

El concepto de tripleplay consiste en empaquetar los servicios de datos, voz y video en una sola trama, y enviarlas a través de un medio de transmisión común

(Figura 2.15) mediante la utilización de VLANs o canales de comunicación diferentes (longitudes de onda diferentes en una fibra óptica).

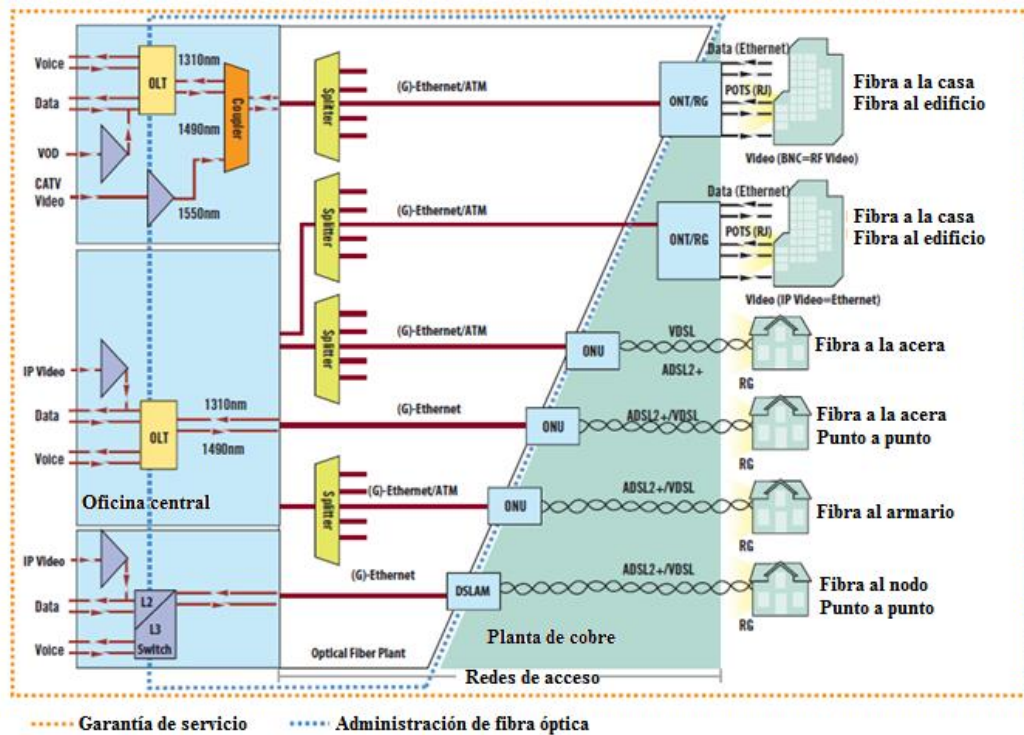


**Figura 2.15. Concepto de empaquetado de servicios tripleplay [21]**

### 2.2.2. Arquitectura de redes de fibra en servicios tripleplay

La arquitectura utilizada en servicios con fibra óptica depende del nivel de penetración de la fibra en la red, es decir, depende de la cercanía del nodo de fibra al usuario (Figura 2.16). Así, tenemos la siguiente clasificación de las arquitecturas de red con fibra óptica:

- FTTCab (Fiber To The Cabinet): o fibra hasta el armario. La fibra óptica llega hasta el armario de telecomunicaciones utilizado para servir a un sector de la ciudad. Utiliza tecnología ADSL2 y normalmente se encuentra a unos 4 kilómetros de distancia del usuario final.
- FTTN (Fiber To The Node): o fibra hasta el nodo. La fibra óptica llega hasta un armario de telecomunicaciones para servir a un barrio. Utiliza tecnología ADSL2 o ADSL2+ y se encuentra a unos 2.5 kilómetros del usuario final.
- FTTC (Fiber To The Curb): o fibra hasta la acera. La fibra óptica llega hasta un armario ubicado en la acera del usuario. Utiliza tecnología VDSL y normalmente se encuentra a unos 600m del usuario final.
- FTTB (Fiber To The Building): o fibra hasta el edificio. La fibra óptica llega hasta el interior de un edificio (residencial, de oficinas, etc).
- FTTH (Fiber To The Home): o fibra hasta la casa. La fibra óptica llega directamente hasta el usuario final.



**Figura 2.16. Penetración de arquitecturas de fibra óptica [21]**

El diseño que se presenta en el capítulo 3 se basa en un despliegue de red para FTTH, pues la fibra llega directamente a los departamentos de los edificios y condominios modelo. Un despliegue FTTB no es suficiente para la aplicación requerida por ETAPA (Triple play), pues en FTTB la fibra llega a la acometida del edificio, pero el cableado interno es de par trenzado, limitando el ancho de banda que se puede dar a los usuarios, y encareciendo la instalación ya que se requerirían servidores, equipos de switcheo y routers para el servicio a los usuarios, mientras que la utilización de FTTH permite la utilización de redes ópticas pasivas, dejando todo el trabajo de administración de red al proveedor de servicios [21].

En FTTH la fibra óptica llega directamente al área de trabajo del cliente, y se distribuye a los equipos mediante cable trenzado, cable coaxial, comunicación inalámbrica o fibra óptica mediante un convertor de medios (ejemplo: convertor de fibra a ethernet).

### 2.2.3. Red óptica pasiva (PON) para FTTH

Una red óptica pasiva es una red de fibra óptica que utiliza splitters pasivos para permitir que una sola fibra entregue la señal a múltiples equipos. Es el tipo de red óptica más utilizado alrededor del mundo para entregar servicios tripleplay a usuarios residenciales pues utiliza equipos de bajo costo en el lado del usuario, permitiendo el acceso económico a una red de alta velocidad.

Cuando utilizamos una red PON, se agregan nuevos dispositivos a los ya presentados en el subcapítulo anterior (patchcord, ER, TR, IC, etc), los cuales son:

- OLT (Optical line terminal).- Alberga el laser transmisor dedicado a una conexión punto a punto (P2P) al usuario, o compartidos en una red PON
- ONT (Optical Network Terminal).- recibe la señal del OLT y la convierte en señales de voz, datos y video.

Para el servicio tripleplay sobre una red PON, se utilizan técnicas de WDM (Wavelength Division Multiplexing) para transmitir un número de señales ópticas portadoras en una sola fibra utilizando diferentes longitudes de onda, permitiendo la comunicación bidireccional sobre un solo hilo de fibra. Con esto, la red de fibra óptica PON para servicio tripleplay tiene la estructura mostrada en la Figura 2.17.

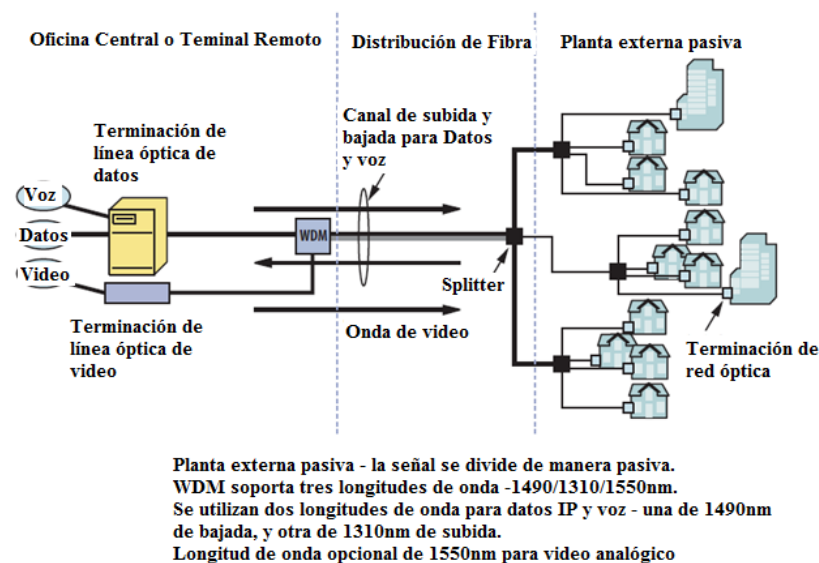
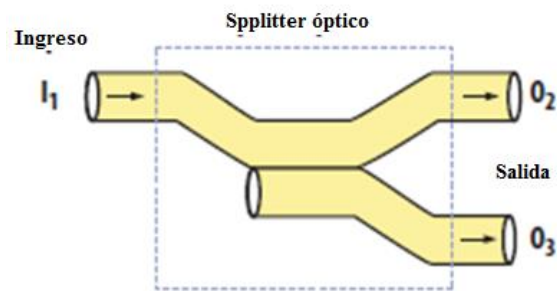


Figura 2.17. Sistema estándar para servicios tripleplay [21]



El splitter de fibra óptica es un dispositivo similar a un hub Ethernet, permitiendo que el haz de luz se divida para servir a múltiples usuarios (Figura 2.18). En una red PON la fibra óptica del proveedor de servicios se puede dividir hasta en 64 fibras para usuarios. La red PON en áreas residenciales grandes contiene generalmente en splitter 1:32. En áreas pequeñas puede utilizarse un splitter 1:4 seguido de 4 splitters 1:8.



**Figura 2.18. Principio de funcionamiento de un splitter óptico [21]**

Al dividir el haz de luz, el splitter óptico presenta pérdidas de inserción, las cuales generalmente dependen del número de puertos del splitter. En la Tabla 2.17 podemos observar las pérdidas de inserción mencionadas:

Número de puertos	Pérdida de inserción
2	3 dB
4	6 dB
8	9 dB
16	12 dB
32	15 dB
64	18 dB

**Tabla 2.17. Pérdidas de inserción en función del número de puertos de un splitter óptico [21]**

Las redes PON pueden clasificarse según la velocidad que pueden entregar al usuario final, así, en la Tabla 2.18 podemos observar las características de las redes PON existentes.

#### 2.2.4. Pérdidas de canal

La única característica comprobable en un diseño de red óptica dentro de un edificio es la pérdida en el canal óptico que va desde la acometida hasta equipo de usuario. Dichas pérdidas se encuentran estandarizadas en [22] y se conocen como balance del enlace óptico. Este balance abarca las pérdidas entre la OLT (equipo del proveedor de servicios) hasta la ONU (equipo de usuario), donde se incluyen filtros WDM que no se encuentran integrados a los multiplexores de video, empalmes, patch panels de fibra, etc.

	<b>BPON</b>	<b>GPON</b>	<b>EPON</b>
<b>Extensión de red</b>	20km	60km máximo, 20km diferencial	10km actual, 20km en estudio
<b>Máxima pérdida de inserción</b>	20/25/30 dB	15/20/25 dB	15/20 dB
<b>Máximo número de ramificaciones</b>	32	64	32
<b>Tasa de bits de bajada (Mbps)</b>	1,556,221,244	12,442,488	1244
<b>Tasa de bits de subida (Mbps)</b>	155,622	15,562,212,442,488	1244
<b>Longitud de onda (bajada)</b>	1480-1500 nm	1480-1500 nm	1490 nm
<b>Longitud de onda (video)</b>	1550 nm	1550 nm	-
<b>Longitud de onda (subida)</b>	1260-1360 nm	1260-1360 nm	1300 nm

<b>Modo de tráfico</b>	ATM	ATM, Ethernet, TDM	Ethernet
<b>Arquitectura</b>	Simétrica o asimétrica	Simétrica o asimétrica	Ethernet
<b>Superposición de video</b>	Si	Si	No
<b>Estándar aplicable</b>	ITU-T G.983.x	ITU-T G.983.X	IEEE 802.3ah
<b>Soporte en chipset</b>	Disponibile	Disponibile	Disponibile
<b>Tiempo de ráfaga ascendente</b>	56 bytes (fijo)	35.3 ns	512 ns

**Tabla 2.18. Características de las redes PON existentes [21]**

El diseñador de la red está en la obligación de cumplir con las atenuaciones máximas para asegurar un desempeño adecuado de la red óptica, y garantizar la calidad del servicio tripleplay en el interior del edificio. En la Tabla 2.19 se muestra el balance requerido en redes GPON para asegurar una velocidad de 2.5Gbit/s.

<b>Característica</b>	<b>Pérdidas máximas en sistemas monofibra</b>
Mínima atenuación óptica a 1490nm	13 dB
Mínima atenuación óptica a 1310nm	13 dB
Máxima atenuación óptica a 1490nm	28 dB
Máxima atenuación óptica a 1310nm	28 dB

**Tabla 2.19. Balance de atenuación en sistemas GPON de 2.5Gbit/s [22]**

Las pérdidas de canal pueden calcularse utilizando la ecuación 2.1:

$$P\acute{e}rdida\ de\ canal[dB] = (FA \times L) + (SA \times NS) + (CA \times NC) + (SpA \times NSp) + SM \quad (2-1)$$

Donde

FA= atenuación de la fibra en db/km

L= longitud del enlace de fibra

SA= Atenuación del empalme en dB

NS= número de empalmes en el enlace

CA= atenuación de conector en dB

NC= número de conectores en el enlace

SpA= atenuación del splitter en dB

NSp= número de splitters en el enlace

SM= margen de seguridad

### 2.2.5. Presupuesto de potencia

El presupuesto o balance de potencia es la “diferencia entre la potencia del transmisor menos la potencia del receptor” y nos indica el margen de pérdidas que podemos tener en el enlace de fibra óptica para que los equipos funcionen adecuadamente. El presupuesto de potencia se puede calcular mediante la Ecuación 2-2. [23]

$$\begin{aligned} \text{Presupuesto de potencia}[dB] \\ &= \text{Potencia del transmisor}[dBm] \\ &\quad - \text{potencia del receptor}[dBm] \end{aligned} \quad (2-2)$$

### 2.2.6. Distancia del enlace

Conociendo la pérdida del canal y el presupuesto de potencia entre los equipos, podemos calcular la distancia máxima del enlace óptico mediante la Ecuación 2-3.

*Distancia del enlace [km]*

$$= \frac{\text{Presupuesto de potencia [dB]} - \text{pérdida de canal [dB]}}{\text{Atenuación de la fibra } \left[\frac{\text{dB}}{\text{km}}\right]}$$

(2-3)

### **2.3. Normativa para ETAPA E.P.**

En el siguiente subcapítulo se muestra la normativa para ETAPA E.P., la cual se preparó en función de las normativas analizadas en el subcapítulo 2.2 y en base a los requerimientos propios de la empresa.

#### **2.3.1. Conceptos Generales**

**2.3.1.1. Servicio de telecomunicaciones.** Es el beneficio ofrecido por un proveedor de telecomunicaciones a un grupo de usuarios los cuales realizan un contrato.

**2.3.1.2. Edificio.** Se trata de una construcción con diferentes áreas destinadas a actividades humanas como por ejemplo vivienda, comercio o ambos a su vez.

**2.3.1.3. Condominio.** Consiste en un área de construcción con características particulares, cuya propiedad es compartida por varios usuarios para uso residencial.

**2.3.1.4. Redes públicas de telecomunicaciones.-** Redes implementadas por un operador de telecomunicaciones con la finalidad de brindar diferentes servicios y así satisfacer la demanda de los usuarios para un área urbana, rural o en conjunto.

**2.3.1.5. Redes privadas de telecomunicaciones.-** Redes que prestan servicio a un grupo único dentro de un ambiente particular diseñado e implementado para propósitos comerciales o urbanísticos.

- 2.3.1.6. Red de Acceso:** Red establecida entre el operador de telecomunicaciones y el usuario final.
- 2.3.1.7. Red Interna:** Es un tipo de red privada, con el soporte necesario para brindar servicio a una organización.
- 2.3.1.8. Bastidor:** Comúnmente llamado gabinete el cual está dispuesto a albergar el equipamiento activo o pasivo necesario para implementar una red de servicios de telecomunicaciones.
- 2.3.1.9. Climatización:** Proceso para brindar un ambiente favorable de funcionamiento de los diferentes equipos implementados en una red dentro del cuarto de telecomunicaciones.
- 2.3.1.10. Alarmas del armario:** Dispositivos de seguridad destinados a informar acerca de fallas existentes dentro de alguno de los equipos utilizados en la red o ya sea en el suministro eléctrico.
- 2.3.1.11. Acometida de telecomunicaciones:** Es la red establecida entre la central o armario más cercano hasta el edificio o urbanización. Se considera la acometida de telecomunicaciones al tramo de red desde la central de telecomunicaciones de ETAPA EP hasta el cuarto de telecomunicaciones del edificio. Condiciones favorables elemento.
- 2.3.1.12. Red Primaria:** Es toda la red que sale del distribuidor principal hacia la central.
- 2.3.1.13. Lotización.** Se trata de un área de terreno dividida en lotes dispuestos para el uso residencial o comercial.

## 2.3.2. Demanda

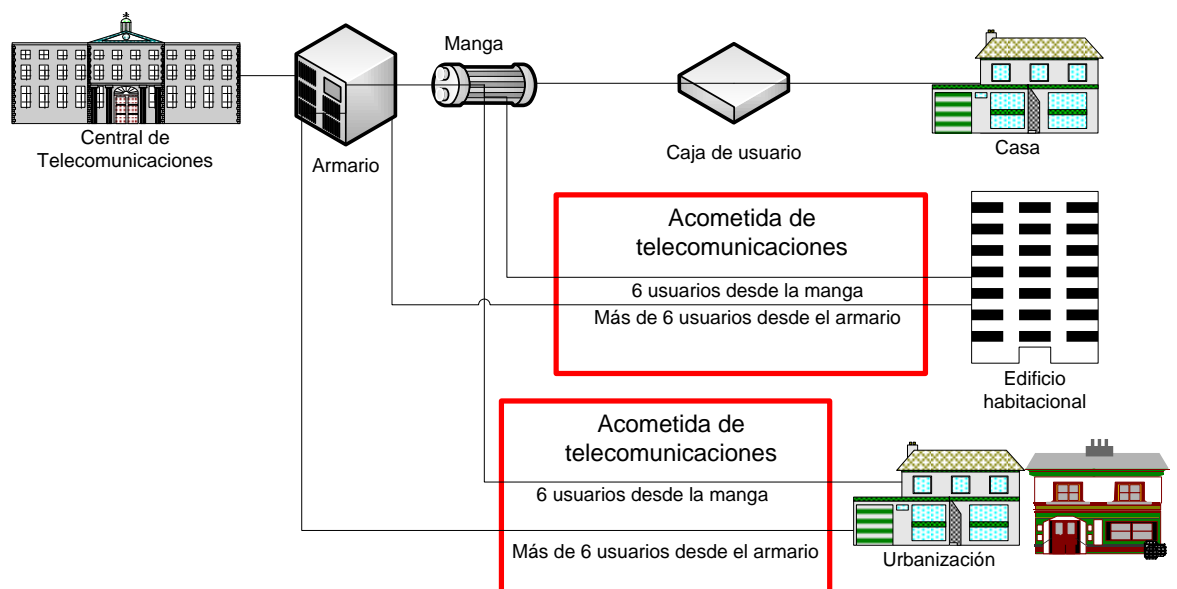
### 2.3.2.1. Demanda existente

Será calculada en base a los abonados existentes la edificación. Esta cantidad de abonados de los dos servicios constituirán la demanda existente.

## 2.3.3. Normas Generales para redes en edificios y urbanizaciones

### 2.3.3.1. Estructura de la red

En la figura se muestra la estructura de red utilizada por ETAPA E.P. para el servicio de fibra óptica al usuario final (Figura 2.19).



**Figura 2.19. Estructura básica de la red de servicio de fibra óptica.**

**Fuente: Los autores**

### 2.3.3.2. Ubicación de los equipos

Para determinar la ubicación de los equipos de la red de fibra óptica en edificios se considerarán los siguientes parámetros:

- Los equipos de telecomunicaciones necesarios se ubicarán en el cuarto de telecomunicaciones del edificio.

- Demanda de servicio de telefonía, banda ancha y televisión
- Los terminales de usuario (ONTs) se ubicarán en función del diseño arquitectónico de los departamentos. Se debe ubicar el terminal de usuario lo más cerca posible del centro de demanda de cada departamento.

### **2.3.3.3.Manga de Distribución Principal**

La Manga de Distribución Principal constará de una manga de acceso para montaje subterráneo, la cual contendrá los splitters de primer y/o segundo nivel sobre los que se armará las terminaciones de los cables de acometida de ETAPA E.P y de la red interior mediante empalmes de fusión, la manga dispondrá de bandejas organizadoras en grupos de máximo 6 hilos y espacios para la colocación de splitters.

- Los splitters serán adecuados para montaje en manga con terminaciones en hilo de 250micrometros de diámetro
- Las bandejas de dentro de la manga se utilizarán en dos grupos, en el primero se fusionará el cable de acometida de ETAPA E.P con la entrada de los splitters y en el segundo grupo de bandejas se fusionarán las terminaciones de la red interior que va hacia las Mangas de Distribución
- Para el alojamiento de la Manga de Distribución principal se proyectará la construcción de una cámara subterránea de 2.40 x 1.20 x 1.70m, según lo definido en las NORMAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE CANALIZACIÓN PARA TELECOMUNICACIONES Numeral 1.3. en dicha cámara se proyectará reserva de los cables de acometida y red interior

### **2.3.4. Red de Cliente.**

Para edificios y condominios, donde el diseño arquitectónico incluye el detalle constructivo de casas y departamentos, se diseñará la Red de Cliente, que corresponde al cableado interior en la casa o departamento, en el caso de



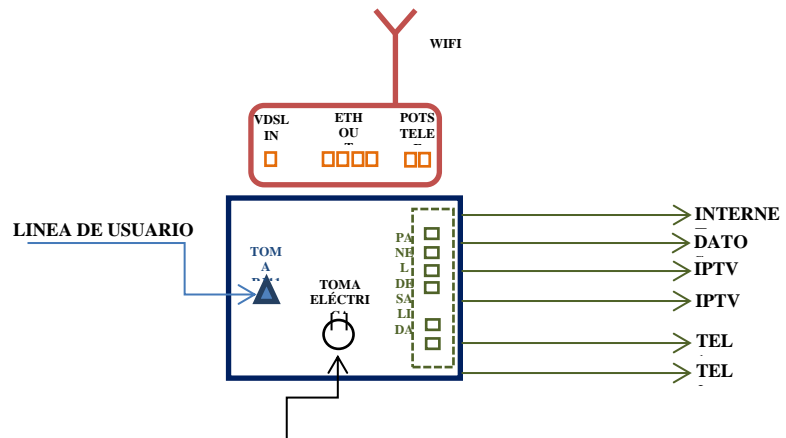
urbanizaciones, la memoria técnica incluirá dicho requerimiento para que se lo considere en el diseño particular de cada casa.

La Red de Cliente deberá garantizar la distribución del ancho de banda provisto por la tecnología GPON dentro del inmueble la distribución de los servicios se realiza a través de un modem GPON u ONT (Optical Network Terminal), el cual dispone de una entrada óptica con conector SC/APC, 4 salidas de datos RJ45 de 10/100/1000BaseT, dos salidas de telefonía analógica RJ11 y difusión de señal inalámbrica con estándar IEEE 802.11 (WIFI).

El diseño de la red de cliente se realizará tomando en cuenta los siguientes requerimientos:

- La Línea Óptica de Usuario, deberá terminar en toma SC/APC al interior de una Caja Final o Bastidor colocado al interior de la casa.
- Se proyectará la ubicación de la caja de forma tal que permitirá la cobertura total de la señal inalámbrica dentro de la casa o departamento, al mismo tiempo se cuidará el diseño estético.
- La caja dispondrá de una toma de energía eléctrica 110 VAC 1A.
- De la caja partirán hasta 4 cables para tomas de datos Categoría 5e o superior, los extremos de los cables terminarán en tomas RJ45 (Figura 2.20).
- Las tomas de datos deberán estar estratégicamente ubicadas previendo la distribución de los servicios actuales y futuros, para ello se considerará.
  - Servicio de internet de Alta Velocidad
  - Servicio de Televisión Sobre IP.
  - Servicio de Datos (Seguridad)
- Las tomas de telefonía se diseñarán con cable Categoría 3 terminados en conectores RJ11, sin embargo si el proyectista considera tener una

instalación homogénea, se podrá diseñar con cableado similar al detallado en el punto anterior, en este caso se deberá prever que las tomas RJ45 para telefonía permitan la inserción de conectores RJ11.



**Figura 2.20. Esquema de la red de cliente. Fuente ETAPA E.P**

### 2.3.5. Línea óptica de usuario

Corresponde al segmento entre el Bastidor de Distribución Principal o la Caja de Distribución Interior y la *Caja Final* ubicada al interior del domicilio del cliente<sup>4</sup>. Se diseñará utilizando cable óptico para interiores de dos hilos estándar G.657A tipo Tight Buffer o similar.

El extremo final del cable terminará al interior de la Caja Final mediante un conector SC/APC terminado en campo mediante empalme de fusión.

El cable dispondrá de elementos de soporte mecánico (de acero o dieléctrico) que permita el tensado al momento de la instalación y durante la operación.

El extremo final del cable terminará al interior de la Caja Final mediante un conector SC/APC terminado en campo mediante empalme de fusión.

<sup>4</sup> Fuente: ETAPA E.P.

En el diseño se contemplará la cobertura de las Mangas de Distribución hacia los predios diseñados, quedando asignada la distribución de la Línea óptica de Usuario por lote, sin embargo no se proyectará la construcción de las mismas.

En el punto de conexión del cliente se podrá insertar el conector del cable de acometida directamente al equipo de usuario ONT o a través de una caja terminal con características homologadas por ETAPA E.P, la cual deberá quedar adosada a la pared y se conectará a través de un patch cord SC/APC - SC/APC.

### **2.3.6. Coexistencia con otras redes**

No deberá proyectarse el emplazamiento de otras redes tales como: red de televisión por cable, red eléctrica, red de seguridad, agua potable, etc., en los mismos ductos o a través de las cajas de distribución de la red de telecomunicaciones, los pozos eventualmente se podrán compartir considerando al construcción de una pared divisoria dentro del mismo y cuidando mantener el volumen del pozo solicitado en párrafos anteriores.

Se tendrá especial cuidado en el aterramiento de los elementos de red que dispongan de partes metálicas.

### **2.3.7. Acometida de telecomunicaciones**

ETAPA E.P definirá el punto desde donde el proyectista diseñará la acometida de telecomunicaciones.

### **2.3.8. Fibra óptica de acometida**

La acometida se realizará con fibra óptica tipo G.652D y conectores SC/APC<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Fuente: Etapa

En el caso de contar con menos de 6 usuarios, la fibra óptica llegará directamente desde la manga de fibra en el armario de telecomunicaciones de ETAPA E.P.

El diseño de la red de acceso en fibra óptica no incluirá el recorrido del cable de acometida, sin embargo se le considerará para el cálculo del enlace óptico y el presupuesto económico, además se deberá indicar las especificaciones técnicas generales para su construcción tomando en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El cable de acometida óptico será continuo desde la manga o armario, hasta el cuarto de telecomunicaciones del edificio o urbanización, no se permitirán empalmes intermedios.
- La longitud máxima permitida en el área urbana para una acometida será de 100m de requerirse una cobertura mayor, deberá emplazarse una nueva caja de distribución.
- La punta inicial y final del cable de acometida terminarán en conectores SC/APC del tipo terminados en campo con mecanismo de empalme de fusión o mecánico.

#### **2.3.8.1. Construcción de la acometida**

Para la construcción de la acometida se tomarán los siguientes criterios<sup>6</sup>:

- Para edificios de más de 1858m<sup>2</sup> de construcción (18 usuarios con promedio de 100m<sup>2</sup> por departamento) se recomienda una caja de acometida
- Para edificios de más de 6503m<sup>2</sup> de construcción (65 usuarios con promedio de 100m<sup>2</sup> por departamento) se recomienda un cuarto dedicado.

#### **2.3.8.2. Canalización de acometida**

Cuando se contemple el ingreso canalizado, se proyectará la colocación de 2 ductos PVC de 4 pulgadas color tomate del tipo telefónico, desde el punto de

---

<sup>6</sup> Fuente: Etapa

canalización existente de ETAPA E.P, hasta el ingreso del edificio, condominio o urbanización.

De requerirse pozos éstos deberán ubicarse en tramos no superiores a 50 metros o en cambios de dirección de la canalización, los pozos tendrán una dimensión de 50x50x50cm, con tapa de hormigón con filo de ángulo metálico.

### 2.3.8.3. Cajas de usuario

Corresponde al punto donde terminara el cable de acometida y tendrá las siguientes características.

- Dispondrá de dos adaptadores para conector SC/APC
- Dispondrá una bandeja para manejo de pigtail y espacio para fusión.
- Permitirá el montaje adosado a pared

Se utilizará una caja de usuario (Figura 2.21) de 8 salidas de fibra óptica. Se utilizarán como máximo 7 cajas de usuario. Para usos de más de 56 usuarios se utilizará un nivel adicional de spliteo<sup>7</sup>.



**Figura 2.21. Caja de usuario [106]**

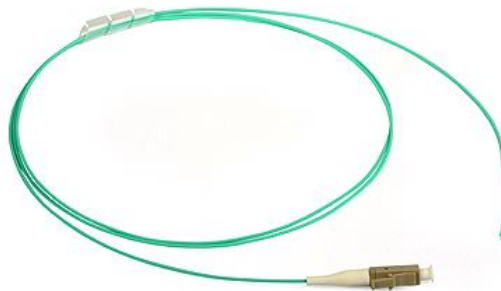
---

<sup>7</sup> Fuente: Etapa

#### 2.3.8.4.Pigtails y patchcords.

Deberán cumplir con la norma ITU-T G.657A en cuanto a la característica óptica del hilo, y cumplirán con las siguientes características:

- El cable de los pigtails (Figura 2.22) tendrán un diámetro de 900 micrómetros.
- El cable de los patchcords tendrán un diámetro de 2 o 3 milímetros.
- Los conectores serán SC/APC.
- Deberán cumplir los valores nominales de pérdidas de inserción y reflexión consideradas en el diseño de la red.



**Figura 2.22. Pigtail de fibra óptica [113]**



**Figura 2.23. Patch cord de fibra óptica [58]**

### 2.3.8.5. Bastidor de distribución principal

Delimita el punto de conexión entre la red de ETAPA E.P y la red interior, el bastidor de distribución constará de una caja o rack (Figura 2.24) de pared o piso, el cual contendrá las bandejas sobre los que se armará las terminaciones de los cables de la red interior y de la acometida y contendrá los Splitters de primer y/o de segundo nivel, el bastidor será metálico cerrado con un grado de protección IP55, dispondrá de puerta de seguridad con cerradura de llave universal y estará emplazado al interior del edificio en un sitio designado para éste propósito y que será protegido del polvo y la humedad. La dimensión del bastidor dependerá de la cantidad de puertos.



**Figura 2.24. Bastidor de fibra en sala de telecomunicaciones. [111]**

Las bandejas se armarán en dos grupos, en el primero se armará el cable de acometida de ETAPA E.P y en el segundo las bandejas que alojan las terminaciones de la red interior del edificio, las cuales tendrán una modularidad de 12 puertos, se reservará espacio dentro del bastidor o al interior de las bandejas para la colocación de los splitters.

Los splitters de primer nivel deberán ser fusionados a los hilos de entrada de la red de ETAPA E.P y hacia la entrada de los splitters de segundo nivel, mientras que la salida conectorizada de los splitters de segundo nivel se conectará directamente en los paneles de conexión de la red interior.

El bastidor de distribución constará de una caja o rack de pared o piso, el cual contendrá las bandejas sobre los que se armará las terminaciones de los cables de la red interior y de la acometida y los splitters de primer y/o de segundo nivel, la caja o rack deberá ser metálico cerrado con un grado de protección IP55, con puertas de seguridad con cerradura de llave universal y estará emplazado en un cuarto o espacio dedicado para este propósito donde tenga acceso libre el personal de ETAPA E.P, el sitio garantizará protección ante el polvo y la humedad. La dimensión del bastidor dependerá de la cantidad de puertos.

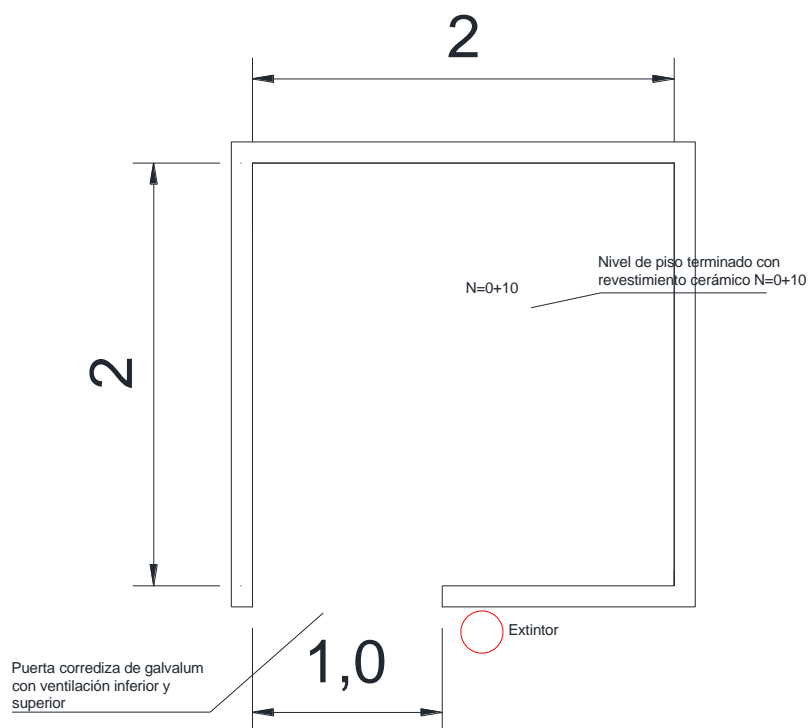
Las bandejas se armarán en dos grupos, en el primero se armará el cable de acometida de ETAPA E.P y en el segundo las bandejas que alojan las terminaciones conectorizadas de la red interior que sirven a las unidades habitacionales, tendrán una modularidad de 12 puertos y se reservará espacio dentro de las bandejas o del bastidor para la colocación de los splitters.

### **2.3.9. Cuarto de telecomunicaciones**

#### **2.3.9.1 Dimensionamiento**

El tamaño mínimo del cuarto de telecomunicaciones será de 2x2x2.5 **metros libres**. Las medidas del cuarto se muestran en la figura 25 (en metros).





**Figura 2.25. Dimensiones mínimas del cuarto de telecomunicaciones.**

**Fuente: Los Autores**

Otras características para el diseño del cuarto de equipos son:

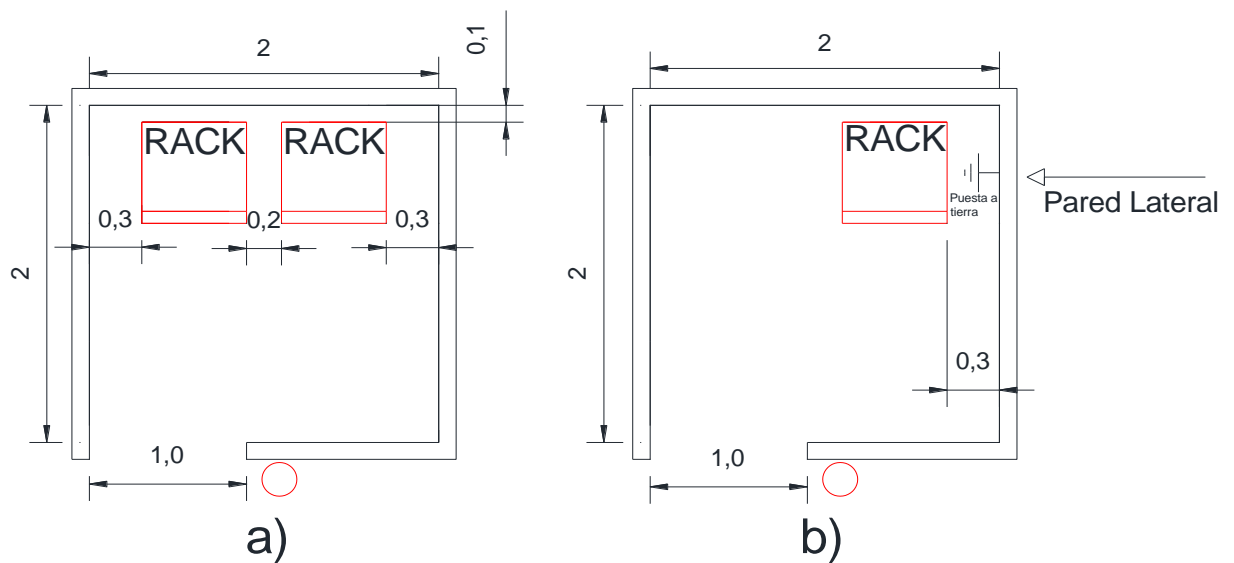
- Debe ubicarse lejos de fuentes de ruido electromagnético como transformadores, máquinas de rayos X, motores, equipos de radio, etc.
- No debe tener techo falso, y se debe evitar que esté por debajo de instalaciones hidrosanitarias para evitar fugas de agua que puedan dañar los equipos. La altura del techo debe ser de 2.3 metros mínimo.
- De preferencia debe contar con algún control de acceso, o evitar que personal no autorizado ingrese.

### **Ubicación de equipos**

Los equipos que se instalarán en el nodo de telecomunicaciones son:

- Bastidor (rack): se ubicará a 30 cm de la pared lateral en donde se encuentra la puesta a tierra.

La separación entre los racks será de 20 cm. Todo esto se observa en la figura 26.



**Figura 2.26. a) Distancias para la ubicación de los equipos en el cuarto de telecomunicaciones. b) Ubicación del rack en relación a la posición de la puesta a tierra. Fuente: Los Autores**

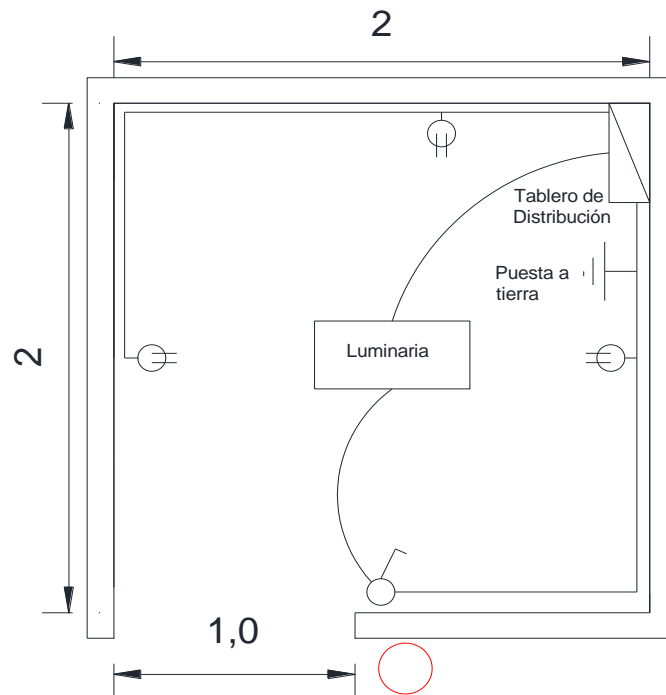
### 2.3.9.2 Energía

Se utilizará un tomacorriente para cada equipo activo en el rack, uno para equipos de gestión y mantenimiento y uno para propósito general. Los tomacorrientes serán de 15 amperios y serán polarizados. Existirán mínimo 3 tomas de corriente dobles en circuitos separados, alejadas una de otra en intervalos de 1.8 metros (Figura 2.27).

La acometida eléctrica se realizará con cable No. 8 AWG, se tomara directamente del contador de energía y llegara hasta un tablero de distribución con capacidad de al menos 8 protecciones termoeléctricas (polos).

- Colocar una protección de 10 A para el circuito de iluminación.
- Colocar una protección de 30 A para el circuito de tomacorrientes.
- Colocar dos protecciones de 30A para los equipos de telecomunicaciones.

- Colocar luminarias de 2x32W o 2x40W. Se utilizará cable sólido número 14AWG



**Figura 2.27. Ubicación de equipos eléctricos para un cuarto de telecomunicaciones de 1 rack. Fuente: Los Autores**

### **2.3.9.3. Puesta a tierra del cuarto de telecomunicaciones**

Todos los equipos del cuarto de telecomunicaciones estarán debidamente conectados a la puesta a tierra de la instalación eléctrica. La puesta a tierra del cuarto de telecomunicaciones se conectará a la puesta a tierra general del edificio mediante un cable de cobre No. 2 AWG desnudo de 7 hilos utilizando suelda de tipo cadwel; la malla de tierra deberán garantizar una impedancia menor o igual a 5 ohmios.

El cable de tierra deberá llegar hasta el cuarto de telecomunicaciones en donde se colocará una placa de cobre perforada de 30cm x 10cm x 0.9cm y conectores pie talón como se muestra en la figura 28.



**Figura 2.28. Placa de cobre perforada. Fuente: ETAPA E.P**

Esta placa de tierra se colocará junto al bastidor (rack).

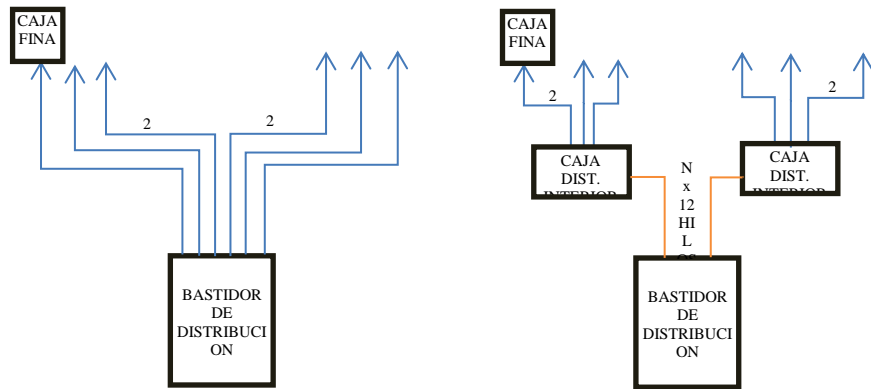
Todas las uniones excepto las localizadas en la placa, deberán ser realizadas con suelda de tipo cadwel.

En el caso de ser necesario se deberá instalar una placa de cobre adicional con las especificaciones antes descritas que deberá conectarse al cable de tierra.

La placa de cobre para conexión a tierra se ubicará a 30cm como mínimo del tablero de distribución eléctrico.

### **2.3.10 Caja de Distribución Interior**

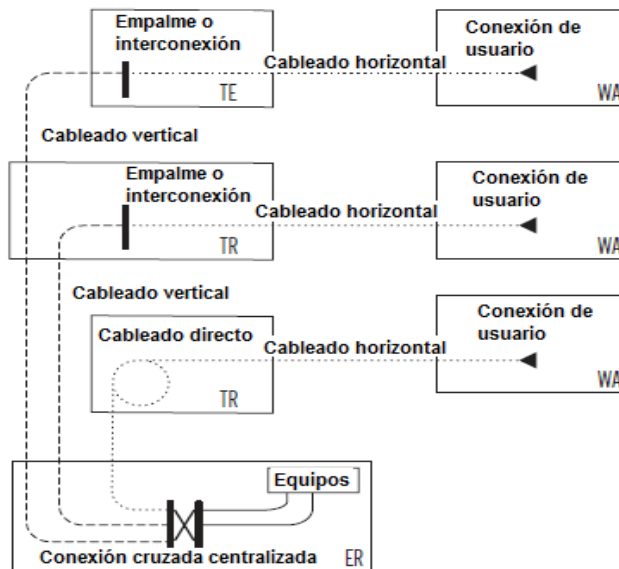
Permite realizar el tendido organizado de la red interior en edificios de más de 32 usos, sin congestión de cables de usuario en pozos y ductos. En zonas específicas del edificio (por ejemplo un piso o un bloque independiente), se proyectará la colocación Cajas de Distribución Interior, las cuales dispondrán de una o más bandejas espejo de las bandejas armadas desde el Bastidor de Distribución Principal (Figura 2.29).



**Figura 2.29. Estructura de la red interior. Fuente: ETAPA E.P**

### 2.3.11 Cableado vertical

Los patch cords utilizados en las conexiones de backbone deben ser de máximo 20 metros, y la longitud del cableado no debe sobrepasar los 30 metros<sup>8</sup>. El cableado directo de fibra óptica (Figura 2.30) desde el cuarto de telecomunicaciones hasta el terminal de usuario. La longitud máxima de un cableado directo es de 90 metros.



**Figura 2.30. Cableado centralizado de fibra óptica. Fuente: ETAPA E.P**

<sup>8</sup> ANSI/TIA-569-B

Para el backbone se utilizará el túnel de cables, haciendo uso de pasamuros de 50cm x 50cm.

### **2.3.12 Cableado Horizontal**

Los terminales de fibra óptica deben ser tipo dúplex. El cableado horizontal debe extenderse un máximo de 90 metros. La longitud máxima de los patch cords debe ser de 5 metros. En el terminal de usuario las conexiones entre la toma de comunicaciones

#### **2.3.12.1 Ductería**

Se utilizarán canaletas fijadas a la pared o tubo PVC y mínimo ½ pulgada para la canalización horizontal. No se permitirán cables montados directamente en la pared.

#### **2.3.12.2 Roseta Óptica.**

Las cajas finales para fibra óptica se conocen como Rosetas ópticas<sup>9</sup>. Deben cumplir con lo siguiente:

- Las rosetas ópticas deben permitir la terminación de mínimo 2 fibras ópticas. Se instalará una fibra por abonado.
- Para prevenir daños a la fibra, la roseta óptica debe proveer un radio de curvatura mínimo de 30 milímetros
- El roseta óptica debe permitir el almacenamiento de al menos un metro de cable dúplex (dos fibras)
- El tamaño de la roseta óptica debe ser tal que permita la sujeción de la misma en cajas eléctricas de 4 por 4 pulgadas.

La distribución de la roseta óptica puede observarse en la Figura 2.31. Se utilizan conectores tipo SC/APC.

---

<sup>9</sup> ANSI/TIA 568-C



**Figura 2.31. Roseta de fibra óptica [107]**

### **2.3.13 Identificación de la red**

#### **2.3.13.1 Código de colores**

Al momento de trabajar con cables de fibra se deben tomar en cuenta el código de colores del fabricante ya que nos ayuda a identificar el número del hilo así como el tubo de protección que también está definido por colores tal y cual se indica en la Tabla 2.5.

#### **2.3.13.2 Formatos de identificación**

Para identificar adecuadamente los cables<sup>10</sup>, conectores, circuitos, etc., de la red de cableado estructurado del edificio, se seguirá el formato de identificación mostrado en la Tabla 2.9:

---

<sup>10</sup> ANSI/TIA-606-A

### 2.3.13.3 Codificación de colores para etiquetas

Cada etiqueta debe cumplir con el código de colores descrito en la Tabla 2.10.

### 2.3.14 Radios de curvatura

En la tabla se especifican los radios de curvaturas y las tensiones a las que deben estar sujetos los hilos de fibra en tanto en cableado horizontal como vertical (Tabla 2.20).

<b>Tipo de cable y detalles de instalación</b>	<b>Tensión máxima durante la instalación</b>	<b>Radio de curvatura mínimo durante la instalación</b>	<b>Radio de curvatura sin carga después de la instalación</b>
G652D para acometida al edificio	220n	20 veces el radio externo de la fibra, 30mm como mínimo	10 veces el radio externo de la fibra, 50.88 mm como mínimo
G657A para acometida de usuario	220n	20 veces el radio externo de la fibra, 30 mm como mínimo	10 veces el radio externo de la fibra, 50.88 mm como mínimo

**Tabla 2.20. Tensiones y radios de curvatura máximos para fibra óptica<sup>11</sup>**

### 2.3.15 Empalmes

Se permitirán únicamente empalmes realizados por fusión que cumplan las siguientes características<sup>12</sup>:

- Pérdida por inserción máxima: 0.3dB
- Pérdida por retorno máxima: 26Db

### 2.3.16 Conectores

Se utilizarán conectores SC/APC FOCIS 3, con una pérdida por inserción máxima de 0.75dB

<sup>11</sup> Normas ITU-T G652 e ITU-T G657

<sup>12</sup> ANSI/TIA-568-C.3



### **2.3.17 Pérdidas de canal**

Las pérdidas de canal se calcularán utilizando la ecuación (1-1), con lo cual haciendo los cálculos debe asegurarse un máximo de pérdidas de canal de 28dB entre la OLT y la ONT.

### **2.3.18 Red óptica interior**

Desde las bandejas de conectorización del bastidor principal se diseñará la red óptica interior según los siguientes requerimientos:

- Se proyectará una capacidad de 2 hilos por cada uso (departamento, local comercial, oficina, entre otros), sin embargo se armará tanto a nivel de Bastidor de Distribución Principal como de punto de conexión de abonado únicamente 1 hilo.
- En edificios de hasta 32 usos y donde las distancias lo justifiquen, podrá diseñarse directamente la línea óptica de usuario desde el Bastidor de Distribución Principal hasta la caja final dentro del domicilio del cliente
- En edificios con más de 32 usos, deberá utilizarse Cajas de Distribución Interior donde se armarán cables de mayor capacidad hacia el Bastidor de Distribución Principal.

Desde las bandejas del bastidor principal se diseñará la red óptica interior según los siguientes requerimientos:

- La red será canalizada dentro del condominio, se proyectará la colocación de ductos de 55mm para recorridos en vereda y ductos de 110mm de alta densidad para cruces de vía, la cantidad de ductos se dimensionará en función de la cantidad de cables a colocar, considerando que siempre se cableará en ductos independientes los cables de distribución y las líneas de acometida de cliente.

- Se construirán pozos de revisión en: el intermedio de cada dos casas adjuntas, en recorridos rectos de máximo 50 metros, en las bifurcaciones de la canalización y en recorridos con ángulo mayor a 30°. El tamaño interior de los pozos de paso de cables será de 50x50x50 centímetros (Largo x Ancho x Profundidad), mientras donde se requiera la colocación de empalmes o cajas de distribución subterránea será de 80x60x50cm, la tapa de los pozos será de hormigón con filo de ángulo metálico.
- El ingreso hacia las unidades habitacionales se realizará con tubería tipo politubo de ¾ o 1" que terminará directamente en la Caja Final que contiene el equipo del cliente.
- Se asignará un hilo de fibra óptica por cada uso (departamento, local comercial, oficina, entre otros), sin embargo se dejará una reserva en cable de un hilo adicional por uso, este hilo no se armará en el Bastidor de Distribución Principal ni en el punto de conexión de abonado.
- En proyectos de hasta 8 usos se diseñará directamente la Línea Óptica de Usuario desde el Bastidor de Distribución Principal hasta la caja final dentro del domicilio del cliente.
- En proyectos con más de 8 usos, deberá utilizarse Mangas de Distribución Interior según las características determinadas en el Numeral 3.3.4.3. la cual deberá disponer de al menos dos accesos para cable de distribución y 8 para cables de acometida.
- Las Mangas de Distribución Interior se ubicarán estratégicamente dentro de pozos de modo que sirvan a grupos de clientes contiguos.
- El cableado entre el Bastidor de Distribución Principal y las Mangas de Distribución Interior se diseñará con cables para montaje subterráneo de 12 o más hilos.

Desde la Manga de Distribución Principal se diseñará la red óptica interior tomando en cuenta los siguientes requerimientos:

- El ingreso hacia los lotes se realizará con tubería tipo politubo de ¾ o 1".

- Para el dimensionamiento de la red se asignará un hilo de fibra óptica por cada lote, sin embargo se dejará una reserva en cable que alimenta a las Mangas de Distribución de un hilo adicional por cada lote.
- No se proyectará la colocación de la Línea Óptica de Usuario, debido a que en los proyectos de urbanización no se dispone de planificación de las unidades habitacionales, en su lugar se deberá indicar que toda la canalización quedará expedita y con alambre guía galvanizado en todos los ductos donde se planifique el posterior tendido de las acometidas.
- En proyectos de hasta 8 usos se preverá directamente la Línea Óptica de Usuario desde la Manga de Distribución Principal, para ello ésta deberá disponer de los accesos adecuado para los cables de acometida.
- En proyectos con más de 8 usos, deberá utilizarse Mangas de Distribución Interior la cual deberá disponer de al menos dos accesos para cable de distribución y 8 para cables de acometida.
- Las Mangas de Distribución Interior se ubicarán estratégicamente dentro de pozos de modo que sirvan a grupos de clientes contiguos.
- El cableado entre la Manga de Distribución Principal y las Mangas de Distribución Interior se diseñará con cables para montaje subterráneo de 12 o más hilos.

En urbanizaciones, desde las bandejas del bastidor principal se diseñará la red óptica interior según los siguientes requerimientos:

- La caja de usuario se ubicará en postería desde la cual partirá la tercera línea.
- Para la canalización se utilizará tubería PVC cédula 80 de 6 pulgadas mínimo.
- Para la red empotrada en las paredes se utilizará tubería PVC cédula 40 de máximo 2 pulgadas
- Se proyectará la colocación de ductos de 55mm para recorridos en vereda y ductos de 110mm de alta densidad para cruces de vía, la cantidad de ductos se dimensionará en función de la cantidad de cables a colocar, considerando que

siempre se cableará en ductos independientes los cables de distribución y las líneas de acometida de cliente.

- Se construirán pozos de revisión en: el intermedio de cada dos casas adjuntas, en recorridos rectos de máximo 50 metros, en las bifurcaciones de la canalización y en recorridos con ángulo mayor a 30°. El tamaño interior de los pozos de paso de cables será de 50x50x50 centímetros (Largo x Ancho x Profundidad), mientras donde se requiera la colocación de empalmes o cajas de distribución subterránea será de 80x60x50cm, la tapa de los pozos será de hormigón con filo de ángulo metálico.
- El ingreso hacia las unidades habitacionales se realizará con tubería tipo politubo de ¾ o 1” que terminará directamente en la Caja Final que contiene el equipo del cliente.
- Se asignará un hilo de fibra óptica por cada usuario (departamento, local comercial, oficina, entre otros), sin embargo se dejará una reserva en cable de un hilo adicional por uso, este hilo no se armará en el Bastidor de Distribución Principal ni en el punto de conexión de abonado.
- En proyectos de hasta 8 usuarios se diseñará directamente la Línea Óptica de Usuario desde el Bastidor de Distribución Principal hasta la caja final dentro del domicilio del cliente.
- En proyectos con más de 8 usuarios, deberá utilizarse Mangas de Distribución del armario del proveedor de servicios
- El cableado entre el Bastidor de Distribución Principal y las Mangas de Distribución Interior se diseñará con cables para montaje subterráneo de 12 o más hilos.

### **2.3.19 Identificación de la red**

En edificios, la numeración del rack se realizará tomando en cuenta las siguientes especificaciones:

- El rack se etiquetará con el código de nodo y distrito al cual pertenece la acometida.

- La bandeja que aloja la terminación de la red de ETAPA E.P se etiquetará con el código de la o cajas activas desde la red de distribución o con el código del hilo de la red de alimentación.
- Las bandejas que alojan las terminaciones de la red interior se nominarán con las letras del abecedario en mayúsculas y cada hilo dentro de la bandeja se le asignará un código alfanumérico constituido por un la letra correspondiente de la bandeja y un número secuencial de 1 al 12, según esta nominación se asignará los hilos a cada uso, para lo cual se registrará una tabla de asignación de hilos siguiendo el modelo de la tabla 24:

CAJA	Ej. A2	
No. HILO	UBICACIÓN	PISO
1	Departamento 1	PB
2	Oficina 1	PA
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

**Tabla 2.21. Registro de hilos de la red interna.**

En urbanizaciones la numeración del rack se realizará tomando en cuenta las siguientes especificaciones:

- El rack se etiquetará con el código de nodo y distrito al cual pertenece la acometida.
- La bandeja que aloja la terminación de la red de ETAPA EP se etiquetará con el código de la o las cajas activas desde la red de distribución o con el código del hilo de la red de alimentación.
- Las bandejas que alojan las terminaciones de la red interior se nominarán con las letras del abecedario en mayúsculas y cada hilo dentro de la bandeja se le asignará un código alfanumérico constituido por un la letra correspondiente de la bandeja y un número secuencial de 1 al 12, según esta nominación se

asignará los hilos a cada uso, para lo cual se registrará una tabla de asignación de hilos siguiendo el modelo mostrado en la Tabla 2.22:

CAJA	Ej. A2
No. HILO	UBICACIÓN
1	Casa 1
2	Casa 2
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

**Tabla 2.22. Registro de hilos de la red interna.**

En urbanizaciones con servicio desde las mangas de conexión, la numeración del rack se realizará tomando en cuenta las siguientes especificaciones:

- La manga se etiquetará con el código de nodo y distrito al cual pertenece la acometida y los códigos de hilos de alimentación o distribución habilitados dentro de la misma, al interior de la manga deberán etiquetarse la bandeja que contiene los hilos habilitados de parte de ETAPA E.P
- Las bandejas que alojan las terminaciones de la red interior se nominarán con las letras del abecedario en mayúsculas y cada hilo dentro de la bandeja se le asignará un código alfanumérico constituido por un la letra correspondiente de la bandeja y un número secuencial de 1 al 12,
- Se proyectará también el etiquetado de las Mangas de Distribución Interior con el código de la bandeja que de la cual está servida desde la Manga de Distribución Principal.

El diseño se realizara previa al estudio de la demanda, en caso de que un abonado solicite dos o más puntos de conexión se le asignara hilos consecutivos, por ejemplo si el departamento 1 o la casa 1 requiere dos tomas de conexión se le

asignara los hilos 1 y 2, pero si este mismo departamento o casa solicita dos tomas posterior a la apertura de la red, se le asignara uno de los hilos de reserva, así tendría el hilo 1 y la reserva más próxima a su caja correspondiente. El costo por cada hilo de fibra solicitado será tomado en cuenta como la contratación de una nueva línea de servicios lo cual implica un costo adicional igual al de la primera línea contratada.

### **2.3.20 Responsabilidad.**

El diseño de la acometida óptica y red interior en edificios, condominios y urbanizaciones será responsabilidad del promotor del proyecto, y deberá ser presentado a ETAPA E.P a través de un profesional en el área de la Ingeniería eléctrica, electrónica o telecomunicaciones, quién firmará como responsable técnico. Así mismo la construcción de la red se ejecutará luego a la solicitud y emisión del permiso de construcción, el promotor a través de un profesional calificado construirá el segmento de la red correspondiente a la red interior, incluyendo el Bastidor o Manga de distribución Principal, ETAPA E.P se encargará del tendido del tramo de fibra óptica de acometida y habilitará los hilos correspondientes en la infraestructura construida por el promotor, una vez ésta haya superado el protocolo de pruebas de recepción definidas para tal propósito.

### **2.3.21 Documentación para el diseño.**

El diseño de la red de acceso óptica deberá presentarse con la siguiente documentación:

- **Memoria técnica.** El responsable del diseño deberá presentar la memoria técnica con la siguiente información:
  - Nombre del proyecto
  - Detalle de la ubicación y cobertura del mismo.
  - Antecedentes y justificación del proyecto.
  - Objetivos.
  - Detalle de la red existente, capacidad estado y utilización.

- Detalle de la red proyectada que incluirá el resumen de la capacidad, cálculo de la demanda.
- Detalles particulares del diseño, indicando los trabajos a realizarse previos a la construcción, tales como: canalización requerida, levantamiento de usuarios, otros.
- En proyectos donde exista una afección al servicio de telecomunicaciones u otros servicios, se presentará el plan de intervención para la construcción de la red, en el que se indicará los permisos requeridos previo a la intervención, las instituciones y empresas que intervendrán en forma directa o indirecta en el proyecto, necesidad de socialización del proyecto, publicación de cortes de servicio o cambios de series numéricas requeridas y las precauciones a tener en cuenta durante la construcción.
- Para la intervención en sectores donde se afecten redes primarias en servicio se presentará además un plan de contingencia a implementar en caso de afección a dichas redes.

### **2.3.22 Documentación para edificios y urbanizaciones.**

- **Anexos.**
  - Presupuesto de enlace óptico por caja de distribución, considerando la acometida del cliente.
  - Listado de materiales y mano de obra.
  - Diagrama de recorrido de red de alimentación.
  - Diagrama de recorrido de la red de distribución.
  - Plano de emplazamiento de la red.
  - Planos de las obras civiles requeridas.
  - Diagrama esquemático de interconexión.



## CAPITULO III

### **Capítulo 3 . DISEÑO GENÉRICO DE RED INTERNA CON FIBRA ÓPTICA PARA SOLUCIONES HABITACIONALES Y HERRAMIENTA PARA LA FISCALIZACIÓN**

En el presente capítulo se detallarán las consideraciones constructivas de una red de fibra óptica genérica para servicio tripleplay en un edificio habitacional, con lo cual se generará una propuesta de normativa para la instalación y fiscalización de una red PON en edificios, además se generará una aplicación en formato de hoja de cálculo (Microsoft Excel) para facilitar la labor de fiscalización.

#### **3.1. MODELO DE DISEÑO GENERICO DE UNA RED INTERNA CON FIBRA ÓPTICA PARA EDIFICIOS**

El diseño se basa en un modelo de edificio proporcionado por la Empresa de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado (ETAPA) de la ciudad de Cuenca, en el cual se aplicarán los criterios considerados en este trabajo de tesis. El plano del edificio se muestra en el Anexo 5. Dicho edificio está construido de la siguiente manera:

- Dos plantas subterráneas para parqueaderos
- Una planta baja con 7 departamentos
- 5 plantas altas con 6 departamentos cada una
- Una planta de penthouse con 2 departamentos

Por lo tanto, se tienen 39 usuarios a los cuales se debe dar el servicio de triple play. Para el diseño de red se tomará en consideración una fibra directa para cada departamento.

### 3.1.1. Determinación de la demanda

Para el dimensionamiento de la acometida de la demanda de telecomunicaciones, se considera el uso que se va a dar al edificio, en base a lo cual se determinará la demanda inicial, de la siguiente manera (Ecuación 3-1):

$$D_0 = N_{LD} + N_{LF} + N_{LTD} + N_{EX} + N_{LI} + N_{LC} \quad (3-1)$$

$$D_0 = 0 + 0 + 39 + 0 + 0 + 0$$

$$D_0 = 39$$

Donde:

$N_{LD}$  = número de líneas directas

$N_{LF}$  = número de líneas para fax

$N_{LTD}$  = número de líneas para transmisión de datos

$N_{EX}$  = número de extensiones remotas

$N_{LI}$  = número de acceso a InterNet

$N_{LC}$  = número de líneas para control a distancia

Por lo tanto, de acuerdo a la utilización prevista de las edificaciones, la demanda inicial del condominio se considerará compuesta de los siguientes factores:

- Planta baja: una fibra directa para cada departamento independiente.
- 1°ra planta alta: una fibra directa para cada departamento independiente.
- 2°da planta alta: una fibra directa para cada departamento independiente.
- 3°ra planta alta: una fibra directa para cada departamento independiente.
- 4°ta planta alta: una fibra directa para cada departamento independiente.
- 5°ta planta alta: una fibra directa para cada departamento independiente.
- 6°ta planta alta: una fibra directa para cada departamento independiente.

Tomando en cuenta que se pueden utilizar cajas de usuario de 8 líneas ópticas, se utilizarán 6 cajas, por lo tanto se requerirán 6 hilos de fibra óptica desde el armario de ETAPA E.P. Utilizando los valores estandarizados del número de hilos

disponibles en ETAPA E.P, se concluye en la utilización de dos fibras óptica monomodo tipo G652D de 4 hilos para la acometida.

### 3.1.2. Acometida de la red óptica

Previa coordinación con la dirección técnica de Telecomunicaciones de la Empresa ETAPA E.P, se determinó que la acometida partirá desde la central Totoracocha la cual se encuentra ubicada en las calles Río Cutucú y Rumi-Urcu (Véase en Anexo 10) y seguirá el recorrido que se ve en el Anexo 2.

### 3.1.3. Diseño de red interna

Para el diseño de red se planteó la solución mostrada en la Figura 3.1. Se observa que se utilizan 6 cajas de usuario, cada una con 8 salidas de fibra para los diferentes usos del edificio.

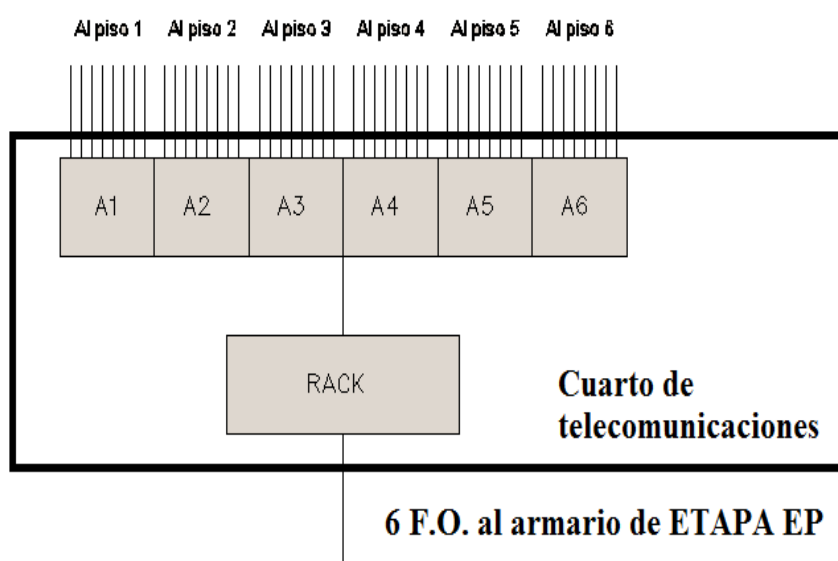


Figura 3.1. Diagrama vertical para la solución de red en edificios. Fuente: Autor

### 3.1.4. Registro de hilos de fibra

En la Tabla 3.1 se muestra la distribución de hilos para cada departamento de la planta baja. La caja utilizada se denomina A1 y tiene 8 puertos de fibra óptica para conexión de usuarios.

<b>Caja</b>	<b>A1</b>	
<b>No. HILO</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>PISO</b>
1	Departamento 1	PB
2	Departamento 2	PB
3	Departamento 3	PB
4	Departamento 4	PB
5	Departamento 5	PB
6	Departamento 6	PB
7	Departamento 7	PB
8	Reserva	PB
9		
10		

**Tabla 3.1. Registro de hilos de fibra para la Caja A1 del edificio. Fuente Autor**

En el Anexo 4 se muestra el registro de hilos para todo el edificio. Dicha distribución se resume de la siguiente manera:

- Caja A1: 7 usos, 1 reserva
- Caja A2: 6 usos, 2 reservas
- Caja A3: 6 usos, 2 reservas
- Caja A4: 6 usos, 2 reservas
- Caja A5: 6 usos, 2 reservas
- Caja A6: 8 usos, 0 reservas

### **3.2 MODELO DE DISEÑO GENERICO DE UNA RED INTERNA CON FIBRA ÓPTICA PARA CONDOMINIOS.**

Siguiendo el proceso de selección basado en el subcapítulo anterior, se diseñó la red de fibra óptica para un condominio modelo. El plano del condominio utilizado se muestra en el Anexo 9. Dicho condominio está distribuido de la siguiente manera:

- 23 departamentos repartidos en 3 bloques principales:
  - 7 departamentos en el exterior del condominio (parte inferior del plano)
  - 7 departamentos en el interior del condominio (parte central del plano)

- 9 departamentos en el interior del condominio (parte superior, e izquierda del plano)

### **3.2.1. Determinación de la demanda**

Para el dimensionamiento de la acometida de la demanda de telecomunicaciones, se considera el uso que se va a dar al edificio, en base a lo cual se determinará la demanda inicial, de la siguiente manera (de la Ecuación 3-1):

$$D_0 = 0 + 0 + 23 + 0 + 0 + 0$$

$$D_0 = 23$$

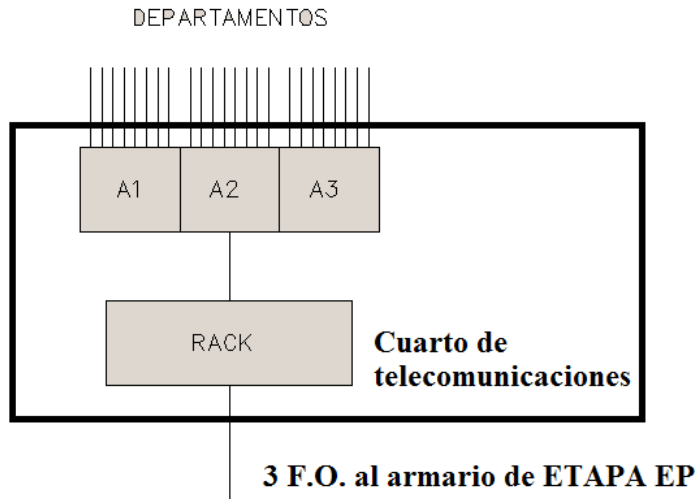
Tomando en cuenta que se pueden utilizar cajas de usuario de 8 líneas ópticas, se utilizarán 3 cajas, por lo tanto se requerirán 3 hilos de fibra óptica desde el armario de ETAPA E.P. Utilizando los valores estandarizados del número de hilos disponibles en la empresa, se concluye en la utilización de una fibra óptica monomodo tipo G652D de 4 hilos para la acometida.

### **3.2.2. Acometida de la red óptica**

Previa coordinación con la dirección técnica de Telecomunicaciones de la Empresa ETAPA E.P, se determinó que la acometida partirá desde la central Totoracocha la cual se encuentra ubicada en las calles Río Cutucú y Rumi-Urcu (Véase en Anexo 10) y seguirá el recorrido que se ve en el Anexo 6.

### **3.2.3. Diseño de red interna**

Para el diseño de red se planteó la solución mostrada en la Figura 3.2.



**Figura 3.2. Solución de red de fibra con armario de equipos intermedio.**

**Fuente: Autor**

### 3.2.4. Registro de hilos de fibra para el condominio

En la Tabla 3.2 se muestra la distribución de hilos para cada departamento de la planta baja. La caja utilizada se denomina A1 y tiene 8 puertos de fibra óptica para conexión de usuarios.

<b>BANDEJA</b>	<b>A1</b>	
<b>No. HILO</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>PISO</b>
1	Departamento 1	-
2	Departamento 2	-
3	Departamento 3	-
4	Departamento 4	-
5	Departamento 5	--
6	Departamento 6	-
7	Departamento 7	-
8	Departamento 8	
9		
10		

**Tabla 3.2. Registro de hilos para la caja A1 en la red óptica de la urbanización.**

**Fuente: Autor**

### **3.3 ELEMENTOS DE UNA RED INTERNA CON FIBRA ÓPTICA A UTILIZAR**

Como se observó en el capítulo anterior, la red de fibra óptica que se utiliza en edificios habitacionales es la red PON, es decir, una red pasiva. Esto se aplica por las siguientes consideraciones principales [21]:

- La red en el extremo del usuario debe ser del menor costo posible
- El mantenimiento de los equipos utilizados en PON es mínimo en comparación con las redes activas.

Estas consideraciones logran que el servicio de tripleplay con FTTH sea posible a bajos costos para el usuario, pues los equipos costosos como el OLT están en la red del proveedor de servicios.

Así, se requiere identificar la red interna del edificio, la cual va desde la acometida hasta el terminal de usuario. El diseño de dicha red es la responsabilidad del contratista que construye el edificio. Por lo tanto los elementos que intervienen en la red PON:

- Acometida de fibra
- Armario de comunicaciones
- Splitters de piso, cableado y canalización horizontal
- Cableado y canalización de backbone (vertical)
- ONT (terminal de usuario)

A continuación se describen los criterios para cada elemento de la red PON que se diseñarán en el modelo genérico del edificio.



### 3.3.1 Acometida de fibra óptica y armario principal de telecomunicaciones

Como se explicó en el capítulo anterior, la acometida de fibra óptica es el armario, cabina o instalación en general donde se entrega el servicio al usuario. En el caso particular del edificio, debe ser una instalación externa en la cual el proveedor de servicios conecta su cable alimentador (feeder) a la red del edificio.

En la instalación de acometida se ubicarán los equipos requeridos por el proveedor de servicio para las mediciones o pruebas requeridas. Además, en función del tamaño del edificio y del número de usuarios a servir, la acometida podrá o no tener equipos de la red interna (Splitters). Si el edificio tiene las características como para requerir un cuarto de telecomunicaciones, todos los equipos de usuario se ubicaran en el interior de la edificación. Por otro lado, si el edificio no tiene la extensión especificada en las normas (Capítulo 2), en la instalación de acometida se puede ubicar el splitter de servicio para los usuarios.

La acometida podrá ser subterránea o aérea, según lo requiera el proveedor de servicios. Para ambos casos de acometidas, se seguirá la normativa existente para acometidas de cobre (telecomunicaciones).



**Figura 3.3. Gabinete de distribución de servicios en una conexión FTTH. [112]**

Para diseñar la acometida de fibra óptica del edificio (Figura 3.4) modelo debemos basarnos en el área de servicio, así, con un área de 2481m<sup>2</sup> según la Tabla 2.6 en el Capítulo 2, se requiere **un tablero de acometida de hasta 2.4 x 1.6m**, entonces, se utilizará un rack de pared en base a esas dimensiones. No se considera la utilización de un cuarto de telecomunicaciones pues al tratarse de un edificio residencial, no se requiere un administrador de red, es decir, la red no requiere un servicio continuo de administración y mantenimiento. Para la acometida se seleccionó un rack de pared con puerta (Figura 3.4), en el cual se coloca un patch panel de fibra SC de 6 puertos el cual se conecta mediante patch cords de fibra a las cajas de usuario (Figura 3.5).

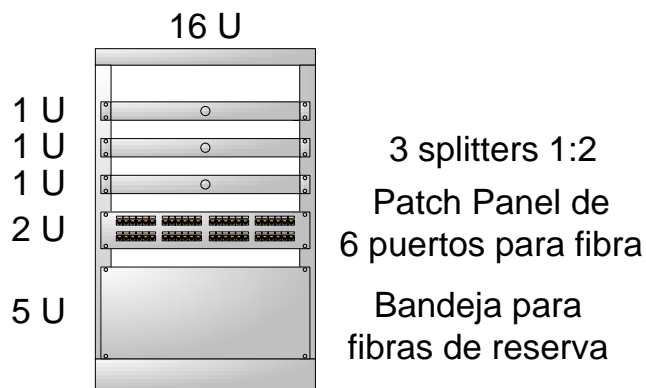


**Figura 3.4. Rack de pared utilizado en redes de cableado estructurado. [54]**



**Figura 3.5. Patch Panel de fibra óptica. [50]**

La distribución del rack se puede observar en la Figura 3.6. Se utiliza una bandeja para albergar las fibras de reserva.



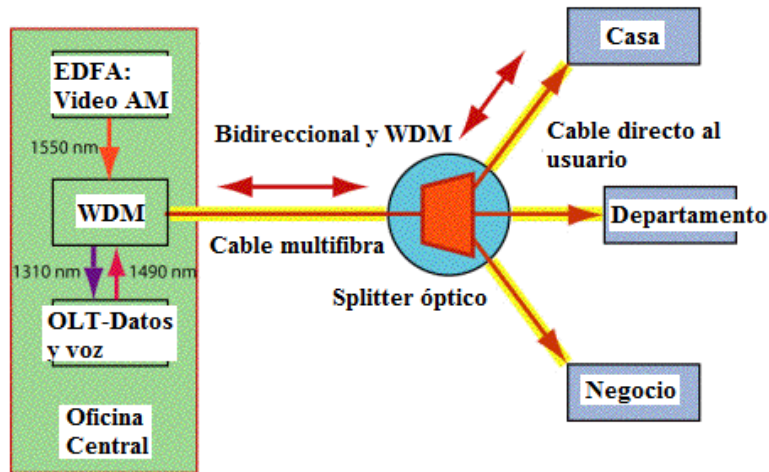
**Figura 3.6. Distribución del rack**

### 3.3.2 Tipo de fibra

La fibra óptica a utilizar en las instalaciones para tripleplay se selecciona en función de las longitudes de onda que emplea WDM y en la velocidad del enlace. En WDM se utilizan las siguientes longitudes de onda:

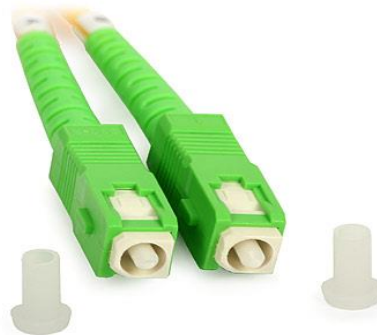
- 1550nm para video analógico
- 1310nm para la conexión entre el equipo activo de WDM y la OLT
- 1490nm(transmisor) y 1310nm (receptor) para la conexión entre el proveedor de servicios y el usuario

En la red interna de edificios se utilizan fibras con soporte para 1490nm (datos, video sobre IP y voz) y fibra de 1550nm (datos, video analógico y voz) (Figura 3.7).



**Figura 3.7. Tipos de fibra utilizados en WDM. [115]**

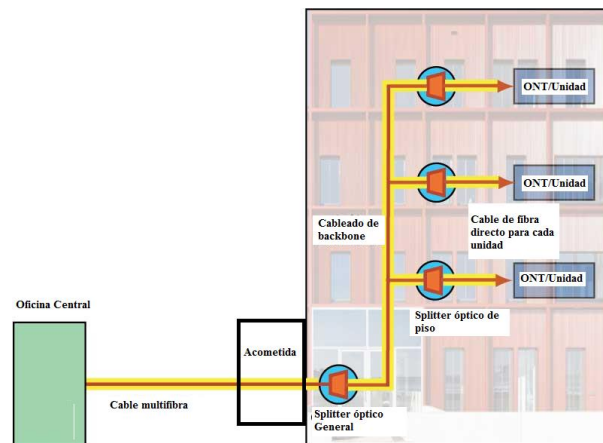
En el caso específico de tripleplay con servicio de video sobre IP se utilizará fibra bidireccional **monomodo de 1310nm OM2 de 50/125um**. Se seleccionó este tipo de fibra debido a la velocidad del enlace requerido para redes GPON (2.5Gbit/s). En caso de requerir mayor velocidad en redes EPON de 10Gbit/s se debe utilizar fibra OM3 u OM4. Todas las conexiones se realizarán con conectores SC/APC (Figura 3.8).



**Figura 3.8. Conector SC/APC utilizado en arquitecturas FTTH. [58]**

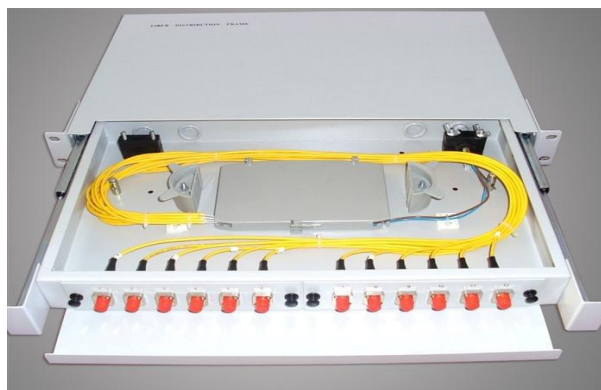
### 3.3.3 Cajas de usuario

La red de fibra óptica para edificios (Figura 3.9) requiere de splitters para dividir la señal óptica y dar servicio a varios usuarios dentro de la edificación. Como se mencionó anteriormente, por cada fibra óptica de acometida, se podrán hacer 32 divisiones, para lo cual se pueden utilizar splitters 1:2, 1:4, 1:8, 1:16 y 1:32. Según la normativa de ETAPA E.P, no se utilizan Splitters para menos de 70 usuarios, por lo que se colocarán las cajas de usuario directamente en el cuarto de telecomunicaciones, desde las cuales partirán las fibras ópticas a cada roseta en los departamentos de los usuarios.



**Figura 3.9. Arquitectura simplificada de red para soluciones FTTH en edificios. [116]**

Las cajas de usuario deberán colocarse adecuadamente en el rack principal (Figura.3.10).

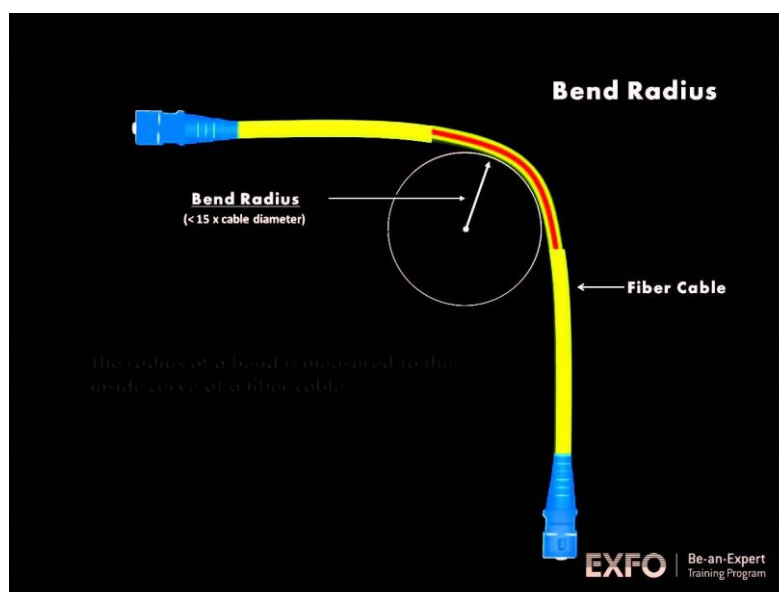


**Figura 3.10. Caja de usuario 1:16 en caja metálica para rack [114]**

### 3.3.4. Cableado y canalización horizontal

El diseño del cableado horizontal como especifica la norma existente mencionada en el Capítulo 2, queda a criterio del contratista. Se permitirá el uso de bandejas, canaletas, ductos, etc. La canalización horizontal se toma en cuenta desde la salida del splitter de piso hasta la roseta óptica. No se permitirán cables sobrepuestos directamente en pared o que cuya colocación interfiera con las actividades de los usuarios.

La fibra óptica deberá estar adecuadamente protegida contra tracciones y agentes químicos que puedan dañarla. Se debe considerar los radios de curvatura máximos exigidos por el tipo de fibra a utilizar, en el caso de edificaciones antiguas o de que la infraestructura de los departamentos así lo amerite, se permitirá el uso de fibras insensibles a curvaturas (Figura 3.11).



**Figura 3.11. Máximo radio de curvatura en una fibra óptica. [110]**

La roseta óptica (Figura 3.12) o roseta de abonado es el punto terminal óptico del cableado horizontal, donde se realiza la conexión entre la fibra horizontal y la ONT.



**Figura 3.12. Roseta óptica adosada en Pared (Soluciones FTTH). [77]**

La roseta óptica debe permitir la conexión de dos fibras con conectores SC/APC y albergar como mínimo 1 metro de fibra para reserva. El objetivo de utilizar rosetas ópticas radica en permitir que el usuario decida si requiere o no un servicio triple play, o acceso a fibra óptica, es decir, permite que todos los departamentos tengan un punto de conexión dedicado para fibra, evitando que se realice nuevo cableado cada vez que un usuario requiere el servicio. La roseta se ubicará en el interior de la vivienda, considerando un punto central de carga, el cual debe contar con instalaciones de fuerza a no más de 2 metros de distancia para la ubicación de la ONT.

No se considera una normativa específica para el cableado interno de cada vivienda, pues el diseño del mismo depende de la distribución de espacios del departamento, y del requerimiento de redes ethernet. Así, el modelo genérico de red propuesto (Figura 3.13) se basa en la conexión directa de dispositivos a la ONT.



**Figura 3.13. Solución de Triple play con ONT y roseta óptica. [105]**

### 3.3.5 Cableado y canalización de backbone

El cableado de backbone se diseñará en función de la normativa existente (**ANSI/TIA-569-B**). Para la instalación de la canalización se aceptarán ductos para la conexión entre pisos, y escalerillas, bandejas o ductos para la canalización en el interior de los cuartos de telecomunicaciones (Figura 3.14).



**Figura 3.14. Canaleta utilizada para fibra óptica. [108]**



### 3.3.6 ONT (terminal de usuario) y decodificadores de IPTV

La ONT o terminal de usuario es un convertidor de medios, el cual convierte la señal óptica proveniente de la fibra a señales eléctricas para ethernet. La conexión entre la roseta y la ONT se realiza mediante un patch cord de fibra óptica (Figura 3.15).

Existen diferentes tipos de ONTs en el mercado, las cuales brindan conversión de medios entre fibra óptica y ethernet pero además pueden incluir un canal wifi para redes inalámbricas, o un canal RF para video por cable coaxial.

La ONT se ubicará a máximo 5 metros de la roseta óptica (distancia máxima de patch cords de fibra) y de la misma se permitirán conexiones de máximo 20m de cable de par trenzado para los equipos.

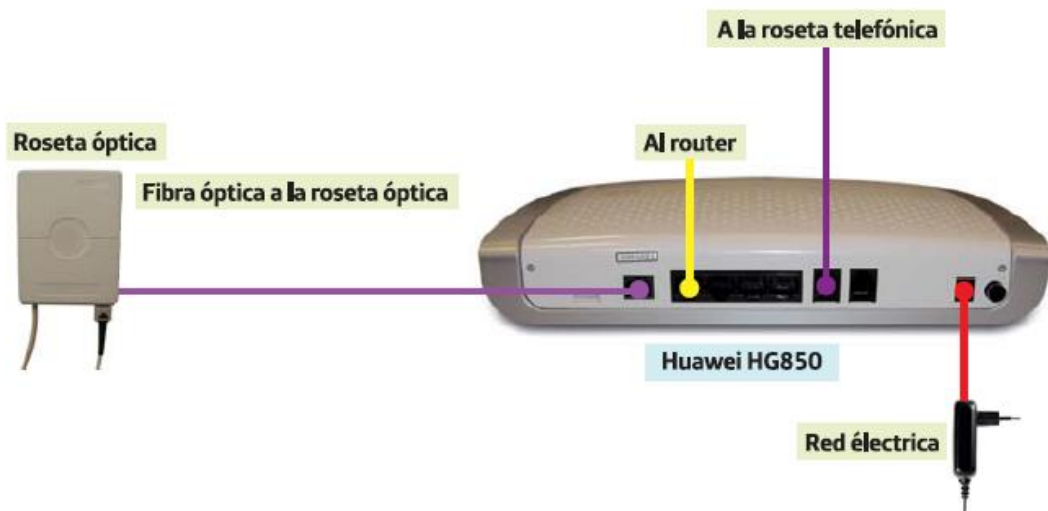


Figura 3.15. Conexión entre la roseta óptica y la ONT. [105]

### 3.3.7. Empalmes

Los empalmes en la red de fibra óptica de un edificio deben evitarse en la mayoría de los casos, pero si el diseño lo requiere, se aceptarán empalmes debidamente ubicados en cajas de empalmes (Figura 3.16), ya sean de interior o de exterior según la aplicación. Se dejará como mínimo 1 metro de fibra para reserva.



**Figura 3.16. Caja de empalmes [109]**

La caja de empalmes será colocada adecuadamente en cajas de terminación (Figura 3.17) o de revisión en el cableado horizontal y vertical en caso de empalmes planificados dejando 1 metro de fibra como reserva. En empalmes realizados por mantenimiento o ruptura accidental de la fibra luego de la fiscalización de la obra, la caja de empalmes puede fijarse directamente a la pared.



**Figura 3.17. Cajas de terminación [48]**


### 3.4 HERRAMIENTA PARA EL PRESUPUESTO DEL DISEÑO DE REDES ÓPTICAS EN CONDOMINIOS Y URBANIZACIONES

Para facilitar la labor del cálculo del presupuesto de una red de acceso de fibra óptica se diseñó una herramienta en Microsoft Excel en la cual mediante una base de datos de precios de materiales y mano de obra se calculan los rubros de la instalación, así también se calculan las pérdidas proyectadas y el presupuesto del enlace en base a las pérdidas de conectores, fibra óptica, etc.

La herramienta diseñada consta de siete pestañas con el objetivo de obtener el presupuesto total de la instalación y generar las tablas requeridas para la memoria técnica-descriptiva requerida para la presentación del proyecto a ETAPA E.P.

#### 3.4.1. Pestaña Índice

Pestaña de índice del proyecto (Figura 3.18), donde se coloca la información básica de la instalación como el sector de construcción, el cantón, la provincia y la parroquia. Esta información viene de la Hoja “Cabecera”



EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO		
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES		
DISEÑO DE REDES DE ACCESO DE FIBRA ÓPTICA		
SECTOR: EL PASO		Tipo de obra: Lotización
CANTÓN: NABÓN	PARROQUIA: NABON	PROVINCIA: AZUAY

<b>INDICE:</b>	
	<b>N° Hojas</b>
Cabecera / Datos Generales	1
Anexo A: Identificación de red	1
Anexo B: Pérdidas proyectadas	1
Anexo C: Presupuesto de enlace	1
Anexo D: Mano de obra	1
Anexo E: Materiales	1
Anexo F: Equipos	1
Anexo G: Presupuesto Total	1
<b>Total:</b>	<b>8</b>

Figura 3.18. Pestaña “Índice” de la herramienta para cálculo de presupuesto.

Fuente: Autor

### 3.4.2. Pestaña Cabecera

Pestaña en la que se indica el resumen del sistema proyectado (Figura 3.19), como la utilización de cajas de usuario, los puertos de fibra óptica utilizados y los puertos de reserva. Además se indica el número de distrito, manga o armario de donde parte la acometida de fibra óptica desde ETAPA E.P hasta el usuario. En tipo de obra se puede ver que se puede escoger entre Edificio, Condominio, Urbanización, Lotización, y otra.

**ETAPA**

**Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento  
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES**

**DISEÑO DE REDES DE ACCESO DE FIBRA ÓPTICA**

SECTOR: **EL PASO** Tipo de obra: **Lotización**  
CANTÓN: **NABÓN** PARROQUIA: **NABON** **AZUAY**  
Distrito: 01-114 Manga: Armario: 114 Distancia en Km.:  
*Número de usos:*

**SISTEMA PROYECTADO**

*Número de cajas de distribución. 6*

Caja	Puertos de fibra	Puertos utilizados	Puertos de reserva
A1	8	7	1
A2	8	7	1
A3	8	7	1
A4	8	7	1
A5	8	7	1
B1	8	7	1

**Figura 3.19. Pestaña “Cabecera” de la herramienta para cálculo de presupuesto. Fuente: Autor**

### 3.4.3. Pestaña Identificación de red

Pestaña designada para la descripción del registro de hilos de fibra utilizados dentro de cada caja de usuario (Figura 3.20). Permite ingresar información como la designación de la caja (A1, A2, A3, etc.). La ubicación del usuario al que servirá el hilo de fibra (ubicación y piso del edificio), y la manga o armario a la que se conecta la caja. A continuación se procede a indicar las otras pestañas de la aplicación de Excel indicando la urbanización, el número de cajas para la misma, entre otras.



**ETAPA**

**Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable,  
Alcantarillado y Saneamiento**

**DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES**  
**Identificación de la red**

<b>BANDEJA</b>	<b>A1</b>		
<b>No. HILO</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>PISO</b>	<b>MANGA/ARMARIO</b>
1	Departamento 1	PB	01-114
2	Departamento 2	PB	01-114
3	Departamento 3	PB	01-114
4	Departamento 4	PB	01-114
5	Departamento 5	PB	01-114
6	Departamento 6	PB	01-114
7	Departamento 7	PB	01-114
8	Departamento 8	PB	01-114

<b>BANDEJA</b>	<b>A2</b>		
<b>No. HILO</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>PISO</b>	<b>MANGA/ARMARIO</b>
1	Departamento 9	PB	01-114
2	Departamento 10	PB	01-114
3	Departamento 11	PB	01-114
4	Departamento 12	PB	01-114
5	Departamento 13	PB	01-114
6	Departamento 14	PB	01-114
7	Departamento 15	PB	01-114
8	Departamento 16	PB	01-114

<b>BANDEJA</b>	<b>A3</b>		
<b>No. HILO</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>PISO</b>	<b>MANGA/ARMARIO</b>
1	Departamento 17	PB	01-114
2	Departamento 18	PB	01-114
3	Departamento 19	PB	01-114
4	Departamento 20	PB	01-114
5	Departamento 21	PB	01-114
6	Departamento 22	PB	01-114
7	Departamento 23	PB	01-114
8	Departamento 24	PB	01-114

**Figura 3.20. Pestaña “Identificación de red” de la herramienta para cálculo de presupuesto. Fuente: Autor**

### 3.4.4. Pestaña Pérdidas proyectadas

Pestaña para el cálculo de las pérdidas del canal óptico de la red interna (Figura 3.21). Calcula la pérdida del canal entre la caja de usuario y la roseta óptica.

Toma en cuenta las siguientes pérdidas:

- Atenuación de la fibra óptica en dB/km
- Atenuación por empalmes en dB
- Atenuación por conectores en dB
- Atenuación por splitters en dB

Permite que el usuario de la herramienta conozca las pérdidas causadas por el diseño de la red interna del edificio o urbanización. Mediante este cálculo, se pueden optar por soluciones más eficientes para reducir las pérdidas, como son: la utilización de fibra de menor pérdida, disminución del número de empalmes utilizados, utilización de conectores de mejor calidad, etc.



Anexo B

**Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento**

**DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES**

**Cálculo del presupuesto de pérdidas**

**ESQUEMA:**      *Remitirse al plano de red*

Abonado	Longitud	Atenuación	Número	Atenuación	Número de	Atenuación	Número	Atenuación	Pérdida de
Caja	Dep./lote	[m]	de	del empalme	conectores	de	de	de splitter	canal
		[db/km]	empalmes	[db]		[dB]	splitters	[dB]	[dB]
A1	1	20	4	2	4,00	2	0,75	0	9,58
A2	2	25	4	2	5,00	2	0,75	0	11,60
A3	3	23	4	2	4,00	2	0,75	0	9,59

NOTAS:

**Figura 3.21. Pestaña “Pérdidas proyectadas” de la herramienta para el cálculo del presupuesto. Fuente: Autor**

### 3.4.5. Pestaña Presupuesto del enlace

Pestaña que calcula el presupuesto de potencia en base a las características de sensibilidad del equipo transmisor y receptor (Figura 3.22). Además calcula la distancia máxima a la que puede extenderse el enlace en función a la atenuación de la fibra óptica utilizada y el presupuesto de pérdidas calculado con la pestaña anterior.



**ETAPA**

Anexo C

**Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable,  
Alcantarillado y Saneamiento**

#### DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES

#### Cálculo del presupuesto del enlace

**ESQUEMA:**

*Remitirse al plano de red*

Abonado		Potencia del transmisor	Potencia del receptor	Presupuesto de potencia	Presupuesto de pérdidas	Atenuación de la fibra	Distancia máxima
Caja	Dep./lote	[dBm]	[dBm]	[dB]	[dB]	[dB/Km]	[km]
A1	1	3	-27	30	9,58	4,00	5,11
A2	2	4	-30	34	11,60	4,00	5,60
A3	3	3	-26	29	9,59	4,00	4,85

NOTAS:

**Figura 3.22. Pestaña “Presupuesto del enlace” de la herramienta para el cálculo del presupuesto. Fuente: Autor**

### 3.4.6. Pestaña Mano de obra

Pestaña destinada al cálculo del presupuesto económico causado por la mano de obra utilizada en la construcción de la red óptica (Figura 3.23). La pestaña tiene un buscador de códigos y de nombres de materiales para facilitar la labor del usuario de la herramienta. En la columna “CODIGO” se ingresa el código del ítem de mano de obra a planillar y la herramienta busca el nombre completo del ítem en la base de datos, mostrando como resultado las unidades de cálculo del ítem, y el precio

unitario.



**ETAPA**

Anexo D

**Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento**

**DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES**  
**Cálculo de mano de obra calificada**

CODIGO	Descripción	Un.	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
MOEM45	pruebas de funcionamiento				
MOOC31	tendido de fibra subterránea	M2	683	\$5,25	\$3.585,75
MOOC32	colocación de adoquín	M	8	\$8,37	\$66,96
MOOC33	colocación de bordillo	M2	650	\$1,67	\$1.085,50
MOOC34	reposición de vereda	M2	120	\$8,79	\$1.054,80
MOOC35	relleno de zanja	M2	120	\$8,06	\$967,20
MOOC36	retiro de pizo de adoquín	M2	120	\$5,86	\$703,20
MOOC37	rotura de vereda	M	120	\$3,22	\$386,40
MOOC38	tendido de politubo	U	120	\$0,88	\$105,60
MOOC39	desalojo de material sobrante	M2	683	\$14,65	\$10.005,95
MOPT40	armado de conectores	U	162	\$5,00	\$810,00
MOEC41	montaje de roseta en pared	u	24	\$5,00	\$120,00
MOEC42	montaje de rack	u	1	\$45,00	\$45,00
MOEC43	montaje de splitters	u	9	\$8,50	\$76,50
MOEC44	montaje de canaleta	u	8	\$3,80	\$30,40
MOEM45	pruebas de funcionamiento	u	81	\$2,90	\$234,90
MODU04	tendido de ducto hasta 1 pulgada	m	10	\$2,78	\$27,83
MODU06	tendido de canaleta hasta 20 cables	m	3	\$6,00	\$18,00
MOAC11	instalación de fibra de acometida	u	3	\$25,00	\$75,00
MOAC18	Ayudante de Electricista	u	3,0000	160,00	\$480,00
MOAC19	Electricista	u	2,0000	200,00	\$400,00
MOAC20	Maestro Mayor Tit, Secap	u	1,0000	280,00	\$280,00
MOOC14	Excavación sin clasificar	u	0,7800	12,8100	\$9,99
MOOC15	Desalojo de tierra cargado a mano.	u	0,1800	8,0400	\$1,45
MOOC16	Rorura de pavimento: corte a máquina, exc. Manual	u	0,6000	4,5000	\$2,70
MOOC17	Suministro y colocación de arena de mina o similares	u	0,1800	13,2000	\$2,38
MOOC18	Suministro y colocación manguera de PVC de 3"	u	2,0000	5,5800	\$11,16
MOOC19	Suministro y colocación manguera de polietileno de 1 1/2"	u	3,0000	3,1000	\$9,30
MOOC20	Suministro y colocación de ladrillos mambron	u	10,0000	0,2500	\$2,50
MOFO01	Prueba de atenuación reflectométrica de doble sentido	u	1	280	\$280,00
MOFO02	Prueba de potencia (doble sentido)	u	1	128	\$128,00
MOFO03	Prueba ORL (prueba de retorno óptica)	u	1	280	\$280,00
MOFO04	Prueba de dispersión cromática	u	1	222	\$222,00
MOFO05	Prueba de dispersión por modo de polarización PMD 1550/1620nm	u	1	333	\$333,00
MOFO06	Prueba de no linealidad (FWM)	u	1	444	\$444,00
<b>TOTAL</b>					<b>\$22.285,47</b>

**Figura 3.23. Pestaña “Mano de obra” de la herramienta para el cálculo del presupuesto. Fuente: Autor**

### 3.4.7. Pestaña Materiales

Pestaña destinada al cálculo del presupuesto económico causado por los materiales utilizados en la construcción de la red óptica (Figura 3. 24). La pestaña tiene un buscador de códigos y de nombres de ítems para facilitar la labor del usuario de la herramienta. En la columna “CODIGO” se ingresa el



código del ítem de materiales a planillar y la herramienta busca el nombre completo del ítem en la base de datos, mostrando como resultado las unidades de cálculo del ítem, y el precio unitario.



**ETAPA**

Anexo E

**Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable,  
Alcantarillado y Saneamiento**

**DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES**  
**Cálculo de materiales**

CODIGO	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
CA-134	fibra óptica monomodo 6 hilos	379	\$0,78	\$295,62
CA-135	fibra óptica monomodo 1 hilos	17	\$0,85	\$14,45
CA-136	fibra óptica monomodo 2 hilos	608,4	\$0,44	\$267,70
CA-137	conectores apc	162	\$1,60	\$259,20
CA-138	tapa de canaleta	6	\$0,95	\$5,70
CA-139	canaleta pvc sólida amarilla	8	\$8,76	\$70,08
CA-140	sección l para canaleta	4	\$10,20	\$40,80
CA-141	sección t para canaleta	2	\$12,28	\$24,56
CA-142	sección x para canaleta	2	\$14,89	\$29,78
CA-143	tubo pvc telefónico para red subterránea	120	\$7,06	\$847,20
CA-144	rack de pared 16ru	1	\$240,16	\$240,16
CA-145	patch panel 6 puertos	1	\$26,00	\$26,00
CA-146	pozo de revisión 50x50cm	13	\$130,00	\$1.690,00
CC-1136	adapter dust cap, dup sc	162	\$0,15	\$24,30
DU-1158	tubería de pvc de 3/4" , reforzado	10	\$0,52	\$5,18
DU-1160	tubo conduit 1/2 60m fu0059	8	\$25,49	\$203,90
DU-1164	conector recto 3/4 fu0063	5	\$0,40	\$2,00
EC-1522	jumper sm scupc-scupc 2m	24	\$18,09	\$434,16
DU-1167	conector curvo 3/4 fu0066	4	\$0,76	\$3,05
DU-1122	Roseta óptica de montaje en pared	24	\$22,00	\$528,00
CA-205	Pegamento para tuberías PVC	0,0050	35,17	\$0,18
CA-206	Alambre de amarre No. 18 negro recocido	0,0400	2,05	\$0,08
CA-207	Cinturon de seguridad	3,0000	1,50	\$4,50
CA-208	Escalera telescópica	1,0000	2,50	\$2,50
CA-209	Herramientas varias	3,0000	0,25	\$0,75
CA-210	Tecla para tensar 2 toneladas	1,0000	1,50	\$1,50
CA-211	Desenrolladora para cable	1,0000	6,00	\$6,00
CA-212	Relleno compactado con base clase 2	0,5400	27,0440	\$14,60
CA-213	Carpeta asfáltica E 5cm (iml)	0,6000	10,7700	\$6,46
CA-214	Cinta señalizadora	1,0000	0,1000	\$0,10
CA-215	Tubería de PVC 3"	6,0000	7,0600	\$42,36
CA-216	Separadores de 8 ductos de PVC para 3"	0,4000	9,3500	\$3,74
FO-123	Fuente de luz para pruebas	1	\$200,00	\$200,00
FO-221	Reflectómetro (ODTR)	1	\$210,00	\$210,00
FO-224	Medidor de potencia OPMM para fibra	1	\$220,00	\$220,00
<b>TOTAL</b>				<b>\$5.196,61</b>

**Figura 3.24. Pestaña “Materiales” de la herramienta para el cálculo del presupuesto. Fuente: Autor**

### 3.4.8. Pestaña Equipos

Pestaña destinada al cálculo del presupuesto económico causado por los equipos utilizados en la construcción de la red óptica (Figura 3.25). La pestaña tiene un buscador de códigos y de nombres de ítems para facilitar la labor del usuario de la herramienta. En la columna “CODIGO” se ingresa el código del ítem de equipos a planillar y la herramienta busca el nombre completo del ítem en la base de datos, mostrando como resultado las unidades de cálculo del ítem, y el precio unitario.

Anexo F

**Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento**

**DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES**  
**Cálculo de equipos**

HF-2905 ▼
24f plastic splice tray, ht shrk fusion
▼

CODIGO	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
EP-1893	splitter 1:16	3	\$385,34	\$1.156,02
EP-1894	splitter 1:2	3	\$38,00	\$114,00
EP-1895	splitter 1:8	3	\$161,20	\$483,60
<b>TOTAL</b>				<b>\$1.753,62</b>

**Figura 3.25. Pestaña “Equipos” de la herramienta para el cálculo del presupuesto. Fuente: Autor**

### 3.4.9. Pestaña Presupuesto total

Pestaña destinada al cálculo del presupuesto económico total causado por la mano de obra, materiales y equipos utilizados en la construcción de la red óptica (Figura 3.26). Se calcula el impuesto causado, los imprevistos, los subtotales de cada rubro, y se añaden los costos del estudio.



# ETAPA

Anexo G

## Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento

### DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES Presupuesto Total

MATERIALES	
Materiales totales:	\$5.196,61
IVA:	\$623,59
Imprevistos 10%	\$582,02
<b>Subtotal materiales</b>	<b>\$6.402,22</b>

MANO DE OBRA	
Mano de obra:	\$22.285,47
IVA:	\$2.674,26
<b>Subtotal mano de obra</b>	<b>\$24.959,72</b>

EQUIPOS	
Equipos	\$1.753,62
IVA:	\$210,43
<b>Subtotal Equipos</b>	<b>\$1.964,05</b>

Estudios:	\$1.000,00
-----------	------------

<b>TOTAL</b>	<b>\$34.326,00</b>
--------------	--------------------

**Figura 3.26. Pestaña “Presupuesto total” de la herramienta para el cálculo del presupuesto. Fuente: Autor**

#### 3.4.10. Bases de datos de mano de obra, materiales y equipos

En la herramienta diseñada se tienen las pestañas para las bases de datos de materiales, equipos y mano de obra calificada utilizables en una red óptica. Los costos de equipos se obtuvieron de [73], [74], [75], [76], [77], [78], [79]. En la Figura 3.27 se muestra un extracto de la base de datos de mano de obra.

LISTA DE MANO DE OBRA CALIFICADA								
ITEM	CODIGO			U.	Descripción	Precio	TIPO	
	MANO DE OBR	CAPITULO	ELEMENTO					
24	MO	FI	01	m		25	\$2,67	FIBRA
MOOC24	MO	OC	24	M3	acopio de piedra por m3, distancia>50m		\$21,98	OBRA CIVIL
MOOC15	MO	OC	15	U	acopio postes ha hasta 12m con personal, hasta 50m		\$74,73	OBRA CIVIL
MOOC14	MO	OC	14	U	acopio>50m,poste ha hasta 12m c personal x metro adicional		\$2,37	OBRA CIVIL
MOPT40	MO	PT	40	U	armado de conectores		\$5,00	OBRA CIVIL
MOOC32	MO	OC	32	M	colocación de adoquin		\$8,37	OBRA CIVIL
MOOC33	MO	OC	33	M2	colocación de bordillo		\$1,67	OBRA CIVIL
MOOC39	MO	OC	39	M2	desalojo de material sobrante		\$14,65	OBRA CIVIL
MOOC25	MO	OC	25	M3	desalojo de material sobrante por m3		\$14,65	OBRA CIVIL
MOOC18	MO	OC	18	Km.	desbroce de franja de servicio, densa, por km, 2 lados		\$175,80	OBRA CIVIL
MOOC19	MO	OC	19	Km.	desbroce de franja de servicio, liviana, por km, 2 lados		\$43,95	OBRA CIVIL
MOEM46	MO	EM	46	u	diseño		\$1.000,00	OBRA CIVIL
MOOC16	MO	OC	16	M3	excavacion de zanja en terreno normal y/o conglomerado m3		\$16,11	OBRA CIVIL
MOOC17	MO	OC	17	M3	excavacion de zanja en terreno rocoso m3		\$45,42	OBRA CIVIL
MOAC11	MO	AC	11	u	instalación de fibra de acometida		\$25,00	ACOMETIDA
MOOC12	MO	OC	12	U	limpieza de excavacion		\$7,33	OBRA CIVIL
MOEC44	MO	EC	44	u	montaje de canaleta		\$3,80	OBRA CIVIL
MOEC42	MO	EC	42	u	montaje de rack		\$45,00	OBRA CIVIL
MOEC41	MO	EC	41	u	montaje de roseta en pared		\$5,00	OBRA CIVIL
MOEC43	MO	EC	43	u	montaje de splitters		\$8,50	OBRA CIVIL

**Figura 3.27. Base de datos de mano de obra calificada. Fuente: Autor**

Los códigos que se observan pueden ser modificados por el usuario y está en función del parámetro utilizado. Para el caso de la Figura 3.27:

- MO: Mano de Obra
- Capítulo: FI (Fibra), OC (Obra Civil), EC (Equipos y Conectores), EM (Empalmes), AC (Acometida)
- Elemento: número no secuencial sino con respecto al orden alfabético de la descripción de los ítems.

En la Figura 3.28 se muestra un extracto de la base de datos de materiales utilizados para el diseño de la red interna en la urbanización los cuales están en orden alfabético, véase en la aplicación de Excel la lista completa.

MATERIALES UTILIZADOS EN OBRAS TELECOMUNICACIONES								
ITEM	CODIGO	U.	Descripción		Tipo	Precio		
17	CA 01	m		3042	CABLE	\$0,56		
CA-549	CA 549	m	armored smfe 0.35/0.35/0.25 db/km 12f/tube print in ft		CABLE	\$1,47		
CA-548	CA 548	m	single-jacket/single-armor smfe 0.35/0.35/0.25 db/km 12f/tube print in ft		CABLE	\$1,59		
CA-540	CA 540	m	single-jacket/single-armor smfe 0.4/0.4/0.3 db/km 12f/tube print in ft		CABLE	\$1,52		
CA-547	CA 547	m	armored smfe 0.4/0.4/0.3 db/km 12f/tube print in ft		CABLE	\$1,85		
EC-1770	EC 1770	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/lcdup 10f		ENSAMBLES DE CABLE	\$538,81		
EC-1763	EC 1763	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/lcdup 10m		ENSAMBLES DE CABLE	\$590,74		
EC-1767	EC 1767	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/lcdup 6m		ENSAMBLES DE CABLE	\$560,86		
EC-1765	EC 1765	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/lcdup 8m		ENSAMBLES DE CABLE	\$575,80		
EC-1764	EC 1764	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/lcdup 9m		ENSAMBLES DE CABLE	\$583,27		
EC-1716	EC 1716	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/lcdup 10f		ENSAMBLES DE CABLE	\$538,51		
EC-1769	EC 1769	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/lcdup 15f		ENSAMBLES DE CABLE	\$550,19		
EC-1768	EC 1768	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/lcdup 5m		ENSAMBLES DE CABLE	\$553,39		
EC-1771	EC 1771	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/lcdup 6f		ENSAMBLES DE CABLE	\$529,70		
EC-1766	EC 1766	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/lcdup 7m		ENSAMBLES DE CABLE	\$568,33		
EC-1737	EC 1737	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/lcdup 6f		ENSAMBLES DE CABLE	\$529,70		
EC-1633	EC 1633	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/mtp 40f		ENSAMBLES DE CABLE	\$567,42		
EC-1632	EC 1632	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/mtp 50f		ENSAMBLES DE CABLE	\$591,27		
EC-1631	EC 1631	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/mtp 60f		ENSAMBLES DE CABLE	\$615,12		
EC-1630	EC 1630	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/mtp 70f		ENSAMBLES DE CABLE	\$638,96		
EC-1629	EC 1629	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/mtp 80f		ENSAMBLES DE CABLE	\$662,81		
EC-1628	EC 1628	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/mtp 90f		ENSAMBLES DE CABLE	\$686,66		
EC-1627	EC 1627	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/mtp 100f		ENSAMBLES DE CABLE	\$710,51		
EC-1626	EC 1626	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/mtp 110f		ENSAMBLES DE CABLE	\$734,35		
EC-1625	EC 1625	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/mtp 120f		ENSAMBLES DE CABLE	\$758,20		
EC-1624	EC 1624	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/mtp 130f		ENSAMBLES DE CABLE	\$782,05		
EC-1623	EC 1623	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/mtp 140f		ENSAMBLES DE CABLE	\$805,89		
EC-1622	EC 1622	U.	12f pdccsx+ ultrabend mtp/mtp 150f		ENSAMBLES DE CABLE	\$829,74		

**Figura 3.28. Base de datos de materiales. Fuente: Autor**

En la Figura 3.29 se incluye un extracto de la base de datos de equipos utilizados para el diseño de la red interna en la urbanización los cuales están en orden alfabético, véase en la aplicación de Excel la lista completa.

EQUIPOS UTILIZADOS EN OBRAS TELECOMUNICACIONES								
ITEM	CODIGO	U.	Descripción		Tipo	Precio		
9	EP 1772	U.		7	EQUIPO DE PRUEBAS	\$11,42		
EP-1852	EP 1852	U.	1000base-zx (850nm) optical sfp transceiver with lc connectors for gigabit testing module (dfb laser source)		EQUIPO DE PRUEBAS	\$2,060,00		
HF-2721	HF 2721	U.	12f lc dup keyed panel (blue)		HARDWARE PARA FIBRA	\$94,20		
HF-2722	HF 2722	U.	12f lc dup keyed panel (red)		HARDWARE PARA FIBRA	\$94,20		
HF-2714	HF 2714	U.	12f lc dup keyed panel (yellow)		HARDWARE PARA FIBRA	\$110,16		
HF-2162	HF 2162	U.	19-in aluminum frame and jumper trough		HARDWARE PARA FIBRA	\$218,27		
HF-2174	HF 2174	U.	24 fiber wallmount conctr		HARDWARE PARA FIBRA	\$98,22		
HF-2321	HF 2321	U.	24f plastic splice tray		HARDWARE PARA FIBRA	\$31,97		
HF-2905	HF 2905	U.	24f plastic splice tray, ht shrk fusion		HARDWARE PARA FIBRA	\$30,48		
HF-2368	HF 2368	U.	2-panel, cch rack mount bracket		HARDWARE PARA FIBRA	\$41,51		
HF-2650	HF 2650	U.	2u cch housing with 4 sc 12f mm comp ins		HARDWARE PARA FIBRA	\$435,00		
HF-2289	HF 2289	U.	2u closet connector housing with 4 6f metal (pb) insert adapter panels		HARDWARE PARA FIBRA	\$327,09		
EP-1881	EP 1881	U.	3mm adapter for checkpoint		EQUIPO DE PRUEBAS	\$90,00		
HF-2343	HF 2343	U.	6-fiber fdc module equipped with six threaded st compatible multimode adapters with ceramic inserts		HARDWARE PARA FIBRA	\$106,00		
QM-1935	QM 1935	U.	access tool- minibundle (ofat)		EQUIPO PARA EMPALME	\$201,50		
QM-1949	QM 1949	U.	access tool- ribbon fiber splitter		EQUIPO PARA EMPALME	\$1,000,50		
EP-1811	EP 1811	U.	adapter- 120 vlt ac, te meter & source		EQUIPO DE PRUEBAS	\$24,00		
EP-1809	EP 1809	U.	adapter- fc optical meter		EQUIPO DE PRUEBAS	\$50,00		
EP-1806	EP 1806	U.	adapter- fc, universal interface		EQUIPO DE PRUEBAS	\$70,00		
EP-1864	EP 1864	U.	adapter- fiber microscope, bare fiber		EQUIPO DE PRUEBAS	\$328,00		
EP-1885	EP 1885	U.	adapter- fiber microscope, fc		EQUIPO DE PRUEBAS	\$75,00		
EP-1805	EP 1805	U.	adapter- fiber microscope, lc		EQUIPO DE PRUEBAS	\$78,00		
EP-1863	EP 1863	U.	adapter- fiber microscope, mtp		EQUIPO DE PRUEBAS	\$349,00		
EP-1876	EP 1876	U.	adaoter- fiber microscope, mt-ri		EQUIPO DE PRUEBAS	\$95,00		

**Figura 3.29. Base de datos de equipos. Fuente Autor**

## CAPITULO IV

## Capítulo 4 . ANALISIS TECNICO-ECONOMICO DE LOS MODELOS OBTENIDOS

En el presente capítulo se realizará una comparación entre una solución planteada mediante la utilización de splitters en cada piso siguiendo las normas internacionales, y el diseño utilizando las normas adoptadas por ETAPA E.P.

### 4.1. Equipos y materiales

Primero realizaremos un análisis general de costos para los equipos y materiales que se utilizan en una red de fibra óptica. Este análisis tiene como objetivo la selección adecuada de fabricantes y modelos de equipos para el diseño de la red.

#### 4.1.1. Rack y patch panel

En las Tablas 4.1 y 4.2 podemos observar los costos de diferentes fabricantes de racks y patch panels de fibra. La selección de los mismos se basa en el tipo de fibra que se puede conectar.

Patch Panel de fibra				
Marca	Modelo	Puertos	Altura	Precio
KNC	knc-fiber optic patch panel 6p	6	1RU	\$26.00
Fibertronics	FT-1RU2AP	6	1RU	\$64.95
VayRay	-	6	1RU	\$53.92
Yuda	6 Port Fiber Optic Patch Panel	6	1RU	\$10.98

Tabla 4.1. Comparación de precios para diferentes marcas de patch panel. [81], [82], [83], [84]

Rack de pared			
Marca	Modelo	Altura	Precio
Thomas	-	16RU	\$354.00
Huber Suhner	-	16RU	\$245.33
Estep	Proline	16RU	\$285.92
Snap AV	Strong 16	16RU	\$240.16

Tabla 4.2. Comparación de precios para diferentes marcas de Racks de pared. [85], [86], [87], [88]

#### 4.1.2. Fibra óptica

Se toma como ejemplo la red del edificio, en la cual se requieren:

- 286.88 m de cable de fibra de 2 hilos para conectar a los equipos de usuario con los splitters de piso
- 71.1 m de cable de fibra de 1 hilo para conectar a los splitters de piso con los splitters generales

Con estos valores podemos realizar la instalación según lo que se muestra en la Tabla 4.3. Se analizan varios fabricantes con el objetivo de comparar las mejores soluciones disponibles en el mercado.

<b>Fibra 2 hilos</b>				
<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>metros instalados</b>	<b>Total</b>
Multicom	-	\$0.46	286.88	\$131.96
OCC	B-Series BX002C	\$0.44	286.88	\$126.23
Sun Telecom	D-type indoor	\$0.52	286.88	\$149.18
Ampotel	BendPro	\$0.49	286.88	\$140.57
<b>Fibra 1 hilos</b>				
<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>metros instalados</b>	<b>Total</b>
Multicom	-	\$0.85	71.1	\$60.44
OCC	B-Series BX004C	\$1.06	71.1	\$75.37
Sun Telecom	D-type indoor	\$0.99	71.1	\$70.39
Ampotel	BendPro	\$0.89	71.1	\$63.28

**Tabla 4.3. Comparación de precios de fibra óptica de diferentes fabricantes.**

[89], [90], [91], [92].

#### 4.1.3. Splitters de piso y splitter general

Los splitters de piso son los equipos encargados de distribuir la señal óptica a los diferentes departamentos, considerando 2 fibras por departamento, así para un piso con 7 departamentos se seleccionará un splitter 1:16, siempre teniendo en cuenta que se tiene un máximo de 32 divisiones a partir de cada fibra en la acometida.



En la Tabla 4.4 podemos observar los precios de Splitters ópticos de diferentes fabricantes y el valor total considerando la instalación del edificio modelo. Los precios entre fabricantes varían únicamente por la calidad de los dispositivos.

<b>Splitters 1:2</b>			
<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio total</b>
FiberStore	PLC-U-1X2	\$49.6	\$148.8
Beyond Optics	-	\$38.89	\$116.67
Ad-Net	-	\$51.98	\$155.94
<b>Splitters 1:16</b>			
<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio total</b>
FiberStore	PLC-U-1X16	\$71.7	\$430.2
Beyond Optics	-	\$68.43	\$410.58
Ad-Net	-	\$80.16	\$480.96

**Tabla 4.4. Comparación de precios entre fabricantes de Splitters y costo total de la instalación. [93], [94]. [95].**

#### **4.1.4. Canalización**

En la Tabla 4.5 podemos observar el precio unitario y el valor total de la instalación de canaletas en el edificio modelo.

<b>Precio Canaletas</b>				
<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Panduit	Tapa final de canaleta	38	\$0.95	\$36.10
Panduit	Canaleta PVC sólida amarilla 6x4	163.61 metros	\$8.76	\$1,432.44
Panduit	Sección L para canaleta	14	\$10.20	\$142.74
Panduit	Sección T para canaleta	25	\$12.28	\$306.96
Panduit	Sección X para canaleta	6	\$14.89	\$89.34
<b>Total</b>				<b>\$2,007.58</b>

**Tabla 4.5. Precio de canaletas para la instalación de fibra óptica en el edificio modelo. [96]**

#### 4.1.5. ONT

En el mercado existen algunos modelos de ONT para el servicio Triple play, así en la Tabla 4.6 se muestra una comparación de precios de ONTs que permiten al usuario conectar un router inalámbrico, un terminal de televisión y una línea telefónica.

<b>ONT para servicio de tripleplay</b>			
<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total (39 usuarios)</b>
Alcatel Lucent	i220	\$85.00	\$3,315.00
Huawei	HG850	\$116.00	\$4,524.00
ZTE	ZXA10	\$75.00	\$2,925.00
Huawei	HG8245	\$59.00	\$2,301.00

**Tabla 4.6. Comparación de precios entre ONTs de diferentes fabricantes. [97], [98], [99], [100]**

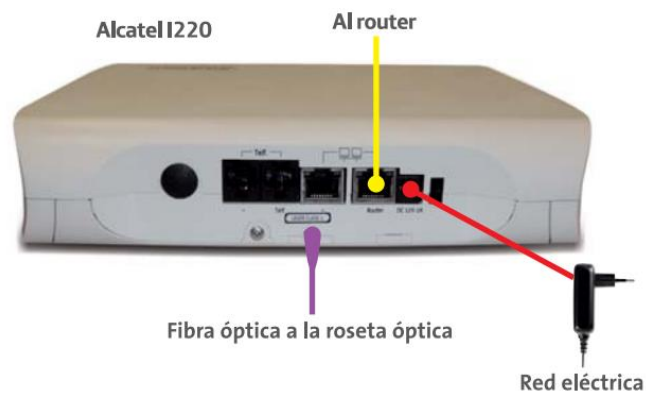
En la Tabla 4.7 se observa una comparación de características de ONTs disponibles en el mercado.

<b>COMPARACION ONTs</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Alcatel i220</b>	<b>Alcatel i221</b>	<b>Huawei HG850 F600</b>	<b>ZTE ZXA10 F625G</b>	<b>Huawei HG8245</b>
Velocidad de subida	1.2Gb/s	1.2Gb/s	1.244Gb/s	1.2Gb/s	1.2Gb/s
Velocidad de bajada	2.5Gb/s	2.5Gb/s	2.488Gb/s	2.5Gb/s	2.5Gb/s
Puertos de teléfono	2	2	2	2	2
Puertos Ethernet	2	2	4	4	4
Puertos de televisión (RF)	0	1	0	1	0
Control de ancho de banda incorporado	Si	Si	Si	Si	Si
USB	No	No	No	No	Si
WiFi	No	No	No	No	Si

**Tabla 4.7. Comparación de características de ONTs en el mercado. [97], [98], [99], [100]**

A continuación se describirán las características técnicas de dos ONTs comunes en el mercado europeo, las cuales fueron seleccionadas por la empresa Movistar para dar servicio triple play a sus usuarios:

#### 4.1.5.1 Alcatel i220

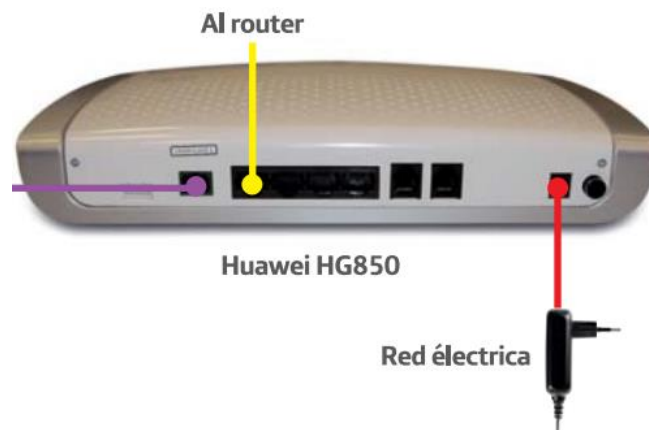


**Figura 4.1. ONT Alcatel i220 [105]**

ONT marca Alcatel (Figura 4.1) para servicio triple play. Esta ONT permite que el usuario conecte un decodificador de video para el servicio de televisión mediante IP (IPTV).

#### 4.1.5.2 Huawei HG850

ONT marca Huawei (Figura 4.2) para servicio triple play. De igual manera, este equipo permite la conexión de un decodificador para IPTV, lo cual simplifica la red del distribuidor pues no se requiere un equipo de video analógico.



**Figura 4.2. ONT Huawei HG850 [105]**

## **4.2. Diseño de red con normas internacionales**

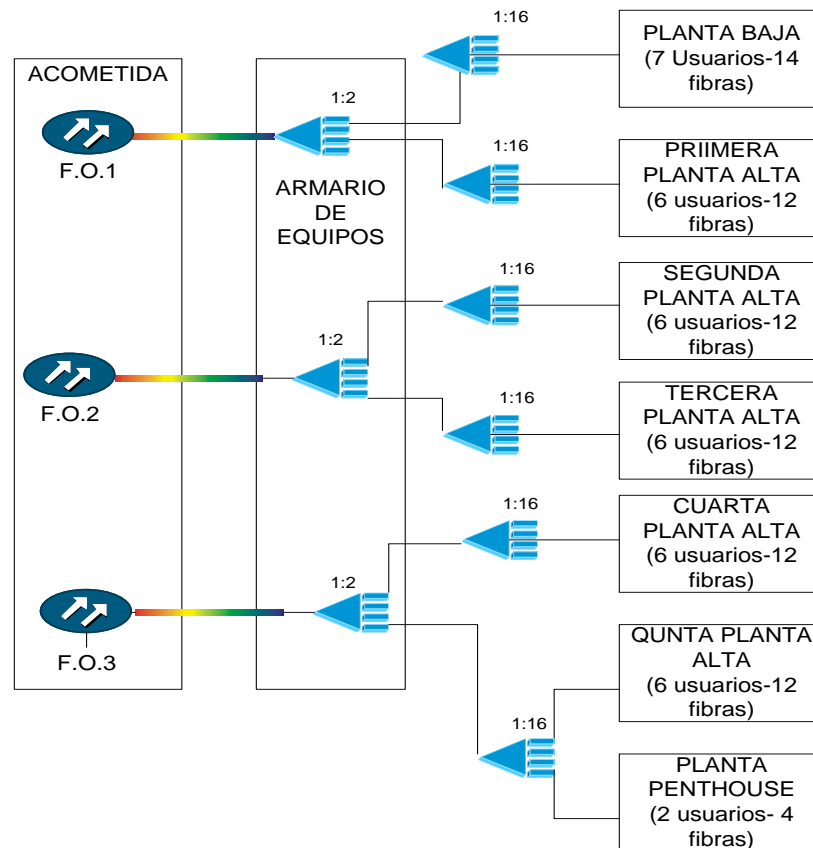
### **4.2.1. Diseño de red del edificio**

Como se mencionó en el capítulo anterior, el diseño se basa en un modelo de edificio proporcionado por ETAPA E.P, constituido de la siguiente manera:

- Dos plantas subterráneas para parqueaderos
- Una planta baja con 7 departamentos
- 5 plantas altas con 6 departamentos cada una
- Una planta de penthouse con 2 departamentos
- El edificio cuenta con instalaciones de gas centralizado

Por lo tanto, se tienen 39 usuarios a los cuales se debe dar el servicio de triple play. Para el diseño de red se tomará en consideración 2 fibras para cada departamento, con el objetivo de tener una opción de crecimiento de la red a largo plazo. Esta consideración se toma en cuenta pues WDM utiliza una sola fibra de comunicación, pero en sistemas de mayor velocidad en redes GPON se pueden utilizar dos fibras, una de transmisión y otra de recepción. Entonces, la red basada en 78 puntos de red puede diseñarse utilizando splitters 1:2, 1:4, 1:8, 1:16 y 1:32. La distribución de splitters depende del número de usuarios a los que se dará servicio, por lo cual se puede realizar como máximo 64 conexiones por fibra de acometida pero este parámetro disminuye a 32 divisiones cuando utilizamos WDM [21], así, para edificios de más de 32 usuarios, se debe ampliar la acometida para recibir dos o más fibras ópticas. La red se diseñó teniendo en cuenta el costo de los Splitters de fibra óptica comunes en el mercado (Figura 4.3). Cabe recalcar que todo el diseño se basa en las normativas internacionales especificadas en el Capítulo II.

Para el diseño de red se plantearon dos soluciones (Figura 4.3 y Figura 4.4), las cuales bosquejan de manera superficial la red requerida para dar servicio a los 39 usuarios. Para decidir el esquema de red se utilizó el criterio basado en costos de equipos (splitters) pues en ambas soluciones la longitud de los cables de fibra óptica y demás materiales es similar.



**Figura 4.3. Solución de red de fibra con armario de equipos intermedio.**

**Fuente: Autor**

En la Figura 4.3 podemos observar la primera solución planteada para la red de fibra del edificio modelo. Esta solución contiene los siguientes elementos:

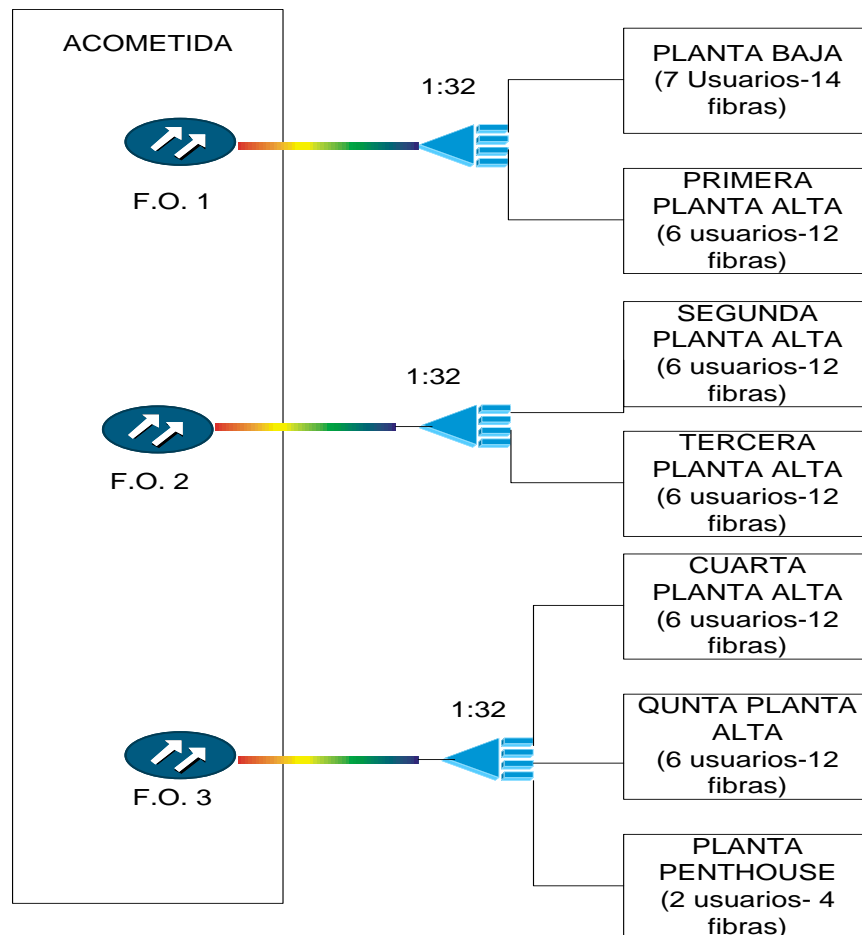
- Acometida de 3 fibras ópticas
- Armario de equipos con 3 splitters 1:2
- 6 splitters de piso 1:16

Con esta solución de red podemos dar servicio a 39 usuarios, cada uno de ellos con dos fibras para garantizar el crecimiento de la red a largo plazo, manteniendo así, fibras de reserva dispuestas de la siguiente manera:

- 2 fibras en la planta baja
- 4 fibras en la primera, segunda tercera y cuarta plantas altas

De esta manera en el edificio se tiene un total de 18 fibras de reserva. El costo en splitters para esta solución es de aproximadamente \$1270, con la ventaja de tener un armario interno para mantenimiento de la red.

La segunda solución planteada para la red de fibra se muestra en la Figura 4.6.



**Figura 4.4. Solución de red de fibra sin armario intermedio. Fuente: Autor**

Esta solución contiene los siguientes elementos:

- Acometida de 3 fibras ópticas
- 3 splitters 1:32 para servicio compartido entre pisos

De igual manera, con esta solución de red podemos dar servicio a los 39 usuarios con dos fibras cada uno de ellos, manteniendo fibras de reserva dispuestas de la siguiente manera:

- 6 fibras para la planta baja y la primera planta alta
- 8 fibras para la segunda y tercera planta alta
- 4 fibras para la cuarta y quinta planta alta y los penthouse.

Como se puede observar en la figura 4.4 en total en el edificio quedarían 18 fibras de reserva. El costo en splitters para esta solución es de aproximadamente \$2136, con la ventaja de tener menores pérdidas debido al número de splitters inferior en comparación con la primera solución.

La comparación en costos y pérdidas de ambas soluciones se muestra en la tabla 4.8:

Equipos	costo	Solución 1			Solución 2		
		Pérdidas [dB]	Splitters utilizados	Costo total	Pérdidas [dB]	Splitters utilizados	Costo total
splitter 1:32	\$712.20	0	0	\$0.00	45	3	\$2,136.60
splitter 1:16	\$192.67	72	6	\$1,156.02	0	0	\$0.00
splitter 1:8	\$161.20	0	0	\$0.00	0	0	\$0.00
splitter 1:4	\$73.60	0	0	\$0.00	0	0	\$0.00
splitter 1:2	\$38.00	9	3	\$114.00	0	0	\$0.00
	<b>Total</b>	81	9	\$1,270.02	45	3	\$2,136.60

\* Los costos de los splitters están basados en [49], [Fuente ETAPA E.P]

**Tabla 4.8. Comparación de costos y pérdidas de las dos soluciones de redes propuestas**

Como se puede observar en la tabla 4.8, las pérdidas causadas en la solución 1 son mucho mayores a las causadas en la solución 2, pero el parámetro de selección está basado únicamente en costos de los equipos, ya que las pérdidas no constituyen un riesgo para el funcionamiento óptimo del enlace. Por lo tanto la solución elegida es la número 1.

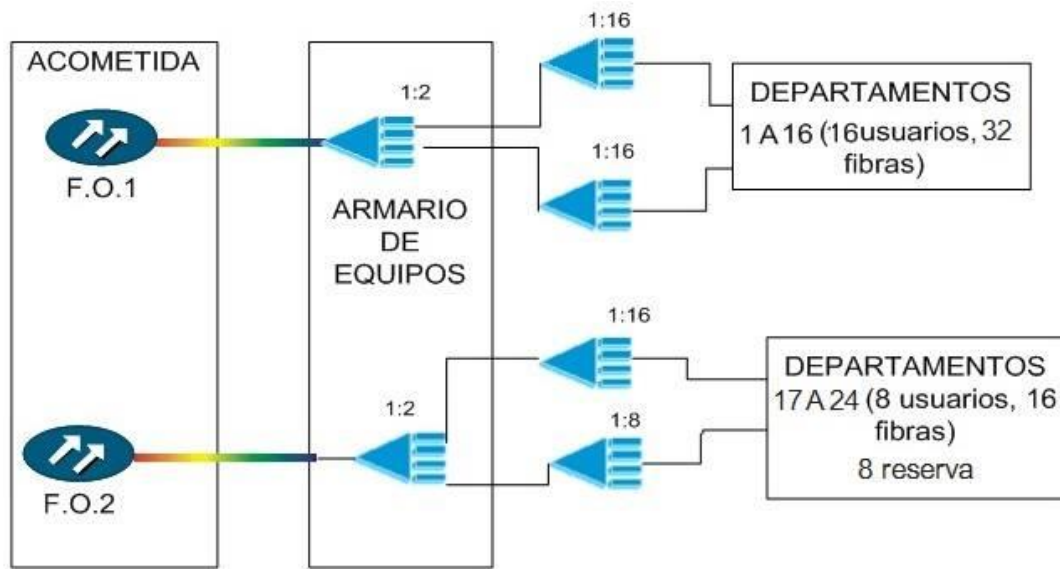
#### 4.2.2. Diseño de red para urbanizaciones

Siguiendo el proceso de selección basado en el subcapítulo anterior, se diseñó la red de fibra óptica para un condominio modelo. El plano de la urbanización

utilizada se muestra en el Anexo 9. Dicha urbanización está distribuida de la siguiente manera:

- 24 departamentos repartidos en 3 bloques principales:
  - 8 departamentos en el exterior del condominio (parte inferior del plano)
  - 8 departamentos en el interior del condominio (parte central del plano)
  - 8 departamentos en el interior del condominio (parte superior, e izquierda del plano)
- Todos los departamentos están por construir, es decir, la canalización de fibra óptica se realizará en obra por el interior de las paredes.

El plano general de red para el condominio se muestra en la Figura 4.5.



**Figura 4.5. Solución de red de fibra óptica para el condominio modelo.**

**Fuente: Autor**

En la Figura 4.5 se observa que se utilizan los siguientes elementos:

- 3 splitters 1:16 para dar servicio a los departamentos.
- 1 splitter 1:8 para reserva.
- 2 splitters 1:2 para el servicio intermedio a los splitters de cada bloque de departamentos



- 2 fibras ópticas en la acometida basándose en 24 usuarios con 2 fibras cada uno de ellos, además de 8 fibras de reserva.

Otras soluciones como el uso de dos splitters únicos 1:32 resultan más costosas, o tienen pérdidas de inserción muy elevadas para cada tramo de red. La comparación de la solución elegida se muestra en la tabla 4.9.

Equipos	costo	Solución 1			Solución 2		
		Pérdidas [dB]	Splitters utilizados	Costo total	Pérdidas [dB]	Splitters utilizados	Costo total
splitter 1:32	\$712.20	0	0	\$0.00	30	2	\$1,424.40
splitter 1:16	\$192.67	36	3	\$578.01	0	0	\$0.00
splitter 1:8	\$161.20	9	1	\$161.20	0	0	\$0.00
splitter 1:4	\$73.60	0	0	\$0.00	0	0	\$0.00
splitter 1:2	\$38.00	6	2	\$76.00	0	0	\$0.00
<b>Total</b>		51	6	\$815.21	30	2	\$1,424.40

\* Los costos de los splitters están basados en [49], [Fuente ETAPA E.P]

**Tabla 4.9. Comparación de soluciones para condominio habitacional.**

#### 4.2.3. Resumen del diseño con normas internacionales

En la Tabla 4.10, se muestra el resumen (costos) del diseño utilizando normas internacionales y en la Tabla 4.11 se muestran los totales proyectados:

Mano de obra					
<i>CODIGO</i>	<i>Descripción</i>	<i>Un.</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Unitario</i>	<i>Precio total</i>
MOOC39	tendido de fibra	M2	1266	\$2,73	\$3.456,18
MOPT40	armado de conectores	U	210	\$5,00	\$1.050,00
MOEC41	montaje de rack	u	1	\$45,00	\$45,00
MOEC42	montaje de roseta en pared	u	39	\$5,00	\$195,00
MOEC43	montaje de splitters	u	9	\$8,50	\$76,50
MOEC44	montaje de canaleta	u	164	\$3,80	\$623,20
MODU04	tendido de ducto hasta 1 pulgada	m	15	\$2,78	\$41,75
MODU05	tendido de tunel de cables	m	32	\$10,00	\$320,00
MODU06	tendido de canaleta hasta 20 cables	m	17	\$6,00	\$102,00
MOAC11	instalación de fibra de acometida	u	1	\$25,00	\$25,00
MOFO47	Prueba de reflexometría	u	105	\$6,20	\$651,00
MOFO48	Prueba de atenuación	u	105	\$1,20	\$126,00
<b>TOTAL</b>					<b>\$6.711,63</b>

<b>Materiales</b>					
<b>CODIGO</b>	<b>Descripción</b>	<b>Un.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio total</b>
CA-134	fibra óptica monomodo 6 hilos	m	379	\$0,78	\$295,62
CA-135	fibra óptica monomodo 1 hilos	m	71,1	\$0,85	\$60,44
CA-136	fibra óptica monomodo 2 hilos	m	815,3	\$0,44	\$358,73
CA-138	tapa de canaleta	m	38	\$0,95	\$36,10
CA-139	canaleta pvc sólida amarilla	m	163,61	\$8,76	\$1.433,22
CA-140	sección l para canaleta	m	14	\$10,20	\$142,80
CA-141	sección t para canaleta	m	25	\$12,28	\$307,00
CA-142	sección x para canaleta	m	6	\$14,89	\$89,34
CA-143	rack de pared 16ru	m	1	\$240,16	\$240,16
CA-4000	Patch panel 32 puertos	u.	3	\$26,00	\$78,00
CA-4001	Patch cord fibra optica	u.	39	\$1,98	\$77,22
CC-1136	protección contra polvo para conector sc	u.	210	\$0,15	\$31,50
DU-1158	tubería de pvc de 3/4" , reforzado	u.	32	\$0,52	\$16,56
DU-1160	tubo conduit 1/2 60m fu0059	u.	10	\$25,49	\$254,88
EC-1522	pigtail sm scupc-scupc 2m	u.	48	\$18,09	\$868,32
CA-4002	Roseta optica de Montaje en Pared	u.	39	\$22,00	\$858,00
DU-1167	conector curvo 3/4 fu0066	u.	3	\$0,76	\$2,29
DU-1164	conector recto 3/4 fu0063	u.	3	\$0,40	\$1,20
CA-137	conectores apc	m	210	\$1,60	\$336
<b>TOTAL</b>					<b>\$5487,38</b>
<b>Equipos</b>					
<b>CODIGO</b>	<b>Descripción</b>	<b>Un.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio total</b>
EP-1893	Splitter 1:16	u	6	192,67	1156,02
EP-1894	Splitter 1:2	u	3	38	114
<b>TOTAL</b>					<b>1270,02</b>

**Tabla 4.10. Resumen de costos de la red de fibra para el edificio modelo con normas internacionales. Precios basados en [73], [74], [75], [76], [77], [78], [79]**

### MATERIALES

Materiales totales:	\$5.487,38
IVA:	\$658,49
Imprevistos 10%	\$614,59
<b>Subtotal materiales</b>	<b>\$6.760,45</b>

### MANO DE OBRA

Mano de obra:	\$6.711,63
IVA:	\$805,40
<b>Subtotal mano de obra</b>	<b>\$7.517,02</b>

### EQUIPOS

Equipos	\$1.270,02
IVA:	\$152,40
<b>Subtotal Equipos</b>	<b>\$1.422,42</b>

Estudios:	\$1.000,00
-----------	------------

**TOTAL \$15.699,89**

**Tabla 4.11. Totales de implementación proyectados para el edificio modelo. Precios basados en [73], [74], [75], [76], [77], [78], [79]**

En la Tabla 4.12 se muestra el resumen de costos para la implementación de la red de fibra en la urbanización modelo y en la Tabla 4.13 se muestran los totales de implementación proyectados.

<b>Mano de obra</b>					
CODIGO	Descripción	Un.	Cant idad	Precio Unitario	Precio total
MOOC31	tendido de fibra subterránea	M2	1266	\$5,25	\$6.646,50
MOOC32	colocación de adoquin	M	210	\$8,37	\$1.757,70
MOOC33	colocación de bordillo	M2	1	\$1,67	\$1,67
MOOC34	reposición de vereda	M2	39	\$8,79	\$342,81
MOOC35	relleno de zanja	M2	9	\$8,06	\$72,54
MOOC36	retiro de pizo de adoquin	M2	164	\$5,86	\$961,04
MOOC37	rotura de vereda	M	15	\$3,22	\$48,30
MOOC38	tendido de politubo	U	32	\$0,88	\$28,16
MOOC39	desalojo de material sobrante	M2	17	\$14,65	\$249,05
MOPT40	armado de conectores	U	1	\$5,00	\$5,00
MOEC41	montaje de roseta en pared	u	105	\$5,00	\$525,00
MOEC42	montaje de rack	u	105	\$45,00	\$4.725,00
MOEC43	montaje de splitters	u	9	\$8,50	\$76,50
MOEC44	montaje de canaleta	u	8	\$3,80	\$30,40
MOEM45	pruebas de funcionamiento	u	81	\$2,90	\$234,90
MODU04	tendido de ducto hasta 1 pulgada	m	10	\$2,78	\$27,83
MODU06	tendido de canaleta hasta 20 cables	m	3	\$6,00	\$18,00
MOAC11	instalación de fibra de acometida	u	3	\$25,00	\$75,00
MOOC70	Ayudante de Electricista	u	3	\$160,0	\$480,00
MOOC71	Electricista	u	2	\$200	\$400,00
MOOC72	Maestro Mayor Tit, Secap	u	1	\$280	\$280,00
MOOC73	Excavación sin clasificar	u	1	\$12,81	\$9,99
MOOC74	Desalojo de tierra cargado a mano.	u	0	\$8,04	\$1,45
MOOC75	Rorura de pavimento: corte a máquina, exc. Manual	u	1	\$4,50	\$2,70
MOOC76	Suministro y colocación de arena de mina o similares	u	0	\$13,20	\$2,38
MOOC77	Suministro y colocación manguera de PVC de 3"	u	2	\$5,58	\$11,16
MOOC78	Suministro y colocación manguera de polietileno de 1 1/2"	u	3	\$3,10	\$9,30
MOOC79	Suministro y colocación de ladrillos mambron	u	10	\$0,25	\$2,50
<b>TOTAL</b>					<b>\$17.024,8</b>
<b>Materiales</b>					
CODIGO	Descripción	Un,	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
CA-134	fibra óptica monomodo 6 hilos	m	379,00	\$0,78	\$295,62
CA-135	fibra óptica monomodo 1 hilos	m	17,00	\$0,85	\$14,45
CA-136	fibra óptica monomodo 2 hilos	m	608,40	\$0,44	\$267,70
CA-137	conectores apc	m	162,00	\$1,60	\$259,20
CA-138	tapa de canaleta	m	6,00	\$0,95	\$5,70
CA-139	canaleta pvc sólida amarilla	m	8,00	\$8,76	\$70,08
CA-140	sección l para canaleta	m	4,00	\$10,20	\$40,80
CA-141	sección t para canaleta	m	2,00	\$12,28	\$24,56
CA-142	sección x para canaleta	m	2,00	\$14,89	\$29,78

CA-143	rack de pared 16ru	m	1,00	\$240,16	\$240,16
CA-144	patch panel 6 puertos	m	1,00	\$26,00	\$26,00
CA-145	dcc mic p 12 sme 65/50	m	1,00	\$0,77	\$0,77
CA-146	24-fiber distribution loose tube cable plenum rated 62.5 um standard 3.4/1.0 db/km 200/500 mhz-km print in ft	m	13,00	\$3,14	\$40,78
CC-1136	protección contra polvo para conector sc	U.	162,00	\$0,15	\$24,30
DU-1158	tubería de pvc de 3/4" , reforzado	U.	10,00	\$0,52	\$5,18
DU-1160	tubo conduit 1/2 60m fu0059	U.	8,00	\$25,49	\$203,90
DU-1164	conector recto 3/4 fu0063	U.	5,00	\$0,40	\$2,00
EC-1522	pigtail sm scupc-scupc 2m	U.	24,00	\$18,09	\$434,16
DU-1167	conector curvo 3/4 fu0066	U.	4,00	\$0,76	\$3,05
OT-4002	Roseta optica de Montaje en Pared	U.	24,00	\$22,00	\$528,00
OT-4003	Pegamento para tuberías PVC	U.	0,01	\$35,17	\$0,18
OT-4004	Alambre de amarre No. 18 negro recocido	U.	0,04	\$2,05	\$0,08
OT-4005	Cinturon de seguridad	U.	3,00	\$1,50	\$4,50
OT-4006	Escalera telescópica	U.	1,00	\$2,50	\$2,50
OT-4007	Herramientas varias	U.	3,00	\$0,25	\$0,75
OT-4008	Teclé para tensar 2 toneladas	U.	1,00	\$1,50	\$1,50
OT-4009	Desenrolladora para cable	U.	1,00	\$6,00	\$6,00
OT-4010	Relleno compactado con base clase 2	U.	0,54	\$27,04	\$14,60
OT-4011	Carpeta asfáltica E 5cm (iml)	U.	0,60	\$10,77	\$6,46
OT-4012	Cinta señalizadora	U.	1,00	\$0,10	\$0,10
OT-4013	Tubería de PVC 3"	U.	6,00	\$7,06	\$42,36
OT-4014	Separadores de 8 ductos de PVC para 3"	U.	0,40	\$9,35	\$3,74
<b>TOTAL</b>					<b>\$2.598,96</b>
<b>Equipos</b>					
CODIGO	Descripción	Un.	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
EP-1894	splitter 1:2	U.	2	\$38,00	\$76,00
EP-3005	splitter 1:8	U.	1	\$161,20	\$161,20
EP-1893	splitter 1:16	U.	3	\$192,67	\$578,01
<b>TOTAL</b>					<b>\$815,21</b>

**Tabla 4.12. Resumen de costos de red de la urbanización modelo con normas internacionales. Precios basados en [73], [74], [75], [76], [77], [78], [79]**

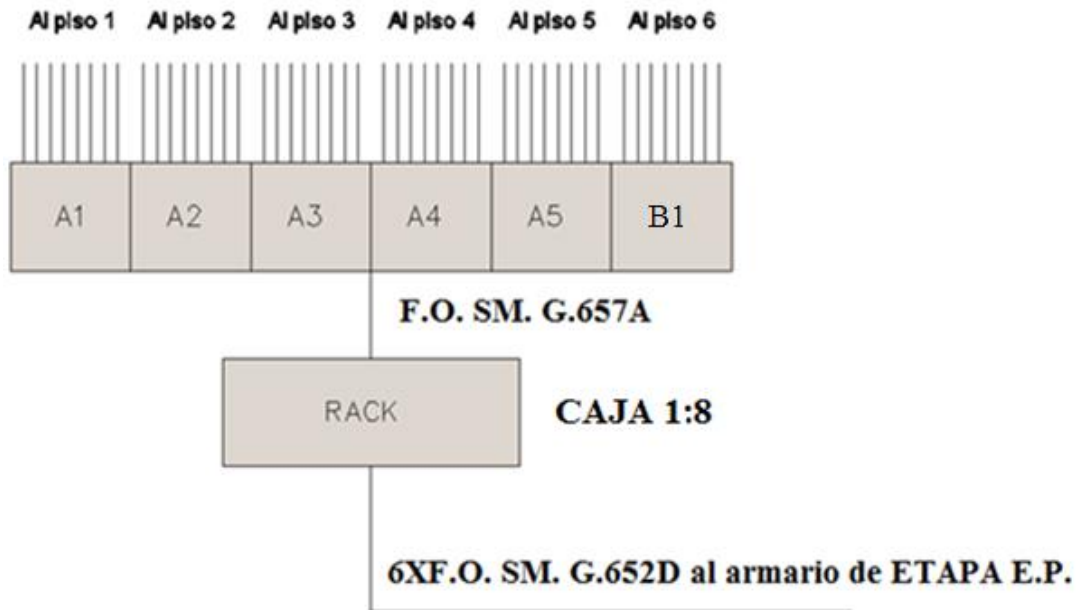
<b>MATERIALES</b>	
Materiales totales:	\$2.598,96
IVA:	\$311,88
Imprevistos 10%	\$291,08
<b>Subtotal materiales</b>	<b>\$3.201,92</b>
<b>MANO DE OBRA</b>	
Mano de obra:	\$17.024,88
IVA:	\$2.042,99
<b>Subtotal mano de obra</b>	<b>\$19.067,86</b>
<b>EQUIPOS</b>	
Equipos	\$815,21
IVA:	\$97,83
<b>Subtotal Equipos</b>	<b>\$913,04</b>
<b>Estudios:</b>	<b>\$1.000,00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$23.182,81</b>

**Tabla 4.13. Totales de implementación proyectados para la urbanización modelo. Precios basados en [73], [74], [75], [76], [77], [78], [79]**

### **4.3. Diseño de red con normas de ETAPA E.P.**

#### **4.3.1. Diseño de red para el edificio modelo**

Basándonos en la normativa de ETAPA E.P del Capítulo 3, el diseño de red se basa en cajas de usuario colocadas en el cuarto de telecomunicaciones del edificio (véase Anexo 3). El diagrama vertical de red se muestra en la Figura 4.6. El diagrama de distribución para cada roseta se muestra en la lámina A3 del Anexo 4.

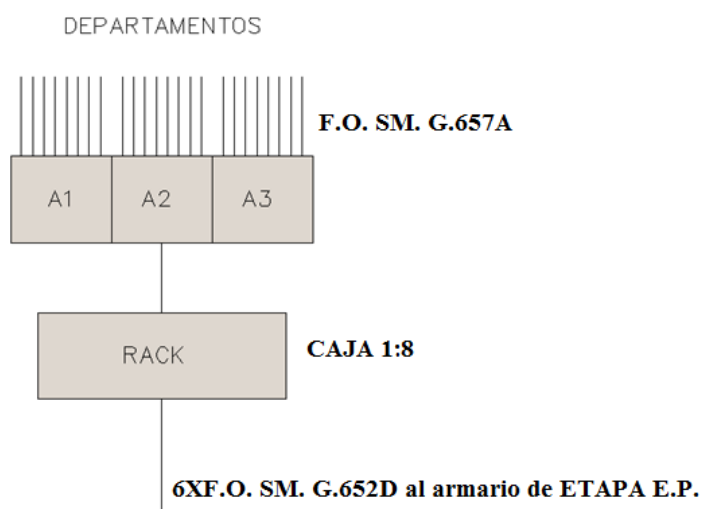


**Figura 4.6. Diagrama vertical de red para el edificio modelo. Fuente: Autor**

Se observa que se utilizarán 6 cajas de usuario, cada una conectada por una fibra monomodo G652D desde el armario de ETAPA E.P. No se contemplan otras opciones de diseño pues la normativa no lo permite. El diseño total del edificio se muestra en la lámina A4 del Anexo 5.

#### **4.3.2. Diseño de red para la urbanización modelo**

De igual manera que en el caso anterior, basándonos en la utilización de cajas de usuario, el diseño de la red tiene 3 cajas de usuario, las cuales se disponen según la Figura 4.9. El diagrama de distribución para cada roseta se muestra en el plano B4 del Anexo 9.



**Figura 4.7. Diagrama vertical de red para la urbanización modelo.**

**Fuente: Autor**

#### 4.3.3. Resumen de diseño con normativa de ETAPA E.P.

En la Tabla 4.14 se muestra el resumen de costos para el edificio modelo, tomando en cuenta las modificaciones realizadas según la aplicación de la norma de ETAPA E.P, en la Tabla 4.15 se muestra el presupuesto total proyectado.

<b>Mano de obra</b>					
<b>CODIGO</b>	<b>Descripción</b>	<b>Un.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio total</b>
MOOC39	tendido de fibra	M2	1266	\$2,73	\$3.456,18
MOPT40	armado de conectores	U	210	\$5,00	\$1.050,00
MOEC41	montaje de rack	u	1	\$45,00	\$45,00
MOEC42	montaje de roseta en pared	u	39	\$5,00	\$195,00
MOEC43	montaje de splitters o cajas de usuario	u	6	\$8,50	\$51,00
MOEC44	montaje de canaleta	u	164	\$3,80	\$623,20
MODU04	tendido de ducto hasta 1 pulgada	m	15	\$2,78	\$41,75
MODU05	tendido de tunel de cables	m	32	\$10,00	\$320,00
MODU06	tendido de canaleta hasta 20 cables	m	17	\$6,00	\$102,00
MOAC11	instalación de fibra de acometida	u	6	\$25,00	\$150,00
MOFO47	Prueba de reflexometría	u	45	\$6,20	\$279,00
MOFO48	Prueba de atenuación	u	45	\$1,20	\$54,00
<b>TOTAL</b>					<b>\$6.367,13</b>
<b>Materiales</b>					
<b>CODIGO</b>	<b>Descripción</b>	<b>Un.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio total</b>
CA-135	fibra óptica monomodo 1 hilos	m	3000	\$0,85	\$2.550,00
CA-138	tapa de canaleta	m	38	\$0,95	\$36,10
CA-139	canaleta pvc sólida amarilla	m	164	\$8,76	\$1.436,64

CA-140	sección l para canaleta	m	14	\$10,20	\$142,80
CA-141	sección t para canaleta	m	25	\$12,28	\$307,00
CA-142	sección x para canaleta	m	6	\$14,89	\$89,34
CA-143	rack de pared 16ru	m	1	\$240,16	\$240,16
CA-144	patch panel 6 puertos	m	6	\$26,00	\$156,00
OT-4001	Patch cord fibra optica	U.	39	\$1,98	\$77,22
CC-1136	protección contra polvo para conector sc	U.	108	\$0,15	\$16,20
DU-1158	tubería de pvc de 3/4" , reforzado	U.	32	\$0,52	\$16,56
DU-1160	tubo conduit 1/2 60m fu0059	U.	10	\$25,49	\$254,88
EC-1522	pigtail sm scupc-scupc 2m	U.	39	\$18,09	\$705,51
OT-4002	Roseta optica de Montaje en Pared	U.	39	\$22,00	\$858,00
DU-1167	conector curvo 3/4 fu0066	U.	3	\$0,76	\$2,29
DU-1164	conector recto 3/4 fu0063	U.	3	\$0,40	\$1,20
CA-137	conectores apc	m	108	\$1,60	\$172,80
<b>TOTAL</b>					<b>\$7.062,70</b>
<b>Equipos</b>					
CODIGO	Descripción	Un.	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
EP-1893	Caja de usuario (8 puertos)	u	6	120	720
<b>TOTAL</b>					<b>720</b>

**Tabla 4.14. Costo de diseño para condominios con normativa de ETAPA. Precios basados en [73], [74], [75], [76], [77], [78], [79]**

#### MATERIALES

Materiales totales:	\$7.062,70
IVA:	\$847,52
Imprevistos 10%	\$791,02
<b>Subtotal materiales</b>	<b>\$8.701,24</b>

#### MANO DE OBRA

Mano de obra:	\$6.367,13
IVA:	\$764,06
<b>Subtotal mano de obra</b>	<b>\$7.131,18</b>

#### EQUIPOS

Equipos	\$720,00
IVA:	\$86,40
<b>Subtotal Equipos</b>	<b>\$806,40</b>

Estudios:	\$1.000,00
-----------	------------

**TOTAL** **\$17.638,82**

**Tabla 4.15. Total proyectado de implementación para el edificio modelo aplicando normas de ETAPA E.P. Precios basados en [73], [74], [75], [76], [77], [78], [79]**



En la Tabla 4.16 se muestra el resumen de costos para la urbanización modelo, tomando en cuenta las modificaciones de diseño según la normativa de ETAPA E.P, en la Tabla 4.17 se muestra el total proyectado para la urbanización modelo.

Mano de obra					
CODIGO	Descripción	Un	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
MOOC31	tendido de fibra subterránea	M	683	\$5,25	\$3.585,75
MOOC32	colocación de adoquin	M2	8	\$8,37	\$66,96
MOOC33	colocación de bordillo	M2	650	\$1,67	\$1.085,50
MOOC34	reposición de vereda	M2	120	\$8,79	\$1.054,80
MOOC35	relleno de zanja	M2	120	\$8,06	\$967,20
MOOC36	retiro de pizo de adoquin	M2	120	\$5,86	\$703,20
MOOC37	rotura de vereda	M	120	\$3,22	\$386,40
MOOC38	tendido de politubo	U	120	\$0,88	\$105,60
MOOC25	desalojo de material sobrante por m3	M3	683	\$14,65	\$10.005,95
MOPT40	armado de conectores	U	54	\$5,00	\$270,00
MOEC41	montaje de roseta en pared	u	24	\$5,00	\$120,00
MOEC42	montaje de rack	u	1	\$45,00	\$45,00
MOEC44	montaje de canaleta	u	8	\$3,80	\$30,40
MODU04	tendido de ducto hasta 1 pulgada	m	10	\$2,78	\$27,83
MODU06	tendido de canaleta hasta 20 cables	m	3	\$6,00	\$18,00
MOAC11	instalación de fibra de acometida	u	3	\$25,00	\$75,00
MOOC70	Ayudante de Electricista	u	3	\$160,00	\$480,00
MOOC71	Electricista	u	2	\$200,00	\$400,00
MOOC72	Maestro Mayor Tit, Secap	u	1	\$280,00	\$280,00
MOOC73	Excavación sin clasificar	u	0,78	\$12,81	\$9,99
MOOC74	Desalojo de tierra cargado a mano.	u	0,18	\$8,04	\$1,45
MOOC75	Rorura de pavimento: corte a máquina, exc. Manual	u	0,60	\$4,50	\$2,70
MOOC76	Suministro y colocación de arena de mina o similares	u	0,18	\$13,20	\$2,38
MOOC77	Suministro y colocación manguera de PVC de 3"	u	2	\$5,58	\$11,16
MOOC78	Suministro y colocación manguera de polietileno de 1 1/2"	u	3	\$3,10	\$9,30
MOOC79	Suministro y colocación de ladrillos mambron	u	10	\$0,25	\$2,50
MOFO47	Prueba de reflexometría	u	27	\$6,20	\$167,40
MOFO48	Prueba de atenuación	u	27	\$1,20	\$32,40
<b>TOTAL</b>					<b>\$19.946,87</b>
<b>Materiales</b>					

CODIGO	Descripción	Un	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
CA-135	fibra óptica monomodo 1 hilos	m	1500	\$0,85	\$1.275,00
CA-137	conectores apc	m	54	\$1,60	\$86,40
CA-138	tapa de canaleta	m	6	\$0,95	\$5,70
CA-139	canaleta pvc sólida amarilla	m	8	\$8,76	\$70,08
CA-140	sección l para canaleta	m	4	\$10,20	\$40,80
CA-141	sección t para canaleta	m	2	\$12,28	\$24,56
CA-142	sección x para canaleta	m	2	\$14,89	\$29,78
CA-143	rack de pared 16ru	m	1	\$240,16	\$240,16
CA-144	patch panel 6 puertos	m	1	\$26,00	\$26,00
CC-1136	protección contra polvo para conector sc	U.	54	\$0,15	\$8,10
DU-1158	tubería de pvc de 3/4" , reforzado	U.	10	\$0,52	\$5,18
DU-1160	tubo conduit 1/2 60m fu0059	U.	8	\$25,49	\$203,90
DU-1164	conector recto 3/4 fu0063	U.	5	\$0,40	\$2,00
EC-1522	pigtail sm scupc-scupc 2m	U.	24	\$18,09	\$434,16
DU-1167	conector curvo 3/4 fu0066	U.	4	\$0,76	\$3,05
OT-4002	Roseta optica de Montaje en Pared	U.	24	\$22,00	\$528,00
OT-4003	Pegamento para tuberías PVC	U.	1	\$35,17	\$35,17
OT-4004	Alambre de amarre No. 18 negro recocido	U.	1	\$2,05	\$2,05
OT-4005	Cinturon de seguridad	U.	3	\$1,50	\$4,50
OT-4006	Escalera telescópica	U.	1	\$2,50	\$2,50
OT-4007	Herramientas varias	U.	3	\$0,25	\$0,75
OT-4008	Tecele para tensar 2 toneladas	U.	1	\$1,50	\$1,50
OT-4009	Desenrolladora para cable	U.	1	\$6,00	\$6,00
OT-4010	Relleno compactado con base clase 2	U.	1	\$27,04	\$27,04
OT-4011	Carpeta asfáltica E 5cm (iml)	U.	1	\$10,77	\$10,77
OT-4012	Cinta señalizadora	U.	1	\$0,10	\$0,10
OT-4013	Tubería de PVC 3"	U.	6	\$7,06	\$42,36
OT-4014	Separadores de 8 ductos de PVC para 3"	U.	1	\$9,35	\$9,35
<b>TOTAL</b>					<b>\$3.124,97</b>
<b>Equipos</b>					
CODIGO	Descripción	Un	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
EP-1893	Caja de usuario (8 puertos)	u	3	120	360
<b>TOTAL</b>					<b>360</b>

**Tabla 4.16. Costo de diseño para urbanizaciones con normativa de ETAPA E.P.**

**Precios basados en [73], [74], [75], [76], [77], [78], [79]**

### MATERIALES

Materiales totales:	\$3.124,97
IVA:	\$375,00
Imprevistos 10%	\$350,00
Subtotal materiales	\$3.849,96

### MANO DE OBRA

Mano de obra:	\$19.946,87
IVA:	\$2.393,62
Subtotal mano de obra	\$22.340,49

### EQUIPOS

Equipos	\$360,00
IVA:	\$43,20
Subtotal Equipos	\$403,20

Estudios:	\$1.000,00
-----------	------------

**TOTAL \$26.593,65**

**Tabla 4.17. Total proyectado para la urbanización modelo utilizando normas de ETAPA E.P. Precios basados en [73], [74], [75], [76], [77], [78], [79]**

## 4.4. Especificaciones técnicas de equipos y materiales

### 4.4.1. Generalidades

El alcance de la construcción de la red abarca la provisión, instalación, puesta en servicio, suministro de manuales e información técnica de los equipos, capacitación a los administradores de red, y garantía técnica.

Se realizará la implementación y la provisión de equipos y red de fibra óptica necesarios para el funcionamiento de los siguientes enlaces:

- Enlace entre el armario/central de ETAPA E.P. y la acometida de fibra óptica de la edificación.
- Enlace entre la acometida de fibra óptica de la edificación y el cuarto de telecomunicaciones en el interior de la misma.
- Enlace entre el cuarto de telecomunicaciones del edificio y los usuarios

Los mismos que deberán ser compatibles e integrarse con los equipos de usuario (ONTs) provistos por ETAPA E.P. permitiendo mantener un sistema confiable y eficiente para el servicio de Tripleplay.

El constructor será el responsable directo de la instalación, conexión, pruebas y puesta en estado operativo de la red de fibra óptica. Toda la información y memorias técnicas utilizadas en la instalación, configuración y montaje de equipos deberán ser entregadas como respaldo en forma impresa y digital a ETAPA E.P.

Todos los cables de alimentación, bajantes de fibra óptica y demás acometidas deberán llegar al rack de comunicaciones por tubería rígida y/o canaletas para exteriores, cajas de paso, o conduit, con sus accesorios de montaje correspondientes.

#### **4.4.2. Características técnicas del equipamiento**

##### **4.4.2.1. Fibra óptica**

- Tipo monomodo armado para exteriores
- Número de fibras: en función del diseño (2 hilos)
- Se debe incluir:
  - ODF SC para rack 19'' en función del diseño
  - Pigtails de fusión monomodo
  - Patchcords monomodo duplex 1.5m SC-SC
  - Conectorización y pruebas

##### **4.4.2.2. Rack de comunicaciones**

El rack tiene espacio para que luego de la instalación completa de los componentes de cableado, quede un 30% libre para la instalación de los equipos de comunicaciones.

La separación de las fuentes de interferencia electromagnética (EMI) deberá cumplir con las especificaciones contenidas en la norma ANSI/TIA/EIA-569-A y en los reglamentos locales aplicables.

El rack debe presentar las siguientes características:

- Puede estar construido en aluminio extruido 6061-T6 con agujeros de montaje prerroscados, o en acero con aberturas para tornillos. Acabado en polvo epoxy negro de alta resistencia.
- Debe facilitar gran accesibilidad a equipos y cables y la administración de los mismos (cambios, asignaciones, etc.).
- En la opción de acero, el rack debe incluir las tuercas y tornillos de montaje.
- Empaquetado plano para su transporte.
- La tapa debe permitir abrir a uno u otro lado, o retirarla completamente para que los PatchCords se puedan colocar rápidamente en el interior del organizador, sin necesidad de ‘enhebrar’ por las aberturas.
- Tipo armario de 19’’
- Bandeja de fibra óptica para fusión y conectorización
- Kit de accesorios, pigtails, conectores y patchcords

#### **4.4.2.3. Cajas de usuario**

Las cajas de usuario se colocarán en el interior del cuarto de telecomunicaciones. Cada una permitirá el ingreso de una fibra óptica desde el armario o central de ETAPA E.P. y abastecerá la conexión para 8 usuarios (cajas 1:8).

#### **4.4.2.4. ONTs**

Los terminales de usuario (ONTs) se ubicarán en función del diseño arquitectónico de los departamentos. Se debe ubicar el terminal de usuario lo más cerca posible del centro de demanda de cada departamento.

#### 4.4.2.5. Canalización y ductería

**Vías de cableado.-** Las vías de cableado deben diseñarse e instalarse para cumplir con los reglamentos eléctricos y de construcción aplicable, nacional o local, para edificios; esto es:

- Se debe cumplir con lo estipulado en el estándar ANSI/TIA/EIA-569-B y adenda<sup>13</sup>. "Commercial Building Standard for Telecommunications Pathways and Spaces"
- La puesta de las vías de cableado deben cumplir con los reglamentos eléctricos aplicables
- Las vías de cableado no tendrán cantos agudos expuestos o bordes afilados que puedan entrar en contacto con los cables de telecomunicaciones.
- El número de cables tendidos en una vía de cableado no deben sobrepasar las especificaciones del fabricante ni afectar la forma geométrica de los cables.
- Las vías de cableado no deben instalarse en ductos (fosos) de ascensores.

**Enrutado de cableado horizontal.-** Todos los cables horizontales, independientemente del tipo de medio, no sobrepasarán los 90 m (295 ft) desde las salidas de telecomunicaciones en el área de trabajo al distribuidor de piso.

- La longitud combinada de los puentes o cordones en el cuarto de telecomunicaciones y en el área de trabajo no sobrepasará los 10m (33 ft) a menos que se utilicen para una salida multiusuario de telecomunicaciones (MUTOA).
- Se recomienda una longitud mínima de cableado horizontal de 15m (49 ft) entre el distribuidor de piso y la salida/conector de telecomunicaciones.
- Para instalaciones con puntos de consolidación, una longitud mínima de cableado horizontal de 15m (49 ft) debe mantenerse entre el distribuidor de piso y el punto de consolidación, y de 5m (16 ft.) entre el punto de consolidación y la salida/conector de telecomunicaciones.
- Las vías de cableado horizontal se instalarán o seleccionarán de tal manera que el radio mínimo de curvatura de los cables horizontales se mantenga

---

<sup>13</sup> Adenda: Todo aquel añadido que se agrega a un escrito. Comúnmente llamado addendum.

dentro de las especificaciones del fabricante durante y después de la instalación.

- Para aplicaciones de voz o datos los cables de par trenzado se instalarán utilizando una topología de estrella desde el cuarto de telecomunicaciones, a cada salida de telecomunicaciones individual. Antes de la instalación del cableado el Cliente aprobará todas las rutas de cable.
- El Contratista observará los requisitos de radio de curvatura y resistencia a la tracción del cable de fibra óptica durante el manejo y la instalación.
- Cada enlace de cable de par trenzado balanceado entre el distribuidor de piso en el cuarto de telecomunicaciones y la salida de telecomunicaciones no debe tener empalmes.
- En un ambiente de techo falso, se observará un mínimo de 3 pulgadas (75 mm) entre los soportes de cable y el techo suspendido.
- Los tendidos de conduit continuos instalados por el Contratista no deben sobrepasar los 30.5 m (100 ft) o contener más de dos (2) curvas de 90 grados sin utilizar cajas de registro dimensionadas en forma apropiada.
- Todas las vías de cableado horizontales deben diseñarse, instalarse y conectarse [a tierra] para cumplir los reglamentos eléctricos y de construcción aplicables, nacionales y locales.
- El número de cables horizontales instalados en un soporte de cable o vía de cableado se limitará a un número de cables que no altere la forma geométrica de los cables.
- La capacidad máxima de vías de cableado no sobrepasará las especificaciones contenidas en la norma ANSI/TIA/EIA-569-B incluyendo Adendum.
- Los cables de distribución horizontal no estarán expuestos en el área de trabajo u otros puntos con acceso del público.

Cualquier tipo de curva o cambio de dirección de la canaleta deberá ser realizada utilizando los accesorios de fábrica, no hechos en campo.

La instalación de la canaleta se deberá realizar con varilla roscada de 3/8” suspendida en la losa con tacos expansivos y soportería de canal estructural (chanel), con los tornillos, tuercas y anillos adecuados para su instalación profesional

Desde la canaleta se instalará ductería EMT de mínimo 3/4” de diámetro hacia la ubicación de los diferentes puntos. La tubería deberá ser correctamente instalada con curvas realizadas con la herramienta adecuada, de tal manera que en ningún momento representen un obstáculo para la integridad del cable.

La ductería que se empotre en pared deberá terminar en una caja 4x4 con bisel a la altura de los demás tomas de servicio eléctrico.

Durante su recorrido la ductería no deberá tener más de una curva desde que sale de la canaleta hasta llegar a la bajante de la pared. En caso de ser necesario más curvas se deberá utilizar cajas de paso de 5x5.

#### **4.4.3. Sistema de cableado de fibra óptica**

Para la solución de fibra óptica, el canal completo deberá cumplir con las pruebas de rendimiento y desempeño del estándar ANSI/TIA-568-C.3. Todos los componentes del cableado estructurado de fibra óptica deberán ser de un mismo fabricante: patch cords, cable, pigtails, conectores y bandejas de terminación.

#### **4.4.4. Enlaces pre-terminados de fibra óptica**

- Deberá constar de terminación en bandejas, casetes existentes y cables de interconexión pre-terminados en fábrica.
- La fibra deberá ser multimodo OM3 (las especificaciones del cable de fibra se muestra más adelante)
- Los cables de fibra deberán tener mínimo 6 hilos.
- Los cables de interconexión deberán ser terminados, ensamblados y probados al 100%.
- Los cables de interconexión entre los casetes deberán cumplir con los requerimientos de desempeño de ANSI/TIA-568-C.3.
- Los cables de interconexión deberán ser FOCIS-5 compliant.



- La pérdida de inserción por cada par acoplado deberá ser 0.5db típica y 0.75db máxima.
- Deberán ser probados según IEEE 802.3ae 10 GbE para soportar velocidades de transmisión de hasta 10Gbps.
- Deberán ser probados 100% en fábrica e incluir dichas pruebas por cada enlace e hilo en particular dentro de la caja del producto.

#### **4.4.5. Patch cord de fibra óptica**

- Deberán ser multimodo 50/125 micrones, OM3, con chaqueta de 1.6mm
- Deberán contar con conectores dúplex LC en los extremos.
- Deberán cumplir los requerimientos de la norma ANSI/TIA-568-C.3.
- Las pérdidas máximas en la inserción por conexión típica deberán ser inferiores a 0.25dB.
- Deberán ser 100% probados en fábrica.
- Deberán incluir clips de fijación que garantice la polaridad de la fibra.

#### **4.4.6. Cable de fibra óptica para interiores**

- El cable de fibra óptica de interiores deberá ser multimodo de 50um/125um, OM3, optimizado para láser y de tipo tight buffer con cubierta de 900um por fibra.
- Deberá cumplir o superar las especificaciones de la norma IEEE 802.3ae para 10 Gigabit Ethernet.
- El rango mínimo de temperatura que la fibra óptica deberá soportar sin que su operación y rendimiento se afecten debe estar entre -40 °C y 75 °C.
- Deben estar probadas de acuerdo a Telcordia GR-20, Issue 2, GR-409 y las series relevantes FOTPS de EIA/TIA-455 para cables de fibra óptica.
- El cable de fibra óptica deberá disponer de 6 hilos.
- Deberá tener un ancho de banda de 3500MHz/km para la ventana de 850nm y 5000MHz/km para la ventana de 1300nm
- Deberá poder soportar aplicaciones de 10 Gigabit Ethernet hasta 550m.

- La atenuación debe ser de 2.3dB/km para la ventana de 850nm y 0.6dB/km para ventana de 1300nm de acuerdo a lo indicado por la ANSI/TIA-568-C.3

#### **4.4.7. Conectores de fibra óptica del tipo SC/APC**

- Los conectores deberán ser de tipo SC/APC de acuerdo a las recomendaciones de la ANSI/TIA-568-C.3.
- Deberán tener una pérdida de retorno mayor a 20dB para conectores tipo multimodo.
- Deberán tener una pérdida de inserción típica de 0.3dB para conectores multimodo.
- El conector deberá incluir botas o capuchas para 1.6mm – 2.0mm indistintamente.
- Deberá tener capacidad para instalar conectores de 50/125um optimizada.
- Los conectores deberán incluir una tapa de protección para los extremos de la fibra.
- Los conectores deberán poder ser reutilizados al menos 2 veces.

#### **4.4.8. Conectores de compresión**

Estas especificaciones abarcan los conectores de distintos tipos a utilizarse en los cables de aluminio y de cobre a ser utilizados en las redes.

Los conectores requeridos deberán cumplir con los requerimientos de las normas IRAM, ANSI, ASTM, NIME, NFC, IEC.

##### **4.4.8.1. Grapas de retención**

Para no provocar daños o deformaciones y garantizar el desempeño óptico y la integridad mecánica a lo largo de toda la vida útil del cable de fibra óptica, las grapas

de retención deberán ser del tipo “alza preformada/armadura preformada” o “cuña/armadura preformada”

Los conectores y cables para puesta a tierra del cable de fibra óptica en el tope de las estructuras deberán ser considerados como parte integrante de las grapas de retención.

Las grapas de retención deberán ser diseñadas para soportar, sin deslizamiento del cable o rotura de cualquier componente como mínimo 95% de la carga mínima de rotura del cable de fibra utilizado.

#### **4.4.8.2. Grapa de suspensión**

Para no provocar daños o deformaciones y garantizar el desempeño óptico y la integridad mecánica a lo largo de toda la vida útil del cable de fibra óptica, las grapas de suspensión deberán ser del tipo armadura preformada.

Los conectores y cables para puesta a tierra del cable en el tope de las estructuras deberán ser considerados como parte integrante de las grapas de suspensión.

Las grapas de suspensión deberán presentar una carga de deslizamiento no inferior a 25% de la carga mínima de rotura del cable.

La carga mínima de ruptura vertical de las grapas deberá ser como mínimo 60% de la carga mínima de ruptura del cable de fibra.

#### **4.4.8.3. Grapa de bajada**

Las grapas de bajada se hacen necesarias para fijar el cable en la estructura hasta la caja de empalme. Las grapas deben acomodar los dos cables que bajan en las estructuras de empalme.

La grapa debe ser resistente a corrosión y compatible con el tipo de cable de fibra óptica utilizado. Deberá ser instalada con espaciamiento máximo de 1.5m, de modo que no se produzcan esfuerzos laterales en el cable.

La estructura no puede sufrir perforaciones para la instalación de estas grapas

#### **4.4.9. Etiquetamiento**

- Los cables Horizontales y Vertebrales deben rotularse en cada extremo. El cable o su etiqueta se marcará con su identificador.
- Cada placa frontal debe rotularse con un identificador único.
- Cada puerto de la placa frontal debe marcarse con su identificador.
- Cada pieza de hardware de conexión debe rotularse con un identificador único.
- Cada posición de hardware de conexión debe marcarse con su identificador.

#### **4.4.10. Dibujos generales para sistema de red eléctrica y red de datos**

- El Contratista suministrará un plano de “As-built” junto a su respectiva memoria técnica, que indique los puntos de localización e identificadores para la totalidad de:
  - Enrutado y terminaciones del cableado horizontal
  - Las salidas/conectores de telecomunicaciones
  - Enrutado y terminaciones del cableado vertical

#### **4.4.11. Registro para sistema de red eléctrica, red de voz y datos**

- Todos los registros deben crearse por el contratista de la instalación y se entregarán a la conclusión del trabajo.
- El formato tanto de planos como de la respectiva memoria técnica explicativa de los mismos, debe ser con base en un programa de computadora y deben

proporcionarse copias tanto en formato electrónico como en formato impreso, como parte de la documentación “como se construyó”. Los requisitos mínimos incluyen:

- Los registros de cable tienen que contener identificador, tipo de cable, posiciones de terminación en ambos extremos, identificador de empalmes (en caso de requerirse), así como un campo para eventuales pares o conductores dañados.
- Los registros de piezas y posiciones de hardware de conexión tienen que contener identificador, tipo, identificador del cable que conecta, así como un campo para eventuales posiciones dañadas.
- La documentación de prueba en todos los tipos de cable debe incluirse como parte del paquete “como se construyó”.

#### **4.4.12. Reportes generales para red eléctrica, red de voz y datos**

- Todos los reportes deben generarse a partir del programa de computadora usado para crear los registros. Se debe incluir al menos:
- La memoria técnica debe contener el respectivo plano unifilar de la red eléctrica.
- Diagrama de los circuitos instalados
- Reportes de cable
- Reportes de hardware de conexión
- El pago se lo realizará de acuerdo al precio unitario establecido en el contrato, incluye materiales, mano de obra, transporte, equipo, herramientas, y demás actividades para la ejecución de los trabajos descritos a satisfacción de la fiscalización.

#### **4.4.13. Instalación, puesta en marcha y pruebas**

El constructor deberá realizar la instalación, montaje, puesta en marcha y pruebas de los equipos contratados, de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Deberá utilizar la infraestructura existente.

Se realizarán las siguientes pruebas de funcionamiento:

#### **4.4.13.1. Prueba de Reflexometría.**

Este tipo de pruebas sirven para estimar la longitud de la fibra, su atenuación, así mismo pérdidas por empalmes y conectores. También puede ser utilizado para detectar fallos tales como roturas de la fibra. Para este proceso se necesita de un *OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)*, el cual inyecta en la fibra bajo análisis una serie de pulsos ópticos. También extrae, del mismo extremo de la fibra, luz que ha sido dispersada y reflejada de vuelta desde puntos de la fibra con un cambio en el índice de refracción. La intensidad del pulso devuelto, es integrada como una función del tiempo, y representada en función de la longitud de la fibra. [102]

#### **4.4.13.2. Prueba de Atenuación.**

Se realiza esta prueba con el fin de que el cable de fibra esté en perfecto estado para que la transmisión sea óptima, ya que si existe demasiada atenuación el cable no sirve para el propósito requerido.

#### **4.4.13.3. Limpiador de conectores de Fibra Óptica**

Es importante en cada manipulación de los conectores de la fibra se realice la limpieza de la punta del mismo con el objetivo de eliminar residuos que puedan interferir la transmisión.

#### **4.4.14. Especificaciones generales**

##### **4.4.14.1. Capacitación**

El constructor deberá proporcionar capacitación para el personal que ETAPA E.P. considere conveniente para la administración y acceso a la red óptica de la edificación.

#### **4.4.14.2. Garantía**

La garantía técnica cubrirá defectos de fabricación como mínimo por un año.

#### **4.4.14.3. Documentación**

El constructor deberá entregar con su diseño la hoja técnica de los equipos y catálogos para verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas.

La no presentación de este requisito será causal para que el diseño sea negado. Estos documentos se entregarán en formato original, además se presentarán los manuales de operación y mantenimiento de todos los equipos suministrados en formato digital e impreso.

#### **4.4.14.4. Entrega y recepción**

El acta de entrega-recepción de los bienes se realizará una vez que absuelvan todas las observaciones planteadas por los técnicos designados por ETAPA E.P. que pudieran derivarse del montaje, instalación, puesta en marcha, pruebas de funcionamiento y capacitación de los equipos suministrados.

#### **4.4.14.5. Seguridad industrial**

Todo el personal a cargo del contratista deberá estar debidamente protegido y cumplirá con el Reglamento de Seguridad Industrial vigente en el país.

#### 4.5. Comparación del diseño basado en normas internacionales, y el diseño basado en normativa de ETAPA E.P.

##### 4.5.1. Costos de implementación

En la Tabla 4.18 se muestra una comparación de los costos totales de implementación utilizando ambos modelos. Se observa que la aplicación de la normativa de ETAPA E.P disminuye los costos de implementación en un 9%. Se observa también que la variación se da en la utilización de menos splitters o cajas de usuario (cuyo funcionamiento es similar). Además se disminuye el valor de implementación al utilizar un solo tipo de fibra (2 hilos) la cual es de menor costo que otras opciones. En el caso particular de la urbanización, se observa que los gastos por materiales los cuales incluyen la construcción de pozos de revisión y la red subterránea no varían.

Concepto	Urbanización			Condominio		
	Internacional	ETAPA	Variación	Internacional	ETAPA	Variación
Equipos	\$1,964.05	\$967.2	103.06%	\$1,270.02	\$541.63	134.7%
Materiales	\$5,626.06	\$5,458.51	3.18%	\$5,544.20	\$5,513.68	0.56%
Mano de obra	\$23,070.28	\$22,984.60	0.37%	\$6,987.82	\$7,127.82	1.9%
Diseño	\$1,000.00	\$1,000.00	0.00%	\$1,000.00	\$1,000.00	0.00%
<b>TOTAL</b>	<b>\$30,410.31</b>	<b>\$29,696.34</b>	<b>1.02%</b>	<b>\$14,802.04</b>	<b>\$14,183.13</b>	<b>1.04%</b>

**Tabla 4.18. Comparación de costos para urbanizaciones y condominios según normativa utilizada. Fuente: Autor**

##### 4.4.2. Crecimiento y actualización de la red

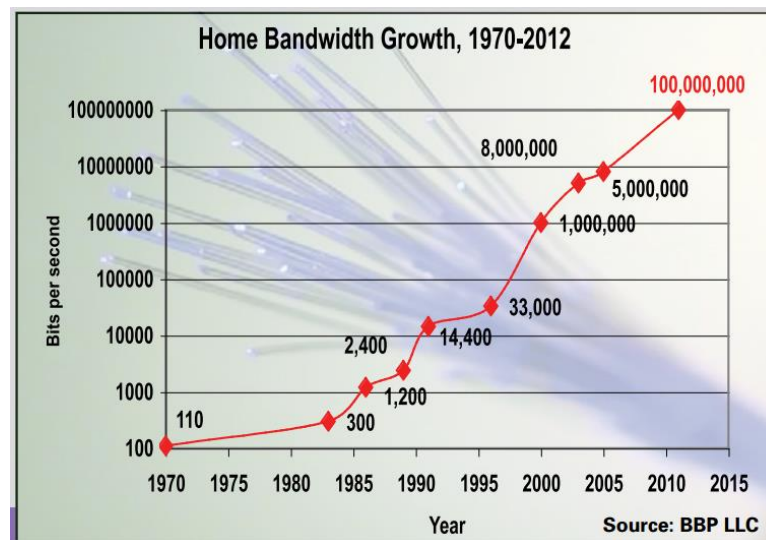
El modelo de utilización de una sola fibra para el servicio triple play de los usuarios (normativa de ETAPA E.P.) logra una disminución en los precios totales pues se utiliza menos fibra óptica para dar el servicio, pero esto trae consigo un inconveniente a largo plazo pues en el caso de que un usuario solicite mayor ancho de banda, estará limitado al que se le puede ofrecer con WDM.



Las normativas internacionales contemplan la instalación de dos fibras en cada roseta de usuario, lo cual permite en un futuro migrar a redes GPON a la casa, las cuales requieren dos fibras (una de transmisión y otra de recepción) con el objetivo de en un futuro dar servicio tripleplay con un ancho de banda significativamente superior.

Si tenemos en consideración el crecimiento de banda ancha mostrado en la Figura 4.8 [71], observamos una tasa de crecimiento de la demanda de banda ancha de un 1250% en 5 años, es decir, que la proyección para el año 2015 será de 100Mbit/s para hogares.

Este crecimiento está basado en la red de Estados Unidos, pero según los acontecimientos de los últimos años en nuestro país, se puede observar que el gobierno de turno está realizando acciones para alcanzar niveles similares.



**Figura 4.8. Crecimiento de ancho de banda en EEUU [71]**

Con este panorama de crecimiento, se puede decir que para el año 2020 (Tabla 4.19), una red de 32 usuarios con una sola fibra óptica con WDM requerirá 40Gbit/s, lo cual por las características de la modulación (máximo 10Gbit/s) quedará obsoleta y se requerirá utilizar una fibra óptica extra para la transmisión y recepción.

Año	Ancho de banda por hogar	BW	Ancho de banda en 39 usuarios	BW
2015	100	Mb/s	3,80859375	Gb/s
2020	1250	Mb/s	47,60742188	Gb/s
2025	15625	Mb/s	595,0927734	Gb/s
2030	195312,5	Mb/s	7438,659668	Gb/s
2035	2441406,3	Mb/s	92983,24775	Gb/s

**Tabla 4.19. Proyección de crecimiento de ancho de banda en EEUU. [71]**

Si consideramos que las redes de telecomunicaciones deben diseñarse para su funcionamiento a 15 años, este requerimiento no se cumpliría en el caso de utilizar una única fibra como acceso.

En el caso particular del Ecuador, el crecimiento de ancho de banda entre los años 2005 y 2012 es del 48.7% [72], así, considerando una proyección lineal, el crecimiento anual de 6.95%, y teniendo como base un contrato de 5 Mbit/s, una red de 39 usuarios para WDM superará los 10Gbit/s en el año 2025 (Tabla 4.20).

Año	Ancho de banda por hogar	BW	Ancho de banda en 39 usuarios	BW
2014	5	Mb/s	195	Mb/s
2015	5,3475	Mb/s	208,5525	Mb/s
2020	7,20575625	Mb/s	281,0244938	Mb/s
2025	9,709756547	Mb/s	378,6805053	Mb/s

**Tabla 4.20. Proyección de crecimiento de ancho de banda en Ecuador. [71], [72]**

Año	Ancho de banda por hogar	BW	Ancho de banda en 39 usuarios	BW
2015	5	Mb/s	195	Mb/s
2020	67,5	Mb/s	2632,5	Mb/s
2025	911,25	Mb/s	35538,75	Mb/s
2030	12301,875	Mb/s	479773,125	Mb/s
2035	166075,3125	Mb/s	6476937,188	Mb/s
2040	2242016,719	Mb/s	87438652,03	Mb/s
2045	30267225,7	Mb/s	1180421802	Mb/s

**Tabla 4.21. Proyección de crecimiento de ancho de banda en Ecuador con valores de referencia de EE.UU. [71], [72]**

Como se puede observar en la Tabla 4.21, si proyectamos los valores de ancho de banda para el edificio de 39 usuarios de la presente tesis con anchos de banda y valores de proyección de EE.UU, se puede pronosticar que antes del año

2025 la red quedaría obsoleta si se utiliza WDM, pero si se utilizan los valores de crecimiento de Ecuador, como se está suponiendo una proyección lineal, la red duraría unos años más. Cabe recalcar que estos valores no son ninguna garantía debido a que como se mencionó la proyección que se está haciendo es lineal y para casos de la vida real no se da esto sino que se dan proyecciones exponenciales.

#### **4.4.3. Mantenimiento y administración**

Realizar un diseño centralizado como el propuesto para ETAPA E.P disminuye el número de equipos requeridos (splitters) pero tiene un inconveniente al momento de realizar mantenimiento o administración de la red, pues al ser centralizado es un cuello de botella para errores.

Analizando el caso de un daño en una fibra dentro del edificio modelo se puede decir que al momento de arreglar el daño se debe cambiar la fibra desde el cuarto de telecomunicaciones hasta el abonado. Esto es medianamente difícil para un edificio pequeño (7 pisos) pero su complejidad aumenta cuando el edificio tiene más pisos o mayor cantidad de usuarios. En el mismo caso de fallo utilizando el modelo de diseño internacional, se cambiará únicamente el tramo de fibra afectado.

Otro caso es el de administración, por ejemplo, si se daña un puerto de la caja de usuario y el abonado requiere la reintegración del servicio de manera inmediata tendrá que esperar a cambiar la caja de usuario o utilizar un puerto de reserva de la misma. En el mismo caso de daño en una red diseñada con normas internacionales, el puerto dañado puede estar en cualquier nivel de spliteo, pero en el caso que sea cerca al usuario, se conectará a un puerto diferente en el splitter de piso y no se requerirá la intervención en el splitter general.

Otro punto a tratar es el de administración de la red, por ejemplo en el caso de requerir quitar el servicio a un piso entero, con el modelo de etapa se requiere desconectar cada uno de las fibras en la caja de usuario, mientras que en el modelo internacional se requiere desconectar únicamente el splitter de piso, sin entrar en el cuarto de telecomunicaciones.

Por lo tanto, la utilización de normas internacionales significan un costo mayor pero proveen una mayor confiabilidad al tener varios puntos de conexión y no crear cuellos de botella para errores, además en el caso de fallo de una fibra no se requiere abrir todas las canaletas o ductos para cambiarla, sino simplemente sustituir el tramo dañado.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este proyecto de tesis surge con la necesidad de ejecutar el plan piloto de la Empresa ETAPA E.P. en cuanto a la migración de la red de cobre a fibra óptica en donde el primer paso a dar fue el planteamiento de la normativa general para el diseño de red interna para soluciones habitacionales en la ciudad de Cuenca. Es importante destacar que el aporte se ha realizado recíprocamente ya que se tuvo un espacio de trabajo abierto a desarrollar habilidades propias, además se obtuvo un enfoque más arraigado en cuanto al ámbito laboral, lo cual durante el tiempo de trabajo dentro de la empresa encaminó a la adquisición de experiencia en el área de trabajo, conocer terminología que se maneja en el ambiente de una empresa, familiarización con las tecnologías actuales en telecomunicaciones. La elaboración como tal de este proyecto cuenta con varias ventajas entre las cuales podemos mencionar que una vez concluido el trabajo los autores cuentan con un espacio dispuesto por la empresa a la ejecución de proyectos de nivel profesional. La normativa planteada y la herramienta para la elaboración del presupuesto son dos aspectos que facilitan la elaboración de cualquier diseño con lo cual se puede participar en concursos de compras públicas para la empresa ETAPA E.P. Es significativo acotar que la herramienta para la elaboración del presupuesto cuenta con una base de datos proporcionada por la misma empresa con lo cual realiza sus adquisiciones de equipos, materiales y mano de obra, lo cual ayuda a que el diseño sea competitivo en cuanto a precios de concurso. La ejecución de este plan piloto está prácticamente en ejecución por lo que el presente trabajo sería un aporte inmediato y significativo en pro de desempeñar el rol profesional.

Es una realidad que el avance tecnológico y los requerimientos humanos de comunicación provocan la optimización de los medios de transmisión, lo cual permite que el intercambio de información se dé en tiempo real más exacto. La interactividad en la oficina de trabajo o incluso en el hogar requiere cambios en los diseños de una red, sin embargo no solo la necesidad de aumentar el ancho de banda interviene en este proceso, sujeto a esto se debería contemplar el correcto uso de las normativas internacionales para el diseño y construcción de una red de fibra óptica, ya que con ello se lograría garantizar la debida gestión de la red para ofrecer un servicio eficiente y de calidad.

En el análisis de precios realizado en el presente trabajo de tesis se observó que la variación entre la utilización de normas internacionales y la normativa creada para ETAPA E.P. es de aproximadamente el 10% debido a la utilización de cajas de usuario en el cuarto de telecomunicaciones, obviando los niveles de splitteo en cada piso, no obstante la disminución de precios en los diseños no justifican de gran manera el obviar la utilización de normas internacionales, pues se tienen inconvenientes en cuanto a criterios de mantenimiento y administración de la red (según lo observado en el capítulo 4 del presente trabajo de tesis), por lo que se recomienda analizar la normativa de ETAPA E.P. en función de la tasa de crecimiento de ancho de banda en los usuarios ya que aplicando tasas de crecimiento internacionales se demostró que la red quedará obsoleta en 5 años, para lo cual se ha planteado como alternativa el diseño de una red con niveles de splitteo dedicando 2 fibras ópticas por cada usuario para usos futuros, así de esta manera se podrá garantizar un aumento del ancho de banda sin necesidad de cambiar el diseño de la red interna.

Se recomienda revisar la posibilidad de incluir en mayor proporción los parámetros de normativas internacionales en la normativa de ETAPA E.P. con el objetivo de que la red proyectada (servicio de Tripleplay) mantenga un tiempo de vida significativo en comparación con el costo de implementación de la misma.

Los costos de materiales, equipos y manos de obra que han sido analizados en este trabajo están en función de la base de datos que maneja la empresa ETAPA E.P. así como la herramienta se diseñó en base a los requerimientos de la misma, considerando que para la adquisición de suministros y equipos la empresa realiza la modalidad de selección con subasta inversa, con la cual se califica el menor precio ofrecido por los proveedores participantes, obteniendo porcentajes de disminución de precios de hasta el 50% debido a las grandes cantidades adquiridas. Por otra parte la selección de contratistas para el diseño, construcción y fiscalización son escogidos de entre varios representantes los cuales son llamados a un concurso. De esta manera la empresa realiza el proceso administrativo de licitación.

No se conocen las tecnologías en cabecera para la transmisión de canales de televisión con la normativa propuesta, por lo que no se analizó la implementación de ONTs o decodificadores IPTV en las redes diseñadas, además se obviaron los costos

de estos dispositivos pues el alcance de la presente tesis abarca el recorrido de red desde la acometida de servicios hasta la roseta óptica del usuario final.

El crecimiento de ancho de banda analizado se basa en una aproximación lineal, lo cual no se ajusta al crecimiento exponencial observado en redes como la de Estados Unidos, por lo que las redes con WDM pueden quedar obsoletas en un tiempo menor al especificado, por lo tanto se deberá tener en cuenta este particular al momento de dimensionar la red. La utilización de WDM para el servicio tripleplay tiene una limitación de ancho de banda a largo plazo, además un número limitado de usuarios (39 para el caso del edificio) por lo cual migrar de tecnología es una necesidad que se verá en las próximas décadas, así, se recomienda tender una red con 2 conectores por cada usuario con lo cual se evitarán costos de actualización en un futuro. El uso de dos conectores implica que en un principio se utilizará una sola fibra para la transmisión y recepción, la segunda fibra queda proyectada a futuro ya que se podrán utilizar dos hilos uno para transmisión y otro para recepción de información pudiendo hacer más eficiente el canal de la red.

Como la propuesta y desarrollo de la presente tesis se formuló con elementos pasivos solamente, esta característica convierte a cualquier tipo de red en sistemas que no necesitan electrónica compleja para su funcionamiento, al mismo tiempo que esta característica minimiza costos ya que un equipo pasivo es significativamente menor en precio con respecto de uno activo. Debido a que todos los equipos van instalados en un cuarto de telecomunicaciones no son muy susceptibles a daños ni a un pronto envejecimiento; todo esto en conjunto nos da como resultado una red óptima, duradera, económica, y con bajos costos de mantenimiento

Luego del trabajo realizado es importante destacar que la empresa ETAPA E.P. está ejecutando una labor importante en cuanto a la actualización de la red en la ciudad de Cuenca. Los proyectos de redes de fibra óptica que se están emprendiendo por parte de la empresa buscan optimizar el servicio así como también ofrecer un valor agregado y proyectarse a futuro, considerando que para ello las redes de cobre serían reemplazadas por fibra óptica para poder garantizar anchos de banda con los cuales se pueda brindar un servicio triple-play de calidad. Existen diferentes métodos para transmitir por fibra óptica sin embargo se debe aplicar la normativa



internacional para establecer un diseño que cumpla con todos los requerimientos. Con esto vamos a mantener costos normales y un diseño gestionable para la apertura y mantenimiento de la red.

Por último, la realización de este trabajo de tesis permite a los autores obtener un enfoque real del ámbito laboral lo cual los encamina a la adquisición de experiencia en el mismo, por otra parte conocer terminología que se maneja en el ambiente de una empresa, familiarizarse con las tecnologías actuales en telecomunicaciones, conocer que es lo que se tiene en el medio y que es a lo que se proyecta en los años venideros, ya que si se comparan las redes existentes en la ciudad de Cuenca con redes de otros países estas últimas están más avanzadas en cuanto a tecnología, es así que ETAPA E.P con el objetivo de ser una empresa que brinda un servicio actual y eficiente a sus clientes y proyectarse al futuro, piensa migrar sus redes actuales de cobre a fibra óptica a los hogares, tendría que hacerlo cubriendo zonas donde la penetración lo haga en proporciones mas grandes que brindar dicho servicio a una sola vivienda, es decir, brindandole a una urbanización o a un edificio; así, el presente plan piloto se ha realizado con la finalidad de tener una herramienta para el diseño que permita minimizar costos y tiempo de instalacion y además tener las normas y reglas que debe cumplir la red ya una vez instalada por lo que ETAPA E.P ha considerado significativo el desarrollo de este trabajo.

## REFERENCIAS

- [1] HERNANDEZ, Juan, *Fibras Ópticas: Conceptos básicos, dispositivos de fibra óptica y fibras ópticas láser*, UNAM, Instituto de Investigaciones de Materiales, [en línea] recuperación a Julio 2013. Disponible en la web en: [http://www.iim.unam.mx/jhcordero/Cursos/Escuela\\_de\\_Materiales\\_2003/Archivo-2.pdf](http://www.iim.unam.mx/jhcordero/Cursos/Escuela_de_Materiales_2003/Archivo-2.pdf)
- [2] *Fibra Óptica*, [en línea] recuperación a Julio 2013. Disponible en la web en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra\\_%C3%B3ptica](http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_%C3%B3ptica)
- [3] *Curvaturas en fibra óptica*, [en línea] recuperación a Julio 2013. Disponible en la web en: <http://redespe2011.blogspot.com/2011/04/curvaturas-en-fibra-optica.html>
- [4] *Características de la fibra óptica*, [en línea] recuperación a Julio 2013. Disponible en la web en: [http://usuarios.multimania.es/fibra\\_optica/caracteristicas.htm](http://usuarios.multimania.es/fibra_optica/caracteristicas.htm)
- [5] TOMASI, Wayne. *Sistema de Comunicaciones Electrónicas: Comunicaciones con Fibra Óptica*, Cuarta Edición, Person Education, Mexico: 2003.
- [6] *Fibras Ópticas*, [en línea] recuperación a Julio 2013. Disponible en la web en: <http://www.monografias.com/trabajos16/fibras-opticas/fibras-opticas.shtml>
- [7] *Fibra Óptica*, [en línea] recuperación a Julio 2013. Disponible en la web en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra\\_%C3%B3ptica](http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_%C3%B3ptica)
- [8] *Tipos de Fibra Óptica*, [en línea] recuperación a Julio 2013. Disponible en la web en: <http://proyredes.blogspot.com/2008/07/tipos-de-fibra-ptica.html>
- [9] *Fibra Óptica*, [en línea] recuperación a Julio 2013. Disponible en la web en: [http://www.uazuay.edu.ec/estudios/sistemas/teleproceso/apuntes\\_1/optica.htm](http://www.uazuay.edu.ec/estudios/sistemas/teleproceso/apuntes_1/optica.htm)
- [10] *s/a, Capitulo II: Tipos de Fibras y cables ópticos, Fibra Óptica*, [en línea] recuperación a Julio 2013. Disponible en la web en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/180/3/Capitulo%202.pdf>
- [11] CHOMYCZ, Bob, *Instalaciones de fibra óptica: Fundamentos, Técnicas y aplicaciones*, edición MC Graw Hill, México 1998.
- [12] *Curvatura en la Fibra Óptica*, [en línea] recuperación a Julio 2013. Disponible en la web en: <http://todoredes2011.blogspot.com/2011/04/curvatura-en-la-fibra-optica.html>
- [13] *Pérdidas en Uniones de Fibra Óptica*, [en línea] recuperación a Julio 2013. Disponible en la web en: [http://delibes.tel.uva.es/tutorial/Tema\\_I/Propiedades\\_Fibra/Uniones.html](http://delibes.tel.uva.es/tutorial/Tema_I/Propiedades_Fibra/Uniones.html)

- [14] *Medios de Fibra Óptica*, [en línea] recuperación a Julio 2013. Disponible en la web en: [http://ingenieriasystems.blogspot.com/2013/02/redes-y-comunicaciones-i-medios-de\\_21.html](http://ingenieriasystems.blogspot.com/2013/02/redes-y-comunicaciones-i-medios-de_21.html)
- [15] *Fibra Óptica*, [en línea] recuperación a Julio 2013. Disponible en la web en: <http://prezi.com/wb0e7x6lglxa/copy-of-fibra-optica/>
- [16] *Redes Basadas en Fibra*, [en línea] recuperación a Julio 2013. Disponible en la web en: <http://cielonataly.wordpress.com/2010/10/09/2-1-2-basados-en-fibra/>
- [17] *Reflexión interna total. Fibra óptica*, [en línea] recuperación a Julio 2013. Disponible en la web en: <http://jeessuueel.wikispaces.com/4.2.3+Reflexi%C3%B3n+interna+total.+Fibra+%C3%B3ptica.+4.3+Im%C3%A1genes+formadas+por+espejos+planos+y+esf%C3%A9ricos>.
- [18] *SERRANO, Xavier, PROAÑO, Julio, Capítulo I: Fibra Óptica*, [en línea] recuperación a Julio 2013. Disponible en la web en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/168/2/Capitulo%201.pdf>
- [19] *Índice de Refracción*, [en línea] recuperación a Julio 2013. Disponible en la web en: [http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice\\_de\\_refracci%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice_de_refracci%C3%B3n)
- [20] ANIXTER INCORPORATED, “*Standards Reference Guide*”, Fiber Optic Standards, Illinois, Estados Unidos, 2012. Disponible en la web en: <https://www.anixter.com/content/dam/Anixter/Guide/12H0001X00-Anixter-Standard-Ref-Guide-ECS-US.pdf>
- [21] UNIPHASE CORPORATION, *Triple-Play Service Deployment: A comprehensive Guide to Test, Measurement, and Service Assurance*, 1ra edición, Suiza, 2007. Disponible en la web en: [http://www.jdsu.com/noindexliterature/jdsu\\_tripleplay\\_book\\_1107.pdf](http://www.jdsu.com/noindexliterature/jdsu_tripleplay_book_1107.pdf)
- [22] ITU-T, *G.984.2 Enmienda 1: Nuevo apéndice III-Prácticas idóneas utilizadas en la industria para redes ópticas pasivas con capacidad de 2.488Gbit/s en sentido descendente y 1.244Gbit/s en sentido ascendente.*, Ginebra-Suiza, 2006, p.5. Disponible en la web en: [https://www.itu.int/rec/dologin\\_pub.asp?lang=s&id=T-REC-G.984.2-200602-I!Amd1!PDF-S&type=items](https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=s&id=T-REC-G.984.2-200602-I!Amd1!PDF-S&type=items)
- [23] BOTHES, Joe, “How far can your multimode fibre go?”, Triple Play Fibre Optic Solutions, Estados Unidos, 2013. Disponible en la web en: <http://www.tripleplay.co.za/uploads/MM%20Fibre%20&%20Distance.pdf>

- [24] ANSI, *Generic Telecommunications Cabling for Customer Premises ANSI/TIA-568-C.0*, Estados Unidos, 2009.
- [25] ANSI, *ANSI/TIA-568-C.1: Commercial Building Telecommunications Standard*, Estados Unidos, 2009.
- [26] ANSI, *ANSI/TIA-568-C.2: Balanced Twisted-Pair Telecommunications Cabling and Components Standard*, Estados Unidos 2009.
- [27] ANSI, *ANSI/TIA-568-C.3: Optical Fiber Cabling Components*, Estados Unidos, 2009.
- [28] ANSI, *ANSI/TIA-569-B: Commercial Building Standard for Telecommunications Pathways and Spaces*, Estados Unidos, 2009.
- [29] ANSI, *ANSI/TIA-606-A: Administration Standard for Commercial Telecommunications Infrastructure*, Estados Unidos, 2008.
- [30] ANSI, *ANSI/TIA-607-B: Generic Telecommunications Bonding and Grounding (Earthing) for Customer Premises*, Estados Unidos, 2002.
- [31] ANSI, *ANSI/TIA-862-A: Building Automation Systems Cabling Standard*, Estados Unidos, 2011.
- [32] ANSI, *ANSI/TIA-942-A: Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers*, Estados Unidos, 2012.
- [33] ANSI, *ANSI/TIA-1005: Telecommunications Infrastructure for Industrial Premises*, Estados Unidos, 2009.
- [34] ANSI, *ANSI/TIA-1179: Healthcare Facility Telecommunications Infrastructure Standard*, Estados Unidos, 2010.
- [35] ISO, *ISO/IEC 11801: Generic Cabling for Customer Premises*, UE, 2002.
- [36] FOA, “*Singlemode Fiber Types*”, The Fiber Optic Association, Estados Unidos, Recuperado en Septiembre de 2013, Documento en línea disponible en <http://www.thefoa.org/tech/smf.htm>.
- [37] FOA, “*Fiber Optic Connector Intermateability Standards*”, The Fiber Optic Association, Estados Unidos, Recuperado en Septiembre de 2013. Documento en línea disponible en <http://www.thefoa.org/tech/focis.html>
- [38] FOA, “*Connector Identifier*”, The Fiber Optic Association, Estados Unidos, 2011. Recuperado en Septiembre de 2013. Documento en línea disponible en: <http://www.thefoa.org/tech/connID.htm>
- [39] FOA, “*Structured Cabling Specifications and Standards*”, Fiber Optics for Sale Company, Estados Unidos, 2012. Recuperado en Septiembre de 2013.

- Documento en línea disponible en <http://www.fiberoptics4sale.com/wordpress/structured-cabling-specifications-and-standards/>
- [40] EoroClust, “*Wall Outlet Standard*”, España, Recuperado en Septiembre de 2013. Documento en línea disponible en [http://www.euroclust.biz/files/downloads/DS\\_WallOutletStandard\\_0610.pdf](http://www.euroclust.biz/files/downloads/DS_WallOutletStandard_0610.pdf)
- [41] FastWeb, “*La Nostra rete*”, Roma-Italia, 2011. Recuperado en Septiembre de 2013. Documento en línea disponible en <http://company.fastweb.it/chiamo/la-nostra-rete-fibra-ottica/>
- [42] Movistar, “*Instalación de FTTH*”, Madrid-España, 2010. Recuperado en Octubre de 2013. Documento en línea disponible en <http://www.movistar.es/particulares/internet/fibra-optica/instalacion/>
- [43] Orange, “*FTTx fibre-optic Access offers new high speed*”, Londres-Reino Unido, 2010. Recuperado en Octubre de 2013. Documento en línea disponible en <http://www.orange.com/en/networks/our-network/very-high-speed-broadband-access-FTTH>
- [44] Alcatel, “*Brasil Telecom selects Alcatel-Lucent for nation-wide IP network transformation*”, Berlín – Alemania, 2007. Recuperado en Octubre de 2013. Documento en línea disponible en [http://www3.alcatel-lucent.com/wps/portal!/ut/p/kcxml/04\\_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y\\_QjzKLd4x3tXDUL8h2VAQAURh\\_Yw!!?LMSG\\_CABINET=Docs\\_and\\_Resource\\_Ctr&LMSG\\_CONTENT\\_FILE=News\\_Releases\\_2007/News\\_Article\\_000691.xml](http://www3.alcatel-lucent.com/wps/portal!/ut/p/kcxml/04_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y_QjzKLd4x3tXDUL8h2VAQAURh_Yw!!?LMSG_CABINET=Docs_and_Resource_Ctr&LMSG_CONTENT_FILE=News_Releases_2007/News_Article_000691.xml)
- [45] ITU-T, “*G.652: Characteristics of a single-mode optical fibre and cable*”, Ginebra-Suiza, 2012. Recuperado en Octubre de 2013. Documento en línea disponible en: [https://www.itu.int/rec/dologin\\_pub.asp?lang=s&id=T-REC-G.652-200911-I!!PDF-E&type=items](https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=s&id=T-REC-G.652-200911-I!!PDF-E&type=items)
- [46] ITU-T, “*G.657: Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable for the access network*”, Ginebra-Suiza, 2012. Recuperado en Octubre de 2013. Documento en línea disponible en: [https://www.itu.int/rec/dologin\\_pub.asp?lang=s&id=T-REC-G.657-201210-I!!PDF-E&type=items](https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=s&id=T-REC-G.657-201210-I!!PDF-E&type=items)

- [47] ITU-T, “*G.655: Characteristics of a non-zero dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable*”, Ginebra-Suiza, 2012. Recuperado en Octubre de 2013. Documento en línea disponible en:  
[https://www.itu.int/rec/dologin\\_pub.asp?lang=s&id=T-REC-G.655-200911-I!!PDF-E&type=items](https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=s&id=T-REC-G.655-200911-I!!PDF-E&type=items)
- [48] LANSHACK, “*2 panel Wall Mount Termination Box*”, Estados Unidos, 2012. Recuperado en Octubre de 2013. Documento en línea disponible en <http://www.lanshack.com/2-panel-Wall-Mount-Termination-Box-P2400C157.aspx>
- [49] MULTICOM, “*Fiber Optic Splitters*”, Estados Unidos, Recuperado en Octubre de 2013. Documento en línea disponible en <http://www.multicominc.com/mm5/merchant.mvc>
- [50] Fiber Optic Patch Panel, Recuperado en Octubre de 2013. Documento en línea disponible en: <http://www.huihongfiber.com/24-port-fiber-optic-patch-panel.html>
- [51] TRUENET, “*TrueNet Fibre Optic 1U plastic fibre patch panel*”, Estados Unidos, Recuperado en Octubre de 2013. Documento en línea disponible en <http://www.adckrone.com.au/eu/en/webcontent>
- [52] Fibertronics Inc., “*Fiber Optic Patch Panels*”, Estados Unidos, Recuperado en Octubre de 2013. Documento en línea disponible en <http://www.fiberopticcableproducts.com>
- [53] VayRay, “*Rack mount fiber optic patch panel*”, Estados Unidos, Recuperado en Octubre de 2013. Documento en línea disponible en <http://www.vayray.com/rack-mount-fiber-optic-patch-panel.html>
- [54] TC Corporation, “*8U Wall Mount Rack*”, Thomas computer corporation, Estados Unidos, Recuperado en Octubre de 2013. Documento en línea disponible en [http://www.thomascomputer.com/catalog/rack/kh/compact\\_soho\\_rack.html](http://www.thomascomputer.com/catalog/rack/kh/compact_soho_rack.html)
- [55] HUBERSHUHNER, “*Huber Suhner Racks and cabinets*”, Estados Unidos, Recuperado en Octubre de 2013. Documento en línea disponible en <http://www.hubersuhner.com/en/Products/Fiber-Optics/Racks-Cabinets>
- [56] ESTAP, “*Estap Proline Wall Mount Rack*”, Estados Unidos, Recuperado en Octubre de 2013. Documento en línea disponible en <http://www.estap.com.tr/en/products/wall-mounting-cabinets/proline>

- [57] SnapAV, “*Strong 16U Wall Mount Rack*”, Reino Unido, Recuperado en Octubre de 2013. Documento en línea disponible en <http://www.snapav.com/p-1008-sr-wm-16u.aspx>
- [58] Dipolnet, “*Single mode patch cord ultimode PC-522S*”, Estados Unidos, Recuperado en Octubre de 2013. Documento en línea disponible en [http://www.dipolnet.com/single-mode\\_patchcord\\_ultimode\\_pc-522s\\_br\\_sc-apc\\_to\\_sc-apc\\_9-125\\_\\_L3222.htm](http://www.dipolnet.com/single-mode_patchcord_ultimode_pc-522s_br_sc-apc_to_sc-apc_9-125__L3222.htm)
- [59] Multicom, “*Fiber Optic Cable*”, Estados Unidos, Recuperado en Octubre de 2013. Documento en línea disponible en [http://www.multicominc.com/fiber/fiber\\_optic\\_cable.htm](http://www.multicominc.com/fiber/fiber_optic_cable.htm)
- [60] Optical Cable Corporation, “*B-Series Breakout Field Broadcast Cables*”, Estados Unidos, Recuperado en Octubre de 2013. Documento en línea disponible en <http://www.occfiber.com/products/BX002CWLS9KB>
- [61] Fiber Optic Solutions, “*D-type Indoor Cable*”, Estados Unidos, Recuperado en Octubre de 2013. Documento en línea disponible en [http://www.suntelecom-cn.com/Fiber\\_Optic\\_Cable/SUN-IC-D\\_Multi\\_fiber\\_distribution\\_Indoor\\_Cable\\_1.html#.Uktt\\_IZDUqw](http://www.suntelecom-cn.com/Fiber_Optic_Cable/SUN-IC-D_Multi_fiber_distribution_Indoor_Cable_1.html#.Uktt_IZDUqw)
- [62] Ampotel, “*BendPro™ Series - Fiber-to-the-home (FTTH) Fiber Optic Cable (also available in UltraBend™ series optical fibers)*”, Estados Unidos, Recuperado en noviembre de 2013. Documento en línea disponible en <http://fiberopticcablechina.com>
- [63] FiberStore, “*Rack Chassis Splitters*”, Estados Unidos, Recuperado en noviembre de 2013. Documento en línea disponible en [http://www.fiberstore.com/c/rack-chassis-splitters\\_1033](http://www.fiberstore.com/c/rack-chassis-splitters_1033)
- [64] Beyond Optics, “*PLC Splitter*”, Estados Unidos, Recuperado en noviembre de 2013. Documento en línea disponible en <http://www.plcsplitter.com/>
- [65] Ad-Net, “*PLC Splitters- Planar Lightwave Circuit Splitter for FTTH and GPON applications*”, Taiwan, Recuperado en noviembre de 2013. Documento en línea disponible en <http://www.ad-net.com.tw/index.php?id=815&gclid=CNOGw7mw97kCFUVp7AodbwwA3Q>
- [66] Summa, “*Splitter and WDMs*”, China, Recuperado en noviembre de 2013. Documento en línea disponible en



- [http://www.sunmafiber.com/class\\_list\\_product.asp?Key=69&gclid=CKyT04-w97kCFUkS7AodvVwAiw](http://www.sunmafiber.com/class_list_product.asp?Key=69&gclid=CKyT04-w97kCFUkS7AodvVwAiw)
- [67] Alcatel, “*Lucent ONT*”, China, Recuperado en noviembre de 2013. Documento en línea disponible en <http://www.alcatel-lucent.com/products/7342-isam-optical-network-terminal>
- [68] Huawei, “*EchoLife HG850 ONT*”, China, 2013. Documento en línea disponible en <http://www.huaweidevice.com/worldwide/productFamily.do?method>
- [69] Huawei, “*EchoLife HG8245 ONT*”, China, Recuperado en noviembre de 2013. Documento en línea disponible en <http://www.huawei.com/en/products/fixed-access/fttx/ont/hg8245/index.htm>
- [70] ZTE Enterprise, “*ZXA10 GPON ONT*”, China, Recuperado en diciembre de 2013. Documento en línea disponible en [http://enterprise.zte.com.cn/en/products/network\\_Infrastructure/](http://enterprise.zte.com.cn/en/products/network_Infrastructure/)
- [71] FTTH Council, “Fiber to the home: Advantages of Optical Access”. Cuarta edición. p.p 11. Recuperado en diciembre de 2013. Documento en línea disponible en: [http://www.bbcmag.com/Primers/BBP\\_MarApril10\\_Primer.pdf](http://www.bbcmag.com/Primers/BBP_MarApril10_Primer.pdf)
- [72] Andes noticias, “Ecuador supera a Colombia, Chile y Argentina en crecimiento de banda ancha”, Recuperado en diciembre de 2013. Documento en línea disponible en <http://www.andes.info.ec/es/sociedad/ecuador-supera-colombia-chile-argentina-crecimiento-banda-ancha.html>
- [73] GAO Fiber Optics Inc., “Precios de ODTRs”. Recuperado en enero de 2014. Documento en línea disponible en: [http://www.gaofiberoptics.com/index.php?main\\_page=advanced\\_search\\_result&keyword=otdr&rpp=25](http://www.gaofiberoptics.com/index.php?main_page=advanced_search_result&keyword=otdr&rpp=25)
- [74] Computer Cable Store., “Precios de fuentes de luz para pruebas de fibra óptica”. Recuperado en enero de 2014. Documento en línea disponible en [http://www.computercablestore.com/Fiber\\_Optic\\_Light\\_Sources\\_catID4472.aspx](http://www.computercablestore.com/Fiber_Optic_Light_Sources_catID4472.aspx)
- [75] Novacom, “Juniper Price List”. Recuperado en enero de 2014. Documento en línea disponible en: [www.novacom.ru/price/Juniper\\_Novacom.xls](http://www.novacom.ru/price/Juniper_Novacom.xls)
- [76] Sparcteam, “Price list”. Recuperado en enero de 2014. Documento en línea disponible en: [www.novacom.ru/price/Juniper\\_Novacom.xls](http://www.novacom.ru/price/Juniper_Novacom.xls)

- [77] Roseta Óptica adosada en pared para soluciones FTTH, Recuperado en enero de 2014. Documento en línea disponible en:  
<http://comunidad.movistar.es/t5/Soporte-T%C3%A9cnico-de-Fibra-%C3%93ptica/cable-monofibra-de-roseta-optica-a-ont/td-p/1571430>
- [78] Stewarts Group, “General Price list”. Recuperado en enero de 2014. Documento en línea disponible en:  
[www.stewartsgroup.co.nz/.../General%20Price%20List%20September%202014](http://www.stewartsgroup.co.nz/.../General%20Price%20List%20September%202014)
- [79] FTGT Technologies, “Price list”. Recuperado en enero de 2014. Documento en línea disponible en:  
[https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ftgtechnologies.com%2Fmedia%2Ffitc45pricing%2FITC45\\_Pricelist\\_Corning.xls&ei=NlgNU\\_T2OY7KsQTUo4DwCg&usg=AFQjCNFStx3XsPDFYd-A3HQUDiIgWPSdiw&sig2=FLFuNoxiuLZNXICpz\\_6rXg&bvm=bv.61965928,d.cWc&cad=rja](https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ftgtechnologies.com%2Fmedia%2Ffitc45pricing%2FITC45_Pricelist_Corning.xls&ei=NlgNU_T2OY7KsQTUo4DwCg&usg=AFQjCNFStx3XsPDFYd-A3HQUDiIgWPSdiw&sig2=FLFuNoxiuLZNXICpz_6rXg&bvm=bv.61965928,d.cWc&cad=rja)
- [80] ANIXTER INCORPORATED, “*Anixter Standards Reference Guide*”, Technical Information, Illinois, Estados Unidos, 2012. Documento Disponible en:  
[https://corpapps.anixter.com/AXECOM/AXEDocLib.nsf/0/D15LJKCH/\\$file/sec\\_13.pdf?openelement](https://corpapps.anixter.com/AXECOM/AXEDocLib.nsf/0/D15LJKCH/$file/sec_13.pdf?openelement)
- [81] KN Communication, No.128, HeBinBei Road, Conghua, Guangdong, China. 510900, visto en 2013 en la web:  
[http://fiberconnector.en.alibaba.com/product/364621242-209976137/1RU\\_Rack\\_Mount\\_Fiber\\_Optic\\_Patch\\_Panel.html](http://fiberconnector.en.alibaba.com/product/364621242-209976137/1RU_Rack_Mount_Fiber_Optic_Patch_Panel.html)
- [82] Ningbo Yuda Communication Technology Co., Ltd, Zhejiang, China (Mainland), visto en 2013 en la web en:  
[http://www.alibaba.com/product-detail/6-Port-Fiber-Optic-Patch-Panel\\_1470691891.html](http://www.alibaba.com/product-detail/6-Port-Fiber-Optic-Patch-Panel_1470691891.html)
- [83] FiberTronics Inc, 305 East Drive Suite D, Melbourne, Florida, 32904, Estados Unidos, visto en 2013 en la web en:  
[http://fibertronics-store.com/Fiber-Optic-Patch-Panels\\_c919.htm](http://fibertronics-store.com/Fiber-Optic-Patch-Panels_c919.htm)
- [84] VayRay Fiber Optic Cable Inc, A5 Building,JunYi Industry Park,Bao'an District, SZX, China, visto en 2013 en la web en:  
<http://www.vayray.com/fiber-optic-patch-panel.html>

- [85] ThomasNet, supplier discovery-product sourcing, User Services Department  
5 Penn Plaza New York, NY 10001, visto en 2013 en la web en:  
[http://productsourcing.thomasnet.com/results.html?what=rack+fiber&cov=NA  
&Submit.x=0&Submit.y=0&Submit=Search&which=products&searchx=true&  
pstype=spec](http://productsourcing.thomasnet.com/results.html?what=rack+fiber&cov=NA&Submit.x=0&Submit.y=0&Submit=Search&which=products&searchx=true&pstype=spec)
- [86] Huber+Suhner, Excellence in Connectivity Solutions, Tumbelenstrasse 20  
8330 Pfäffikon (Switzerland), visto en 2013 en la web en:  
<http://www.hubersuhner.com/en/Products/Fiber-Optics/Racks-Cabinets>
- [87] ESTAP ELEKTRİK ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR SİSTEMLERİ  
SAN.VE TİC. A.Ş, Emek Mahallesi Ordu Caddesi No:49, Sarigazi-Sancaktepe  
/ Istanbul – Turkiye, visto en 2013 en la web en:  
<http://www.estap.com.tr/en/products/wall-mounting-cabinets/proline>
- [88] SnapAV, Switch to Commercial WebSite, 1800 Continental Blvd Suite 200  
Charlotte, NC 28273, Estados Unidos, visto en 2013 en la web en:  
<http://www.snapav.com/p-1008-sr-wm-16u.aspx>
- [89] Multimom, Dirección: Av. Carlos Julio Arosemena Km 3 ½ y 28 de Mayo,  
Quito, Ecuador, Correo: [ventas@multicom.com.ec](mailto:ventas@multicom.com.ec), Teléfono: 042208300,  
visto en 2013 en la web: <http://www.multicom.net.ec>
- [90] OccFiber, Optical Cable Corporation, 5290 Concourse Drive Roanoke, VA  
24019 800-622-7711 540-265-0690, Canada 800-443-5262, visto en 2013 en la  
web:  
[http://www.occfiber.com/main/index.php?m=1&p=2&s=Y&l=en&it=11&i=30  
0](http://www.occfiber.com/main/index.php?m=1&p=2&s=Y&l=en&it=11&i=300)
- [91] Sun Telecommunication CO., LTD, SUN TELECOMMUNICATION CO., LTD,  
4F, No. 337-2, Yonghe Road, Zhonghe District,  
New Taipei City, Taipei 235 Taiwan, visto en 2013 en la web:  
[http://www.suntelecom-cn.com/company\\_profile.html#.UuqoH\\_15OSo](http://www.suntelecom-cn.com/company_profile.html#.UuqoH_15OSo)
- [92] AMPOTEL (HK) Limited Address: Unit 1311, Harrington Building, 36-50  
Wang Wo Tsai Street, Tsuen Wan, New Territories, Hong Kong, visto en 2013  
en la web: <http://fiberopticcablechina.com/>
- [93] FiberStore, X205 4181 129th Place SE, Bellevue 98006, WA, Estados Unidos,  
visto en 2013 en la web: [http://www.fiberstore.com/1x2-fiber-plc-splitter-smf-  
28e-fiber-with-1u-19-rack-mount-metal-box-p-11944.html](http://www.fiberstore.com/1x2-fiber-plc-splitter-smf-28e-fiber-with-1u-19-rack-mount-metal-box-p-11944.html)

- [94] Beyond Optics, Beyond technology international limited, 606,6th building,3rd phase,Shi ji chun cheng, Ming zhi,Bao an,shenzhen,China. 518131, visto en 2013 en la web: <http://www.optical-products.com/plc-splitter.html>
- [95] AD-NET TECHNOLOGY CO.,LTD., No.30-3, Lane 393, Yuantong Rd., Zhonghe City, Taipei County 235, Taiwan, visto en 2013 en la web: <http://www.ad-net.com.tw/index.php?id=815>
- [96] HUAWEI, Productos FTTX, Ecuador . Quito, Ave. República de El Salvador 734 y Portugal. Edif.Athos, piso 7 Oficina 702 Tel:00593-2-3972300 Fax:00593-2-2271872, Visto en 2013 en la web: <http://www.huawei.com/es/products/fixed-access/fttx/index.htm>
- [97] United States Phone: Customer Service: 800-777-3300 or 708-532-1800 Technical Support: 866-405-6654, visto en 2013 en la web: [http://www.panduit.com/wcs/Satellite?pagename=PG\\_Wrapper&friendlyurl=/en/products-and-services/products/routing-and-pathways](http://www.panduit.com/wcs/Satellite?pagename=PG_Wrapper&friendlyurl=/en/products-and-services/products/routing-and-pathways)
- [98] Alcatel-Lucent 7342 ONT Family OPTICAL NETWORK TERMINALS | ETSI.pdf. Recuperado en diciembre de 2013. Documento en línea disponible en: [http://www3.alcatel-lucent.com/wps/DocumentStreamerServlet?LMSG\\_CABINET=Docs\\_and\\_Resource\\_Ctr&LMSG\\_CONTENT\\_FILE=Brochures/spain\\_7342\\_ONT\\_ETSI.pdf&lu\\_lang\\_code=es\\_ES](http://www3.alcatel-lucent.com/wps/DocumentStreamerServlet?LMSG_CABINET=Docs_and_Resource_Ctr&LMSG_CONTENT_FILE=Brochures/spain_7342_ONT_ETSI.pdf&lu_lang_code=es_ES).
- [99] HUAWEI, Ecuador . Quito, Ave. República de El Salvador 734 y Portugal. Edif.Athos, piso 7 Oficina 702 Tel:00593-2-3972300 Fax:00593-2-2271872, Visto en 2013 en la web: <http://www.huawei.com/es/ProductsLifecycle/BroadbandAccessProducts/FTTXProducts/hw-088234-productlifecycleanouncement.htm>
- [100] ZTE, No. 55, Hi-tech Road South, ShenZhen, P.R.China Tel: +86-755-26770000 Postcode: 518057, visto en 2013 en la web: [http://www.zte.com.cn/en/products/access/msan/201212/t20121213\\_374321.html](http://www.zte.com.cn/en/products/access/msan/201212/t20121213_374321.html)
- [101] HUAWEI, Ecuador. Quito, Ave. República de El Salvador 734 y Portugal. Edif.Athos, piso 7 Oficina 702 Tel: 00593-2-3972300 Fax:00593-2-2271872 Visto en 2013 en la web: <http://www.huawei.com/en/products/fixed-access/fttx/ont/hg8245/>

- [102] *OTDR*, [en línea] recuperación a Enero 2014. Disponible en la web en:  
<http://antispam.iplan.com.ar/download.php?id=ET10027321.doc>
- [103] *FOCIS*, [en línea] recuperación a Enero 2014. Disponible en la web en:  
<https://www.bicsi.org/pdf/regions/northeast/fiber%20optic%20connectors%20-%20basics%20styles%20trends%20-%20ensign%20bicsi%20030107.pdf>
- [104] *FIBRA OPTICA*, Código de colores para identificación numérica, [en línea] recuperación a Enero 2014. Disponible en la web en:  
[http://eetronica.com.ar/Archivos/Fibras\\_Opticas.pdf](http://eetronica.com.ar/Archivos/Fibras_Opticas.pdf)
- [105] *MOVISTAR*, Guía FTTH, [en línea] recuperación a Enero 2014. Disponible en la web en:  
[http://www.movistar.es/Microsites/fibraOptica/pdf/Guia\\_FTTHno\\_Ethernet.pdf](http://www.movistar.es/Microsites/fibraOptica/pdf/Guia_FTTHno_Ethernet.pdf)
- [106] Instalación de FTTH, [en línea] recuperación a Febrero 2014. Disponible en la web en: <http://www.telequismo.com/2013/10/permiso-ftth.html>
- [107] Roseta Óptica, [en línea] recuperación a Febrero 2014. Disponible en la web en: <http://www.telnet-ri.es/productos/cable-fibra-optica-y-componentes-pasivos/roseta-optica/>
- [108] Canaleta para fibra óptica, [en línea] recuperación a Febrero 2014. Disponible en la web en: <http://www.redislogar.com/fttx-ftth-infrastructure>
- [109] Caja de empalme para fibra óptica, [en línea] recuperación a Febrero 2014. Disponible en la web en: <http://www.fibraopticahoy.com/caja-de-empalme-para-fibra-optica/>
- [110] Bend Radius, Máximo radio de curvatura para fibras ópticas, [en línea] recuperación a Febrero 2014. Disponible en la web en:  
<http://www.exfo.com/support/services/instrument-services/be-expert-training-program/animated-optical-glossary>
- [111] Bastidor de Fibra en sala de telecomunicaciones, [en línea] recuperación a Febrero 2014. Disponible en la web en:  
<http://www.panduit.com/wcs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=image%2Fjpeg&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1357853980980&ssbinary=true>
- [112] FTTH Instalation, [en línea] recuperación a Febrero 2014. Disponible en la web en: <http://www.thefoa.org/tech/ref/appln/FTTH-install.html>
- [113] Pigtail, [en línea] recuperación a Febrero 2014. Disponible en la web en:

[http://www.dipolnet.com/multimode\\_pigtail\\_ultimode\\_pg-35s\\_1xlc\\_om3\\_1m\\_\\_L3535.htm](http://www.dipolnet.com/multimode_pigtail_ultimode_pg-35s_1xlc_om3_1m__L3535.htm)

[114] Caja de usuario, [en línea] recuperación a Febrero 2014. Disponible en la web en:

[http://www.opticalfiberpatchcord.com/china-cable\\_diameter\\_5\\_10mm\\_fiber\\_optic\\_terminal\\_box\\_430\\_x\\_300\\_x\\_44\\_45\\_mm\\_for\\_fttb-251396.html](http://www.opticalfiberpatchcord.com/china-cable_diameter_5_10mm_fiber_optic_terminal_box_430_x_300_x_44_45_mm_for_fttb-251396.html)

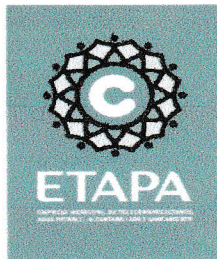
[115] Triple Play Systems, [en línea] recuperación a Febrero 2014. Disponible en la web en: <http://www.thefoa.org/tech/ref/appln/FTTHarch.html>

[116] Unidades de viviendas multiples en FTTH, [en línea] recuperación a Febrero 2014. Disponible en la web en: <http://www.thefoa.org/tech/ref/appln/FTTH-mdu.html>

# ANEXOS

**ANEXO 1.** Certificado de aprobación de la Normativa por parte de ETAPA E.P





2013 – 0071 - MCB  
Cuenca, 27 de diciembre de 2013

Señores:  
Gerardo Marcelo Inga Lojano  
Kléber Adrián Peñaloza Gallardo  
Ciudad

De mi consideración:

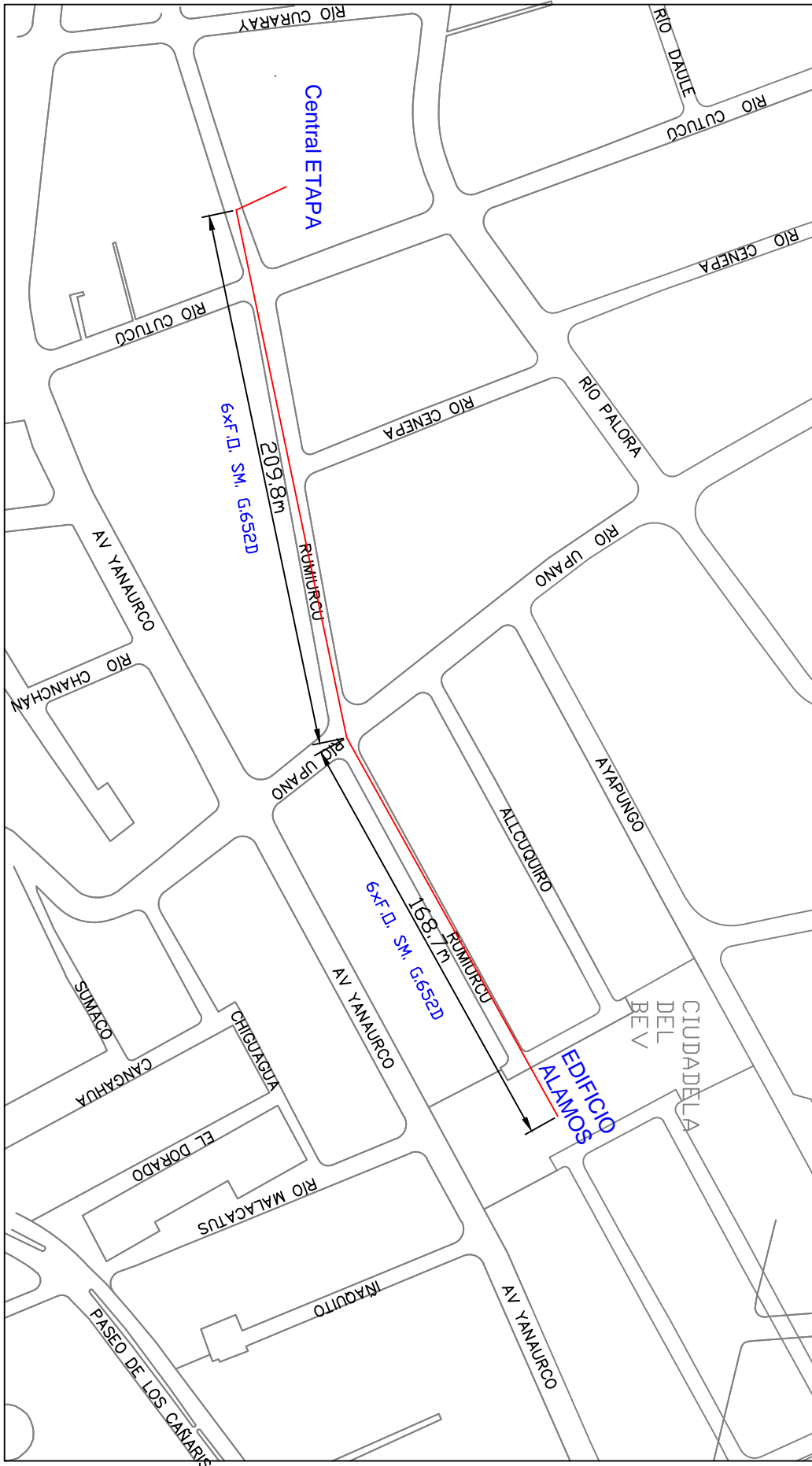
Luego de revisar el borrador de la "Normativa de una red FTTH (interior) para Soluciones Habitacionales en el cantón Cuenca" me permito informar que cumple con los intereses de la Empresa ETAPA EP propuestos a través del tema de tesis.

Esta Normativa fue entregada el 16 de diciembre de 2013 y podrán hacer uso de la misma de acuerdo a sus requerimientos.

Atentamente

Ing. Eléct. Mónica Carpio Becerra, MgT  
**INGENIERA DE TELECOMUNICACIONES**

**ANEXO 2.** Plano de ubicación desde la Central de Etapa E.P. hasta el edificio. (A1)



EDIFICIO RESIDENCIAL

PLANO: RECORRIDO DESDE LA CENTRAL

PROFESIONAL:

FECHA:

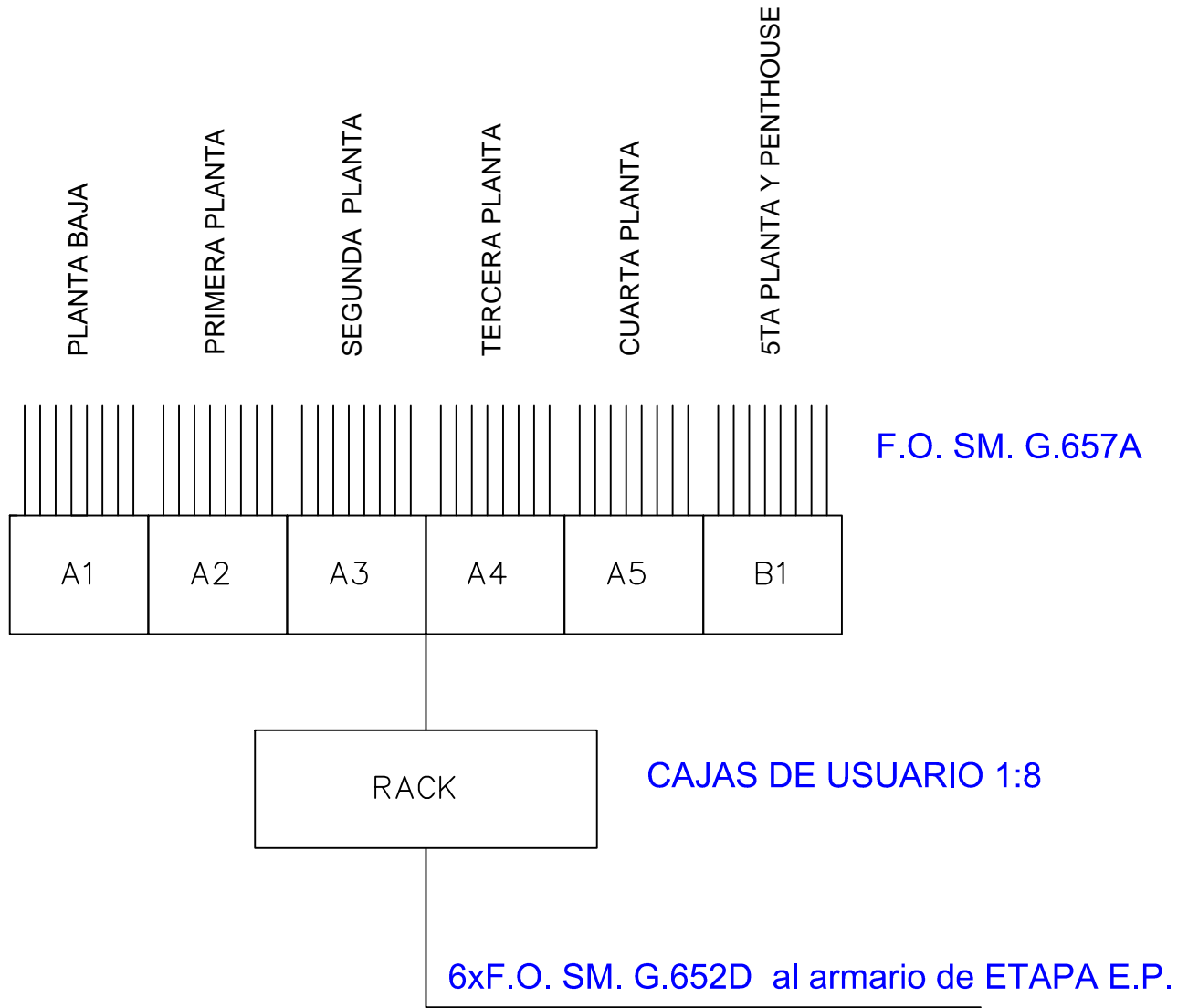
ESCALA: 1 : 100

LÁMINA

A-1

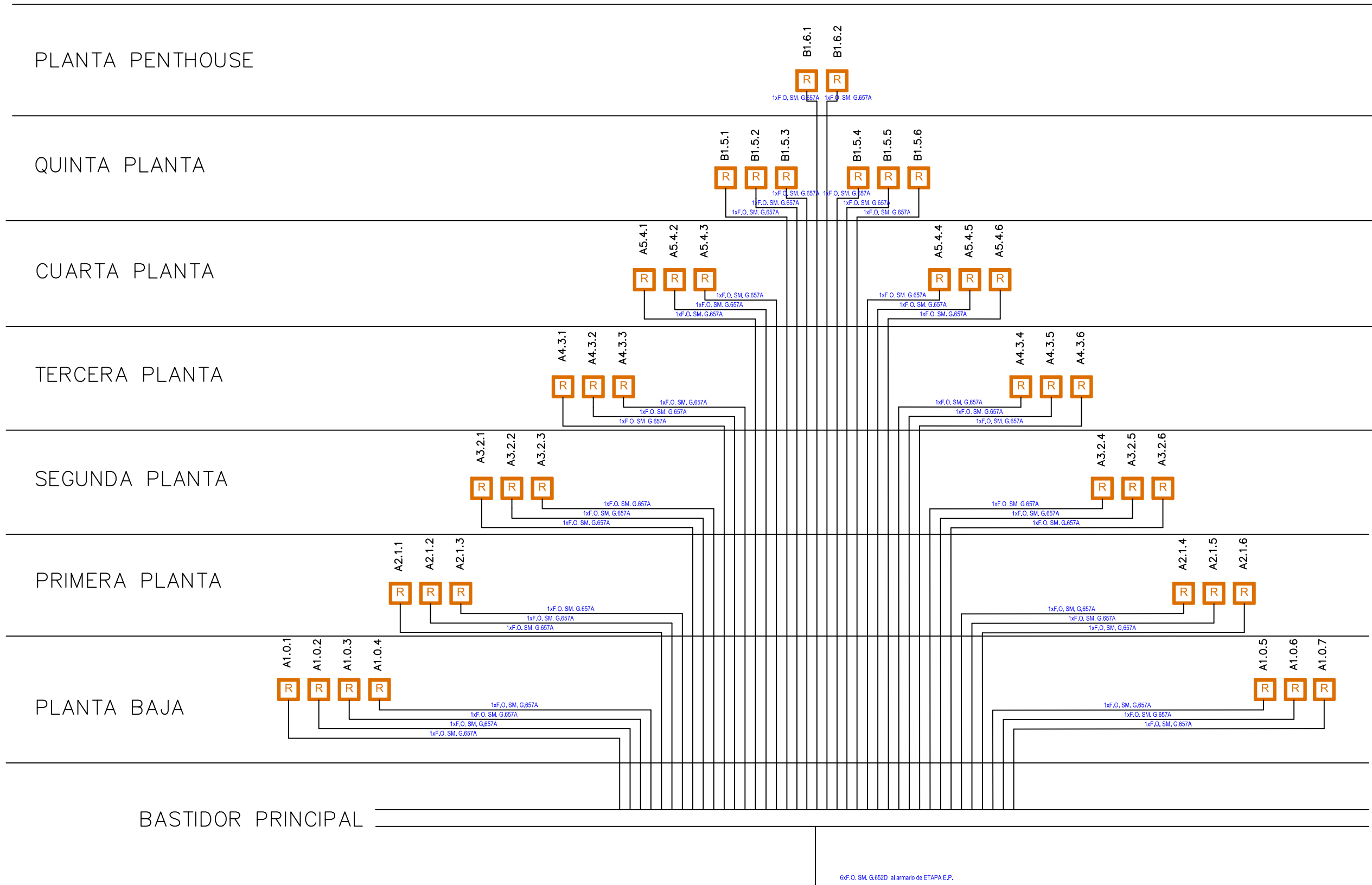
**ANEXO 3.** Plano diagrama vertical (bloques) del edificio. (A2)

# DIAGRAMA VERTICAL (BLOQUES)



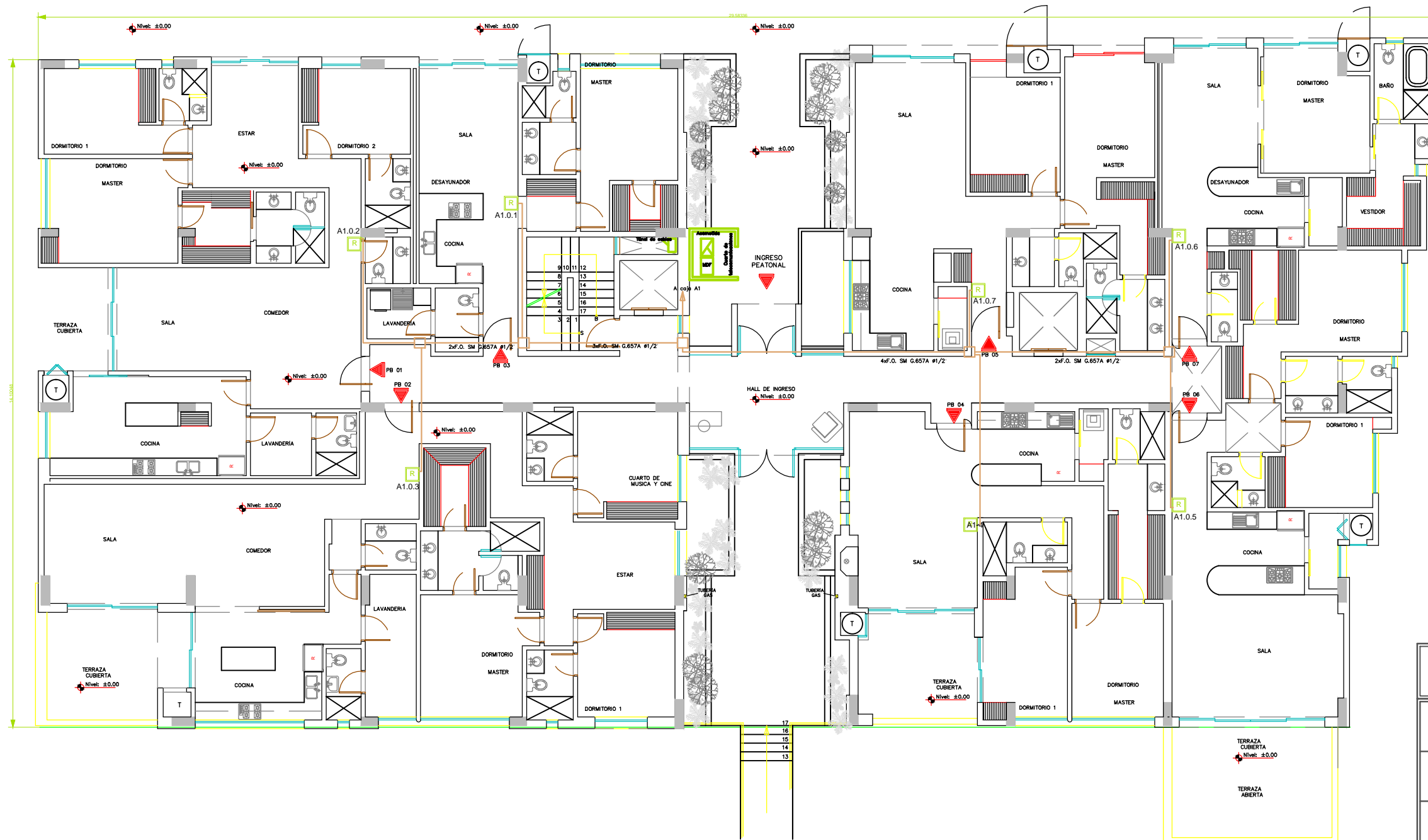
**ANEXO 4.** Plano Sistema de distribución para el edificio. (A3)

# DIAGRAMA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN



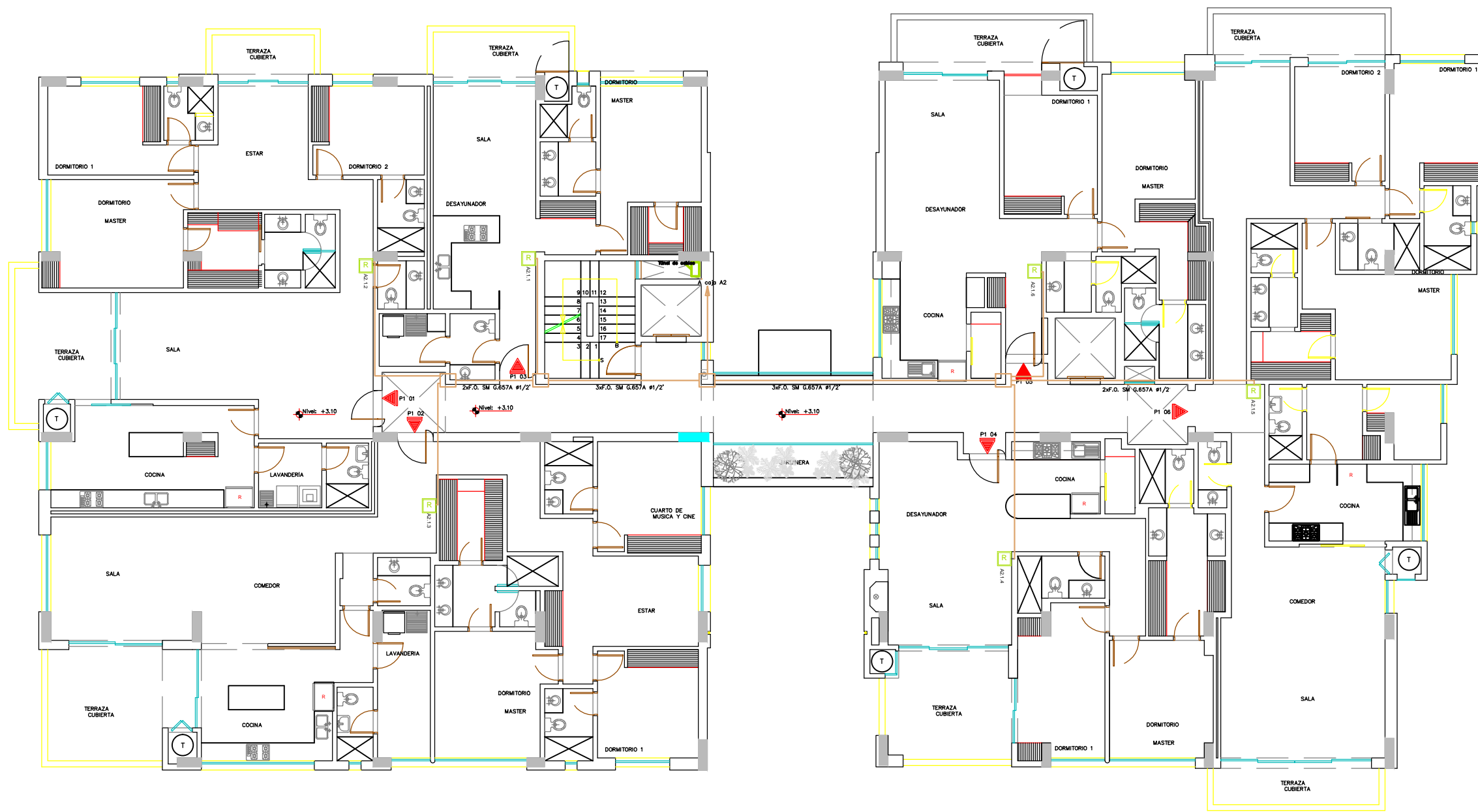
**ANEXO 5.** Plano de distribución del edificio. (A4)










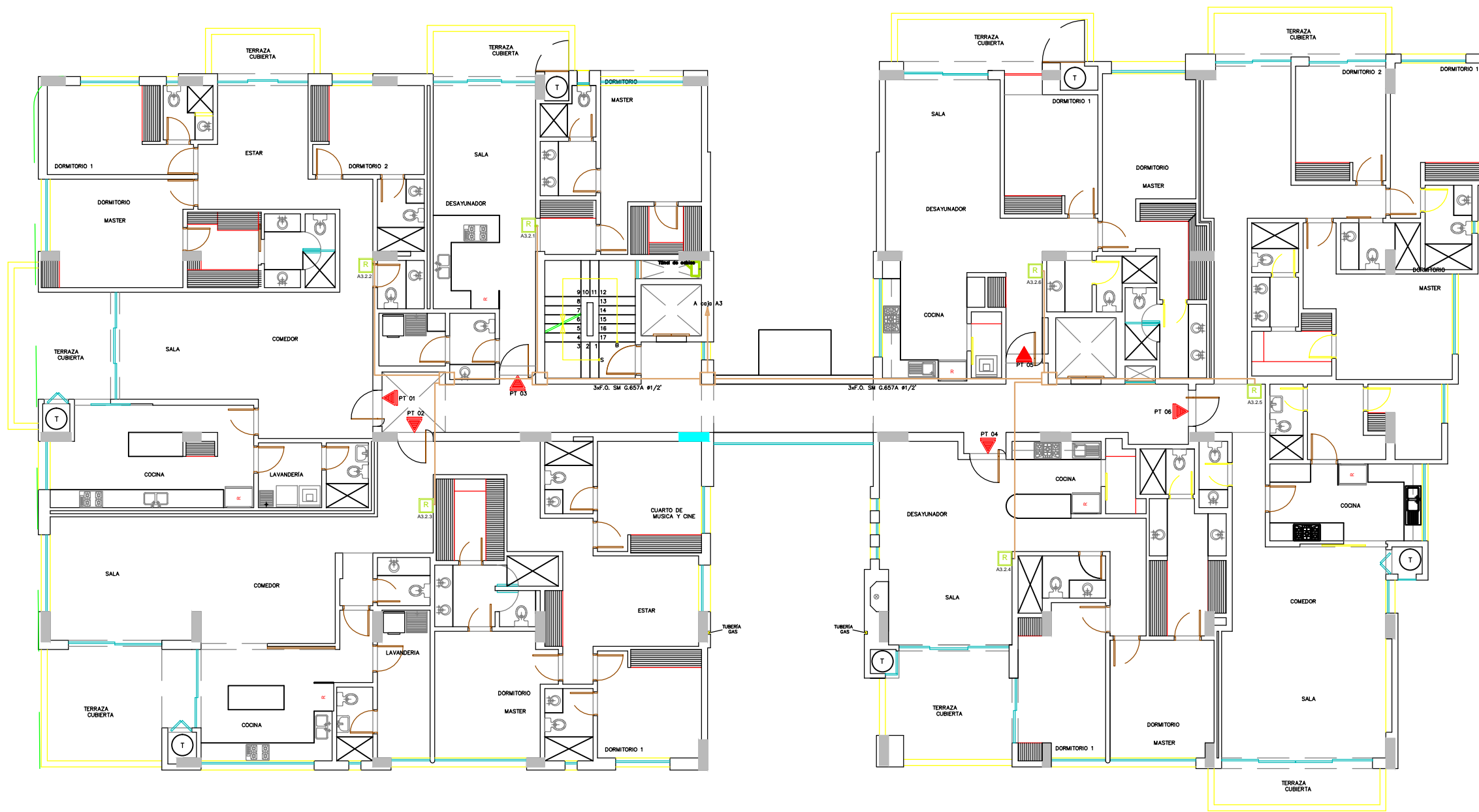
PLANTA BAJA N+0.00  
 ESCALA 1:100

SIMBOLOGÍA	
ROSETA ÓPTICA	
BASTIDOR PRINCIPAL	
TUBO PVC 1/2 PULGADA	
TÚNEL DE CABLES	
CAJA DE DISTRIBUCIÓN	




 PLANTA PRIMERA N+3.10  
  
 ESCALA 1:100

SIMBOLOGÍA	
ROSETA ÓPTICA	
BASTIDOR PRINCIPAL	
TUBO PVC 1/2 PULGADA	
TÚNEL DE CABLES	
CAJA DE DISTRIBUCIÓN	

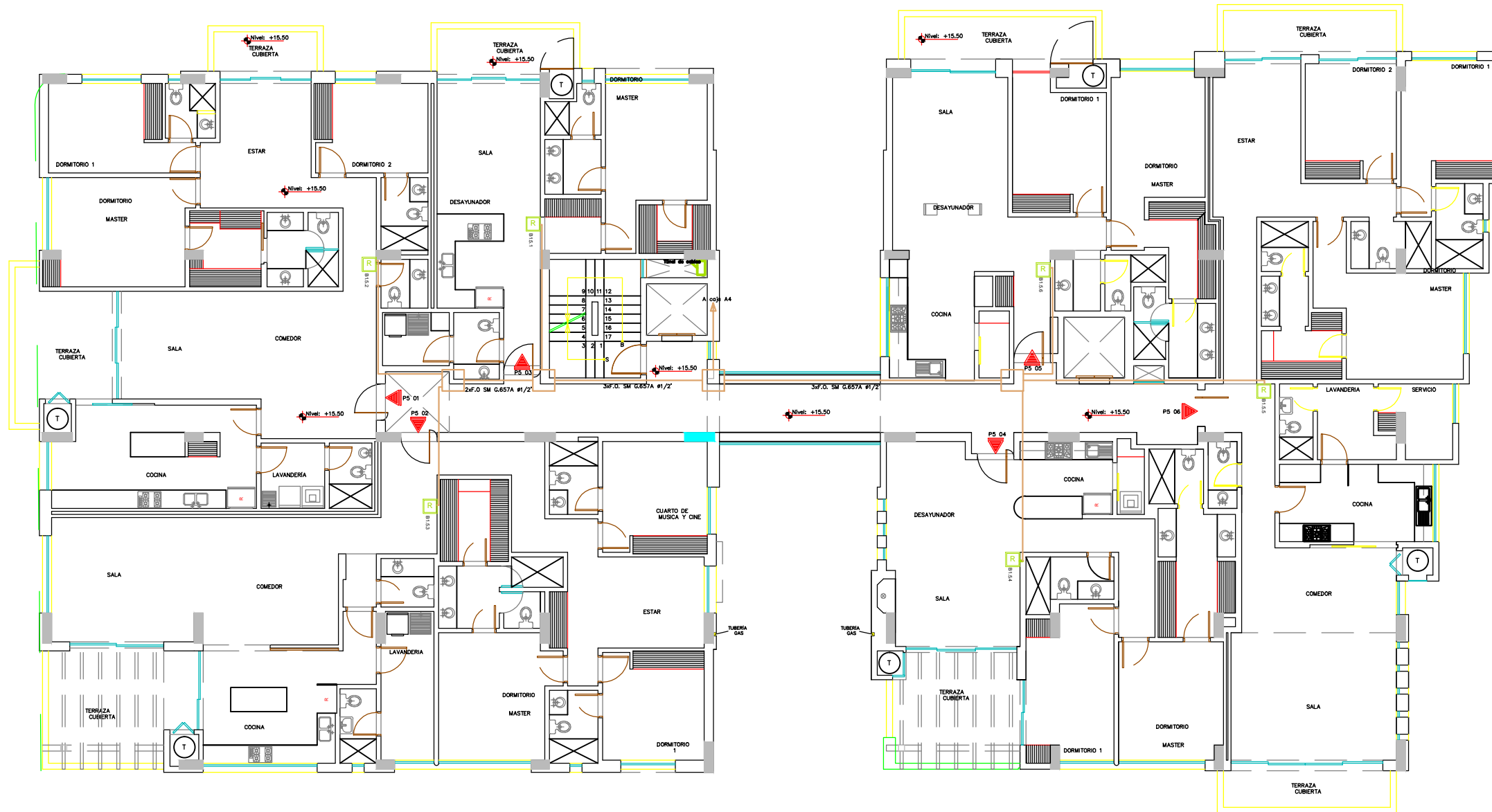



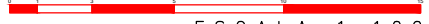
PLANTA TIPO N+6.20; N+9.30; N+12.40








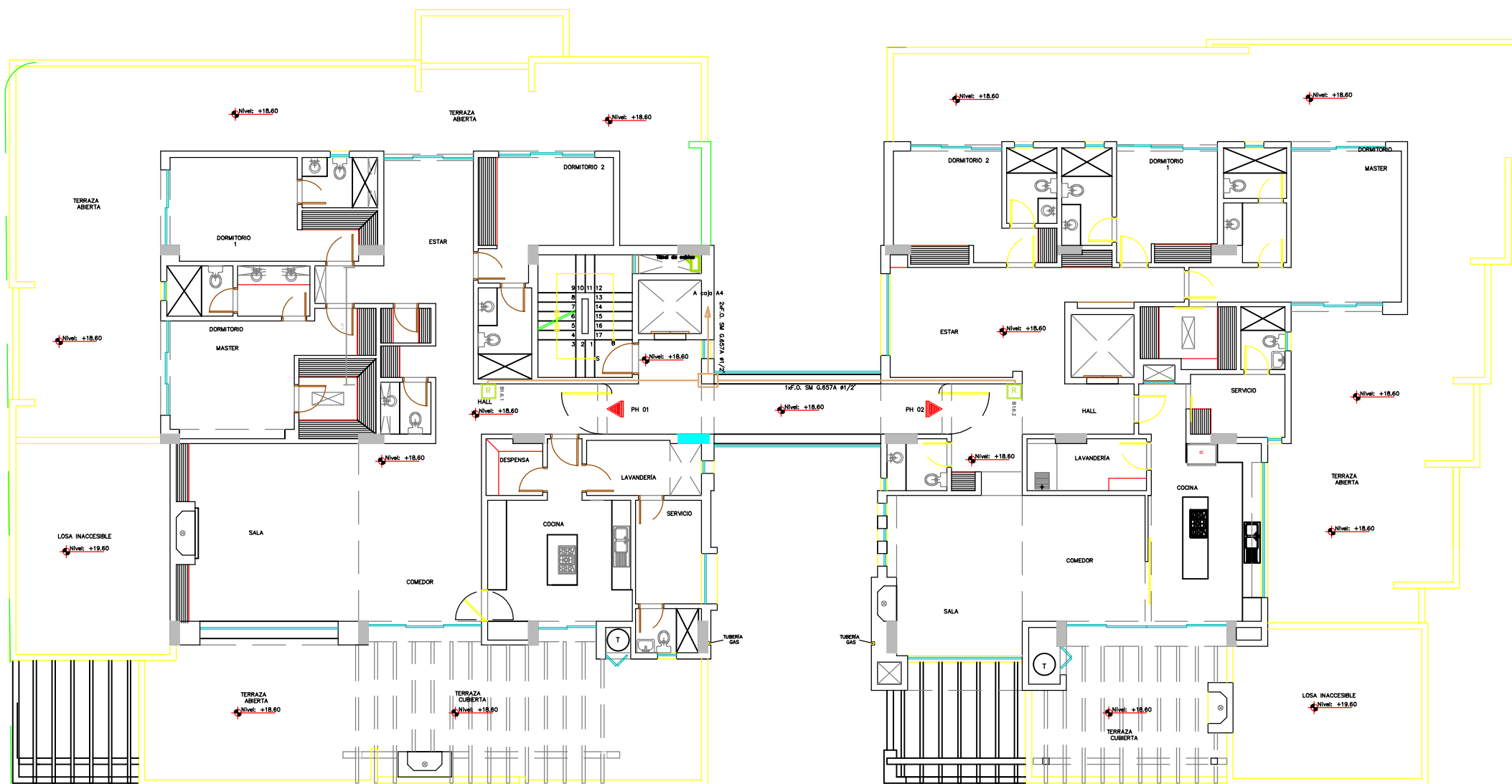
ESCALA 1:100

SIMBOLOGÍA	
ROSETA ÓPTICA	
BASTIDOR PRINCIPAL	
TUBO PVC 1/2 PULGADA	
TÚNEL DE CABLES	
CAJA DE DISTRIBUCIÓN	









 PLANTA QUINTA N+15.50  

 ESCALA 1:100

SIMBOLOGÍA	
ROSETA ÓPTICA	
BASTIDOR PRINCIPAL	
TUBO PVC ½ PULGADA	
TÚNEL DE CABLES	
CAJA DE DISTRIBUCIÓN	

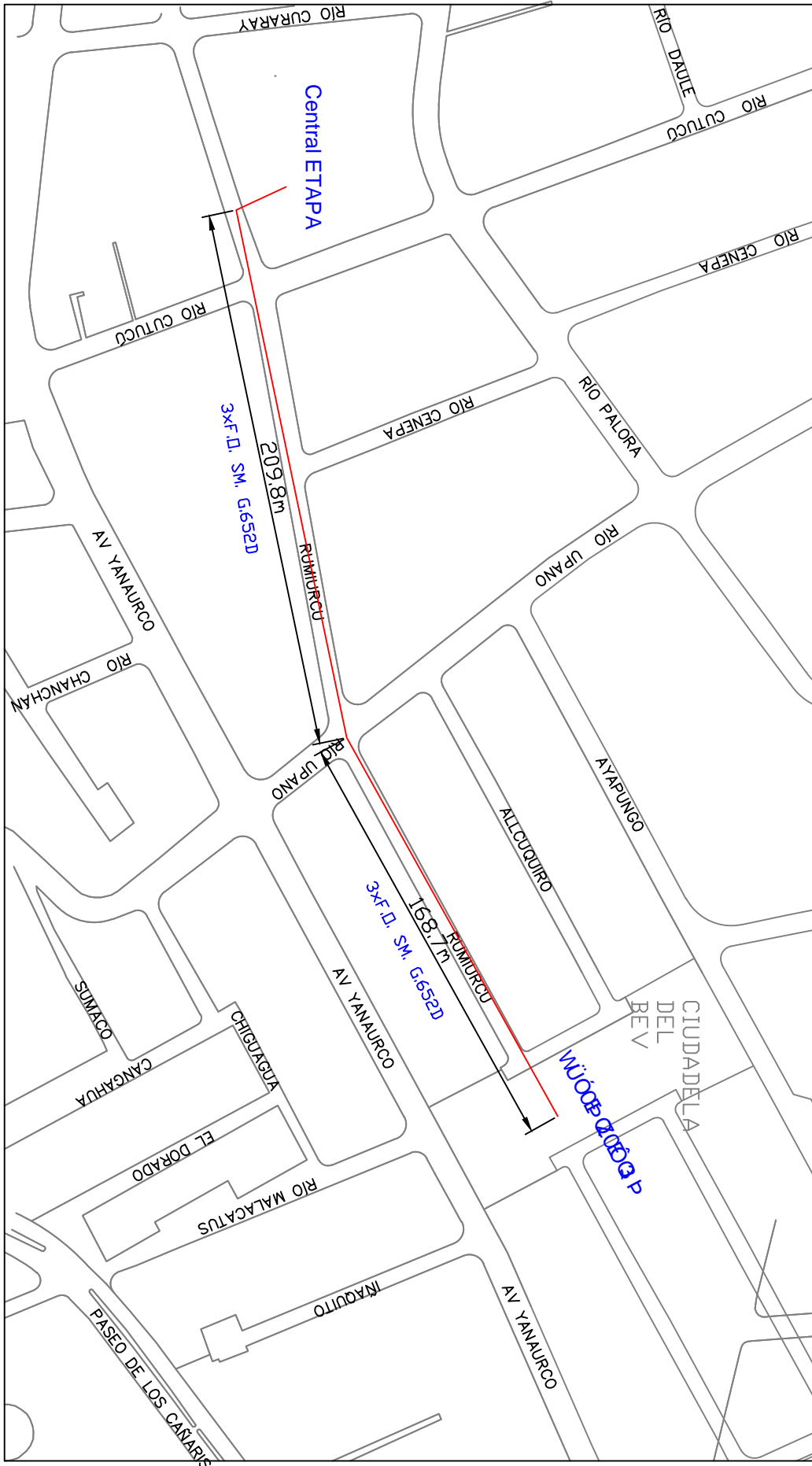



 PLANTA PENTHOUSE N+18.60  
  
 ESCALA 1:100

SIMBOLOGÍA	
ROSETA ÓPTICA	
BASTIDOR PRINCIPAL	
TUBO PVC 1/2 PULGADA	
TÚNEL DE CABLES	
CAJA DE DISTRIBUCIÓN	

**ANEXO 6.** Plano de ubicación desde la Central de Etapa E.P. hasta la urbanización

(B1)



URBANIZACIÓN

PLANO : RECORRIDO DESDE LA CENTRAL

LAMINA:

PROFESIONAL:

**B-1**

FECHA:

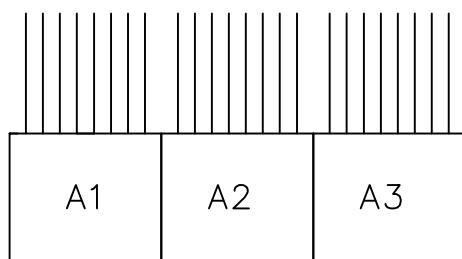
ESCALA: 1 : 100

**ANEXO 7. Plano diagrama vertical (bloques) de la urbanización. (B2)**

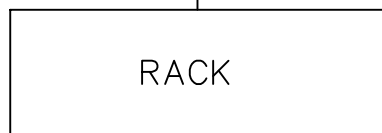


# DIAGRAMA VERTICAL (BLOQUES)

DEPARTAMENTOS



F.O. SM. G.657A

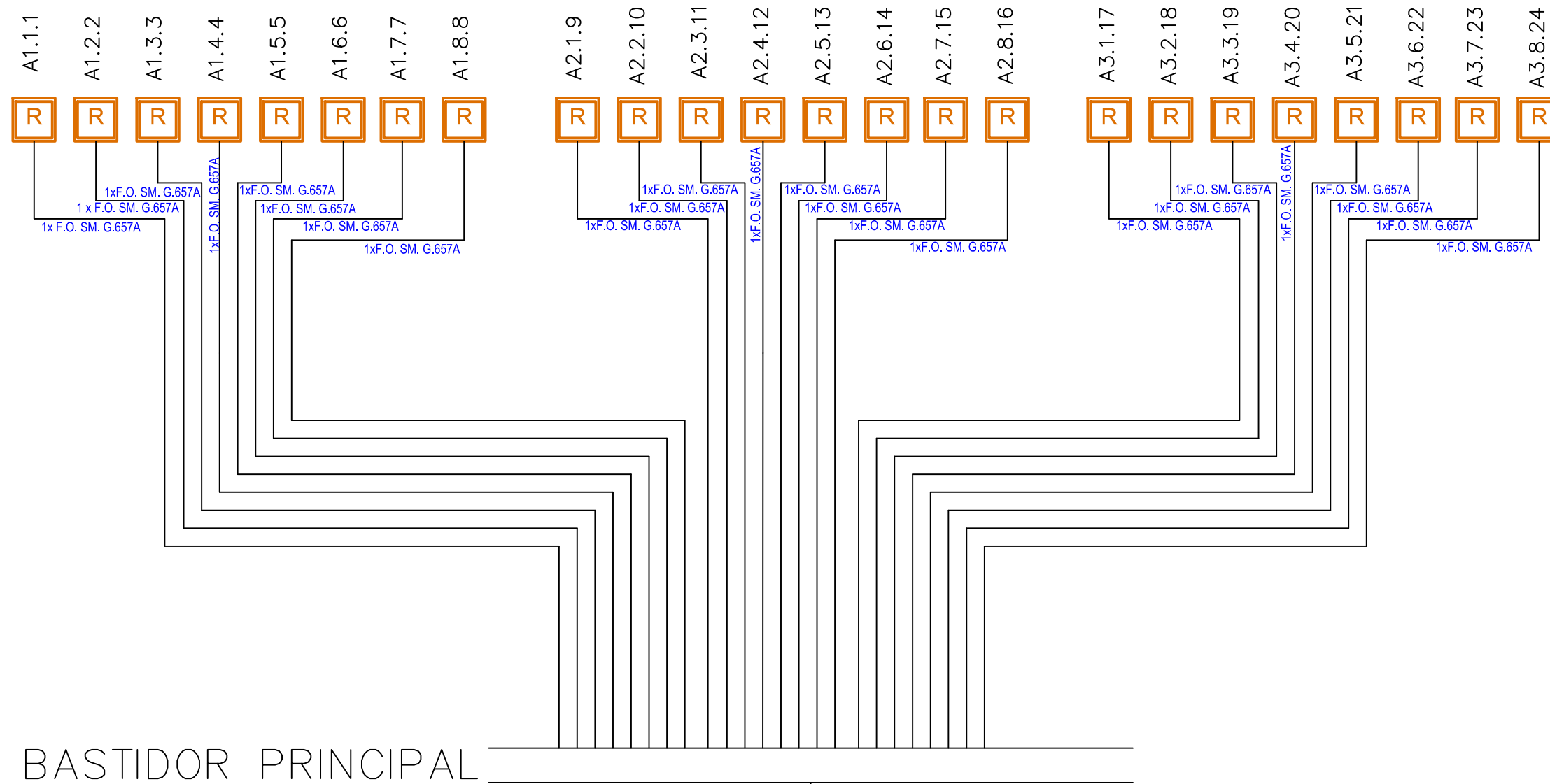


CAJAS DE USUARIO 1:8

3xF.O. SM. G.652D al armario de ETAPA E.P.

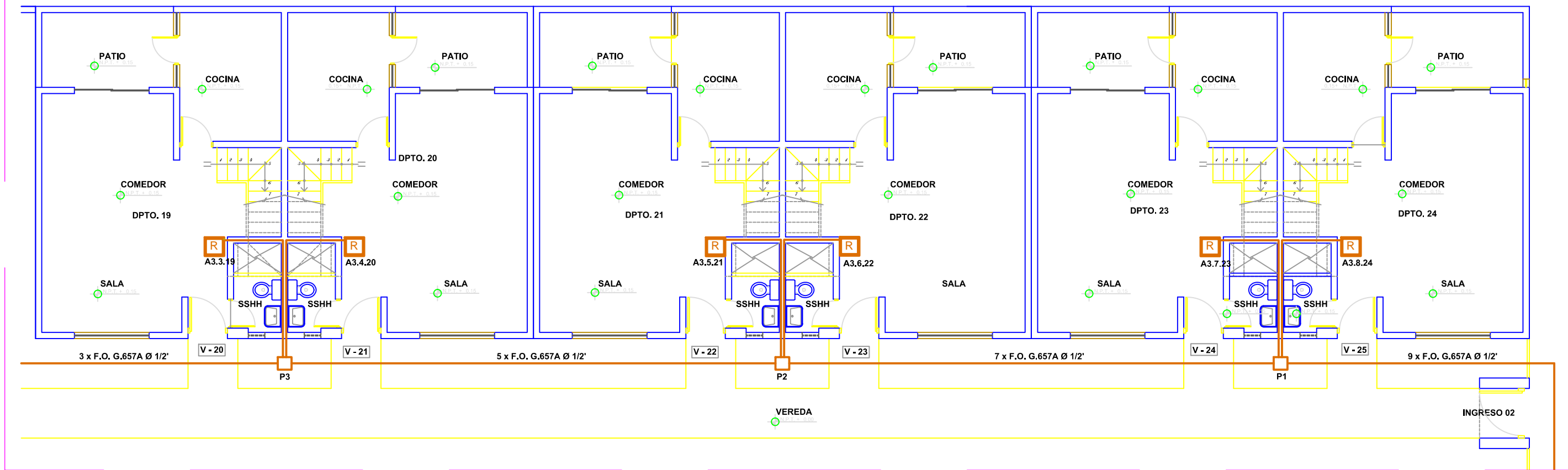
**ANEXO 8.** Plano Sistema de distribución para la urbanización. (B3)

# DIAGRAMA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN



3x F.O. SM. G.652D al armario de ETAPA E.P.

**ANEXO 9.** Plano de distribución para la urbanización. (B4)



# ALA SUPERIOR

SIMBOLOGÍA	
ROSETA ÓPTICA	
BASTIDOR PRINCIPAL	
FIBRA ÓPTICA DE ABONADO	
POZO DE REVISIÓN	
CAJA DE DISTRIBUCIÓN	

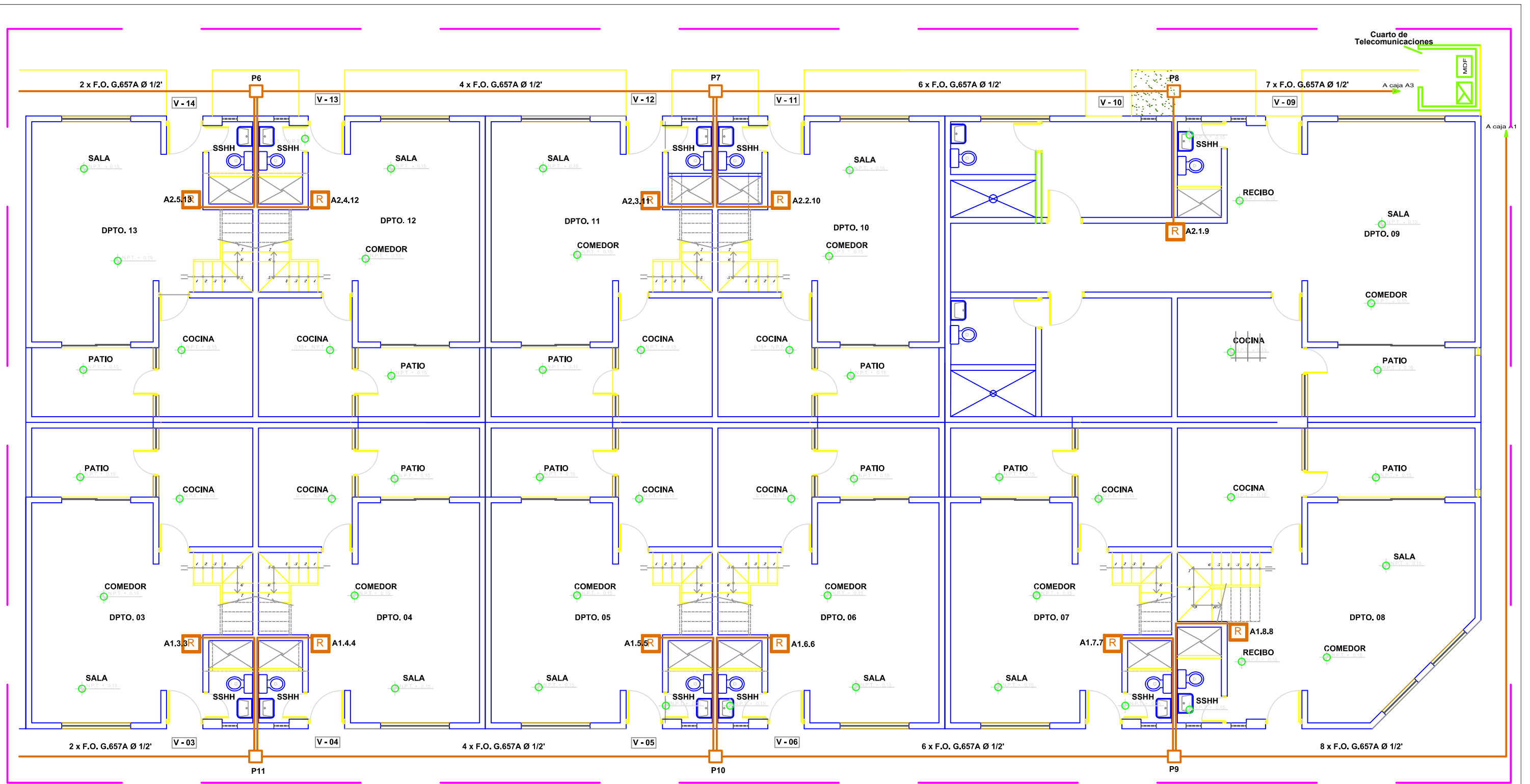


PROYECTO:  
PROPIETARIO:  
DIRECCION:

PLANO: PLANO DE DISTRIBUCION  
PROFESIONAL:  
FECHA:

LAMINA:  
**B-4-1**

ESCALA: 1 : 100



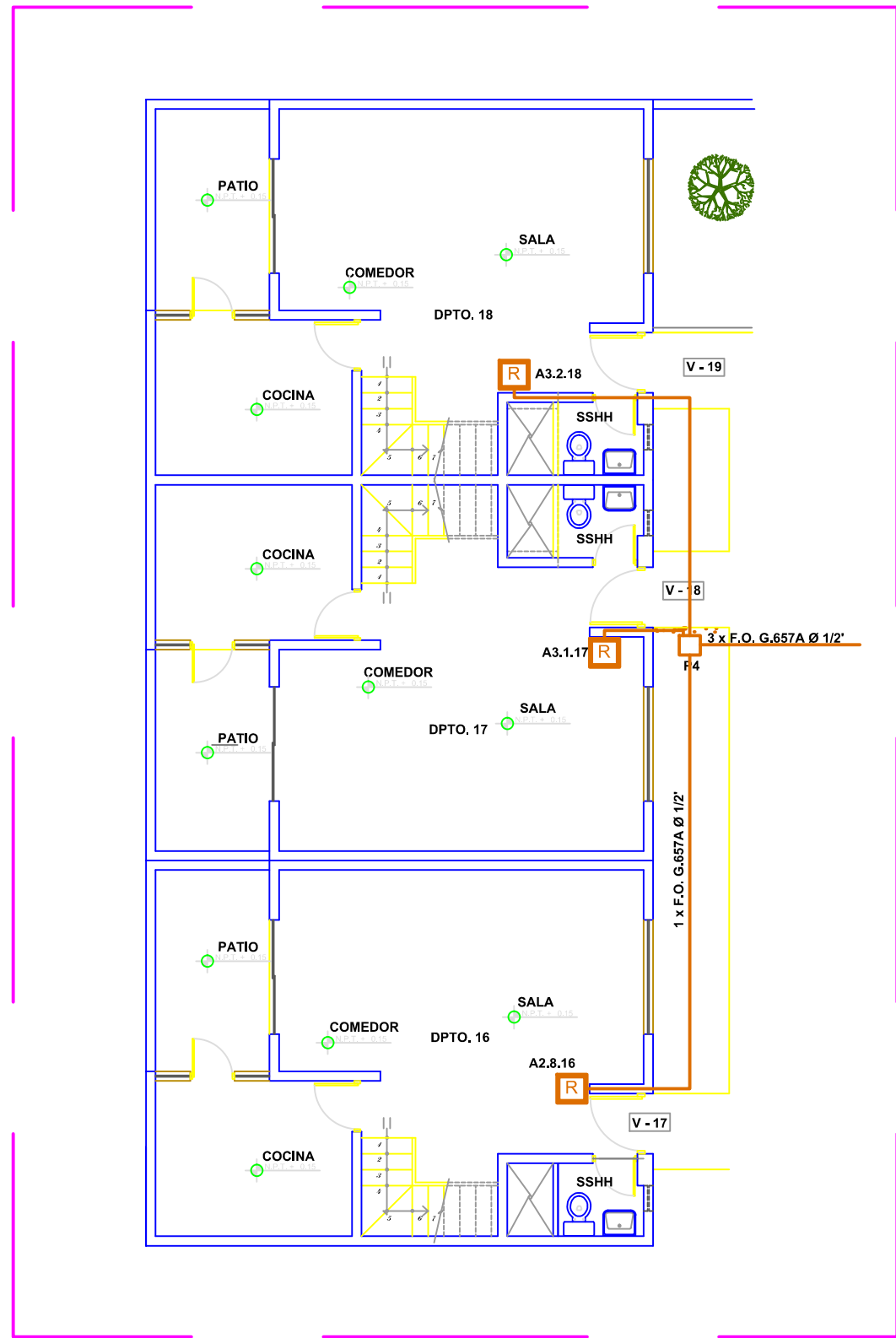
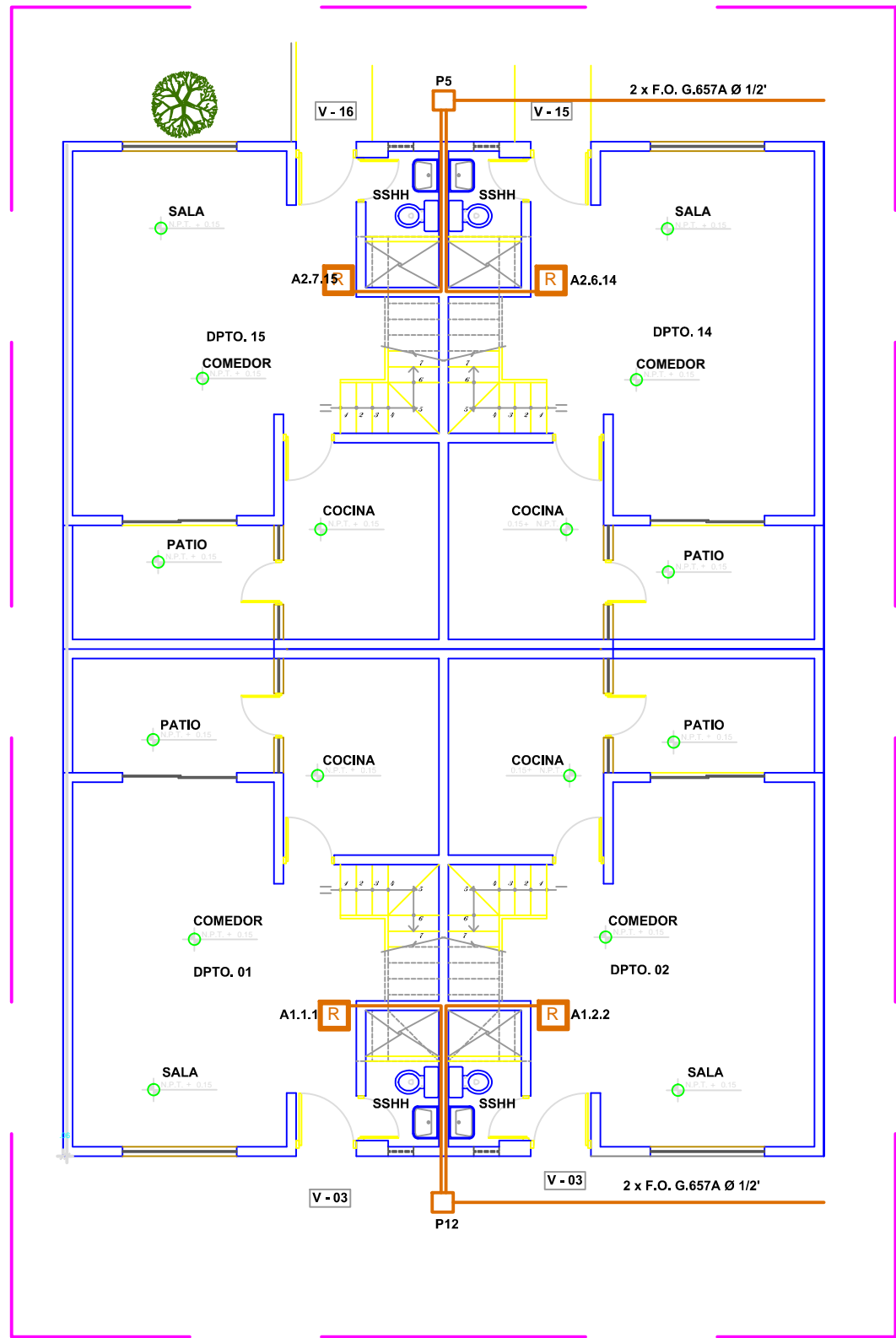
# ALA INFERIOR

SIMBOLOGÍA	
ROSETA ÓPTICA	R
BASTIDOR PRINCIPAL	⊠
FIBRA ÓPTICA DE ABONADO	—
POZO DE REVISIÓN	□
CAJA DE DISTRIBUCIÓN	▭

PROYECTO:  
PROPIETARIO:  
DIRECCION:

PLANO: PLANO DE DISTRIBUCION  
PROFESIONAL:  
FECHA:

LAMINA:  
**B-4-2**  
ESCALA: 1 : 100



SIMBOLOGÍA	
ROSETA ÓPTICA	R
BASTIDOR PRINCIPAL	⊠
FIBRA ÓPTICA DE ABONADO	—
POZO DE REVISIÓN	□
CAJA DE DISTRIBUCIÓN	▭

PROYECTO:  
PROPIETARIO:  
DIRECCION:

PLANO: PLANO DE DISTRIBUCION  
PROFESIONAL:  
FECHA:

LAMINA:  
**B-4-3**

ESCALA: 1 : 100

**ANEXO 10.** Plano Georeferencial de la ubicación del terreno para el Edificio o la Urbanización.



**ZONA DONDE VA A IR  
UBICADO EL EDIFICIO O  
URBANIZACION**

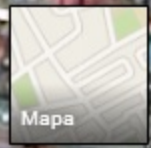


Ayapungo



**CENTRAL ETAPA  
TOTORACOCHA**

Parque Central Telefónica





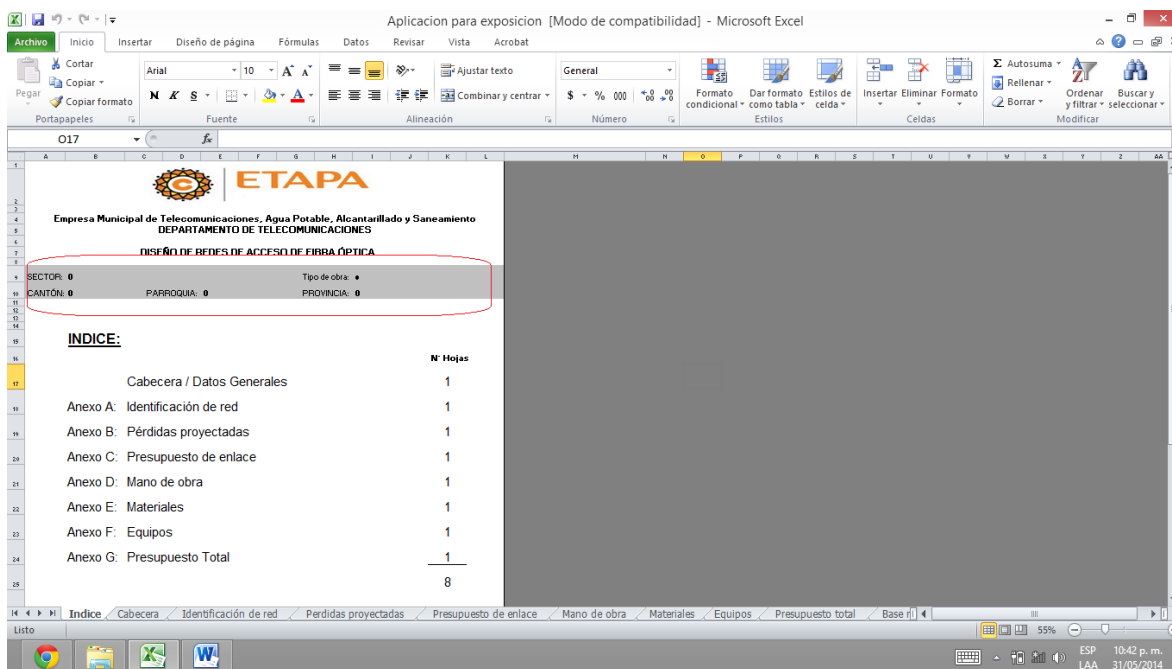
**ANEXO 11.** Manual de Usuario de la Herramienta para el cálculo el presupuesto del diseño de redes con fibra óptica para soluciones habitacionales

## Manual de Usuario de la Aplicación

Para el presente manual se ha tomado en cuenta las diferentes pestañas que tiene la aplicación y algunas de ellas se pueden llenar ya sea tanto a mano como en algún dispositivo como por ejemplo una laptop, una Tablet o un Smartphone.

### 1. Primera Pestaña: Índice

En la primera pestaña se pueden llenar los campos que están en la parte superior como se muestra en la siguiente figura demarcado en color rojo.



Se puede ver que es posible llenar campos como:

- Sector
- Cantón
- Parroquia
- Tipo de Obra
- Provincia

Pero la particularidad es que estos campos son llenados desde la segunda pestaña

Al final de la misma hoja si nos desplazamos hacia abajo se puede ver que hay un espacio para poner una firma del responsable del proyecto, esto podría hacerse ya una vez impreso o mediante una firma digital.

## 2. Segunda Pestaña: Cabecera

La siguiente pestaña es la cabecera; en la siguiente figura se puede ver dividida esta pestaña en varios sectores, los cuales se irán explicando uno a uno.

Aplicacion para exposicion [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Acrobat

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42

ETAPA  
Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento  
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES

DISEÑO DE REDES DE ACCESO DE FIBRA ÓPTICA 1

SECTOR: Tipo de obra:  
CANTÓN: PARROQUIA:  
Distrito: Manga: Armario: Distancia en Km.:  
Número de usuarios: 2  
Número de cajas de distribución: 3  
ISTEMA PROYECTADO: 4  
Caja Puestos de fibra utilizados Puestos de reserva:  
A1  
A2  
A3  
A4  
A5  
B1  
B2  
B3  
OBSERVACIONES: Nombre del dueño o representante de la construcción Teléfono:  
Diseñado por: Revisado por:  
Teléfonos: Fecha: 31-may-14 6

Listo Índice Cabecera Identificación de red Perdidas proyectadas Presupuesto de enlace Mano de obra Materiales Equipos Presupuesto total Base r... 70% ESP 10:55 p. m. LAA 31/05/2014

El sector 1 contiene los mismos campos para llenar que la primera pestaña, y es de aquí de esta pestaña de donde la pestaña 1 los va a obtener.

El sector 2 es en donde se va a rellanar los campos:

- Distrito: A qué distrito pertenece la instalación del enlace que se va a realizar.
- Manga: De qué manga proviene la fibra en caso de este ser el caso.
- Armario: A que armario pertenece la fibra en caso de este ser el caso.

- Distancia en Km: Que distancia existe desde la central hasta el edificio o urbanización en la cual se va a realizar la instalación

El sector 3 es en donde se pone el número de cajas y el sector 4 se llena con el número de cajas especificadas en el sector 3.

El sector 4 es en donde se rellenará los puertos de fibra que tiene cada caja, cuantos puertos de estos se utilizan y cuantos quedan de reserva.

En el sector 5 se rellenarán las observaciones como por ejemplo si existe algún particular en el proyecto, cual es el nombre del responsable del proyecto y en este mismo sector se puede llenar el teléfono del mismo.

En el sector 6 incluye el campo para poner el nombre de la persona que realizó el diseño y de la persona quien es la encargada de revisarlo.

### 3. Tercera Pestaña: Identificación de Red

Para la presente pestaña es donde se van a rellenar los campos que están demarcados por rojo, los cuales son el número de caja, cuantos hilo posee esa caja, cada hilo a que departamento se dirige, en que piso está el departamento a donde se dirige esa fibra, y de que manga o armario viene esa fibra, entonces en lo que se resume es esta pestaña es en poner de donde viene esta fibra y a donde va en todo el enlace.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following content:

**Logo:** ETAPA

**Text:** Anexo A  
 Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento  
 DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES  
 Identificación de la red

CAJA	A1		
No. HILO	UBICACIÓN	PISO	MANGA/ARMARIO
1	Departamento 1	PB	01-114
2	Departamento 2	PB	01-114
3	Departamento 3	PB	01-114
4	Departamento 4	PB	01-114
5	Departamento 5	PB	01-114
6	Departamento 6	PB	01-114
7	Reserva	PB	01-114
8	Reserva	PB	01-114

The table is highlighted with a red border in the original image. The Excel interface shows the 'Identificación de red' worksheet selected, with other tabs like 'Indice', 'Cabecera', 'Perdidas proyectadas', etc., visible at the bottom.

#### 4. Cuarta Pestaña: Pérdidas Proyectadas

En esta pestaña se procede a realizar el cálculo del presupuesto de pérdidas para cada enlace de fibra; en la columna A se puede observar cada una de las cajas a llenar según sean las necesarias, en la columna B se puede observar al igual que en la pestaña anterior el departamento al que se dirige cada una de las fibras.

Abonado	Caja	Longitud (m)	Atenuación de la fibra (dB/m)	Número de empalmes	Atenuación del empalme (dB)	Número de conectores	Atenuación de conectores (dB)	Número de splitters	Atenuación de splitters (dB)	Pérdida de canal (dB)
A1	1	20	4	0	4.00	2	0.5	0	0	1.08
A2	2	25	4	0	5.00	2	0.5	0	0	1.10
A3	3	23	4	0	4.00	2	0.5	0	0	1.09
A4	4	22	4	0	5.00	2	0.5	0	0	1.09
A5	5	21	4	0	4.00	2	0.5	0	0	1.08
B1	6	22	4	0	4.00	2	0.5	0	0	1.09

En esta parte todas las columnas se llenan como se indica a continuación:

**Columna A:** Se llena cada una de las cajas que existe en todo el proyecto

**Columna B:** A qué departamento se dirige cada fibra

**Columna C:** La longitud de la fibra desde la central hasta el departamento de cada usuario es decir hasta la roseta óptica

**Columna D:** La atenuación de la fibra utilizada que están en dB por kilómetro

**Columna E:** El número de empalmes que existe en el enlace.

**Columna F:** La atenuación de cada empalme en dB.

**Columna G:** El número de conectores que se utilizan en el enlace.

**Columna H:** La atenuación de cada conector utilizado en dB, esto difiere con la marca.

**Columna I:** El número de splitters que se utilizaron en el proyecto.

**Columna J:** La atenuación de los diferentes splitters utilizados. Esta medida está en dB

**Columna K:** La pérdida de cada canal desde la central pasando por el cuarto de telecomunicaciones hasta la roseta óptica de cada departamento.

## 5. Quinta Pestaña: Presupuesto del Enlace

En la presente pestaña se obtiene el valor de la distancia máxima que existe desde la central hasta la roseta óptica de cada usuario.

Aplicación para exposicion [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel

H21     $=\{E21-'Perdidas proyectadas'!K20\}/G21$

**ETAPA**  
Anexo C  
Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable,  
Alcantarillado y Saneamiento  
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES  
Cálculo del presupuesto del enlace

**ESQUEMA:** Remitirse al plano de red

	Abonado		Potencia del transmisor	Potencia del receptor	Presupuesto de potencia	Presupuesto de pérdidas	Atenuación de la fibra	Distancia máxima
	Caja	Dep./lote	[dBm]	[dBm]	[dB]	[dB]	[dB/Km]	[km]
21	A1	1	3	-27	30	1.08	4.00	7.23
22	A2	2	4	-30	34	1.10	4.00	8.23
23	A3	3	3	-26	29	1.09	4.00	6.98
24	A4	4	3	-26	29	1.09	4.00	6.98
25	A5	5	4	-37	41	1.08	4.00	9.98
26	B1	6	4	-37	41	1.09	4.00	9.98

Indice   Cabecera   Identificación de red   Perdidas proyectadas   **Presupuesto de enlace**   Mano de obra   Materiales   Equipos   Presupuesto total   Base f1

12:07 a. m.  
LAA 01/06/2014

Al igual que la pestaña anterior se va a llenar de la siguiente manera con los siguientes datos:

*Columna A:* Se llena cada una de las cajas que existe en todo el proyecto

*Columna B:* A qué departamento se dirige cada fibra

*Columna C:* La potencia del transmisor en dBm.

*Columna D:* La potencia del receptor en dBm.

*Columna E:* El presupuesto de potencia lo cual es la resta de los valores de C y D.

*Columna F:* Este valor es heredado desde la pestaña anterior en la columna K.

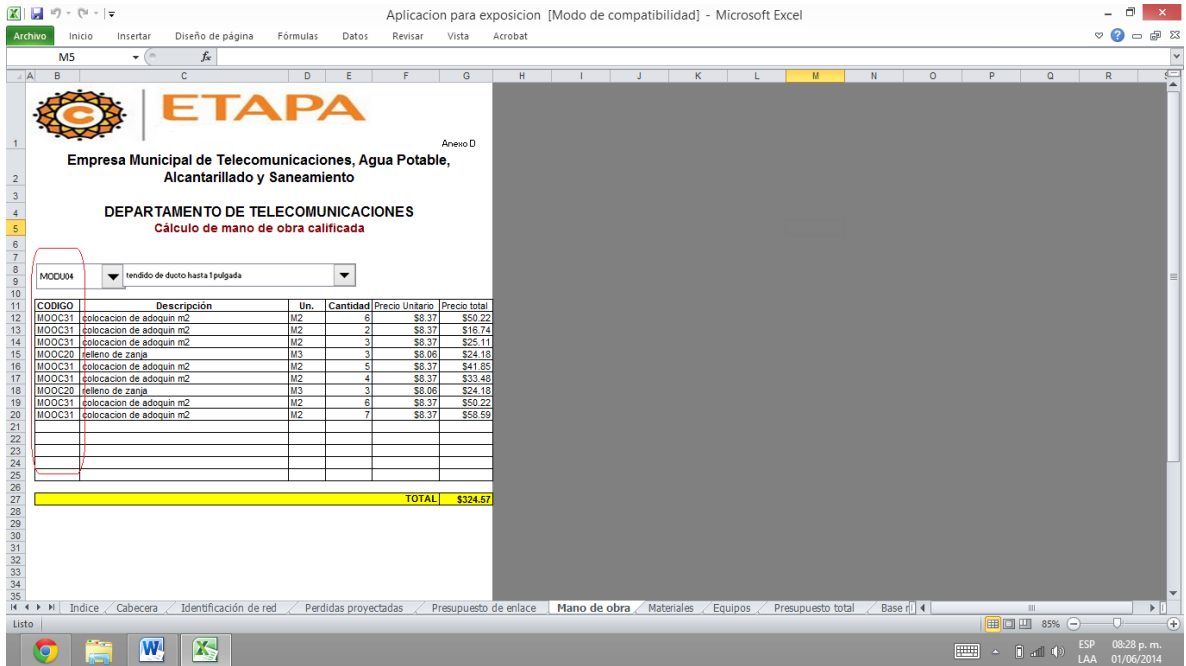
*Columna G:* La atenuación de la fibra utilizada para realizar el enlace.

*Columna H:* Este valor es el calculado en esta pestaña, y me determina la distancia máxima a la que se puede tender la fibra para que funcione en óptimas condiciones.

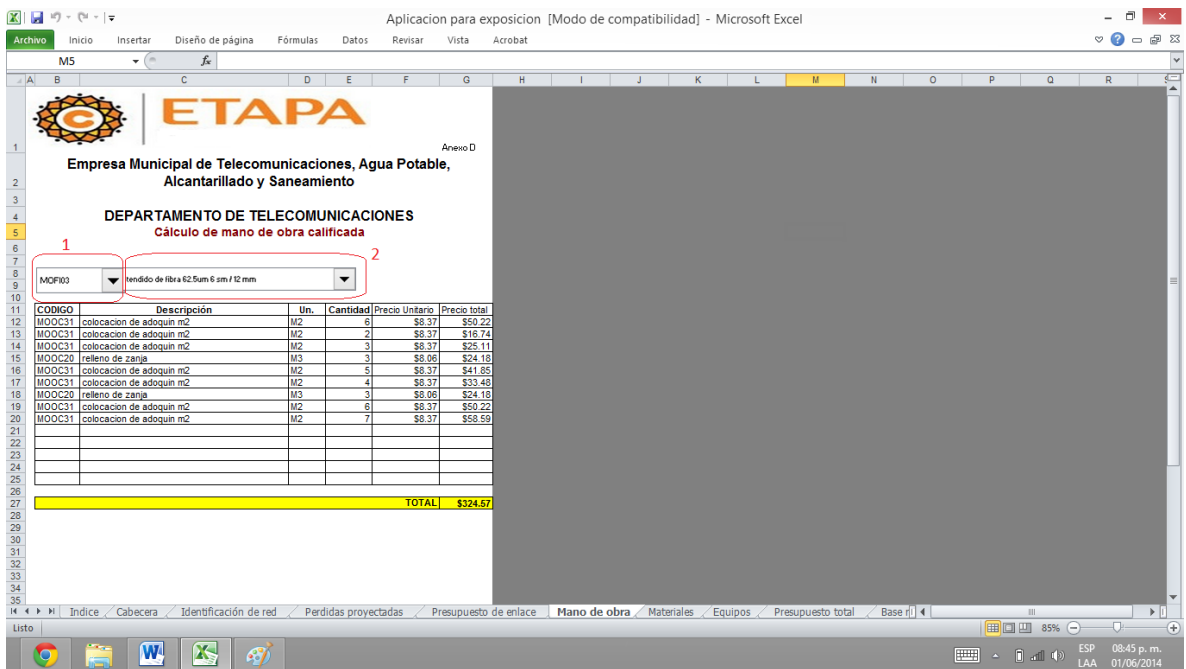
## 6. Sexta Pestaña: Mano de Obra

En esta pestaña se puede ver que el diseño de la misma es diferente ya que se tiene dos selectores los cuales son listas desplegables de las cuales se puede obtener un código que es el código del ítem de mano de obra y es con el cual se va a trabajar.

Si el operador de la aplicación sabe el código de memoria (lo cual es bastante de difícil) se posicionará en la celda en la que vaya a trabajar el operador, y lo insertará.



En el caso de que el operador de la aplicación no sepa el código se da un clic en la columna de la derecha en la lista desplegable, la cual en ese momento se despliega y sale toda la base de datos de mano de obra, luego se da clic en el ítem que se desee y el código de este se cargará a la izquierda de la pantalla, luego se copia este código y se lo pega en la columna de celdas que ya se dijo anteriormente. A continuación se muestra la figura de la lista desplegable y del código que luego se copiará para cargarlo en la lista de la cual se sacará el presupuesto.





Como se puede ver en la figura anterior en la zona 2 demarcada por rojo, se ha escogido el ítem *tendido de fibra 62.5 um 6 sm /12 mm* y automáticamente se carga al lado derecho el código de dicho ítem y vemos que es *MOF103*, entonces el siguiente paso es irse a la celda B12 en el caso de que la hoja aún esté vacía para empezar el llenado de datos. Una vez ya que estén todos los datos puestos en la hoja se procederá a realizar el cálculo del presupuesto para la mano de obra de los ítems que se hayan seleccionado, esto obviamente en base al diseño que se haya hecho anteriormente.

## 7. Séptima pestaña: Materiales

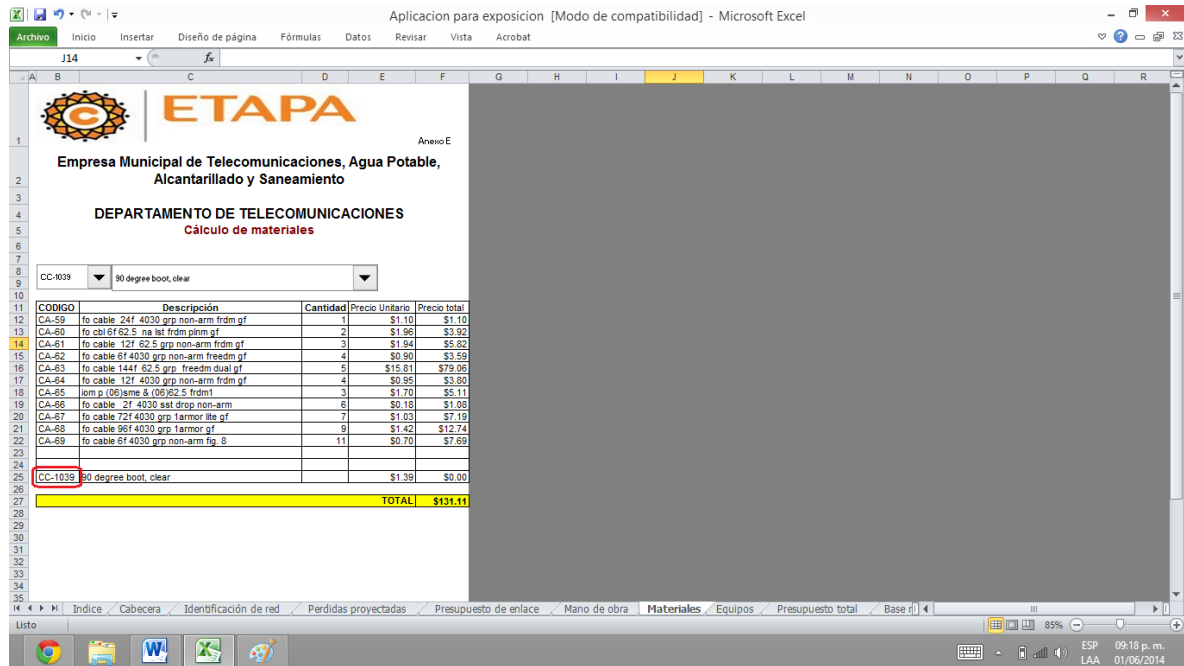
Al igual que la pestaña anterior se tienen dos selectores los cuales son listas desplegables de las cuales se puede obtener un código que es el código del ítem materiales y al igual con mano de obra es la misma lógica con la cual se a trabajar.

Si el operador de la aplicación sabe el código de memoria (lo cual es bastante de difícil) se posicionará en la celda en la que vaya a trabajar el operador, y lo insertará.

CODIGO	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
CA-59	fo cable 24f 4030 grp non-arm frdm gf	1	\$1.10	\$1.10
CA-60	fo cbl 6f 62.5 na lat frdm pnm gf	2	\$1.95	\$3.92
CA-61	fo cable 12f 62.5 grp non-arm frdm gf	3	\$1.94	\$5.82
CA-62	fo cable 6f 4030 grp non-arm freedm gf	4	\$0.90	\$3.59
CA-63	fo cable 144f 62.5 grp freedm dual gf	5	\$15.81	\$79.05
CA-64	fo cable 12f 4030 grp non-arm frdm gf	4	\$0.95	\$3.80
CA-65	lom p (06) sme & (06) 62.5 frdm t	3	\$1.70	\$5.11
CA-66	fo cable 2f 4030 sst drop non-arm	6	\$0.18	\$1.08
CA-67	fo cable 72f 4030 grp f armor lte gf	7	\$1.03	\$7.19
CA-68	fo cable 96f 4030 grp f armor gf	9	\$1.42	\$12.74
CA-69	fo cable 6f 4030 grp non-arm fig. 8	11	\$0.70	\$7.69
<b>TOTAL</b>				<b>\$131.11</b>

En el caso de que el operador de la aplicación no sepa el código se da un clic en la columna de la derecha en la lista desplegable, la cual en ese momento se despliega y sale toda la base de datos de materiales, luego se da clic en el ítem que se desee y el código de este se cargará a la izquierda de la pantalla, luego se copia este código y se lo pega en la

columna de celdas que ya se dijo anteriormente. A continuación se muestra la figura de la lista desplegable y del código que luego se copiará para cargarlo en la lista de la cual se sacará el presupuesto.



Como se puede ver en la figura anterior se ha escogido el ítem *90 degree boot, clear* y automáticamente se carga al lado derecho el código de dicho ítem y vemos que es *CC-1039*, entonces el siguiente paso que se hizo para efecto demostrativo se ha posicionado en la celda B25 y escribir el código y aplastar la tecla de ENTER. Una vez que estén todos los datos puestos en la hoja se procederá a realizar el cálculo del presupuesto para la mano de obra de los ítems que se hayan seleccionado, esto obviamente en base al diseño que se haya hecho anteriormente.

## 8. Octava Pestaña: Equipos

En la octava pestaña se puede encontrar lo siguiente:



Aplicación para exposicion [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel

116

**ETAPA**

Anevo F

Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento

DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES

Cálculo de equipos

EP-1799    optical power meter- 400 series

CODIGO	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
EP-1799	optical power meter- 400 series	4	\$726.50	\$2,906.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$2,906.00</b>

Indice    Cabecera    Identificación de red    Perdidas proyectadas    Presupuesto de enlace    Mano de obra    Materiales    Equipos    Presupuesto total    Base de datos

85%

ESP 09:33 p. m.  
LAA 01/06/2014

### 9. Novena Pestaña: Presupuesto Total

Como se ve en la siguiente figura en esta parte de la aplicación no hay que modificar nada excepto la cantidad en D26 que es el valor que se va a cobrar por el estudio.

Aplicación para exposicion [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel

K14

**ETAPA**

Anevo G

Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento

DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES

Presupuesto Total

MATERIALES	
Materiales totales:	\$131.11
I.V.A.:	\$15.73
Imprevistos 10%:	\$14.66
<b>Subtotal materiales</b>	<b>\$161.52</b>
MANO DE OBRA	
Mano de obra:	\$324.57
I.V.A.:	\$38.95
<b>Subtotal mano de obra</b>	<b>\$363.52</b>
EQUIPOS	
Equipos:	\$2,906.00
I.V.A.:	\$348.72
<b>Subtotal Equipos</b>	<b>\$3,254.72</b>
Estudios:	\$1,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$8,569.62</b>

Indice    Cabecera    Identificación de red    Perdidas proyectadas    Presupuesto de enlace    Mano de obra    Materiales    Equipos    Presupuesto total    Base de datos

85%

ESP 09:38 p. m.  
LAA 01/06/2014

Como se puede ver en esta pestaña ya da el total de cuanto es lo que se va a gastar en el proyecto completo con las bases de datos que se tiene que son las pestañas 10, 11 y 12, las cuales son modificables ya que los precios como se sabe se actualizan con regularidad y puede darse el caso de que cuando se utilice esta aplicación puede que los precios ya no estén en vigencia. Se debe tomar en cuenta este particular al momento de realizar un diseño.