

**MANUAL DE PROTOCOLO DE PRUEBAS DE CAMPO Y DOCUMENTACIÓN
OFICIAL DE CABLEADO SOBRE REDES DE FIBRA ÓPTICA PARA EL
PROYECTO ACC VIVE DIGITAL**

CHRISTIAN LEONARDO DURÁN CORTÉS

Proyecto de Grado

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BOGOTÁ D.C.
2019**



**MANUAL DE PROTOCOLO DE PRUEBAS DE CAMPO Y DOCUMENTACIÓN
OFICIAL DE CABLEADO SOBRE REDES DE FIBRA ÓPTICA PARA EL
PROYECTO ACC VIVE DIGITAL**

CHRISTIAN LEONARDO DURÁN CORTÉS

Monografía presentada como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico
por la Universidad Santo Tomás

Tutor:

Ing. JAIME VITOLA OYAGA

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BOGOTÁ D.C.**

2019

El trabajo de grado titulado “Manual de protocolo de pruebas de campo y documentación oficial de cableado sobre redes de fibra óptica para el proyecto ACC Vive Digital”, presentado por el estudiante Christian Leonardo Durán Cortés, ha sido aprobado por la facultad y por el tutor del mismo para optar al título de Ingeniero Electrónico de acuerdo con lo estipulado por la facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Santo Tomás.

Ing. Jaime Vitola Oyaga

Tutor de la monografía.

M.G. Steven Silva Salazar

Asesor metodológico.

RECTOR GENERAL

R.P. FRAY JOSE GABRIEL MESA ANGULO, O.P.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO GENERAL

R.P. FRAY LUIS FRANCISCO SASTOQUE POVEDA, O.P.

VICERRECTOR ACADÉMICO GENERAL

R.P. FRAY EDUARDO GONZALES GIL, O.P.

SECRETARIO GENERAL

Dra. INGRID LORENA CAMPOS VARGAS

DECANO DIVISIÓN DE INGENIERÍAS

FRAY JOSE ANTONIO BALAGUERA CEPEDA, O.P.

SECRETARIA DE DIVISIÓN

E.C. LUZ PATRICIA ROCHA CAICEDO

DECANO FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ING. CARLOS ENRIQUE MONTENEGRO NARVÁEZ

Nota de aceptación:

Firma del Tutor

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá D.C. Colombia
Septiembre de 2019

ADVERTENCIA

La Universidad Santo Tomás no se hace responsable de las opiniones y conceptos expresados por los autores en el trabajo de grado, solo velará porque no se publique nada contrario al dogma ni a la moral católica y porque el trabajo no tenga ataques personales y únicamente se vea el anhelo de buscar la verdad científica.

Capítulo III – Art. 46 del Reglamento de la Universidad Santo Tomás.

A Dios por ser siempre mi guía. A mis padres Orlando y Cristina por enseñarme a perseguir mis sueños y recibir siempre su apoyo incondicional. A mis hermanos Giovanni y Beidel por inspirarme en el camino de la ingeniería. A Ivette Catalina por ser el motor de mi vida e impulsarme a alcanzar mis sueños y a todas las demás personas que con su guía y apoyo han orientado siempre mis pasos.

Christian Leonardo Durán Cortés

AGRADECIMIENTOS

El origen de esta pasantía se lo debo a la facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Santo Tomás quien intercedió por mí al relacionarme con la empresa de Telecomunicaciones Intelca PST S.A. donde posteriormente fui entrevistado y aceptado para realizar mi práctica empresarial.

Me gustaría agradecerélo especialmente al Ingeniero Docente Jaime Vitola Oyaga por suscribirse para ser mi tutor y guiarme durante todo este proceso para mejorar y perfeccionar con sus reflexiones y consejos este trabajo de grado: para él mi más profundo afecto y admiración.

A mi pequeño equipo de trabajo quien aceptó explorar conmigo el fascinante mundo de la fibra óptica y cumplir con el “Plan Vive Digital”; Al Ingeniero Miguel Ángel Galvis, quien leyó con atención los primeros borradores: Estoy en deuda con él.

A la compañía Intelca PST S.A. quien me acogió y me hizo sentir como en casa en sus respectivas sedes, no solamente durante la pasantía sino también en el tiempo transcurrido hasta entregar y dar por finalizado el proyecto; gracias por su confianza y por darme la oportunidad de hacer parte de este gran proyecto.

A la Universidad Santo Tomás y a las personas que hacen de esta institución lo que hoy en día es y que además por ellas mismas vale todavía mucho más: a ellas dedico toda mi admiración y todo mi afecto. A todos mis compañeros de estudio por los buenos consejos que me ofrecieron desde que entre en el mundo de la ingeniería: a ellos todo mi respeto y mi agradecimiento.

Finalmente, quiero dar las gracias a mi familia, que años atrás me animó a cumplir con mi deseo de convertirme en profesional y ejercer la Carrera de Ingeniería Electrónica. Ha sido un placer y un honor recorrer este camino para contribuir de manera ética, creativa y crítica a las exigencias de la vida humana y estar en condiciones de aportar soluciones a las problemáticas ante las necesidades de la sociedad.

Fast Reporter 2 © es una marca registrada de EXFO ©, Inc.
AutoCAD ® es una marca registrada de Autodesk ®, Inc.
Google Earth TM es una marca registrada de Google ®, Inc.

La versión física de este documento fue impresa en papel ecológico.

CONTENIDO

	Pág.
Lista de figuras.....	xiv
Lista de gráficas y anexos.....	xviii
Marco conceptual.....	xix
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. JUSTIFICACIÓN	4
4. MARCO TEÓRICO	6
4.1 Generalidades de la fibra óptica	6
4.2 Descripción general de los principios de transmisión	7
4.2.1 Que es la fibra óptica ?.....	7
4.2.2 Construcción	7
4.2.3 Reflexión y refracción.....	8
4.2.4 Pérdida	10
4.2.5 Dispersión.....	11
4.3 Tipos de cable de fibra óptica	12
4.3.1 Cable auto soportado ADSS.....	12
4.3.2 Cable OPGW.....	12
4.4 Clasificación de las fibras ópticas	13
4.4.1 Fibras ópticas multimodo.....	13
4.4.2 Fibras ópticas monomodo.....	14
4.5 Fuentes de luz y detectores	15
4.5.1 Fuentes ópticas.....	15
4.5.2 Detectores ópticos.....	16
5. FUNDAMENTACIÓN HUMANÍSTICA	17
6. PRACTICA EMPRESARIAL	19
6.1 Introducción en el ámbito organizacional de la compañía.....	19
6.2 Presentación del proyecto nacional de fibra óptica	19
6.3 Descripción general del campo de acción.....	20
6.3.1 Software FastReporter 2	23
6.3.2 Google Earth.....	23

6.3.3 AutoCAD.....	24
7. ANALISIS DE PRUEBAS DE CERTIFICACIÓN	25
7.1 Introducción al software FastReporter2.....	25
7.2 Medición de fibra óptica con OTDR	27
7.3 Formato de registro protocolo óptico -- OTDR.....	32
8. MATERIALES DE CAMPO	38
8.1 Herraje de sujeción.....	39
8.2 Abrazaderas	40
8.3 Trompo - platina.....	41
8.4 Herraje de suspensión fija	42
8.5 Herraje de suspensión colgante.....	43
8.6 Herraje de retención	44
8.6.1 Retención sencilla.....	44
8.6.2 Retención con simple refuerzo con o sin brazo extensor	46
8.6.3 Retención con doble refuerzo con brazo extensor.....	47
8.7 Herraje de reserva para cable	48
8.8 Amortiguadores.....	50
8.9 Cinta de acero inoxidable band-it	50
8.9.1 Hebilla de acero inoxidable.....	51
8.10 Grapa de bajada	52
8.11 Marquilla de red.....	52
9. DISEÑO DE TRAMOS	53
9.1 Cartera de diseño -- Villavicencio @ Acacias.....	53
9.2 Archivo KMZ de diseño -- ED San Martín @ Cubarral	54
9.3 Plano AutoCAD de diseño -- Acacias @ Guamal.....	56
10. ESTRUCTURA DEL REGISTRO DOCUMENTAL	58
10.1 Recepción documentos de diseño	58
10.1.1 Cartera de diseño.....	58
10.1.2 Kmz de diseño	59
10.1.3 AutoCAD de diseño.....	59
10.2 Generación documentación final	59
10.2.1 Cartera de campo.....	59
10.2.2 Kmz de campo	60
10.2.3 AutoCAD de campo.....	61
10.3 Comparación tramo de diseño Vs tramo de campo.....	61

10.4 Formato unifilar de empalmería.....	61
10.5 Materiales.....	62
10.6 Registro fotográfico.....	63
10.7 Panorama de riesgos.....	63
10.8 Reporte de daños.....	64
10.9 Servidumbres.....	64
10.10 Anexos.....	64
10.10.1 Hallazgos técnicos.....	64
10.10.2 Formatos.....	64
11. REGISTRO DOCUMENTAL DEP. META	65
11.1 Recepción documentos de diseño.....	65
11.1.1 Cartera de diseño – ED Granada @ San Juan de Arama.....	65
11.1.2 Kmz de diseño – ED Granada @ San Juan de Arama.....	68
11.1.3 AutoCAD de diseño – ED Granada @ San Juan de Arama.....	69
11.2 Generación documentación final.....	71
11.2.1 Cartera de campo – ED Granada @ San Juan de Arama.....	71
11.2.2 Kmz de campo – ED Granada @ San Juan de Arama.....	74
11.2.3 AutoCAD de campo – ED Granada @ San Juan de Arama.....	75
11.3 Comparación tramo de diseño Vs tramo de campo.....	77
11.4 Formato unifilar de empalmería.....	80
11.5 Materiales.....	82
11.6 Registro fotográfico.....	83
11.7 Panorama de riesgos.....	84
12. REGISTRO DOCUMENTAL DEP. NORTE DE SANTANDER (NDS)	85
12.1 Recepción documentos de diseño.....	85
12.1.1 Cartera de diseño – Arboledas @ Cucutilla.....	85
12.1.2 Kmz de diseño – Arboledas @ Cucutilla.....	87
12.1.3 AutoCAD de diseño – Arboledas @ Cucutilla.....	88
12.2 Generación documentación final.....	90
12.2.1 Cartera de campo – ED Arboledas @ Cucutilla.....	91
12.2.2 Kmz de campo – ED Arboledas @ Cucutilla.....	94
12.2.3 AutoCAD de campo – ED Arboledas @ Cucutilla.....	95
12.3 Comparación tramo de diseño Vs tramo de campo.....	98
12.4 Formato unifilar de empalmería.....	102
12.5 Materiales.....	104
12.6 Registro fotográfico.....	105
12.7 Panorama de riesgos.....	106
13. REGISTRO DOCUMENTAL DEP. CUNDINAMARCA	107

13.1 Recepción documentos de diseño.....	107
13.1.1 Cartera de diseño – Agua de Dios @ Ricaurte.....	107
13.1.2 Kmz de diseño – Agua de Dios @ Ricaurte.....	110
13.1.3 AutoCAD de diseño – Agua de Dios @ Ricaurte.....	111
13.2 Generación documentación final.....	113
13.2.1 Cartera de campo – Agua de Dios @ Ricaurte.....	113
13.2.2 Kmz de campo – Agua de Dios @ Ricaurte.....	117
13.2.3 AutoCAD de campo – Agua de Dios @ Ricaurte.....	118
13.3 Comparación tramo de diseño Vs tramo de campo.....	120
13.4 Formato unifilar de empalmería.....	124
13.5 Materiales.....	126
13.6 Registro fotográfico.....	127
13.7 Panorama de riesgos.....	128
13.8 Reporte de daños.....	129
14. REGISTRO DOCUMENTAL DEP. TOLIMA	130
14.1 Recepción documentos de diseño.....	130
14.1.1 Cartera de diseño – Prado @ Castilla.....	130
14.1.2 Kmz de diseño – Prado @ Castilla.....	132
14.1.3 AutoCAD de diseño – Prado @ Castilla.....	133
14.2 Generación documentación final.....	135
14.2.1 Cartera de campo – Prado @ Castilla.....	135
14.2.2 Kmz de campo – Prado @ Castilla.....	139
14.2.3 AutoCAD de campo – Prado @ Castilla.....	140
14.3 Comparación tramo de diseño Vs tramo de campo.....	142
14.4 Formato unifilar de empalmería.....	145
14.5 Materiales.....	147
14.6 Registro fotográfico.....	148
14.7 Panorama de riesgos.....	149
14.7 Servidumbres.....	150
15. PRUEBAS BIDIRECCIONALES	151
15.1 Calculo teórico atenuación total del enlace.....	154
15.2 Estadística atenuación del enlace.....	155
16. CONCLUSIONES	156
ABREVIACIONES	157
BIBLIOGRAFÍA	158
ANEXOS	159

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Construcción básica de una fibra óptica.....	7
Figura 2. Principio de la reflexión interna total.....	8
Figura 3. Apertura numérica y reflexión interna total.....	9
Figura 4. Macro curvatura en fibra.....	10
Figura 5. Dispersión.....	11
Figura 6. Cable OPGW.....	12
Figura 7. Fibra óptica multimodo.....	13
Figura 8. Fibra óptica monomodo.....	14
Figura 9. Circuito de controlador LASER simplificado.....	15
Figura 10. Detector simplificado con diodo PIN o APD.....	16
Figura 11. Distribución aérea para el cable de fibra ADSS.....	20
Figura 12. Hoja de datos / Fiber Optic Cables (Outdoor).....	21
Figura 13. EXFO - FastReporter 2.....	23
Figura 14. Google Earth.....	23
Figura 15. AutoCAD.....	24
Figura 16. EXFO – FastReporter 2 – Interfaz.....	25
Figura 17. EXFO – FastReporter 2 – Fibras cargadas.....	26
Figura 18. EXFO – FastReporter 2 – Análisis en fibra.....	26
Figura 19. Empalme de fibra óptica correcta e incorrectamente alineada.....	29
Figura 20. Estimación de un enlace óptico simple.....	30
Figura 21. Medición de fibra óptica con OTDR y fibra de lanzamiento.....	31
Figura 22. Formato protocolo óptico – OTDR.....	32
Figura 23. PDF Creator para la longitud de onda de 1310 nm.....	36
Figura 24. PDF Creator para la longitud de onda de 1550 nm.....	37
Figura 25. Herrajes de sujeción.....	39
Figura 26. Abrazaderas.....	40
Figura 27. Trompo – Platinas.....	41
Figura 28. Herrajes de suspensión fija.....	42
Figura 29. Herrajes de suspensión colgante.....	43
Figura 30. Retención sencilla.....	44
Figura 31. Retención en cambio de nivel y cambio de dirección.....	45
Figura 32. Retención para fibra óptica – vano 1200 metros / Ficha técnica.....	45
Figura 33. Retención con refuerzo simple.....	46
Figura 34. Retención con doble refuerzo.....	47
Figura 35. Herrajes para reserva de F.O.....	48

Figura 36.	Herraje tipo cruz para reserva de F.O.....	49
Figura 37.	Guía de bajada para reserva de F.O.....	49
Figura 38.	Tipos de amortiguadores.....	50
Figura 39.	Cinta band – it.....	51
Figura 40.	Hebilla de acero inoxidable.....	51
Figura 41.	Grapa de bajada.....	52
Figura 42.	Marquilla de red.....	52
Figura 43.	Cartera de diseño.....	53
Figura 44.	Georreferenciación.....	54
Figura 45.	Kmz de diseño.....	55
Figura 46.	Plano AutoCAD de diseño.....	56
Figura 47.	Cartera de diseño – ED Granada @ San Juan de Arama.....	65
Figura 48.	Continuación cartera de diseño – ED Granada @ San Juan de Arama.....	66
Figura 49.	Parte final cartera de diseño – ED Granada @ San Juan de Arama....	67
Figura 50.	Kmz de diseño – ED Granada @ San Juan de Arama.....	68
Figura 51.	Plano AutoCAD de diseño – ED Granada @ San Juan de Arama.....	69
Figura 52.	Cartera de campo – ED Granada @ San Juan de Arama.....	71
Figura 53.	Continuación cartera de campo – ED Granada @ San Juan de Arama.....	72
Figura 54.	Parte final cartera de campo – ED Granada @ San Juan de Arama....	73
Figura 55.	Kmz de campo – ED Granada @ San Juan de Arama.....	74
Figura 56.	Plano AutoCAD de campo – ED Granada @ San Juan de Arama.....	75
Figura 57.	Kmz de diseño Vs Kmz de campo.....	77
Figura 58.	AutoCAD de diseño Vs AutoCAD de campo.....	78
Figura 59.	Fotografías del cambio de nodo en San Juan de Arama 1.....	79
Figura 60.	Fotografías del cambio de nodo en San Juan de Arama 2.....	79
Figura 61.	Formato unifilar de empalmería.....	80
Figura 62.	Continuación formato unifilar de empalmería.....	81
Figura 63.	Cuadro de materiales.....	82
Figura 64.	Registro fotográfico de tendido de fibra óptica.....	83
Figura 65.	Cuadro panorama de riesgos.....	84
Figura 66.	Cartera de diseño – Arboledas @ Cucutilla.....	85
Figura 67.	Continuación cartera de diseño – Arboledas @ Cucutilla.....	86
Figura 68.	Parte final cartera de diseño – Arboledas @ Cucutilla.....	86
Figura 69.	Kmz de diseño – Arboledas @ Cucutilla.....	87
Figura 70.	Plano AutoCAD de diseño – Arboledas @ Cucutilla.....	88
Figura 71.	Cartera de campo – ED Arboledas @ Cucutilla.....	91
Figura 72.	Continuación cartera de campo – ED Arboledas @ Cucutilla.....	92
Figura 73.	Parte final cartera de campo – ED Arboledas @ Cucutilla.....	93
Figura 74.	Kmz de campo – ED Arboledas @ Cucutilla.....	94
Figura 75.	Plano AutoCAD de campo – ED Arboledas @ Cucutilla.....	95
Figura 76.	Kmz de diseño Vs Kmz de campo.....	98

Figura 77.	Kmz de diseño Vs Kmz de campo (Punto de interés).....	99
Figura 78.	AutoCAD de diseño Vs AutoCAD de campo.....	100
Figura 79.	Fotografías de la llegada al nodo de Arboledas.....	100
Figura 80.	Fotografías del acceso a los ODF'S Arboledas.....	101
Figura 81.	Fotografías de la llegada al nodo de Cucutilla.....	101
Figura 82.	Fotografías del acceso a los ODF'S Cucutilla.....	101
Figura 83.	Formato unifilar de empalmería.....	102
Figura 84.	Continuación formato unifilar de empalmería.....	103
Figura 85.	Cuadro de materiales.....	104
Figura 86.	Registro fotográfico de tendido de fibra.....	105
Figura 87.	Cuadro panorama de riesgos.....	106
Figura 88.	Cartera de diseño – Agua de Dios @ Ricaurte.....	107
Figura 89.	Continuación cartera de diseño – Agua de Dios @ Ricaurte.....	108
Figura 90.	Parte intermedia cartera de diseño – Agua de Dios @ Ricaurte.....	109
Figura 91.	Parte final cartera de diseño – Agua de Dios @ Ricaurte.....	109
Figura 92.	Kmz de diseño – Agua de Dios @ Ricaurte.....	110
Figura 93.	Plano AutoCAD de diseño – Agua de Dios @ Ricaurte.....	111
Figura 94.	Cartera de campo – Agua de Dios @ Ricaurte.....	113
Figura 95.	Continuación cartera de campo – Agua de Dios @ Ricaurte.....	114
Figura 96.	Parte intermedia cartera de campo – Agua de Dios @ Ricaurte.....	115
Figura 97.	Parte final cartera de campo – Agua de Dios @ Ricaurte.....	116
Figura 98.	Kmz de campo – Agua de Dios @ Ricaurte.....	117
Figura 99.	Plano AutoCAD de campo – Agua de Dios @ Ricaurte.....	118
Figura 100.	Comparación diseño Vs campo – Agua de Dios @ Ricaurte.....	120
Figura 101.	Kmz de diseño Vs Kmz de campo.....	121
Figura 102.	AutoCAD de diseño Vs AutoCAD de campo.....	122
Figura 103.	Fotografías de la llegada al nodo de Agua de Dios.....	122
Figura 104.	Fotografías del acceso a los ODF'S en Agua de Dios.....	123
Figura 105.	Fotografías de la llegada al nodo de Ricaurte.....	123
Figura 106.	Fotografías del acceso a los ODF'S en Ricaurte.....	123
Figura 107.	Formato unifilar de empalmería.....	124
Figura 108.	Continuación formato unifilar de empalmería.....	125
Figura 109.	Cuadro de materiales.....	126
Figura 110.	Registro fotográfico de tendido de fibra óptica.....	127
Figura 111.	Panorama de riesgos.....	128
Figura 112.	Continuación panorama de riesgos.....	128
Figura 113.	Reporte de daño en Agua de Dios @ Ricaurte.....	129
Figura 114.	Cartera de diseño – Prado @ Castilla.....	130
Figura 115.	Continuación cartera de diseño – Prado @ Castilla.....	131
Figura 116.	Parte final cartera de diseño – Prado @ Castilla.....	131
Figura 117.	Kmz de diseño – Prado @ Castilla.....	132

Figura 118.	Plano AutoCAD de diseño – Prado @ Castilla.....	133
Figura 119.	Cartera de campo – Prado @ Castilla.....	135
Figura 120.	Continuación cartera de campo – Prado @ Castilla.....	136
Figura 121.	Parte intermedia cartera de campo – Prado @ Castilla.....	137
Figura 122.	Parte final cartera de campo – Prado @ Castilla.....	138
Figura 123.	Kmz de campo – Prado @ Castilla.....	139
Figura 124.	Plano AutoCAD de campo – Prado @ Castilla.....	140
Figura 125.	Kmz de diseño Vs Kmz de campo.....	142
Figura 126.	AutoCAD de diseño Vs AutoCAD de campo.....	143
Figura 127.	Fotografías de la llegada al nodo de Prado.....	143
Figura 128.	Fotografías del acceso a los equipos.....	144
Figura 129.	Fotografías del acceso a los ODF'S en Prado.....	144
Figura 130.	Fotografías del acceso a la reserva en Castilla.....	144
Figura 131.	Formato unifilar de empalmería.....	145
Figura 132.	Continuación formato unifilar de empalmería.....	146
Figura 133.	Cuadro de materiales.....	147
Figura 134.	Registro fotográfico de tendido de fibra óptica.....	148
Figura 135.	Panorama de riesgos.....	149
Figura 136.	Ubicación de servidumbres en el plano AutoCAD.....	150
Figura 137.	Pruebas bidireccionales Prado @ Coyaima sentido A -> B.....	151
Figura 138.	Pruebas bidireccionales Coyaima @ Prado sentido B -> A.....	152
Figura 139.	Atenuación total del enlace Prado @ Coyaima.....	153

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Grafica 1. Crecimiento de suscriptores Vs municipios internet dedicado.....	4
Grafica 2. Visualización OTDR con elevadas pérdidas en conector a 137 m.....	28
Grafica 3. Visualización Excel para seguimiento de atenuaciones en 1310 y 1550 nm	35
Grafica 4. Atenuación total del enlace por fibras.....	155

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Hallazgos técnicos del enlace Facatativá @ Bojacá.....	159
Anexo 2. Formatos.....	163

MARCO CONCEPTUAL

En esta sección se elabora una revisión bibliográfica de los conceptos generales que abarcan y describen los temas relacionados a la fibra óptica y de los cuales se sustenta el presente trabajo de grado.

Abscisa (p. 22): Este término se utiliza para referirse a un punto o una coordenada. Sin embargo, en fibra óptica se utiliza el término abscisa, donde el fabricante demarca los metros sobre la superficie del cable, para poder visualizar y llevar un registro de los metros de cable utilizado. El abscisado de un cable de F.O. va demarcado por lo general desde 0 hasta los 4000 metros.

Amplificador (p. 16): Es un dispositivo que sirve para aumentar la potencia de una luz de onda; los amplificadores son un elemento central para cualquier dispositivo láser¹.

Apertura numérica (p. 9): Es la medida para el ángulo de aceptación de una fibra óptica, y se representa como el ángulo de un cono dentro del cual las longitudes de onda pueden acoplarse en una fibra².

Atenuación (p. 6): En fibra se utiliza el término cuando una onda de luz experimenta una atenuación a medida que esta se propaga a través de un medio óptico guiado.

Banda Ancha (p. 1): Es un intervalo de frecuencia sobre el cual una señal contiene energía y se limita como la diferencia de frecuencia entre la señal más alta y la más baja³. En óptica, una característica de rendimiento es el ancho de banda, o la capacidad de transportar información a través de la fibra óptica.

Banda Prohibida (bandgap) (p. 15): Es la diferencia de energía entre la banda de conducción y la banda de valencia.

Bit (p. 7): Abreviatura para dígito binario. Un bit es la unidad básica de información digital⁴.

¹ Fedor, Fiber Optics, p. 293

² Fedor, Fiber Optics, p. 296

³ Fedor, Fiber Optics, p. 293

⁴ Tocci, Sistemas digitales, sección 1-3, p. 11

Byte (p. 11): Término especial utilizado para un grupo de 8 bits. Un byte contiene 8 bits⁵.

Buffer (p. 22): En fibra, el buffer o los buffers se les llama a los propios hilos de fibra óptica; ya que son el medio por donde se transmite toda la información.

Cable Coaxial (p. 41): Es un cable que se utiliza para transportar señales eléctricas de alta frecuencia.

Cable Mensajero (p. 104): Es un cable de acero que se utiliza para soportar el cable de F.O. con el fin de realizar cruces americanos en estructuras aéreas.

Dispersión (p. 11): Es la difusión de los pulsos que forma una señal a medida que viaja a lo largo de la fibra óptica. El término usualmente se refiere a la dispersión de velocidad de grupo de las longitudes de onda⁶.

Ecosistema Digital (p. 1): Es la relación de varios componentes como lo son la infraestructura, los servicios, las aplicaciones y los usuarios, haciendo posible un ecosistema digital al tener una relación mutua y soportada en la tecnología.

Empalme (p. 10): En fibra óptica se utiliza el término para describir la unión/fusión entre dos fibras produciendo como resultado una baja pérdida en dB.

Enlace (p. 3): Es una conexión punto a punto con el fin de transmitir y recibir información, por ejemplo, una conexión entre fibras ópticas.

Fibra Óptica (p. 1): Se refiere a las fibras ópticas como tal, hilos delgados y flexibles de vidrio u otro material dieléctrico que pueden conducir la luz⁷.

Fusionadora (p. 22): Es un dispositivo que sirve para fusionar, acoplar y/o alinear dos fibras de forma correcta, con el objetivo de dar continuidad al enlace y de minimizar las atenuaciones o pérdidas entre los empalmes.

⁵ Tocci, Sistemas digitales, sección 11-1, p. 663

⁶ Fedor, Fiber Optics, p. 294

⁷ Fedor, Fiber Optics, p. 294

Frecuencia (p. 6): Es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o evento periódico⁸.

Índice de refracción (p. 9): Es un valor que indica en cuanto se reduce la velocidad de la luz de un material en comparación con el vacío, en materiales como aire o vidrio⁹. En óptica se utiliza para caracterizar un material.

ITU-T (p. 21): La UIT constituye una amplia representación en el sector de las TIC; donde los principales fabricantes, operadores internacionales y pequeños actores llevan a cabo su actividad innovadora en el ámbito de las nuevas tecnologías¹⁰. Para el proyecto vive digital se hace referencia a la normatividad establecida en los estándares definidos por la industria para la fibra óptica.

Herrajes (p. 38): Es un dispositivo metálico que se utiliza para fijar, soportar y reforzar de manera correcta el cable de fibra óptica para el paso por las líneas de alta tensión.

Interferencia Electromagnética (p. 12): Es una perturbación que ocurre en un determinado sistema electrónico, causado por una fuente de radiación electromagnética interna o externa.

LASER (p. 6): *–Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation–*. Es una fuente de luz capaz de producir luz coherente. El principio del láser se basa en la emisión estimulada de un material que se utiliza como un amplificador óptico¹¹.

LED (p. 6): *–Light emitting diode–*. Es un dispositivo semiconductor que produce luz cuando una corriente de operación lo atraviesa, su estructura es simple como la de un diodo laser, solo que su luz no es coherente¹².

⁸ Tipler, Física para la ciencia y la tecnología, Capítulo 14, p 404

⁹ Fedor, Fiber Optics, p. 297

¹⁰ ITU (2019), desde <https://www.itu.int/es/join/Pages/default.aspx>

¹¹ Fedor, Fiber Optics, p. 295

¹² Fedor, Fiber Optics, p. 295

Longitud de onda (p. 14): Es la distancia recorrida entre dos puntos consecutivos como crestas, valles o cruces por cero, de una determinada onda y se puede asociar como la longitud de un ciclo. La frecuencia y la longitud de onda están relacionados con la velocidad de la luz.

Modulación (p. 15): Es la modificación controlada de amplitud, fase y frecuencia de una onda de luz para enviar información a través de un medio¹³.

Nodo (p. 19): Es la unión de varios elementos que confluyen hacia un mismo lugar, con las mismas características. Aquí el término se refiere a los destinos donde llega la fibra óptica, que claramente confluye desde y hacia otros departamentos definiendo así los nodos para la F.O.

Núcleo (p. 8): Es la zona más interna en la estructura de una fibra óptica. En el caso de la fibra óptica monomodo el radio es de varios micrómetros, donde la mayor parte de la luz es guiada dentro del núcleo¹⁴.

OTDR (p. 25): *–Reflectometría óptica en el dominio del tiempo–*. Es un procedimiento que se realiza para medir el tiempo después del cual un pulso de luz regresa de la fibra y así poder evaluar la posición de pérdida en curvas, empalmes y posibles daños¹⁵.

ODF'S (p. 61): Un distribuidor de fibras ópticas (**ODF**), sirve para la centralización, interconexión y derivaciones de los cables de F.O. Sin embargo, para el proyecto se asocia como la salida/llegada a los nodos.

PACVI (p. 58): Es un número de serial con el que se marca un poste para poder diferenciarlo y referenciarlo respecto a los demás postes, por ejemplo, un poste puede tener una identificación PACVI: 454787, como número de serie.

¹³ Fedor, Fiber Optics, p. 296

¹⁴ Fedor, Fiber Optics, p. 294

¹⁵ Fedor, Fiber Optics, p. 297

Rack (p. 61): Es un soporte metálico que sirve para ubicar equipos electrónicos, informáticos y de comunicaciones.

Redes (p. 7): Es el conjunto de determinados equipos y software conectados entre sí para el transporte de datos, con el objetivo de compartir información.

Reflexión interna total (p. 8): Es un fenómeno que se encuentra en la interfaz entre dos materiales con diferentes índices de refracción¹⁶. Este fenómeno hace que el haz de luz se refleje completamente dentro de la fibra, llevando así la información de extremo a extremo.

Señal (p. 15): Es cualquier magnitud física que varía con el tiempo, el espacio o cualquier otra variable o variables independientes¹⁷. En otras palabras, es la variación de una magnitud física que se utiliza para transmitir información.

Tecnologías de la Información y la Comunicaciones (TIC) (p. 1): Son el conjunto de tecnologías desarrolladas para gestionar información y transferirla de un lugar a otro, dentro de un marco de globalización económico, social y cultural¹⁸.

Telecomunicaciones (p. 4): Es toda transmisión y recepción de señales de cualquier naturaleza, generalmente electromagnéticas.

Transmisión de datos (p. 1): Es toda transferencia física de datos por un canal de comunicación punto a punto o punto a multipunto.

¹⁶ Fedor, Fiber Optics, p. 298

¹⁷ Proakis, Manolakis, Tratamiento digital de señales, Capítulo 1, p. 2

¹⁸ MinTIC (2018). desde <http://www.enticconfio.gov.co/que-son-las-tic-significado>

1. INTRODUCCIÓN

Para contextualizar el proyecto, es necesario saber un poco acerca del (Proyecto Nacional de Fibra Óptica, 2011). Donde se describe a grandes rasgos que, “El Ministerio de las Tecnologías de la información y las comunicaciones (MinTIC) dentro del marco de la política, lineamientos y ejes de acción que se desarrolló durante el periodo de gobierno (2010-2014), se encuentra contenido el “Plan Vive Digital” que se promovió durante este periodo, generando las condiciones adecuadas para que el sector de las telecomunicaciones aumente su cobertura a través del despliegue de infraestructura, aumente la penetración de banda ancha, se intensifique el uso y la apropiación de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC); así como la generación de contenidos y aplicaciones convergiendo dentro de un ecosistema digital”.

De igual manera señala que “Bajo esta premisa, el Proyecto Nacional de Fibra Óptica tuvo como objetivo alcanzar aproximadamente 700 municipios conectados con fibra en todo el país. Con base en este firme propósito el MinTIC a través de este proyecto buscó promover la ampliación de la infraestructura de fibra óptica existente para así llegar a un mayor número de colombianos que puedan acceder a las TIC, con mejores condiciones técnicas, económicas y mejores servicios”. (Proyecto Nacional de Fibra Óptica, 2011).

Por otro lado, dentro del desarrollo del programa Compartel y contrato de fomento asociado al Proyecto ACC Vive Digital; se efectuaron obras de instalación de redes de fibra óptica a lo largo y ancho del país. Las obras descritas pretenden dar amplitud a los servicios de internet y/o banda ancha a través de la interconexión de nodos en los diferentes municipios.

Entrando en materia, para el transporte de las redes se utilizó; en su mayoría la infraestructura arrendada de los proveedores del servicio de energía a nivel local y regional según aplique. El fin primordial a nivel público consiste en incorporar el servicio a los hospitales, instituciones educativas y alcaldías, de manera que se pueda establecer comunicación constante.

De manera general, se puede describir que, a medida que los enlaces de fibra óptica admiten mayores anchos de banda con requerimientos más exigentes, cada vez es más importante garantizar que los enlaces troncales cumplan con los estándares estrictos de pérdidas. La necesidad de una mayor capacidad de transmisión de datos sigue aumentando a medida que crecen y se expanden las aplicaciones de red.

Como tal, el siguiente manual describe las generalidades, los principios de transmisión, clasificación y tipos de fibra óptica; así como los requisitos de rendimiento de cableado, pruebas de campo, análisis, documentación y técnicas que permitan asegurar el adecuado funcionamiento del cableado de fibra óptica instalado, para el proyecto ACC Vive Digital.

El presente documento, examina las mejores prácticas para la recepción de pruebas de campo, así como las herramientas utilizadas para hacer un buen registro documental, asegurando una información sólida acerca del estado de los enlaces, cumpliendo así con la normatividad establecida por la ITU-T para los estándares de fibra.

Dentro del marco del proyecto educativo, el Ingeniero Electrónico de la Universidad Santo Tomás se reconoce como un profesional humanista, integral, ético y crítico; con capacidad de solucionar problemas, innovar, modelar, diseñar, desarrollar, integrar, gestionar y emprender en los campos de la electrónica, el control, la automatización, la robótica, la instrumentación y las tecnologías de la información y las comunicaciones, orientado hacia la optimización y uso eficiente de los recursos en un mundo globalizado, con responsabilidad ambiental, compromiso social y cultura investigativa. (Departamento de humanidades y formación integral. USTA, 2012).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Realizar un manual de pruebas de campo y registro documental sobre redes de fibra óptica para el proyecto ACC Vive Digital que explique detalladamente los pasos a seguir al momento de recibir y tratar la información que llega de campo con el fin de generar un documento oficial que sirva como guía para quienes siguen trabajando sobre el mantenimiento preventivo y correctivo de estas redes de fibra óptica.

2.2 Objetivos Específicos

Garantizar que las Troncales/Backbones y/o enlaces cumplan con los estándares estrictos de pérdida y con las recomendaciones **ITU-T G-SERIES** y demás requerimientos de transmisión definidos por la **ANSI/TIA/EIA** para cables de fibra óptica.

Comprobar que las redes de fibra óptica funcionen de manera adecuada, mediante el control de protocolo de pruebas que van desde la recepción de los carretes de fibra, hasta la aceptación de los enlaces por medio de la herramienta **FastReporter 2**, de manera que se establezca una comunicación constante.

Hacer una documentación coherente y eficiente de acuerdo a la información que se recibe de campo por medio de herramientas como **Excel**, **Google Earth** y **AutoCAD**; que permitan registrar el estado actual de los enlaces en una documentación final.

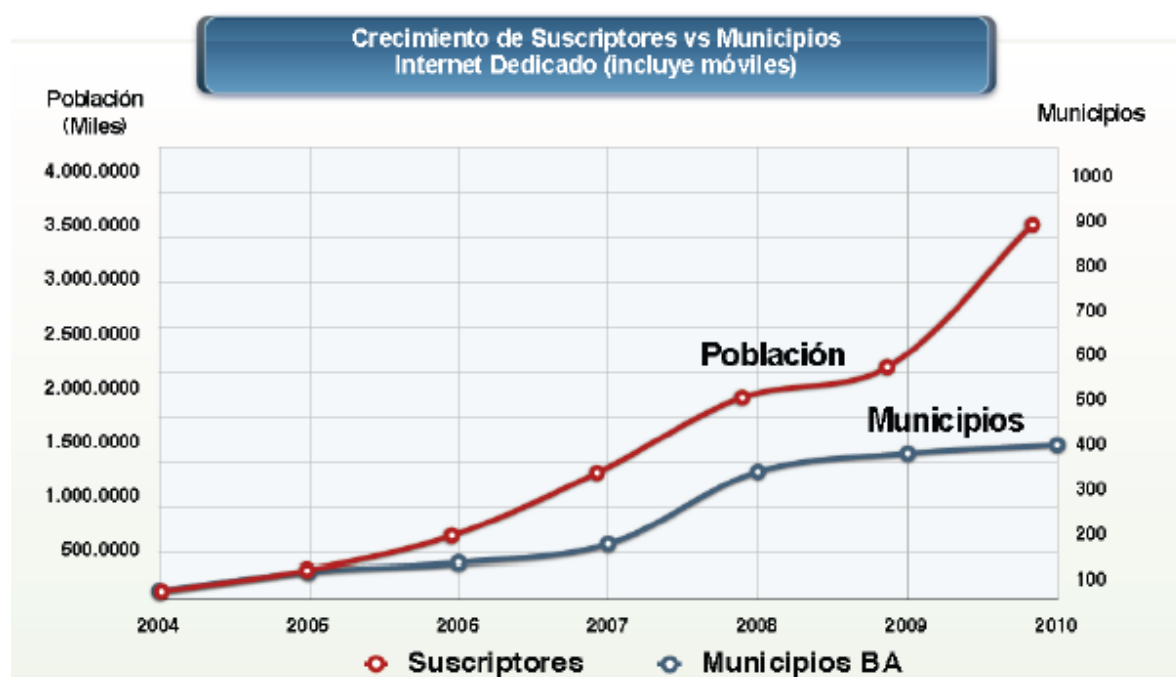
Masificar el uso y apropiación de las **Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC)**, a través de la expansión de redes de fibra óptica aproximadamente a 700 municipios de Colombia con el fin de aumentar la cobertura, la competitividad y productividad a lo largo y ancho del país; *Priorizando el servicio de banda ancha a los hospitales, instituciones educativas y alcaldías.*

Comprobar el **perfil profesional** del Ingeniero Electrónico de la Universidad Santo Tomás al momento de proponer soluciones a diferentes problemáticas, basadas en la innovación, la integración y la gestión de recursos tecnológicos en los diferentes sectores de su **campo de acción**.

3. JUSTIFICACIÓN

Las suscripciones de internet dedicado presentan un crecimiento exponencial en las principales ciudades del país frente a los municipios que ofrecen el mismo servicio. La grafica 1 demuestra que a 2010 los operadores actuales han encaminado sus esfuerzos comerciales y por ende sus redes a las grandes ciudades, dejando de lado el desarrollo eficiente de las comunicaciones a lo largo y ancho del país¹⁹.

Grafica 1. Crecimiento de Suscriptores Vs Municipios Internet dedicado.



Autor: Proyecto Nacional de Fibra Óptica, adaptada a partir de *SIUST, CRC, Programa Compartel*¹⁹.

En atención a lo anterior, el Ministerio TIC ha fomentado proyectos de telecomunicaciones cuyo objetivo es promover la prestación de los servicios en regiones que son de poco valor para los mercados. En consecuencia, no se cuenta con infraestructura troncal necesaria para la prestación de servicios en la gran mayoría de los municipios del país debido a su alto costo de despliegue y baja rentabilidad esperada por parte de los actores del mercado. Lo cual genera una baja penetración de internet de banda ancha a nivel nacional y por ende un bajo número de conexiones por hogar.

¹⁹ Proyecto Nacional de Fibra óptica / Documento Técnico Preliminar / Programa Compartel / Vive Digital Colombia. Consultado 2019. Disponible en: (<https://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-channel.html>)

A partir del desarrollo del proyecto Vive Digital, surge la necesidad de realizar un manual que documente física y digitalmente las obras efectuadas en campo garantizando una información fiable que sea capaz de ser examinada por personal de obra, en caso de que tengan que verificar o replantear un diseño proyectado; ya sea para confirmar la ruta o recorrido de la fibra tendida o generar algún cambio en la misma; también sirve para identificar las zonas con mayor riesgo de daño para la fibra tendida.

Colombia posee **1.123** municipios registrados por el **DANE**, de los cuales aproximadamente **700** municipios fueron los beneficiados por este proyecto. Se puede considerar que se trata de un proyecto a gran escala en el sector de las telecomunicaciones; donde surge la necesidad de ***documentar de manera eficiente y apropiada la información que nos entrega el estado de los enlaces***, esto a partir de las pruebas antes de instalación, pruebas realizadas en campo y verificación del tendido de la fibra, sobre un manual que contenga los pasos necesarios para documentar y asegurar que el cableado instalado cumpla con los estándares de rendimiento de transmisión definidos por la industria.

4. MARCO TEÓRICO

Para introducir al lector en la teoría de la fibra óptica es necesario hacer un recuento de varios conceptos que tienen una conexión directa sobre los objetivos del proyecto.

4.1. Generalidades de la fibra óptica

Una breve historia de la fibra óptica describe de manera general que, a comienzos de la década de 1840, el físico irlandés John Tyndall descubrió que la luz podía viajar dentro de un material como el agua, curvándose por reflexión interna, y en 1870 presentó sus estudios ante los miembros de la Real Sociedad.

Por otro lado, (Fedor, 2009). Describe que Alexander Graham Bell fue el primero en utilizar la luz como medio de transmisión al desarrollar el fotófono²⁰ en 1880. En un principio, este invento intentaba transmitir el sonido utilizando un rayo de luz y encontró que en la atmosfera se atenuaban las señales debido a las partículas de aire y vapor de agua. Alexander Graham Bell no tenía manera de saber que, 100 años después, estos problemas se resolverían mediante la introducción de fibras de vidrio y fuentes de luz²¹.

La búsqueda de un medio para transmitir luz que fuera inmune a perturbaciones y más confiable continuó y finalmente hasta en 1951 se encontraron atenuaciones del haz de luz enviado a través de un hilo llamado fibra óptica en rangos que permitían una aceptable transmisión de información por este medio.

A finales de la década del 70 y principios de los 80's el avance en la fabricación de los cables ópticos y el desarrollo de las tecnologías LED como fuentes luminosas que producen señales con distintas frecuencias y fases –Luz no coherente–; y LASER, como generadores de luz mono cromática –ondas de la misma frecuencia y fase–, que forman a la salida un haz de –luz coherente–. Permitieron iniciar el desarrollo de sistemas de comunicaciones eficientes y de alta capacidad utilizando la F.O. como medio de transmisión; marcando así el inicio de una nueva era tecnológica en materia de soluciones para la transmisión de información de gran capacidad²².

²⁰ **Fotófono de Alexander Graham Bell:** La luz del sol se dirige a una membrana que vibra a medida que se agita por el sonido del altavoz. El haz de luz se transmite y finalmente se demodula mediante una celda de foto selenio.

²¹ Fedor, Fiber Optics, chapter 1, p. 5

²² ABC de la Fibra Óptica - Proyecto Nacional de Fibra óptica – MINTIC – Vive Digital. Consultado 2019. Disponible en: (<https://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-5342.html>).

4.2. Descripción general de los principios de transmisión

A continuación, se presentan los fundamentos generales y algunas de las propiedades que comprenden los principios básicos y de funcionamiento de la F.O.

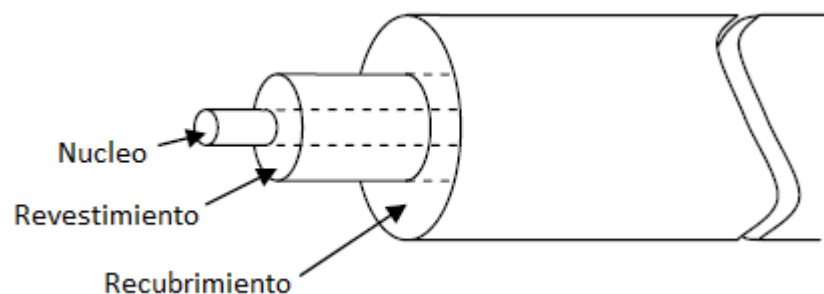
4.2.1 ¿Qué es la Fibra Óptica?

Es un medio de transmisión empleado en redes de datos. La forma de transmitir es a través de haces de luz. En general, la F.O. es el medio de transmisión más utilizado gracias a la gran capacidad que tiene de enviar información, ya que a través de un hilo de fibra óptica se pueden enviar millones de bits por segundo (bps) y así poder acceder a servicios de manera simultánea con gran velocidad y calidad²³.

4.2.2 Construcción

Una fibra óptica es esencialmente una guía de onda para ondas de luz, y debe estar hecha de un material transparente. Los materiales utilizados en la construcción incluyen vidrio, plástico u otro material dieléctrico el cual no puede conducir cargas eléctricas. Por lo general, un cable de F.O. consta de hilos extremadamente finos de silicio ultra-puro el cual está diseñado para transmitir señales luminosas. Su índice de refracción es alto y es capaz de llevar la luz con bajas atenuaciones incluso cuando se curva el cable hasta cierto ángulo. La figura 1 muestra la construcción básica de una fibra óptica²⁴.

Figura 1. Construcción básica de una Fibra Óptica.



Autor: Mohammad Azadeh, adaptada a partir de *Fiber Optics Engineering*²⁴.

²³ ABC de la Fibra Óptica - Proyecto Nacional de Fibra óptica – MINTIC – Vive Digital. Consultado 2019. Disponible en: (<https://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-5342.html>).

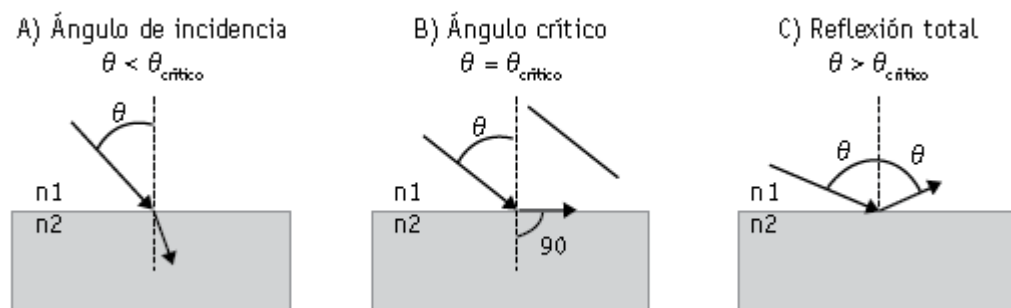
²⁴ Azadeh, *Fiber Optics Engineering*, chapter 5, p. 128

La F.O. está compuesta por un núcleo, el cual guía las señales luminosas que se transmiten y un revestimiento que confina la luz dentro del núcleo; ambos cilindros tienen diferente índice de refracción, siendo el del exterior inferior al del interior. Por último, el recubrimiento en la parte externa, está hecho de un material plástico que proporciona protección. La forma estándar de la fibra óptica es una estructura cilíndrica y el diámetro de las fibras ópticas son típicamente del orden de los micrómetros.

4.2.3 Reflexión y Refracción

El funcionamiento de la fibra óptica se basa en el principio de la reflexión interna total. La figura 2 representa este principio cuando la luz viaja desde un medio n_1 hacia un medio n_2 con un determinado ángulo de incidencia θ ²⁵.

Figura 2. Principio de la reflexión interna total.



Autor: Fluke Networks, adaptada a partir de *Cableado de fibra óptica para comunicaciones de datos*²⁵.

Para el caso **(A)** se puede analizar que cuando el ángulo de incidencia θ es menor que el θ crítico, el rayo incidente atraviesa el medio n_2 , pero con un cambio de dirección; este fenómeno es conocido como refracción.

Para el caso **(B)** se puede observar que cuando el ángulo de incidencia θ es igual al θ crítico, el rayo refractado o transmitido sale paralelo a la frontera, debido a que el ángulo en el medio n_2 llega a 90° grados; esto se conoce como ángulo límite.

Para el caso **(C)** se puede considerar que cuando el ángulo de incidencia θ es mayor que el θ crítico; y como el ángulo θ crítico no puede ser mayor a 90° grados, el rayo de luz se refleja totalmente; así que la reflexión es realmente del 100% y sin pérdidas. Este fenómeno se conoce como reflexión interna total.

²⁵ Cableado de Fibra Óptica para Comunicaciones de datos – Manual de Comprobación y solución de problemas. Fluke Networks, Sección 2, p. 4

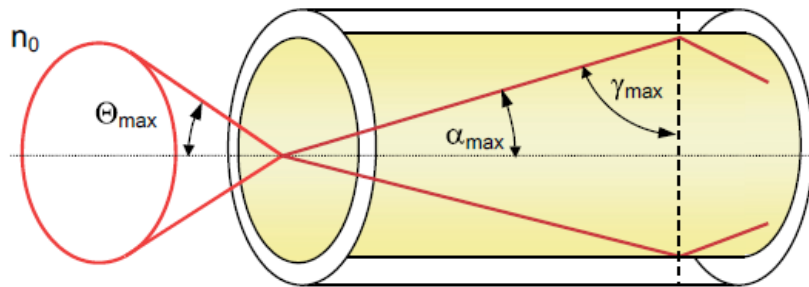
Cada material se caracteriza por un índice de refracción, representado por el símbolo (n). Este índice es la proporción entre la velocidad de la luz en el vacío (c) y su velocidad en un medio específico (v), como se describe a continuación:

$$n = \frac{c}{v} \quad (4.1)$$

En resumen, el índice de refracción es una medida que determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio homogéneo. Por lo general, el núcleo de una F.O. tiene un índice de refracción levemente mayor que el del revestimiento.

Por otro lado, el principio de reflexión interna total es la base para el funcionamiento de la fibra óptica. De acuerdo con “(Fluke Networks, 2009, p.4). El índice de refracción para el núcleo es típicamente de 1,47; mientras que el índice de refracción para el revestimiento es alrededor de 1,45”. Basándose en este principio, se puede describir un cono imaginario con un ángulo relacionado al ángulo crítico como se observa en la siguiente figura²⁶.

Figura 3. Apertura numérica y reflexión interna total.



Autor: ZIEMANN, adaptada a partir de *Optical Short Range Transmission Systems*²⁶.

Al introducir el haz de luz en un extremo de la fibra al interior del cono Θ , esta estará sujeta a reflexión interna total viajando a través del núcleo. Por el contrario, si la luz se encuentra por fuera de este cono, se refractará en el revestimiento y no viajará a través del núcleo. Por lo general, el cono está relacionado con el término de apertura numérica.

²⁶ ZIEMANN Olaf, KRAUSER Jürgen, ZAMZOW Peter E., DAUM Werner, POF Handbook; Optical Short Range Transmission Systems, Chapter 2, p. 39

4.2.4 Pérdida

En fibra óptica se entiende como pérdida a la máxima atenuación de señal permitida en la fibra como medio de transmisión, desde el dispositivo transmisor hacia el receptor. Para entender esto, es necesario comprender que la señal debe llegar al final del enlace con la suficiente potencia para ser detectada y decodificada. La pérdida de señal se compone por las pérdidas acumuladas en el cable de F.O. más la pérdida en cada conexión y/o empalme.

La atenuación de una señal en F.O. puede llegar a producirse debido a impurezas durante el proceso de fabricación del cableado, por tensiones inadecuadas y/o curvaturas de pequeño radio en la fibra. Un factor común es debido a la dispersión, la forma más común es la – Dispersión de Rayleigh–; que es causada por las no uniformidades microscópicas en la F.O. Esto provoca que los rayos de luz se dispersen parcialmente cuando viajan a lo largo del núcleo y, por lo tanto, se pierde algo de potencia de luz. Es por esto que las longitudes de onda más largas se ven menos afectadas que las longitudes de onda más cortas ya que están sujetas a menor pérdida²⁷.

Sin embargo; el estrés mecánico, la tensión, la presión o la torsión de la fibra pueden causar micro curvaturas; las macro curvaturas en cambio son causadas por curvaturas de pequeño radio. Un doblez con un radio reducido hace que los modos de luz se escapen del núcleo provocando pérdida en la señal.

Figura 4. Macro curvatura en fibra.



Autor: Fedor, adaptada a partir de *Fiber Optics Physics and Technology*²⁸.

La figura anterior muestra una onda de luz que viaja a través de una fibra doblada; las curvas de pequeño radio implican que los haces de luz incidan en un ángulo diferente, allí parte de la luz puede perderse debido a que el ángulo máximo para la reflexión interna total se excede, generando discontinuidad en el recorrido de la luz²⁸.

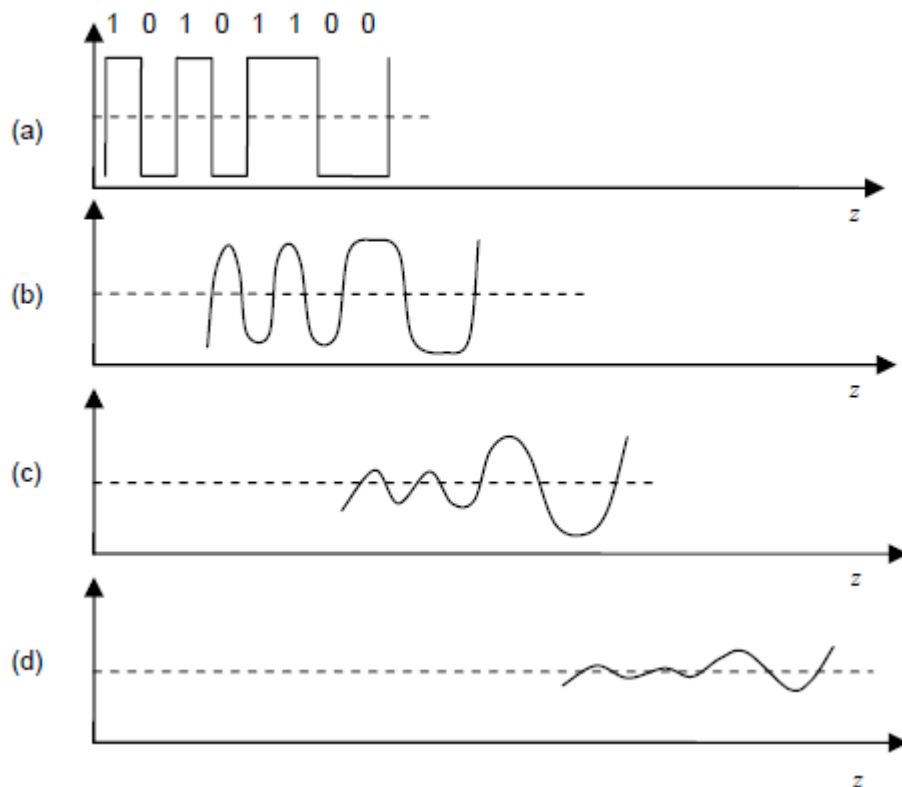
²⁷ Cableado de Fibra Óptica para Comunicaciones de datos – Manual de Comprobación y solución de problemas. Fluke Networks, Sección 2, p. 6

²⁸ Fedor, Fiber Optics, chapter 2, p. 24

4.2.5 Dispersión

Un factor importante que limita el rendimiento de los enlaces es la dispersión. En general, la dispersión se refiere a la difusión de los pulsos que forma una señal a medida que viaja a lo largo de la fibra. La figura 5 representa la dispersión en la propagación de un pulso para un byte de datos. A manera de ejemplo, el byte viene dado por la secuencia 10101100. La primera mitad del byte tiene componentes de alta frecuencia generando así que los datos se fusionen primero; la segunda mitad que consta de componentes de baja frecuencia, también terminan fusionándose al viajar a través de la F.O.²⁹.

Figura 5. Dispersión



Autor: Mohammad Azadeh, adaptada a partir de *Fiber Optics Engineering*²⁹.

En la figura 5(b) los bits aún son distinguibles; sin embargo, a medida que el pulso viaja más lejos, el efecto de redondeo continúa y los bits se comienzan a fusionar como se puede apreciar en las figuras 5(c) y 5(d). En este punto todo el byte de datos estará completamente perdido. La ampliación o dispersión del pulso se puede dar por la dispersión modal en fibra multimodo y/o por dispersión cromática, de onda o de polarización en fibras monomodo. En resumen, la dispersión limita la velocidad a la cual se pueden transmitir los pulsos.

²⁹ Azadeh, *Fiber Optics Engineering*, chapter 5, p. 138

4.3. Tipos de cable de fibra óptica

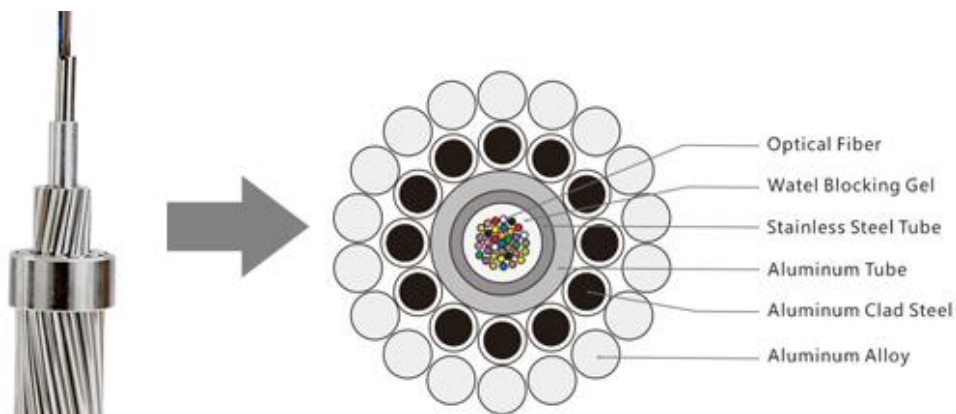
4.3.1 Cable Auto Soportado ADSS

El cable **ADSS** (*All-Dielectric Self Supporting*) o cable de F.O. auto soportado totalmente dieléctrico por sus siglas, está diseñado para ser utilizado en estructuras aéreas, en redes eléctricas o de distribución energética como postes o torres. Debido a que su fabricación está hecha de vidrio u otro material dieléctrico, permite ser inmune a interferencias electromagnéticas en redes eléctricas ya que carece de elementos metálicos. Estas características técnicas permiten soportar condiciones ambientales extremas y su forma de instalación es a través de herrajes como abrazaderas y soportes de retención / suspensión³⁰.

4.3.2 Cable OPGW

El cable de fibra óptica **OPGW** (*Optical Ground Wire*) es un cable que se instala en las torres de alta tensión, específicamente en la parte superior, permitiendo una comunicación constante a larga distancia. Está diseñado para extenderse 10 Km; reemplazando el cable de guarda, permitiendo así un doble uso que sería: la transmisión de información y la interconexión a tierra sobre todo el trazado de la línea, aprovechando mejor los recursos de la torre de transmisión eléctrica. La fibra óptica está constituida por un núcleo de aluminio flexible y completamente protegida por una cubierta y pesados cables a tierra, la figura a continuación describe el interior de un cable OPGW³¹.

Figura 6. Cable OPGW



Autor: LS Cable & System, adaptada a partir de *Fiber Optic Cable Products; Leading Solution*³¹.

³⁰ ABC de la Fibra Óptica - Proyecto Nacional de Fibra óptica – MINTIC – Vive Digital. Consultado 2019. Disponible en: (<https://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-5342.html>).

³¹ LS Cable & System, *Fiber Optic Cable Products; Leading Solution*. Consultado 2019. Disponible en: (https://www.ksdfibercable.com/OPGW_Fiber_Optic_Cable_170.html?gclid=EAlaIqobChMIqO_0wayF4QIVUVqGCh3-gAt2EAAYAiAAEgK1CfD_BwE)

4.4. Clasificación de las fibras ópticas

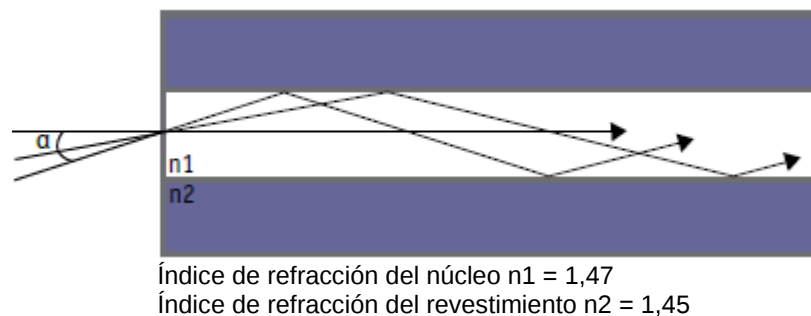
De acuerdo al tipo de aplicación que se requiera, la capacidad de información a transmitir y el costo, en el mercado se pueden encontrar cables de F.O. que se adapten a cualquier tipo de necesidad; básicamente existen dos tipos de fibra:

4.4.1 Fibras Ópticas Multimodo

Las fibras ópticas multimodo están diseñadas para propagar simultáneamente varios caminos, modos y/o haces de luz a través de su núcleo, gracias al principio de reflexión interna total, los modos viajan en ángulos diferentes rebotando a lo largo de toda la F.O.

Los diámetros habituales para el núcleo comúnmente utilizados en fibra óptica multimodo son de 50 μm y 62,5 μm respectivamente. Las fibras multimodo por lo general se utilizan en aplicaciones de corta distancia, menores a 2 km; y se adaptan muy bien en soluciones de tipo empresarial, campus universitarios, entre otros³².

Figura 7. Fibra óptica multimodo.



Autor: Fluke Networks, adaptada a partir de *Cableado de fibra óptica para comunicaciones de datos*³².

La figura 7 describe como se aplicaría el principio de reflexión interna total a una fibra óptica multimodo de índice de salto³³. Allí la F.O. reúne toda la luz que entra dentro del ángulo determinado por la apertura numérica, reflejando la luz en el límite entre el núcleo y el revestimiento para cada uno de los caminos o modos.

³² Cableado de Fibra Óptica para Comunicaciones de datos – Manual de Comprobación y solución de problemas. Fluke Networks, Sección 2, p. 8

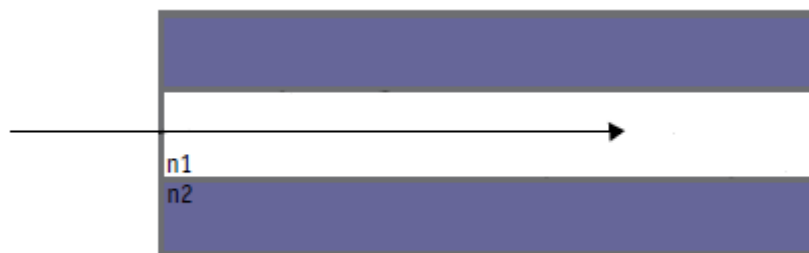
³³ **Índice de salto:** El índice de refracción del núcleo es mayor que el índice de refracción del revestimiento.

4.4.2 Fibras Ópticas Monomodo

La fibra óptica monomodo se encuentra diseñada para propagar un único modo en longitudes de onda mayores que la longitud de onda de corte³⁴. Al utilizar longitudes de onda más largas, las fibras monomodo conservan la fidelidad de cada pulso de luz en largas distancias; gracias a esto se puede transmitir más información por unidad de tiempo sobre distancias más largas.

La mayoría de aplicaciones de red sobre F.O. monomodo utilizan longitudes de onda entre 1.310 nm y 1.550 nm; ya que están muy por encima de la longitud de onda de corte que se encuentra entre los 1.150 nm y 1.200 nm³⁵.

Figura 8. Fibra óptica monomodo.



Autor: Fluke Networks, adaptada a partir de *Cableado de fibra óptica para comunicaciones de datos*, Modificada por: *Christian Durán*.

La figura 8 muestra cómo se propaga un solo modo de luz a lo largo de la fibra. El diámetro habitual para el núcleo en fibra óptica monomodo es de 9 μm . Este tipo de fibra permite alcanzar grandes distancias, logrando un gran cubrimiento y una alta capacidad de transmisión de información.

Estas fibras son utilizadas por los operadores de telecomunicaciones en el mundo para el despliegue de redes a nivel metropolitano, regional y nacional. Dependiendo de la tecnología que se implemente para la transmisión de información, se pueden alcanzar distancias de miles de kilómetros mediante un láser de alta intensidad³⁶.

³⁴ **Longitud de onda de corte:** Es la longitud de onda por debajo de la cual una fibra óptica deja de transmitir.

³⁵ Cableado de Fibra Óptica para Comunicaciones de datos – Manual de Comprobación y solución de problemas. Fluke Networks, Sección 2, p. 9

³⁶ ABC de la Fibra Óptica - Proyecto Nacional de Fibra óptica – MINTIC – Vive Digital. Consultado 2019. Disponible en: (<https://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-5342.html>).

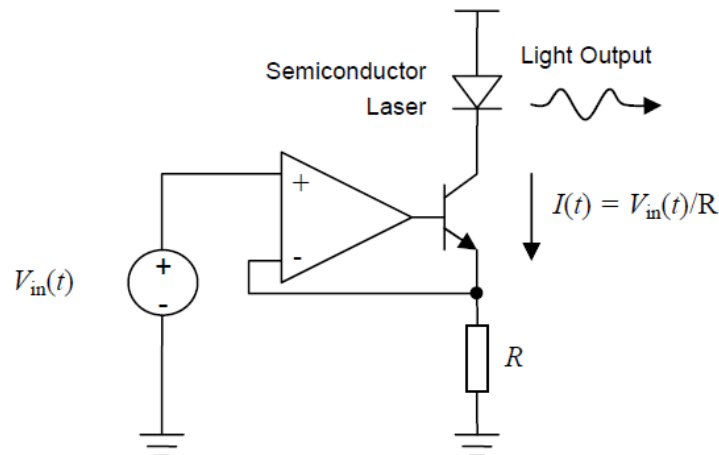
4.5 Fuentes de luz y detectores

Para tener una idea de cómo se transmiten y se reciben las señales en F.O. a continuación, se describe brevemente el principio de funcionamiento de fuentes y detectores ópticos.

4.5.1 Fuentes Ópticas

El principio de una fuente óptica es generar energía lumínica, que al ser modulada puede transportar la información a través de la F.O.; desde el punto de vista del circuito, los dispositivos LASER y LED se comportan como un diodo, para encenderlo basta con aplicar un voltaje, el cual genera un flujo de corriente activando así el dispositivo, para aumentar la potencia óptica, se debe aumentar la corriente y para apagar el dispositivo, se debe apagar el diodo limitando la corriente. Por lo tanto, la modulación de la luz se logra modulando directamente el flujo de corriente a través del dispositivo. Este método se llama modulación directa, La figura 9 describe un circuito simple para convertir una señal eléctrica en una señal óptica utilizando un semiconductor LASER³⁷.

Figura 9. Circuito de controlador LASER simplificado.



Autor: Mohammad Azadeh, adaptada a partir de *Fiber Optics Engineering, chapter 1, pág. 16*.

Estos semiconductores tienen una ventaja en términos de óptica por las longitudes de onda que producen; la longitud de onda generada o absorbida por el semiconductor es una función de su energía de **bandgap**. La banda prohibida de semiconductores utilizada en la optoelectrónica está en el rango de 0.5 – 2 eV. Este rango corresponde a longitudes de onda entre 500 - 4000 nm; lo cual incluye a las ventanas de 1300 y 1500 nm. utilizados en F.O.

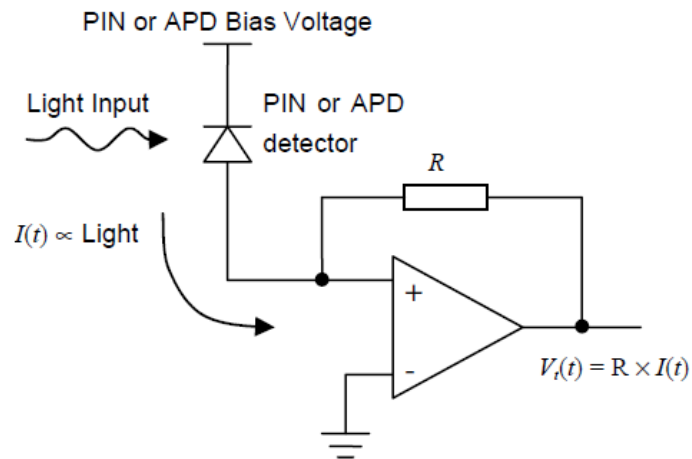
³⁷ Azadeh, Fiber Optics Engineering, chapter 1, p. 15

4.5.2 Detectores Ópticos

Al igual que las fuentes ópticas, los detectores ópticos utilizados en fibra, son dispositivos semiconductores denominados diodos **PIN** y detectores fotodiodo de avalancha **APD**. Desde la perspectiva del circuito, estos diodos son como cualquier otro diodo; incluidos los LASER o LED, pueden polarizarse en polarización directa o inversa; sin embargo, para que actúen como detectores, deben estar en polarización inversa.

Un diodo **PIN** puede operar con polarización inversa muy baja, funcionando a un bajo suministro de voltaje como, por ejemplo, a 3.3v. La salida del detector es una corriente proporcional a la potencia de la luz recibida por el mismo. Por lo tanto, el detector puede considerarse como una –fuente de corriente controlada por luz–. Un amplificador de transimpedancia (**TIA**) puede convertir la fotocorriente generada por el detector a un voltaje. La figura 10 describe un circuito detector simple para convertir una señal óptica en una señal eléctrica³⁸.

Figura 10. Detector simplificado con diodo PIN o APD.



Autor: Mohammad Azadeh, adaptada a partir de *Fiber Optics Engineering*³⁸.

Los detectores **APD** requieren un voltaje de polarización inversa más alto para operar; actualmente se requiere un voltaje de al menos 30-40 V de polarización inversa. Por otra parte, el voltaje de polarización inversa requerido varía con la temperatura. A medida que la temperatura aumenta, la polarización inversa también debe ser aumentada para mantener la ganancia constante del mismo. En resumen, las fuentes de luz y los detectores ópticos describen el principio sobre el cual se basa la conversión y transmisión de señales en F.O.

³⁸ Azadeh, *Fiber Optics Engineering*, chapter 1, p. 18

5. FUNDAMENTACIÓN HUMANÍSTICA

La educación Superior es una herramienta indispensable para que la humanidad avance hacia ideales de equidad, libertad de expresión, justicia, cohesión social, solidaridad, participación democrática, multiculturalidad, pluralismo, desarrollo sostenible y responsabilidad social.

De conformidad con lo anterior, la misión institucional de la Universidad Santo Tomás, inspirada en el pensamiento humanista cristiano de Santo Tomás de Aquino, que consiste en promover la formación integral de las personas en el campo de la educación superior, mediante acciones y procesos de enseñanza, aprendizaje, investigación y proyección social, para responder de manera ética, creativa y crítica a las exigencias de la vida humana y estar en condiciones de aportar soluciones a las problemáticas ante las necesidades de la sociedad.

En la Universidad Santo Tomás, se concibe la formación integral como una “*elevación al estado perfecto del hombre*”. Es así como la universidad promueve la formación integral de los estudiantes a través de la capacitación científica, investigativa, técnica y profesional en la perspectiva del espíritu universalista de Tomás de Aquino, de su cosmovisión y de la concepción filosófica y cristiana del hombre, de la ciencia y de la historia.

Por lo tanto, el profesional tomasino debe ser consciente del valor y la importancia de su saber, del sentido crítico de la realidad y el compromiso ético, para llevar a cabo los cambios necesarios en la vida social y de promover el desarrollo integral de nuestro país.

Al iniciar la práctica empresarial en INTELCA PST S.A., el primer contacto fue una entrevista de trabajo. Allí se evaluaron determinados conocimientos a través de una prueba escrita y una oral. Este primer contacto fue decisivo para ser convocado; no solo por saber a cerca de la fibra óptica, sino de las cualidades que se tiene como persona, ¿de quién era?, de ¿cómo se expresaba?, de cómo se demostraría los compromisos con la compañía. Esto da lugar para entender que no solamente se trata de saber algo bien, sino de relacionarse bien con las personas donde allí se trabajó. Es donde el ser integral juega un papel fundamental.

En el momento en el que se entró a hacer parte del proyecto, se logró conocer la organización con más detalle para así involucrarse en el mercado en el que se desarrolla; hasta entonces se tuvo una gran expectativa por hacer parte del proyecto vive digital.

Al trabajar en el departamento operativo de este proyecto, se estableció una relación de manera directa; desde el coordinador de proyectos hasta el personal que trabajaba en campo. Así que se trataba de hacer un buen trabajo en equipo. La comunicación constante hacia progresar de manera eficiente el trabajo a realizar.

De igual manera se realizaron varias interventorías con REDCOM para estar de acuerdo al momento de presentar los informes correspondientes a Azteca Comunicaciones Colombia a cerca del estado de los enlaces. Todo esto implicó una continua relación interpersonal gracias al proyecto; donde se pudo ver reflejado los buenos valores morales en un sentido integral.

Ahora, el propósito del proyecto fue crucial para aceptar trabajar en él. Debido a que se trataba de llevar fibra óptica a por lo menos 700 municipios del país. Lo cual no fue una tarea fácil, pero sí muy satisfactoria ya que a los operadores no les interesaba conectar dichos enlaces por el alto costo y poca demanda del servicio.

Las contribuciones o aportes de este proyecto fue masificar el uso y la apropiación de las Tecnologías de la información y las comunicaciones (**TIC**) a zonas con poca demanda de banda ancha, pero si con mucho potencial de trabajo, donde ahora pueden ofrecer sus productos y servicios a través de la red, aumentando la competitividad y productividad a lo largo y ancho del país. Aparte de generar empleo para la realización del proyecto.

Como fin primordial, a nivel público se incorporó el servicio de internet y/o banda ancha a los hospitales, instituciones educativas y alcaldías. En este punto se transformó un aspecto del mundo al intervenir con esta tecnología y modificar la realidad para muchas personas que ahora están convergiendo dentro de un ecosistema digital. Esta fue la proyección social que promovió el “Plan Vive Digital” y por el cual hubo un gran interés para trabajar en él.

Para la preservación y cuidado del medio ambiente se optó por trazar las rutas de la fibra con el menor impacto ambiental ya que se utilizaron los mismos apoyos del servicio de energía y se efectuaron algunos cambios de ruta en campo traviesa para no generar mayor impacto sobre la flora y fauna.

Otro punto ambiental que se tuvo en cuenta es que al momento de la instalación del cable de fibra óptica se tenía la precaución de no dejar residuos como encauchetados, plásticos y empaques, ni materiales residuales en zonas rurales o en campo traviesa, ya que podrían generar un impacto negativo al medio ambiente; esta labor fue vigilada por la interventoría.

6. PRACTICA EMPRESARIAL

6.1 Introducción en el ámbito organizacional de la Compañía

INTELCA Proyectos Servicios y Tecnología S.A., tiene más de (20) años en el mercado; provee soluciones integrales para las empresas en el sector de las Telecomunicaciones, en la Construcción y Mantenimiento Sobre Redes de Fibra Óptica; en la Construcción y Mantenimiento Sobre Redes Telefónicas Alámbricas e Inalámbricas. Además de realizar proyectos en Telecomunicaciones; también se encuentra en el sector de la infraestructura ejecutando proyectos tales como saneamiento básico (Redes de acueducto y alcantarillado); Obras Civiles (Construcción de vivienda) para estratos 3 y 4; y viviendas de interés social (VIS). Enfocándonos en la Construcción y Mantenimiento Sobre Redes de Fibra Óptica; la compañía ofrece soluciones integrales que van desde el diseño, los suministros y la construcción; hasta el mantenimiento preventivo y correctivo de Troncales y Anillos de las redes de Fibra Óptica. El cargo a ejercer fue el de analista de pruebas sobre redes de fibra óptica y registro documental dentro del departamento operativo. Las funciones a ejercer dentro de la compañía fueron la Gestión de Planeación, Ejecución, Control y Cierre de Proyectos en Telecomunicaciones³⁹.

6.2 Presentación del Proyecto Nacional de Fibra Óptica

El Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), dentro del “*Plan Vive Digital*” tuvo como objetivo promover la cobertura de aproximadamente 700 municipios de Colombia que no contaban con los servicios de internet y/o banda ancha. Este proyecto generó las condiciones adecuadas para que el sector de las telecomunicaciones aumente su cobertura a través del despliegue de infraestructura; intensificando el uso y la apropiación de las tecnologías de la información y las comunicaciones (**TIC**). Se efectuaron obras de instalación de redes de fibra óptica a lo largo y ancho del país. Las obras descritas pretenden ampliar los servicios de internet y/o banda ancha a través de la interconexión de nodos entre los diferentes municipios. El fin primordial a nivel público es incorporar el servicio de internet y/o banda ancha a los hospitales, instituciones educativas y alcaldías, de manera que se pueda establecer comunicación constante; convergiendo dentro de un ecosistema digital, con el fin de aumentar la competitividad y productividad a lo largo y ancho del país⁴⁰.

³⁹ INTELCA PST S.A. Bogotá, Colombia. Consultado 2019. Disponible en: (<https://www.intelca.com.co/>).

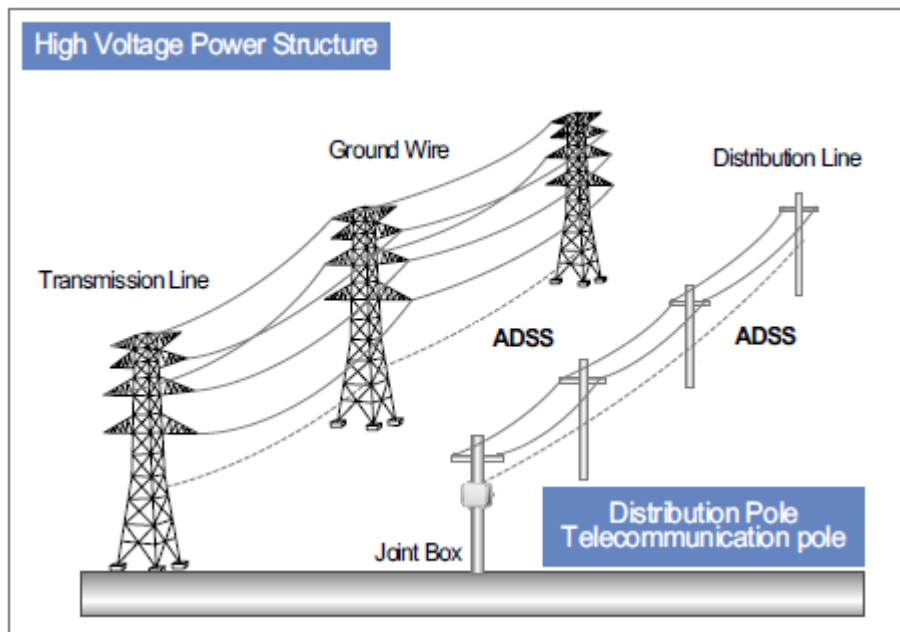
⁴⁰ Proyecto Nacional de Fibra óptica / Documento Técnico Preliminar / Programa Compartel / Vive Digital Colombia. Consultado 2019. Disponible en: (<https://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-channel.html>).

6.3 Descripción General del Campo de Acción

INTELCA Proyectos Servicios y Tecnología S.A., es una organización que provee soluciones integrales para las empresas del sector de las Telecomunicaciones. Trabajó en conjunto con Azteca Comunicaciones Colombia (**ACC**) como Outsourcing, para llevar a cabo el proyecto **ACC Vive Digital**. En la organización estuve dentro del área operativa; la cual se encargaba de recibir todas las pruebas tomadas en campo y la documentación acerca del estado de los enlaces para consolidarla en un entregable final.

Para describir a grandes rasgos el campo de acción dentro del departamento operativo, primero se discutirá brevemente sobre lo que se considera más importante a tener en cuenta para este proyecto y contextualizarnos un poco más en los puntos de interés: En este proyecto fue utilizado el cable **ADSS** diseñado para ser utilizado en estructuras aéreas como torres o postes como se puede apreciar en la figura a continuación.

Figura 11. Distribución aérea para el cable de fibra ADSS.



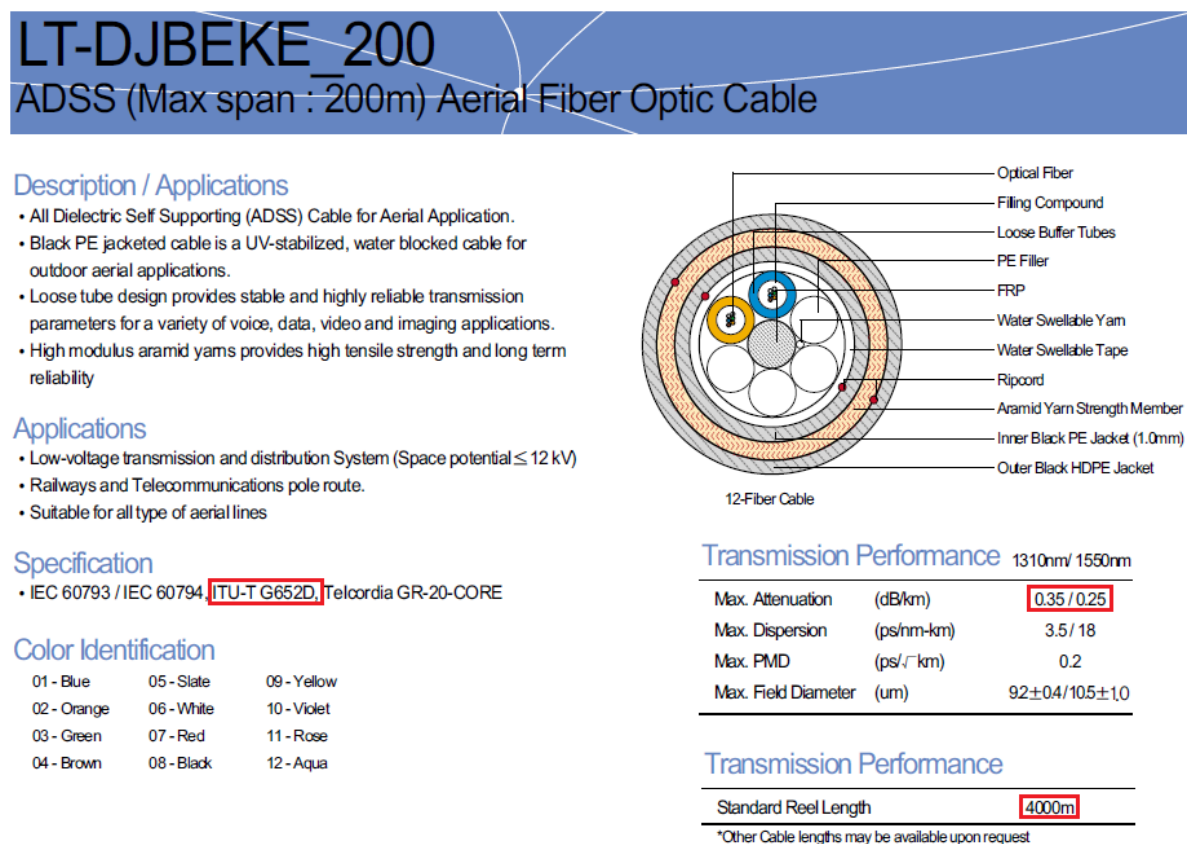
Autor: LS Cable & System, adaptada a partir de *LS_Fiber_Optics_EN.PDF* pág. 42 [6]

De acuerdo con la figura 11, se puede observar con detalle la transmisión y distribución del servicio de energía para Torres y postes respectivamente. En la parte superior de las torres se encuentra el cable a tierra o (Ground Wire), que hoy en día es reemplazado por el cable OPGW; y que se describe con más detalle en el marco teórico en el apartado de Tipos de cable de fibra óptica.

En la parte inferior se observa la posición y distribución del cable de fibra **ADSS** (línea punteada). Por lo general el cable de fibra se sitúa a uno o dos metros por debajo de los cables de energía. De acuerdo con la recomendación ITU-T **L.26** sección 6.5 el cable de fibra óptica debe estar plenamente identificado con marquillas de red cada 50-100 metros para su fácil reconocimiento.

Como segunda instancia, se utilizó específicamente fibra óptica monomodo debido a que puede soportar y transmitir información a grandes distancias tal como es la interconexión entre diferentes municipios por medio de Troncales/Backbones existentes en la topología anillo del país. Por otra parte, es importante garantizar que dichos enlaces cumplen con los estándares estrictos de pérdidas y con las recomendaciones ITU-T G-SERIES **G.650-G.659** para cables de fibra óptica. La recomendación ITU-T **G-652** es de nuestra especial atención ya que se trata acerca de las características de los cables y fibras ópticas monomodo. Esta recomendación está optimizada para su uso en el área de longitudes de onda de 1310 nm y 1550 nm.

Figura 12. Hoja de datos / Fiber Optic Cables (Outdoor).



Autor: LS Cable & System, adaptada a partir de *LS_Fiber_Optics_EN.PDF* pág. 41

Así como la recomendación ITU-T **L.26** que describe los cables de fibra óptica para aplicaciones aéreas. Otro estándar importante es el **TIA/EIA-568-B.3** que trata de los componentes y requerimientos de transmisión para cables de fibra óptica definidos por **ANSI/TIA/EIA**. La figura 12 describe las especificaciones de la F.O. utilizada durante el proyecto.

Como tercera instancia; para este proyecto, *Azteca Comunicaciones Colombia (ACC)*. Adquirió fibra óptica monomodo del fabricante **LS Cable & System**. Es importante conocer al fabricante con el que se trabajó para así consultar su ficha técnica y comprobar su descripción, sus aplicaciones, sus especificaciones y sus requerimientos de transmisión del cable de fibra descrita en la figura 12. Como se puede apreciar es un cable que está diseñado para aplicaciones aéreas con un máximo **span: 200 m**. Esto quiere decir que el cable se puede suspender entre un apoyo y otro por una longitud de 200 metros sin tener algún tipo de herraje o soporte. También se utilizó cable de fibra de span 400, 800 y 1000 dependiendo de la ruta diseñada y por supuesto de su geografía.

Las especificaciones del cable **LS Cable & System** cumple con la recomendación **ITU-T G652D**, donde se detalla en los requerimientos de transmisión que la máxima atenuación (**dB/Km**) para la longitud de onda de 1310 nm es de **0.35 dB/Km** y para la longitud de onda de 1550 nm es de **0.25 dB/Km**. Parámetros que se deben tener en cuenta al momento de la recepción de carretes en bodega y posteriores pruebas antes y después de instalación, asegurando así que cumplan con los estándares definidos por la industria.

Asimismo, este tipo de cable maneja un código de colores para la plena identificación de los buffers, así como para los hilos de fibra individuales. Cada buffer consta de 8 hilos y por lo general cada cable (carrete de fibra) puede tener entre 6 y 8 buffers o de 72 a 96 hilos dependiendo de la aplicación. La identificación por color (**buffer**) es muy útil al momento de hacer las pruebas para no repetir hilos que hayan sido medidos y al momento de empalmar entre carretes (**bobinas**) fusionando simplemente el mismo color entre buffers.

También es importante conocer la longitud del carrete estándar o la longitud física de un carrete de fibra óptica. El fabricante **LS Cable & System** provee carretes de fibra óptica de **4000 metros** o 4 Kilómetros. Este tipo de cable viene abscisado cada metro, con el fin de identificar los metros utilizados por tramo y para generar un control de metraje sobre las reservas del cable. El peso aproximado de cada carrete oscila entre los **900 y 953 Kg**, lo cual significa que en promedio cada carrete de fibra pesa aproximadamente 1 Tonelada.

Básicamente estos son los tips a tener en cuenta, al momento de trabajar con fibra óptica, ya que, dependiendo de la aplicación y del fabricante, estos paramentos pueden variar.

6.3.1 Software FastReporter 2

Una herramienta importante para este trabajo fue la utilización del software **FastReporter 2**, que básicamente es un programa que permite abrir los archivos **.TRC** generados por un **OTDR** y así poder visualizar las pruebas tomadas en campo.

Figura 13. EXFO - FastReporter 2



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *FastReporter 2 EFFICIENT POST-PROCESSING SOFTWARE*

6.3.2 Google Earth

Google Earth también fue una herramienta importante para el desarrollo del proyecto ya que se utilizó para georreferenciar los apoyos/nodos por donde pasa la fibra óptica (Latitud / Longitud) y así crear una ruta para cada uno de los enlaces.

Figura 14. Google Earth.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Google Earth TM*

6.3.3 AutoCAD

AutoCAD permitió visualizar los planos de diseño; donde a medida que se efectuaban las instalaciones en campo, se determinaba si los planos requerirían de alguna modificación sobre el enlace trabajado; como cambios de Ruta/Nodo y la re-enumeración de ítems.

Figura 15. AutoCAD.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *AUTODESK™ AUTOCAD® 2014*

De manera formal, se utilizaron específicamente estos tres programas, para llevar a cabo todo el trabajo dentro del departamento operativo. Lo primero que hay que hacer es esperar a que envíen de campo las pruebas hechas con OTDR, luego de ello se abre el programa **FastReporter 2**, donde se copian los archivos generados por el OTDR y se pegan en la parte derecha del programa, en este punto ya se puede visualizar la gráfica de las fibras probadas y comenzar a analizar fibra por fibra para saber si existe algún tipo de daño como un corte o bajas atenuaciones. Este programa se utiliza para dos trabajos diferentes; el primero es para probar los carretes de fibra que llegan directamente del fabricante y corroborar que no tengan ningún tipo de defecto, midiendo aleatoriamente la mitad de las fibras. El segundo trabajo es cuando ya está conectado todo un enlace y verificar: que no haya corte en fibras, que los empalmes tengan bajas atenuaciones y que exista una comunicación constante. Pasando a la parte de documentación, Los encargados del diseño de tramos utilizaron **Google Earth** con el fin de georreferenciar los posibles trazados de ruta de la F.O para conformar los enlaces, aquí hay que modificar estos archivos Kml dependiendo de los apoyos utilizados, cambios de ruta y específicamente enumerar los ítems, identificar las reservas, los empalmes y los nodos. En **AutoCAD** se tiene acceso a los enlaces de diseño, los cuales hay que modificar dependiendo como haya quedado el enlace definitivo, importante identificar reservas con cantidades en metros y reenumerar los ítems.

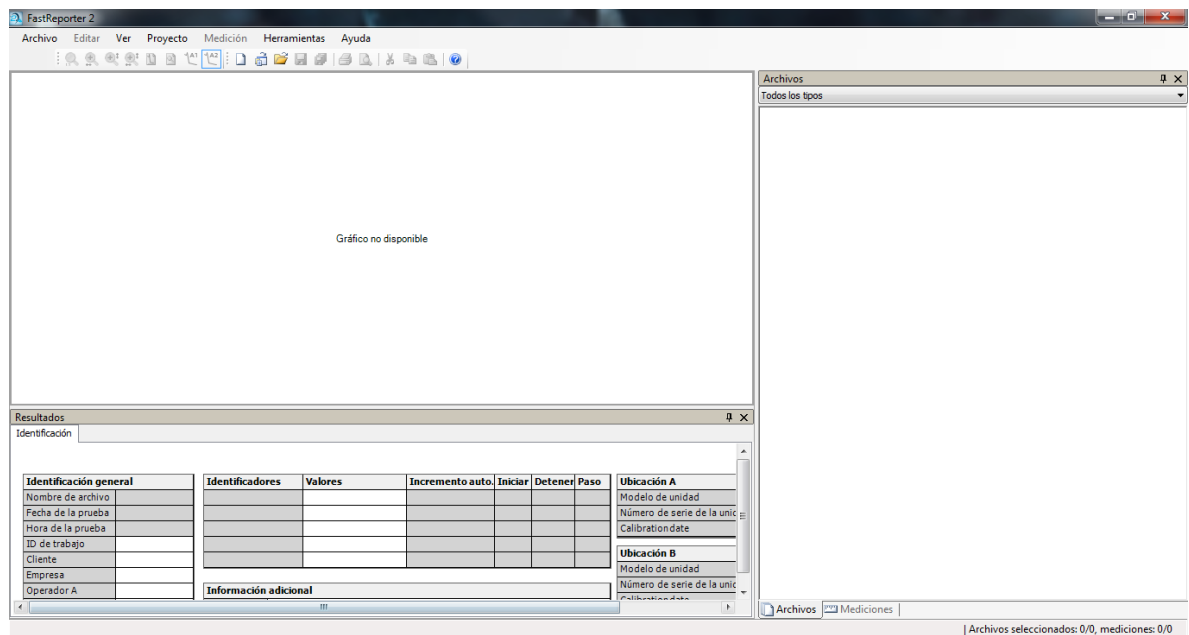
7. ANÁLISIS DE PRUEBAS DE CERTIFICACIÓN

7.1 Introducción al Software FastReporter 2

FastReporter 2 de EXFO fue diseñado para el análisis off-line de datos adquiridos en campo. Como se describió en el apartado anterior, este software permite visualizar los archivos .TRC generados por un OTDR para su posterior análisis de cada fibra individual.

Para hacer el análisis de pruebas, los técnicos y/o fusionadores de fibra primero debieron tomarlas con un OTDR a los carretes que llegaban de los proveedores a las bodegas cercanas de los tramos a construir. Estas pruebas se hacen con el fin de verificar que los carretes no tengan defectos de fabricación o cortes en determinadas fibras y para comprobar que cumplan con las especificaciones propuestas por el fabricante. A continuación, se encuentra un primer vistazo del programa **FastReporter 2** (Figura 16). Allí se puede visualizar el programa sin cargar aún las pruebas tomadas en campo.

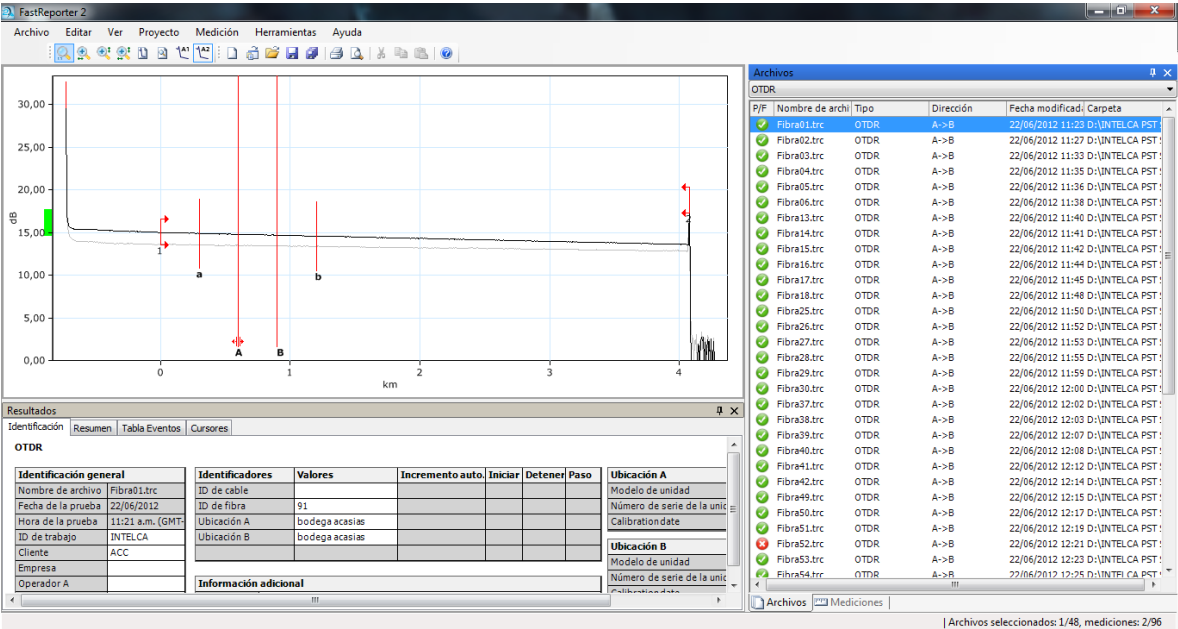
Figura 16. EXFO – FastReporter 2 – Interfaz



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *FastReporter 2 EFFICIENT POST-PROCESSING SOFTWARE*

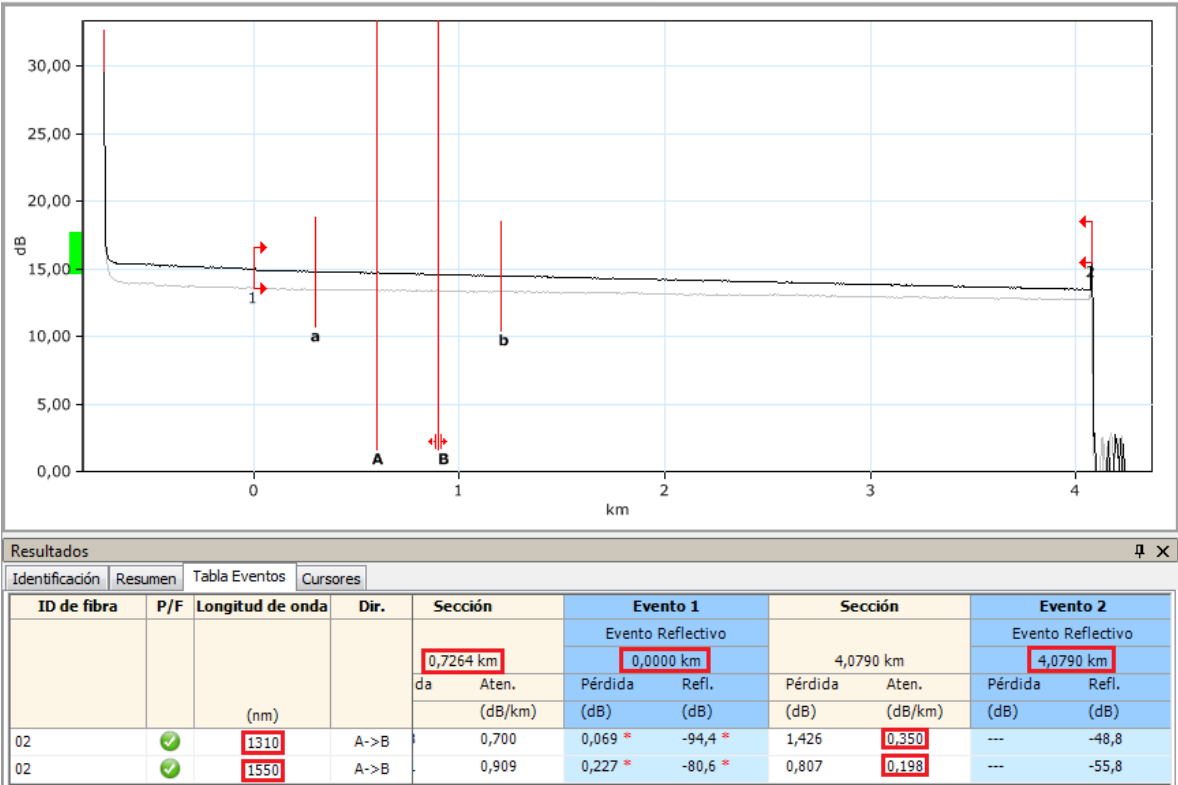
El paso siguiente es abrir el archivo .TRC. Después se seleccionan todas las fibras con la función Ctrl E y posteriormente se pegan en la parte derecha del programa, como se puede observar en la figura 17. En este punto ya se encuentran todas las fibras cargadas; ahora se puede analizar cada una de las fibras individuales.

Figura 17. EXFO – FastReporter 2 – Fibras Cargadas



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *FastReporter 2 EFFICIENT POST-PROCESSING SOFTWARE*

Figura 18. EXFO – FastReporter 2 – Análisis en Fibra



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *FastReporter 2 EFFICIENT POST-PROCESSING SOFTWARE*

En este programa se puede ver una gráfica detallada de la potencia en (dB) Vs la distancia de la fibra en (Km). (Figura 18); La potencia del segmento se establece mediante el OTDR, que como se aprecia esta entre los 15 - 18 dB y la distancia de la fibra es de 4 Km. Lo primero que hay que tener en cuenta es que la longitud óptica es mayor que la longitud real de la fibra, por eso el software reconoce una distancia total de 4,0790 Km. En la parte inferior se visualiza la (Tabla de Eventos); donde se observa que la prueba se realizó para las longitudes de onda de 1310 y 1550 nm respectivamente en dirección (A -> B). El evento 1 muestra una reflexión en 0 Km debido a la conexión con la fibra de lanzamiento y el evento 2 muestra una reflexión en los 4,0790 Km debido a que cuando se termina el recorrido de la fibra es generado un pico reflectivo.

Entre los eventos 1 y 2 se encuentra la sección del segmento medido, donde se localiza la pérdida promedio (**dB/Km**). Allí Se puede observar que para la longitud de onda de 1310 nm la atenuación promedio es de **0.35 dB** y para la longitud de onda de 1550 nm es de **0.198 dB**. Lo cual muestra que la fibra cumple con el estándar definido por la industria. Los archivos .TRC eran enviados al área operativa donde se analizaban y garantizaba que cumplieran con los estándares estrictos de pérdida; de lo contrario se haría una observación sobre ese carrete.

7.2 Medición de Fibra Óptica con OTDR

Las normas TIA TSB 140 e ISO 14763-3 recomiendan la comprobación OTDR como una prueba complementaria para garantizar que la calidad de las instalaciones de fibra cumpla con las especificaciones. Un OTDR puede utilizarse bidireccionalmente para pruebas de certificación como un comprobador con un único extremo con una fibra de recepción; una herramienta apropiada para identificar las pérdidas o atenuaciones es un *Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR)*, que permite medir y comprobar las pérdidas a lo largo del enlace y de cada conexión o empalme⁴¹.

Funcionamiento básico: Un OTDR permite conocer pérdidas, reflectancias y ubicación de eventos. Envía pulsos de luz a una fibra y utiliza un foto-detector sensible para ver las reflexiones y trazarlas gráficamente en el tiempo. Para probar con precisión, se deben determinar y configurar las características de la fibra óptica antes de ejecutar la prueba.

Gráfico OTDR (trace): El OTDR dibuja la reflectancia y la pérdida en el tiempo mediante una “traza” gráfica de la fibra. A continuación, se puede “Leer una traza” y explicarla. Por ejemplo, en el siguiente grafico se puede detectar que un lado de una conexión o empalme presenta una pérdida excesiva.

Grafica 2. Visualización OTDR con Elevadas Pérdidas en Conector a 137m.



Autor: Fluke Networks, adaptada a partir de *Cableado de fibra óptica para comunicaciones de datos*⁴¹.

Zona Muerta: Es la longitud de fibra más corta que puede detectar un OTDR. También puede ser descrita como la distancia después de un evento reflexivo, tras la cual se puede detectar otra reflexión. Todos los OTDRs tienen zonas muertas y deben utilizarse con una fibra de lanzamiento⁴², apropiada para que se pueda medir la primera conexión en el enlace.

Rango Dinámico: Determina la longitud de fibra que se puede comprobar, cuanto mayor sea el rango dinámico, mayor puede ser la longitud de la fibra a medir; sin embargo, según aumente el rango dinámico, se hace más ancho el pulso del OTDR – y como resultado, aumenta la zona muerta.

Fantasmas: Son causados por un eco debido a eventos altamente reflexivos en las pruebas del enlace. Los OTDRs por lo general identifican fantasmas en el gráfico y muestran donde está su origen para que pueda eliminarlos.

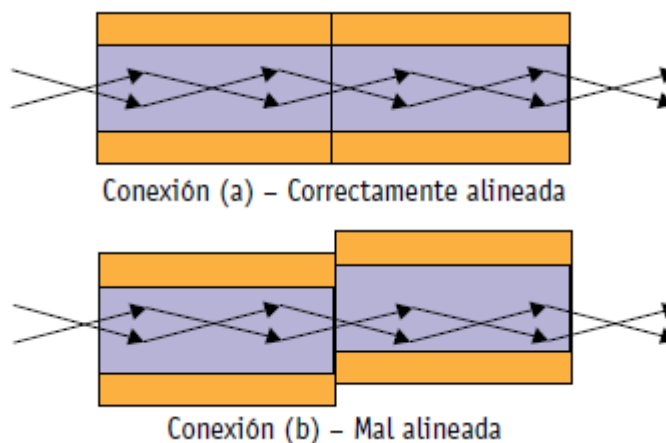
Ganancias: Otro fenómeno incomprensido en un gráfico OTDR es la ganancia. En pocas palabras, la ganancia es una pérdida aparente negativa en un evento donde hay un cambio en el rendimiento óptico. Esto es generalmente debido a una falta de coincidencia entre el índice de refracción de dos fibras empalmadas o a la conexión de una fibra multimodo de 50 μm con una fibra de 62.5 μm . Este tipo de evento presenta a menudo una pérdida excesiva en la otra dirección.

⁴¹ Cableado de Fibra Óptica para Comunicaciones de datos – Manual de Comprobación y solución de problemas. Fluke Networks, Sección 6, p. 32

⁴² **Fibra de lanzamiento:** Es un tramo de fibra que por lo general mide 1 Km y se coloca entre el tramo y el OTDR.

Para entender un poco más acerca del concepto de ganancia, en la figura 19 se puede distinguir un empalme bien ejecutado contra otro mal empalmado. De acuerdo con la conexión (a) que es la correctamente alineada, lo que se esperaría ver en el OTDR será una serie de eventos con atenuaciones bajas en los empalmes debido a su correcta alineación. En cambio, cuando existe una conexión (b) mal alineada; el OTDR detectaría posiblemente en el sentido $A \rightarrow B$ una ganancia, pero en el sentido $B \rightarrow A$ experimentaría una pérdida. Lo que quiere decir que esa posible ganancia solo se ve reflejada en un solo sentido, pero al cruzar la pruebas se resta la ganancia con la pérdida, quedando una única atenuación, así que el concepto de ganancia es por así decirlo ilusorio⁴³.

Figura 19. Empalme de fibra óptica correcta e incorrectamente alineada



Autor: Fluke Networks, adaptada a partir de *Cableado de fibra óptica para comunicaciones de datos*⁴³.

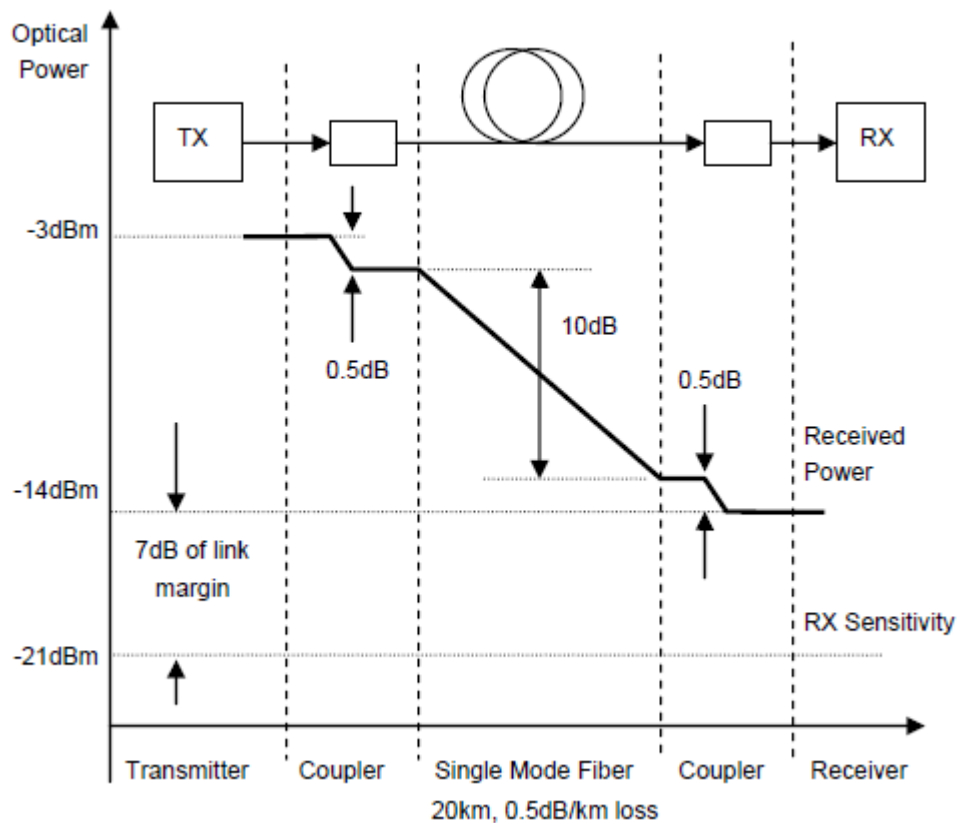
Teniendo claro los conceptos básicos sobre la medición de fibra óptica con OTDR, es preciso hablar sobre la caracterización de un enlace de fibra óptica, debido a que tanto el OTDR como el software FastReporter 2, muestra una grafica que se debe saber interpretar. Lo primero que hay que tener en cuenta es que la potencia óptica generalmente disminuye exponencialmente en las fibras con respecto a la distancia.

Es por eso que la atenuación de un tipo particular de fibra generalmente se da en unidades de decibeles por kilometro (dB/Km). Por ejemplo, una fibra monomodo en la longitud de onda de 1310 nm tiene una atenuación típica de 0.5 dB/Km. Esto significa que para cada kilometro de esta fibra, se debería esperar una reducción de potencia de 0.5 dB. Una vez se acostumbra a pensar en términos de decibeles, es mucho mas facil entender y visualizar el estado de una señal óptica o un enlace óptico.

⁴³ Cableado de Fibra Óptica para Comunicaciones de datos – Manual de Comprobación y solución de problemas. Fluke Networks, Sección 3, p. 22

Ahora se puede discutir sobre la caracterización de un enlace. La figura 20 ilustra un ejemplo de un enlace óptico con varios niveles de potencia en cada punto del enlace. Suponiendo que la potencia de salida del transmisor es de -3 dBm; la salida del transmisor debe pasar por un acoplador con un factor de pérdida de 0.5 dB antes de que ingrese a la fibra. Esto significa que el nivel de potencia en el comienzo de la fibra es de -3.5 dBm. La fibra tiene una longitud total de 20 Km con una pérdida operativa de 0.5 dB/Km; lo que quiere decir que para cada kilómetro de fibra, la potencia se reduce en 0.5 dB⁴⁴.

Figura 20. Estimación de un enlace óptico simple



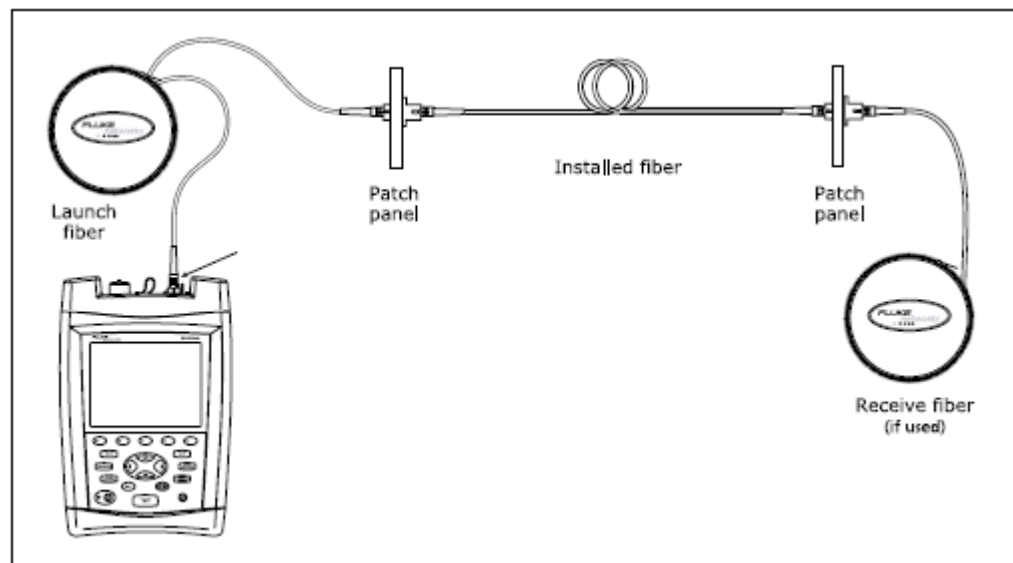
Autor: Mohammad Azadeh, adaptada a partir de *Fiber Optics Engineering*⁴⁴.

A esto se suma a una pérdida total de 10 dB. Significa que si la potencia es de -3.5 dBm a la entrada de la fibra, en la salida se reduce a -13.5 dBm. Luego hay otro acoplador que combina la salida del enlace al receptor. Por lo tanto, el nivel de potencia en el receptor es de -14 dBm. Suponiendo que el receptor tiene una sensibilidad de -21 dBm en la velocidad de datos y longitud de onda de interés.

⁴⁴ Azadeh, Fiber Optics Engineering, chapter 1, p. 25

En este caso, el receptor puede trabajar con muchos niveles de potencia más bajos de lo que realmente está recibiendo. Para ser exactos, se puede decir que el enlace tiene un margen de 7 dB. En otras palabras, el receptor puede funcionar con menos energía que la que está recibiendo actualmente. Esto es de hecho una buena cantidad de margen. ¿Qué significa tener margen extra en un enlace? En realidad, siempre hay razones para la degradación de los componentes a lo largo del tiempo. La potencia del transmisor se puede degradar debido al envejecimiento del láser o factores ambientales T^o ⁴⁵.

Figura 21. Medición de fibra óptica con OTDR y fibra de lanzamiento



Autor: Fluke Networks, adaptada a partir de *Cableado de fibra óptica para comunicaciones de datos*⁴⁶.

Resumiendo, la comprobación **OTDR** para pruebas en fibra óptica sirve para garantizar que la fibra cumpla con las especificaciones descritas por el fabricante. Como se aprecia en la figura 21, es necesario la utilización de una fibra de lanzamiento debido a la zona muerta del OTDR⁴⁶. Recuerde que la zona muerta es la longitud de fibra más corta que puede detectar un OTDR. Todos los OTDRs tienen zonas muertas y debe utilizarse una fibra de lanzamiento para que se pueda medir apropiadamente el carrete de fibra. Esta fibra de lanzamiento por lo general mide más o menos 1 Km. En la (figura 18) ↑. La sección antes del evento 1 tiene una longitud de 0,7264 Km. Que se refiere a la longitud de la fibra de lanzamiento con el que se hizo la prueba y que tiene una longitud total de 726,4 metros.

⁴⁵ Azadeh, Fiber Optics Engineering, chapter 1, p. 24

⁴⁶ Cableado de Fibra Óptica para Comunicaciones de datos – Manual de Comprobación y solución de problemas. Fluke Networks, Sección 6, p. 32-33

7.3 Formato de Registro Protocolo Óptico – OTDR

De acuerdo con el análisis de pruebas de certificación; ahora el trabajo consiste en revisar fibra por fibra en las longitudes de onda de 1310 y 1550 nm en el programa FastReporter 2 y diligenciar un formato predeterminado en Excel y realizado por Azteca Comunicaciones Colombia.

En este formato se registran las fechas de las pruebas, el código interno del carrete, el fabricante, el número de serie del OTDR, la longitud del carrete, el departamento para el cual fue asignado. En este caso fue el Meta, en la bodega de Acacias. El nombre de la persona que hizo la prueba, el tiempo de adquisición, el pulso, el rango que se utilizó con el OTDR y la hora inicial y final de la prueba. La figura 22 describe el formato en detalle.

Figura 22. Formato Protocolo Óptico - OTDR

			Código: FO-E-ACC-INT-001 Formato Protocolo Óptico OTDR Construcción Red de Fibra Óptica - Proyecto Vive Digital						
Fecha Regis:			10/07/2012			RECEPCIÓN DE BOBINAS			
Fecha Prueba:			22/06/2012			PROYECTO: PROYECTO NACIONAL INSTALACIÓN FIBRA ÓPTICA			
CODIGO BOBINA			CLIENTE:			ACC		PARAMETROS DE PRUEBA-OTDR	
INTERNO	7C		RESPONSABLE:	INTELCA PST S.A.		TIEMPO ADQUISICIÓN	15 s		
PROVEEDOR	LSSS-0C0094-01		Depart. Asigna:	META		PULSO	30 ns		
FABRICANTE	LSSS		LUGAR PRUEBA:	Bodega Acacias		DISTANCIA-RANGO	5,0000 km		
SPAN-BOBINA	200		FUSIONADORA:	Fujikura FSM 50S		INDICE REFRACTACIÓN	1,467630; 1,468335		
OTDR	FTB-7400E-0023B-EI-VFL		S/N FUSIONAD:	24646		FACTOR HELICOIDAL	0%		
S/N OTDR	433184		Empalmador:	Albert Agudelo		HORA INICIAL	11:21 a.m		
Long.Carrete:	4000 mts					HORA FINAL	01:12 p.m		
BUFER	HILO	COLOR	1310 nm			1550 nm			
			Long.Óptica km	PerdidaTotal db	Perdida Promedio db/km	Long.Óptica km	PerdidaTotal db	Perdida Promedio db/km	
1 (AZUL)	1	Azul	4,0782	1,404	0,344	4,0782	0,763	0,187	
	2	Naranja	4,0790	1,426	0,350	4,0790	0,807	0,198	
	3	Verde	4,0790	1,397	0,342	4,0790	0,745	0,183	
	4	Café	4,0793	1,396	0,342	4,0793	0,742	0,182	
	5	Gris	4,0777	1,405	0,345	4,0777	0,726	0,178	
	6	Blanco	4,0773	1,399	0,343	4,0773	0,743	0,182	
	7	Rojo							
	8	Negro							
	9	Amarillo							
	10	Purpura							
	11	Rosado							
	12	Agua Marina							

2 (NARANJA)	13	Azul	4.0789	1.409	0.345	4.0789	0.742	0.182
	14	Naranja	4.0793	1.408	0.345	4.0793	0.751	0.184
	15	Verde	4.0801	1.430	0.350	4.0801	0.788	0.193
	16	Café	4.0789	1.423	0.349	4.0789	0.839	0.206
	17	Gris	4.0787	1.397	0.343	4.0787	0.761	0.187
	18	Blanco	4.0782	1.393	0.342	4.0782	0.745	0.183
	19	Rojo						
	20	Negro						
	21	Amarillo						
	22	Purpura						
	23	Rosado						
	24	Agua Marina						
3 (VERDE)	25	Azul	4.0789	1.401	0.344	4.0789	0.770	0.189
	26	Naranja	4.0792	1.399	0.343	4.0792	0.747	0.183
	27	Verde	4.0816	1.403	0.344	4.0816	0.768	0.188
	28	Café	4.0690	1.396	0.343	4.0690	0.752	0.184
	29	Gris	4.0776	1.403	0.344	4.0776	0.741	0.182
	30	Blanco	4.0777	1.401	0.343	4.0777	0.755	0.185
	31	Rojo						
	32	Negro						
	33	Amarillo						
	34	Purpura						
	35	Rosado						
	36	Agua Marina						
4 (CAFÉ)	37	Azul	4.0749	1.399	0.343	4.0749	0.732	0.180
	38	Naranja	4.0757	1.422	0.349	4.0757	0.793	0.195
	39	Verde	4.0755	1.401	0.344	4.0755	0.752	0.184
	40	Café	4.0637	1.400	0.344	4.0637	0.787	0.193
	41	Gris	4.0742	1.414	0.347	4.0742	0.725	0.178
	42	Blanco	4.0611	1.411	0.347	4.0611	0.752	0.185
	43	Rojo						
	44	Negro						
	45	Amarillo						
	46	Purpura						
	47	Rosado						
	48	Agua Marina						
5 (GRIS)	49	Azul	4.0773	1.402	0.344	4.0773	0.766	0.188
	50	Naranja	4.0769	1.388	0.340	4.0769	0.741	0.182
	51	Verde	4.0773	1.404	0.344	4.0773	0.767	0.188
	52	Café	4.0771	1.399	0.343	4.0771	0.774	0.190
	53	Gris	4.0769	1.414	0.347	4.0769	0.695	0.171
	54	Blanco	4.0765	1.400	0.343	4.0765	0.748	0.183
	55	Rojo						
	56	Negro						
	57	Amarillo						
	58	Purpura						
	59	Rosado						
	60	Agua Marina						

6 (BLANCO)	61	Azul	4.0779	1.433	0.351	4.0779	0.78	0.191
	62	Naranja	4.0781	1.429	0.350	4.0781	0.823	0.202
	63	Verde	4.0787	1.437	0.352	4.0787	0.809	0.198
	64	Café	4.0659	1.403	0.345	4.0659	0.775	0.190
	65	Gris	4.0658	1.392	0.342	4.0658	0.732	0.180
	66	Blanco	4.0774	1.400	0.343	4.0774	0.752	0.184
	67	Rojo						
	68	Negro						
	69	Amarillo						
	70	Purpura						
	71	Rosado						
	72	Agua Marina						
7 (ROJO)	73	Azul	4.0774	1.399	0.343	4.0774	0.751	0.184
	74	Naranja	4.0779	1.403	0.344	4.0779	0.752	0.184
	75	Verde	4.0784	1.399	0.343	4.0784	0.754	0.185
	76	Café	4.0686	1.392	0.342	4.0686	0.800	0.196
	77	Gris	4.0664	1.407	0.346	4.0664	0.776	0.190
	78	Blanco	4.0629	1.395	0.343	4.0629	0.766	0.188
	79	Rojo						
	80	Negro						
	81	Amarillo						
	82	Purpura						
	83	Rosado						
	84	Agua Marina						
8 (NEGRO)	85	Azul	4.0790	1.402	0.344	4.0790	0.751	0.184
	86	Naranja	4.0795	1.409	0.345	4.0795	0.748	0.183
	87	Verde	4.0686	1.403	0.345	4.0686	0.751	0.184
	88	Café	4.0804	1.413	0.346	4.0804	0.805	0.197
	89	Gris	4.0789	1.417	0.347	4.0789	0.823	0.202
	90	Blanco	4.0787	1.411	0.346	4.0787	0.795	0.195
	91	Rojo						
	92	Negro						
	93	Amarillo						
	94	Purpura						
	95	Rosado						
	96	Agua Marina						
OBSERVACIONES			Las fibras 2,15,61,62 y 63 se encuentran en el límite de los 0,35 db/km					
Fibras OK								
CARRETE APTO PARA RECIBIR			SI	X		NO		
FIRMA INTERVENTORIA				FIRMA INTELCA PST S.A.				

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato Protocolo Óptico Excel (ACC)*

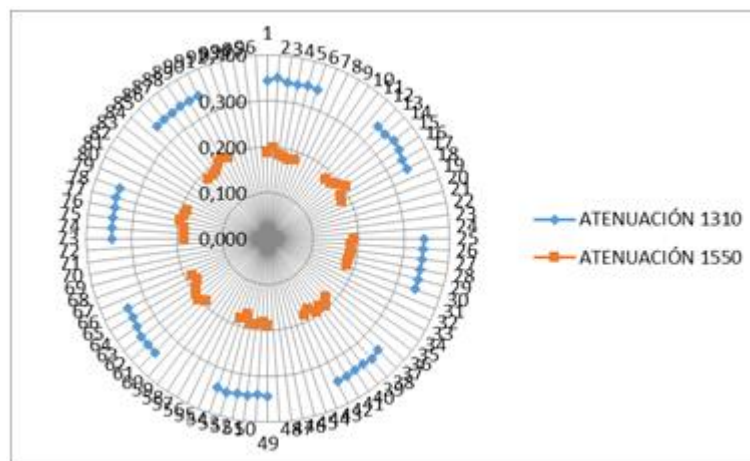
Luego de llenar estos espacios, se procede a transcribir la información que arroja cada una de las fibras. Esta prueba en promedio se demoró en tomarse durante 2 horas y solamente se midió la mitad de los hilos del carrete de fibra.

Esto se hace para agilizar el proceso de recepción, teniendo en cuenta que fueron bastantes carretes de fibra. En particular, este carrete de fibra es de 96 hilos y se hicieron pruebas en 48 de ellos, un promedio de 6 por buffer. Cada buffer está identificado con un código de colores al igual que cada uno de los hilos con el fin de diferenciarlos. La figura anterior muestra el registro de medición sobre la mitad de los buffers.

Para llenar estos formatos, básicamente hay que tener en cuenta 2 variables: La longitud óptica en Km y la pérdida total en dB; los cuales se encuentran detallados en el FastReporter 2 para cada una de las fibras. Teniendo estos 2 datos se puede calcular la pérdida promedio en dB/Km. Esta pérdida promedio es el dato más importante porque es el que indica si la fibra se encuentra dentro del rango especificado por el fabricante. El cual describe, que para la longitud de onda de 1310 nm, la máxima pérdida promedio debe ser de 0.35 dB/Km y para la longitud de onda de 1550 nm, la máxima pérdida promedio debe ser de 0.25 dB/Km.

Al registrar la mitad de las fibras medidas del carrete se procede a hacer algunas observaciones en caso de anomalías en los valores de las fibras. En este caso solamente se reportó que ciertas fibras estaban en el límite de los 0.35 dB/Km para la longitud de onda de 1310 nm. En cualquier caso, este carrete es apto para ser aceptado ya que las fibras reportadas cumplen con las especificaciones y teniendo en cuenta que al momento de transmitir datos se va a utilizar solamente la longitud de onda de 1550 nm. La siguiente grafica es de bastante utilidad para saber a simple vista si existe algún valor anómalo o mal escrito de las fibras ya que se saltaría algún punto del comportamiento normal de la media.

Grafica 3. Visualización Excel para seguimiento de Atenuaciones en 1310 y 1550 nm



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato Protocolo Óptico (Excel)*

Figura 23. PDF Creator para la longitud de onda de 1310 nm

OTDR Report

General Information

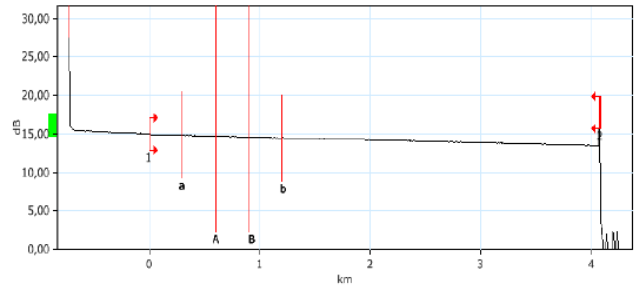
Filename: Fibra02.trc Cable ID:
 Test date: 22/06/2012 Fiber ID: 02
 Test time: 11:25 a.m. (GMT-05:00) Customer: ACC
 Job ID: INTELCA Company:
 Comments: Verificar continuidad

Location A

Location: bodega acasias
 Operator:
 Unit model: FTB-7400E-0023B-EJ-
 Unit s/n: 433184
 Calibration date: 15/01/2008

Location B

Location: bodega acasias
 Operator:



Results

Span length: 4,0790 km Average splice loss:
 Span loss: 1,495 dB Maximum splice loss:
 Average loss: 0,367 dB/km Span ORL: 34,83 dB

Test Parameters

Wavelength: 1310 nm (9 μm) Duration: 15 s
 Range: 5,0000 km High resolution: Yes
 Pulse: 30 ns Resolution: 0,160 m

Test Settings

IOR: 1,467690 Splice loss threshold: 0,020 dB
 Backscatter: -79,44 dB Reflectance threshold: -72,0 dB
 Helix factor: 0,00 % End-of-fiber threshold: 5,000 dB

Markers Information

A: 0,5997 km, 14,705 dB B: 0,8984 km, 14,559 dB
 a: 0,2986 km, 14,821 dB b: 1,1996 km, 14,518 dB
 B-A: 0,2987 km, 0,146 dB

Manual Measurements

4-pt. ev. loss: -0,021 dB A-B LSA att.: 0,362 dB/km
 A-B LSA loss: 0,108 dB 3-pt. reflectance: *****
 2-pt. sect. att.: 0,490 dB/km A-B ORL: 44,91 dB

Event Table

Type	No	Location/Length (km)	Loss (dB)	Reflection (dB)	Attenuation (dB / km)	Cumul. (dB)
Launch Level		-0,7264		-24,5		
Section		0,7264	0,508		0,700	
Reflective Event*	1*	0,0000*	0,069*	-94,4*		0,069*
Section		4,0790	1,426		0,350	1,495
Reflective Event	2	4,0790		-48,8		1,495



Signature: _____

Date: 23/08/2012

Página 3 de 96

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *FastReporter* [PDF CREATOR]

A parte de registrar el valor de cada una de las fibras medidas en el archivo de Excel, se utilizó el programa PDF Creator para generar un informe detallado acerca del estado de las fibras como se puede observar en la figura anterior. Esto sirve como respaldo para comprobar que los valores del archivo en Excel coincidan con este formato, esto hace parte de los entregables en el procedimiento de la recepción de carretes para ACC. Para generar los tres archivos se debe tener en cuenta lo siguiente:

El primer archivo es el que genera el OTDR y que posteriormente se puede visualizar con el programa FastReporter2, el segundo consta del formato protocolo óptico de Excel que va diligenciado con todos los valores de la máxima pérdida promedio dB/Km., y por último el archivo PDF Creator que genera automáticamente los valores para cada una de las fibras desde el programa FastReporter2.

Figura 24. PDF Creator para la longitud de onda de 1550 nm

OTDR Report

General Information

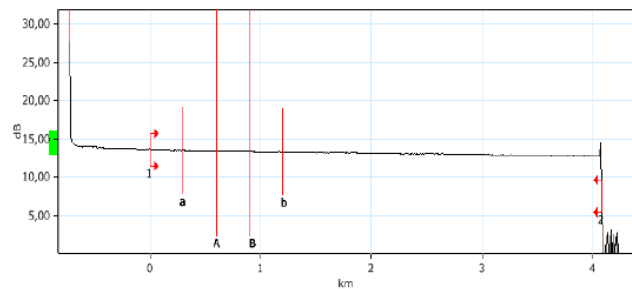
Filename: Fibra02.trc Cable ID:
 Test date: 22/06/2012 Fiber ID: 02
 Test time: 11:26 a.m. (GMT-05:00) Customer: ACC
 Job ID: INTELCA Company:
 Comments: Verificar continuidad

Location A

Location: bodega acasias
 Operator:
 Unit model: FTB-7400E-0023B-EJ-
 Unit s/n: 433184
 Calibration date: 15/01/2008

Location B

Location: bodega acasias
 Operator:



Results

Span length: 4,0788 km Average splice loss:
 Span loss: 1,034 dB Maximum splice loss:
 Average loss: 0,253 dB/km Span ORL: 36,65 dB

Test Parameters

Wavelength: 1550 nm (9 μm) Duration: 15 s
 Range: 5,0000 km High resolution: Yes
 Pulse: 30 ns Resolution: 0,160 m

Test Settings

IOR: 1,468335 Splice loss threshold: 0,020 dB
 Backscatter: -81,87 dB Reflectance threshold: -72,0 dB
 Helix factor: 0,00 % End-of-fiber threshold: 5,000 dB

Markers Information

A: 0,5998 km, 13,311 dB B: 0,8984 km, 13,404 dB
 a: 0,2986 km, 13,464 dB b: 1,1995 km, 13,346 dB
 B-A: 0,2986 km, -0,094 dB

Manual Measurements

4-pt. ev. loss: 0,018 dB A-B LSA att.: 0,130 dB/km
 A-B LSA loss: 0,039 dB 3-pt. reflectance: -79,7 dB
 2-pt. sect. att.: -0,314 dB/km A-B ORL: 47,05 dB

Event Table

Type	No	Location/Length (km)	Loss (dB)	Reflection (dB)	Attenuation (dB / km)	Cumul. (dB)
Launch Level		-0,7264		-23,7		
Section		0,7264	0,661		0,909	
Reflective Event*	1*	0,0000*	0,227*	-80,6*		0,227*
Section		4,0788	0,807		0,198	1,034
Reflective Event	2	4,0788		-55,8		1,034



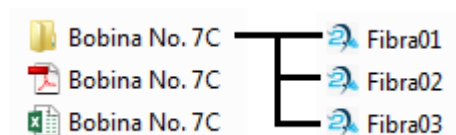
Signature: _____

Date: 23/08/2012

Página 4 de 96

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *FastReporter 2* [PDF CREATOR]

Para este caso se tomó como ejemplo la fibra 02 de la Bobina No. 7C; Las figuras 23 y 24 representa la fibra medida en las longitudes de onda de 1310 nm y 1550 nm respectivamente. Allí se puede encontrar la longitud óptica en Km, la pérdida en dB y la atenuación en (dB/Km), como los datos más relevantes; Y que se pueden corroborar con los transcritos en Excel. Para la longitud de onda de 1310 nm se tiene: Longitud óptica: 4,0790 Km; Perdida: 1,426 dB; Atenuación: 0,35dB/Km. Y Para la longitud de onda de 1550 nm se tiene: Longitud óptica: 4,0788 Km; Perdida: 0,807 dB; Atenuación: 0,196 dB/Km. A continuación, se relaciona el entregable de los archivos para la recepción de carretes de F.O



8. MATERIALES DE CAMPO

En este capítulo se presentan las especificaciones técnicas de los elementos básicos para el soporte de fibra óptica dentro del sistema de distribución eléctrico aéreo de la red, con el fin de familiarizar los materiales que van instalados en campo y así poder entender su ubicación y la cantidad utilizada por enlace-tramo. Este capítulo contiene imágenes propias de **INTELCA PST** y también imágenes tomadas de internet, todas ellas usadas únicamente con fines pedagógicos.

Se debe tener en cuenta que todos los productos que se instalen en las redes de distribución eléctrica deben tener certificación de producto con norma técnica y con Retie. La norma técnica se refiere al cumplimiento de un producto o material con una norma internacional (IEC), nacional (NTC, ANSI/IEEE). El cumplimiento del Retie se refiere a las especificaciones y criterios de seguridad establecidos en el Retie para productos y construcción de instalaciones.

Entre los diferentes elementos que componen la red de fibra óptica para casos de redes de acceso se puede tener en cuenta lo siguiente:

- **Cables** (Monomodo-utilizado en largas distancias o Multimodo-utilizado en distancias cortas).
- **Puntos de apoyo y/o refuerzo de la red de transporte** (Postes, Cámaras, Riendas, etc.).
- **Herrajes** (Sujeción, Retención, Suspensión, amarres o zunchos, grapa, amortiguadores).
- **Empalmes** (Conexión y/o derivación).

Dentro del tendido de la fibra óptica se encuentran varios elementos que, dependiendo del fabricante o del país de origen, toman diversos nombres y algunas variantes en su conformación; bien sea por exigencias del cliente o por las características intrínsecas correspondientes al diseño de cada fabricante.

Para este proyecto se enfatizó únicamente en los **herrajes** debido a que fue necesario aprender sobre su funcionamiento y ubicación en determinados postes/apoyos; y así tener un concepto claro al momento de trabajar en las carteras de campo.

A continuación, todos los elementos que se encuentran enmarcados en rojo corresponden a los materiales utilizados en campo dentro del marco del proyecto ACC Vive Digital.

8.1 Herraje de Sujeción

Un herraje de sujeción es un elemento que sirve para que otros componentes se puedan adosar para sostener o retener el cable de fibra óptica. Entre ellos se encuentran las abrazaderas o collarines y las trompo-platinas.

La figura 25 describe varios ejemplos en los que se puede utilizar un herraje de sujeción, como por ejemplo fijando los elementos necesarios para realizar y adaptar un cambio de nivel, una retenida del cable o la suspensión del mismo.

Figura 25. Herrajes de sujeción



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de fotografías de Intelca PST e imágenes en Internet⁴⁷.

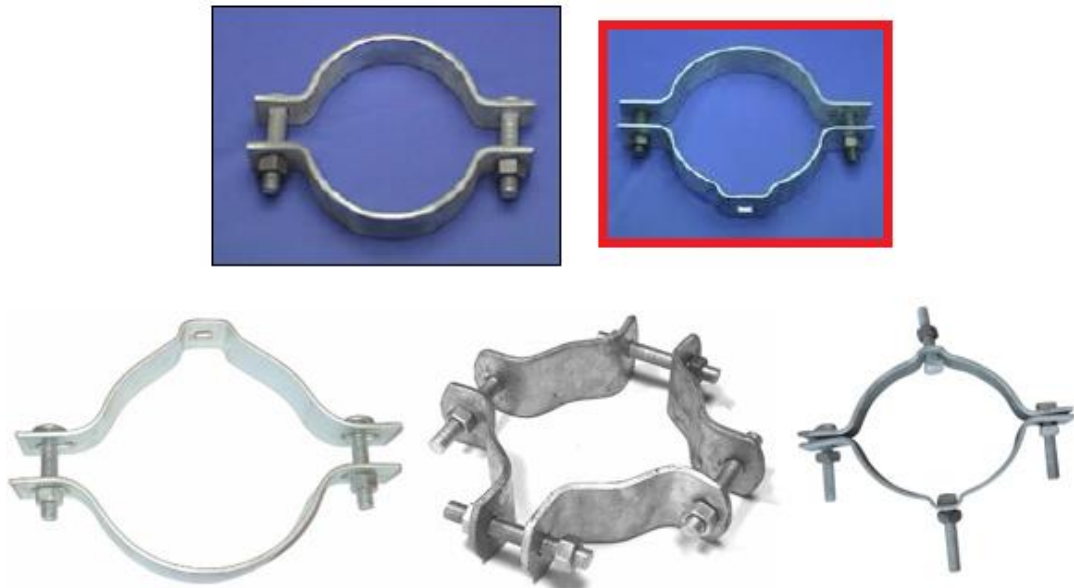
Los herrajes de sujeción en general y el sistema escogido de fijación al cable, deberán ser capaces de soportar las cargas de tracción, debido a los esfuerzos estáticos (verticales u horizontales del cable) y dinámicos (vibraciones eólicas y efectos del galope sobre el cable), sin afectar la integridad mecánica y óptica del mismo.

⁴⁷ Herrajes de sujeción (2019), desde: <http://www.technowired.net/fibras-opticas/>

8.2 Abrazaderas

La abrazadera para poste también se conoce como collarín; dependiendo del uso, su conformación puede ser sin salida, con una salida con o sin hueco y con dos salidas con o sin hueco. Se usa en poste y es apta para cualquier tipo de vano; sin embargo, el tema económico en algunos contratos, restringe su uso para vanos menores a 200 metros o (240 metros dependiendo del margen de tolerancia asumido por el cliente). Se utilizan en cualquier tipo de puntos de suspensión o retención, y de acuerdo con el tipo de amarre del herraje puede recibir adosamiento por la parte del tornillo de ajuste (que generalmente requiere eslabón y grillete) o por el hueco de la abrazadera (que requiere tuerca de ojo y tornillo). La figura 26 muestra deferentes tipos de abrazaderas para adaptar en los postes.

Figura 26. Abrazaderas



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de fotografías de Intelca PST e imágenes en Internet⁴⁸.

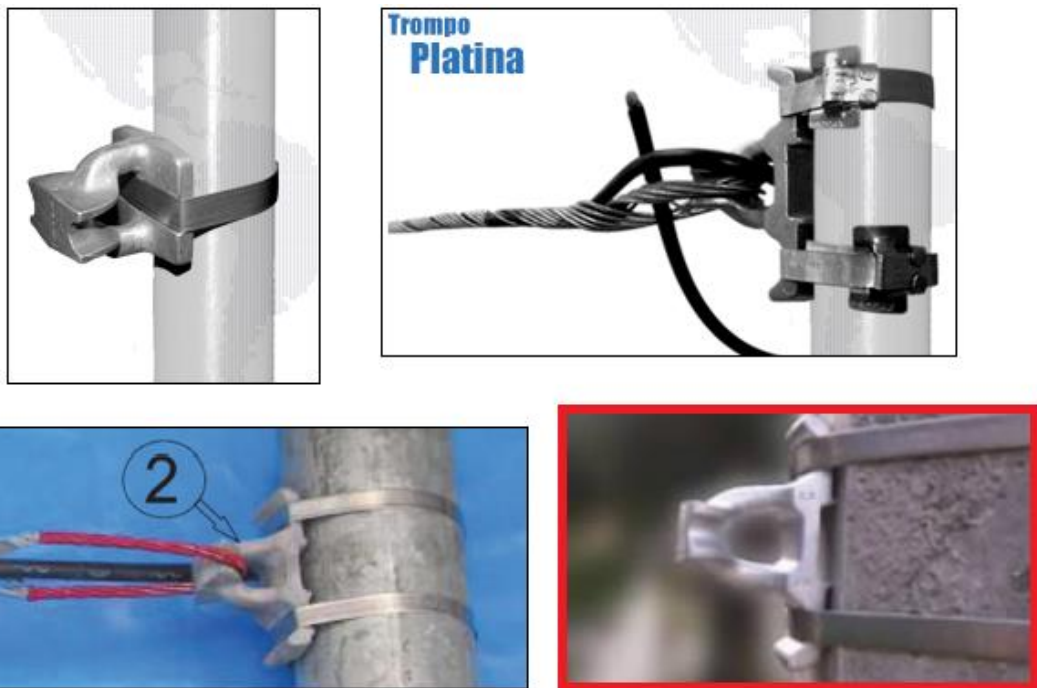
En términos generales la abrazadera para poste es un herraje que está conformado por dos platinas metálicas semicirculares, unidas en sus extremos con tornillos y tuercas para la respectiva sujeción. Los collarines o abrazaderas se usan para fijar elementos o equipo en los postes y son de servicio continuo para el sistema de distribución de la compañía. Estas poseen características geométricas y mecánicas que permiten adaptarse en los postes y/o apoyos. Por lo general Se utilizan abrazaderas de 3,81 x 0.63 cm (1 ½ x ¼) que están formadas por dos elementos circunferenciales, con pestañas. Las platinas deben ser de alta calidad y cumplir la Norma NTC 422. Los tornillos, tuercas y arandelas deben de estar de acuerdo con las normas NTC 858 y galvanizados según la norma NTC 2076.

⁴⁸ Abrazaderas (2019), desde: <http://www.electrosansrl.com/ProdFabricacion/Abrazaderas/abrazaderas.htm>

8.3 Trompo – Platina

La Trompo-platina también se conoce como ojo para poste o soporte para retención; esta se sujeta al punto de apoyo con cinta band-it y en este se ancla el remate o herraje de retención. Es apta para vanos de hasta 200 metros y se sujeta al poste con fleje de acero inoxidable y a su ojo (en forma de guardacabo) se abraza el tensor en U preforma espiral. Se utilizan en puntos donde el ángulo generado al tendido del cable es mayor a 30 grados, en cambios de dirección, en cambios de tendido (de aéreo a canalizado), y en cambios de nivel del tendido. La figura 27 describe las trompo-platinas y su uso para la retención en F.O.

Figura 27. Trompo-platinas



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de fotografías de Intelca PST e imágenes en Internet⁴⁹.

De manera general la trompo-platina es utilizada en los tendidos de redes de fibra óptica, cables coaxiales, o redes HFC. Y es ideal para acoplar los herrajes de retención. La trompo-platina se ajusta al apoyo con fleje o cinta de acero inoxidable en dimensiones de $\frac{1}{2}$ hasta $\frac{3}{4}$ de pulgada. Como se puede observar en la figura anterior, existen dos tipos de trompo-platina: la que se ajusta con una sola cinta band-it (imagen superior izquierda), que soporta menores tensiones y la que se ajusta con doble cinta band-it (imagen superior derecha), que soporta mayores tensiones. Para el proyecto ACC Vive Digital se utilizó en su mayoría las de doble cinta band-it, como se puede apreciar en la imagen inferior derecha.

⁴⁹ Trompo - Platinas (2019), desde: <http://fycotelecom.com/soluciones/trompo-platina-03/>

8.4 Herraje de Suspensión Fija

El herraje de suspensión también se conoce como guía de suspensión o herraje de soporte para fibra; como su nombre lo indica, este tipo de herraje se usa para suspender o colgar el cable a través del tendido. Se utilizan donde el ángulo generado al tendido del cable es inferior a 20 grados, en líneas continuas de tendido sin cambio de dirección. De acuerdo a lo anterior y teniendo en cuenta el peso propio del cable de fibra, se recomienda tensar (colocar herrajes de retención al principio y al final del tramo) cada 3-5 suspensiones seguidas, dependiendo la longitud del vano (distancia que existe entre los apoyos de un elemento estructural). Dependiendo de la forma de instalación y el vano, se pueden clasificar los herrajes de suspensión en dos grupos: Herrajes de suspensión fija y herrajes de suspensión colgante. La figura 28 muestra diferentes tipos de suspensiones fijas.

Figura 28. Herrajes de suspensión fija.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *fotografías de Intelca PST e imágenes en Internet*⁵⁰.

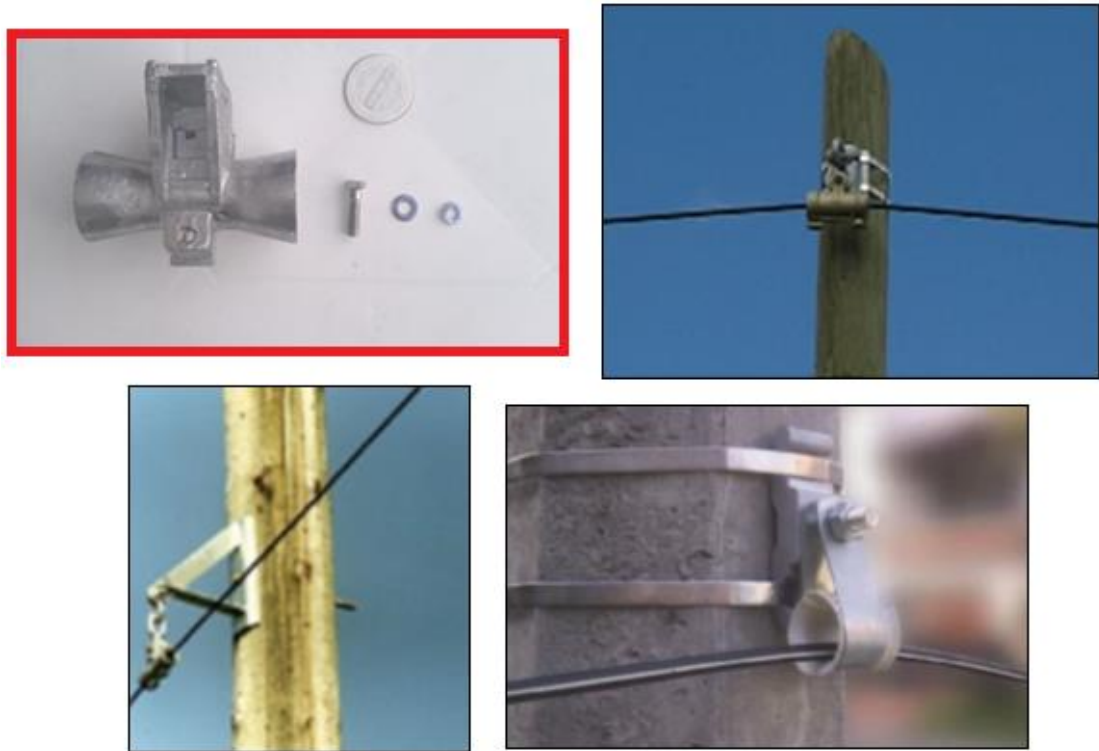
El herraje de suspensión fija para cable ADSS está diseñado para suspender y repartir esfuerzos mediante la suave sujeción de un cojín de neopreno. Esto aporta la capacidad para que el cable pueda adaptarse a las condiciones ambientales en un entorno de redistribución de esfuerzos para la seguridad de la línea de transmisión.

⁵⁰ Suspensión (2019), desde: <https://fibrasopticasdemexico.com/fichas/HSADSS-Herraje-de-suspension-ADSS.pdf>

8.5 Herraje de Suspensión Colgante

El herraje de suspensión colgante sirve para cualquier tipo de vano recto (redes OPGW y redes convencionales) con ángulos de tendido inferiores a 20 grados. De igual manera que el soporte fijo se debe intercalar varios soportes de suspensión entre dos puntos de retención, dependiendo del diseño del fabricante tienen restricción en la longitud del vano. La figura 29 describe varios ejemplares de suspensión colgante para F.O. y uso en postes.

Figura 29. Herrajes de suspensión colgante



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de fotografías de Intelca PST e imágenes en Internet⁵¹.

El herraje de suspensión colgante por lo general no lleva neopreno, sino que simplemente sirve para sostener el cable y ejercer una tensión mucho menor como se puede observar en la figura anterior (imagen inferior derecha), el cual es un montaje de suspensión básico para una estructura muy liviana y es apto para vanos pequeños y urbanos. Para el proyecto ACC Vive Digital se utilizó en su mayoría el herraje de suspensión fija tipo corneta en acero galvanizado, debido a que en la mayor parte de los tramos se cubrieron grandes distancias, así que se necesitaba repartir los esfuerzos por medio del cojín de neopreno.

⁵¹ Suspensión colgante (2019), desde: <https://fibrasopticasdemexico.com/fichas/HSCADSS-Herraje-de-suspension-ADSS-colgante.pdf>

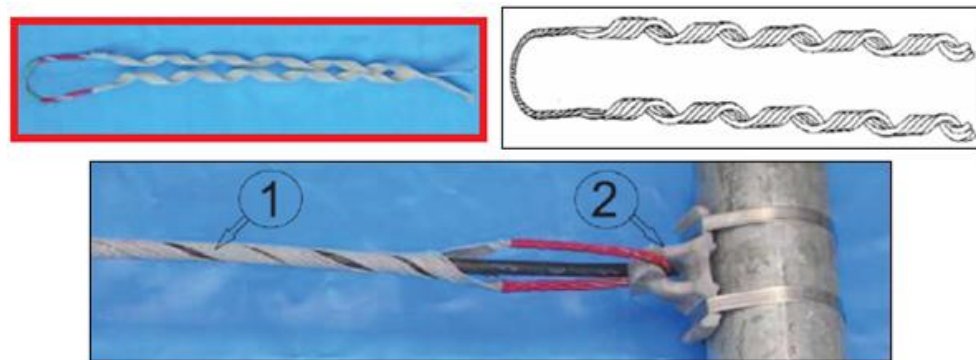
8.6 Herraje de Retención

El herraje de retención también se conoce como retenida, remate, preformado o tensión espiralada (debido a la técnica y forma de fabricación). Este elemento se abraza al elemento de sujeción directamente (trompo-platina, abrazadera con guardacabo y extensión, ojo de sujeción). Este elemento absorbe las fuerzas o tensiones que se generan en el cable tendido, bien sea por el ángulo del punto y/o apoyo o por el sostenimiento de vanos largos con suspensión. Dependiendo del vano y de las condiciones de instalación, el sistema de retención puede requerir de elementos adicionales como amortiguadores o varillas de refuerzo que ayuden al buen sostenimiento de la fibra óptica. Se utilizan en puntos donde el ángulo generado al tendido del cable sea mayor a 30 grados, en cambios de dirección, en cambios de tendido (de aéreo a canalizado), en cambios de nivel y al inicio y final de cada tramo. Dependiendo de la instalación se encuentran varios modelos y sistemas para los diferentes tendidos y vanos que se pueden clasificar en: retención sencilla; retención con simple refuerzo con o sin brazo extensor y retención con doble refuerzo con brazo extensor.

8.6.1 Retención Sencilla

Se aplica en vanos inferiores a 200 metros, incluye como elemento de retenida la espiral preformada en U; en caso de sujeción a trompo-platina este tiene la preforma del guardacabo y en el caso de sujeción a una abrazadera incluye accesorios como guardacabo y ojo de anclaje. Este elemento tiene un código de colores que indica la capacidad del mismo (de acuerdo al diámetro del cable a retener en mm) y se escoge de acuerdo al diseño de la red. La figura 30 muestra una retención sencilla y su forma de adosar en trompo-platina.

Figura 30. Retención sencilla



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de fotografías de Intelca PST e imágenes en Internet⁵².

⁵² Retención sencilla (2019), desde:

https://www.hcenergia.com/recursos/doc/Colaboradores/Proveedores/Electricidad/Ingenieria/832556955_141120119426.pdf p. 23

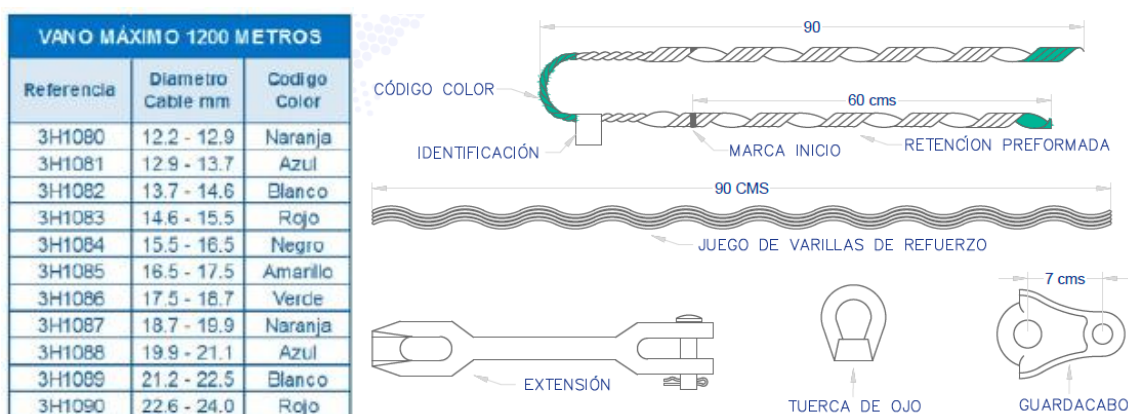
Figura 31. Retención en cambio de nivel y cambio de dirección



Autor: Christian Durán, Adaptada a partir de *fotografías tomadas por Intelca PST*.

El sistema de retención en general es utilizado para tensar el cable de fibra ADSS a lo largo de todo el recorrido. Como se observa en la figura 31 es imperativo su utilización para los cambios de nivel apreciados en la imagen izquierda y para los cambios de dirección de más de 30 grados, como se muestra en la imagen derecha. El cambio de dirección es casi que, de 90 grados, por lo cual es necesario poner retención en este punto. Hay que tener en cuenta que siempre van dos herrajes de retención. Uno para retener el peso del cable de la fibra y el otro para hacer el cambio de nivel o de dirección; solamente se puede colocar un herraje de retención para el inicio y final del tramo que son los que van hacia las cometidas para llegar a los diferentes nodos. En la figura 32, se encuentra detallado el código de colores para una retención de fibra óptica con un vano máximo de 1200 metros.

Figura 32. Retención para fibra óptica – vano 1.200 metros / Ficha técnica.



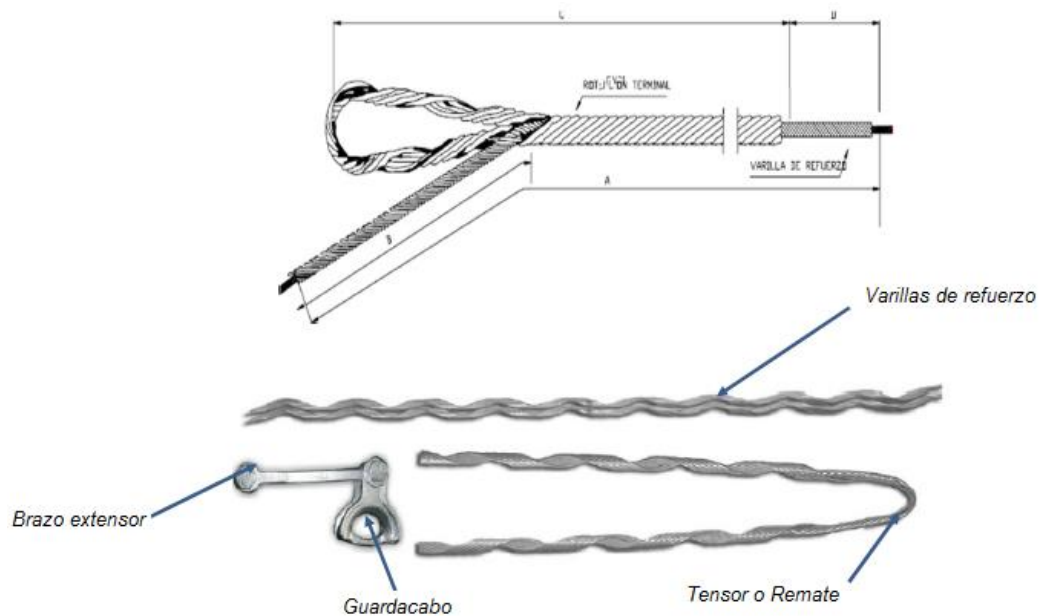
Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Retención para fibra óptica - Ficha técnica (Comelec)* ⁵³.

⁵³ Comeltec, desde: <http://comelec.com.co/wp-content/uploads/2018/12/Retenci%C3%B3n-Vano-1200-a-1800.pdf>

8.6.2 Retención con Simple Refuerzo con o sin brazo extensor

Se aplica en cualquier tipo de vano acorde a las restricciones de cada fabricante. El sistema puede incluir o no el brazo extensor; incluye el remate, la varilla de refuerzo y el elemento del brazo extensor (guardacabo, tuerca de ojo).

Figura 33. Retención con refuerzo simple.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *herrajes y accesorios para el tendido aéreo de cables de tierra y/o fibras ópticas* (hc energía) ⁵⁴.

La figura anterior muestra un sistema preformado para cable de F.O. con todos sus componentes; Por un lado, se cuenta con las varillas de refuerzo que van a lo largo de toda la retención y que sirven para minimizar las concentraciones de fuerzas que se puedan producir por la instalación sobre el cable. También cuenta con el tensor o remate que debe ir sujetado por medio del brazo extensor y guardacabo respectivamente al herraje de sujeción (trompo-platina o abrazadera). Y de esta manera poder sostener el cable de fibra óptica para continuar con el tendido de la red. El cable de F.O. va por dentro de la retención y se deja un pequeño puente hasta llegar a la siguiente retención; el brazo extensor se utiliza para dar un buen espacio y generar un puente de cable entre las retenciones con el fin de no estresar el mismo y es mucho más cómodo para instalar en el poste que si el cable quedara pegado a éste.

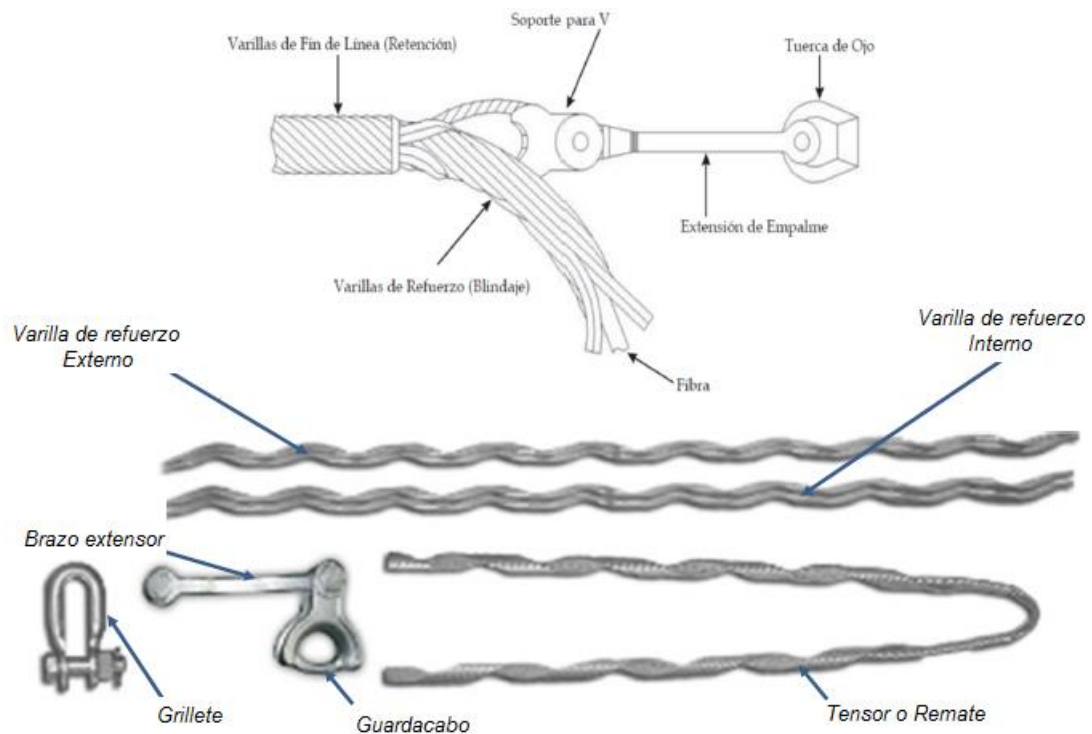
⁵⁴ hc energía (2019), desde:

https://www.hcenergia.com/recursos/doc/Colaboradores/Proveedores/Electricidad/Ingenieria/832556955_141120119426.pdf p. 28

8.6.3 Retención con doble Refuerzo con Brazo Extensor

Se aplica en cualquier tipo de vano acorde a las restricciones de cada fabricante. El sistema incluye remate, varilla de extensión, incluye varillas de refuerzo interno y varillas de refuerzo externo, además del brazo extensor (Guardacabo, etc.) y la argolla (eslabón) para el sistema de sujeción (Abrazadera).

Figura 34. Retención con doble refuerzo.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *herrajes y accesorios para el tendido aéreo de cables de tierra y/o fibras ópticas* (hc energía) ⁵⁵.

El sistema de retención con doble refuerzo funciona exactamente igual que el sencillo; la única diferencia es que posee una varilla de refuerzo interno y una varilla de refuerzo externo con el fin de minimizar al máximo las concentraciones de fuerzas que se puedan producir por la instalación sobre el cable como se describe en la figura 34. En términos generales las varillas de refuerzo cubren toda la fibra óptica a lo largo de la retención con el objetivo de amortiguar y blindar el cable ADSS, suministrando alivio de la tensión a las áreas de salida crítica del cable.

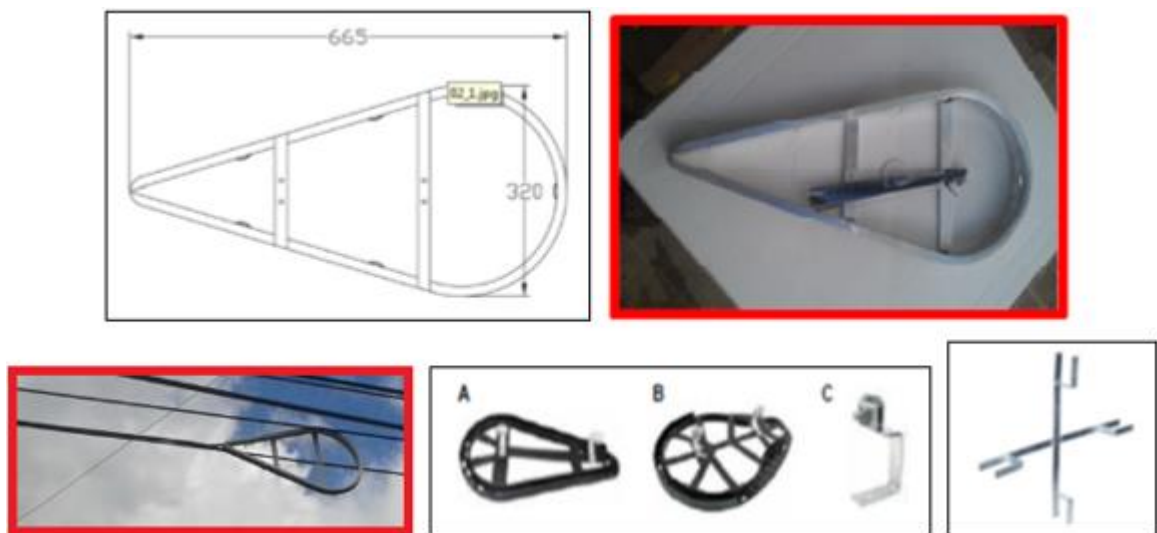
⁵⁵ hc energía (2019), desde:

https://www.hcenergia.com/recursos/doc/Colaboradores/Proveedores/Electricidad/Ingenieria/832556955_141120119426.pdf p. 28

8.7 Herraje de Reserva para Cable

El herraje de reserva para cable también se conoce como raqueta, morseto, snowshoe – pie de nieve, remanente, almacenadora de cable o loop. Este herraje consta generalmente de una armadura que puede ser en acero galvanizado u otro material bastante resistente y el rollo de cable se adosa con cintas de amarre que generalmente debe tener protección UV debido a la exposición al medio ambiente. Este elemento se utiliza para almacenar los cables que se dejan como reserva en los diferentes vanos del recorrido de la fibra. Dependiendo del tipo de herraje se pueden adosar directamente al poste o sobre el tendido del vano, acorde a los requerimientos del dueño de la red y de las especificaciones del fabricante; se encuentran varios modelos y sistemas para los diferentes tendidos y longitud de reservas, según los diseños de cada fabricante pueden incluir o no el soporte para adosar. La figura 35 describe los diferentes herrajes de reserva para cable de F.O.

Figura 35. Herrajes para reserva de F.O.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *fotografías de Intelca PST*, e *imágenes en Internet*⁵⁶.

Para el proyecto ACC Vive Digital se utilizó en su mayoría el herraje tipo raqueta. Las reservas para cable están fabricadas en lámina de aluminio y diseñadas para mantener el excedente de fibra óptica; para el caso de ACC, no se debía exceder en más de tres vueltas en cada raqueta, con el fin de facilitar el mantenimiento. Estas reservas se utilizan en caso de que haya algún corte o avería en el cable de fibra; y se procede extendiendo el cable hasta llegar al punto afectado y así poder empalmar.

⁵⁶ Raqueta (2019), desde: https://www.incom.mx/documents/pdf/2116SS-RAQUETA_DE_PLASTICO_DE_16.pdf

En la figura 36, se muestra una reserva de cable de fibra con un herraje tipo cruz, el cual tiene una capacidad mucho mayor de almacenamiento y se utilizan cuando el tramo comprendido no supera los 4 kilómetros o cuando existe algún empalme de derivación donde puede sobrar fibra considerablemente; también existen las reservas para los empalmes aéreos, aquí es imperativo dejar siempre un mínimo de cable antes y después de cada empalme, aproximadamente 4,5 metros para evitar cualquier posible stress en la fibra.

Figura 36. Herraje tipo cruz para reserva de F.O.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *fotografías tomadas por Intelca PST.*

En la figura 37, esta reserva no lleva raqueta, sino que se utiliza una guía de bajada para cable de doble salida. Para zonas urbanas normalmente la reserva constituye de un 10 a 20 % de la distancia lineal del total de la ruta y en trayectos largos constituye de un 5 a 10 % de la distancia lineal del total de la ruta.

Figura 37. Guía de bajada para reserva de F.O.



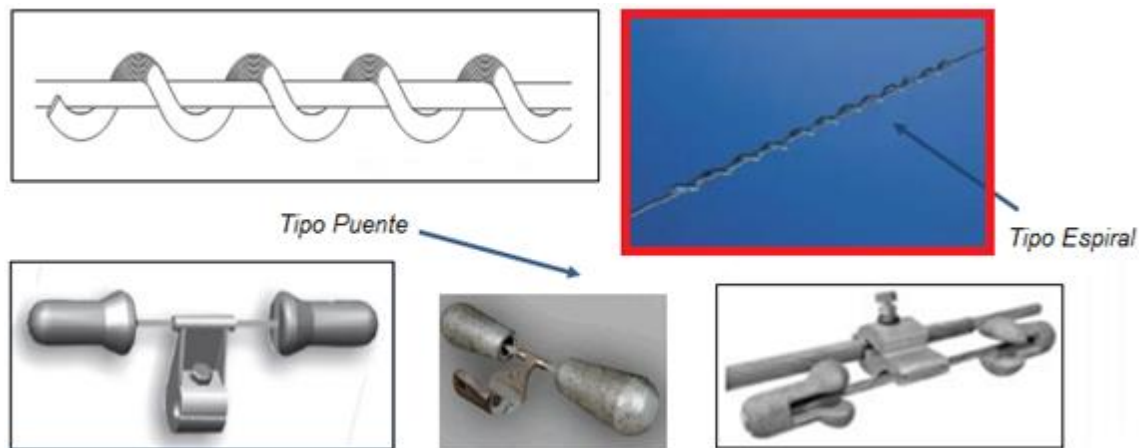
Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *fotografías tomadas por Intelca PST.*

8.8 Amortiguadores

El amortiguador, también conocido como anti-vibrador, contrapeso, espiral o amortiguador de vibración; es un elemento que sirve para aliviar las tensiones sobre los vanos de red tendidos. Se utilizan en vanos mayores a 120 metros o cuando la tensión del cable excede el 15 % de la tensión de rotura y es apropiado para amortiguar efectivamente la vibración eólica.

Existen diferentes clases y formas, entre las cuales se encuentran las de varilla en espiral y los de tipo puente, generalmente se colocan sobre el tendido a lado y lado de cada punto de apoyo. La figura 38 representa los diferentes tipos de amortiguadores, de los cuales el tipo espiral fue el utilizado durante el proyecto nacional de F.O.

Figura 38. Tipos de amortiguadores.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de fotografías de Intelca PST, e imágenes en Internet⁵⁷.

8.9 Cinta de Acero Inoxidable Band-It

La cinta de acero inoxidable, también conocida como fleje o cinta band-it; es un elemento que sirve para adosar (poner un elemento contiguo a otro en el que se apoya por la espalda o por los lados), y/o amarrar los diferentes herrajes de una red de fibra óptica. Comercialmente existen varias presentaciones en rollo o en flejes a manera de abrazadera ajustable en medidas que oscilan desde 3/8" hasta 5/8" de pulgada. La figura 39 describe algunos tipos de cinta band-it en sus diferentes tamaños y el utilizado durante el proyecto.

⁵⁷ Amortiguadores (2019), desde: <http://interelectricas.com.co/pdf/TYCO-DULMISON%20Fibra%20Optica-Sept.04.pdf> p. 13

Figura 39. Cinta Band-it.

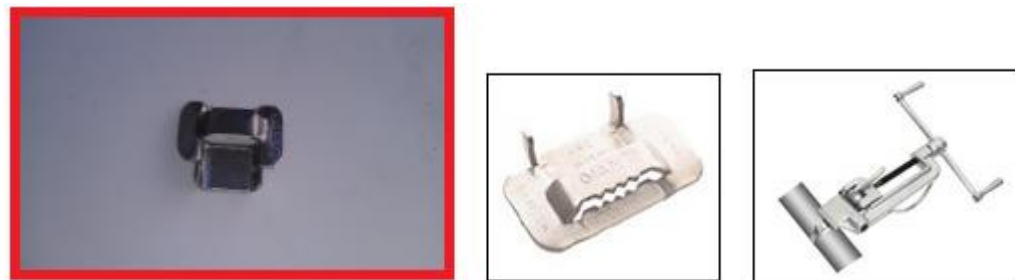


Autor: Christian Durán, adaptada a partir de fotografías de Intelca PST, e imágenes en Internet⁵⁸.

8.9.1 Hebilla de Acero Inoxidable

La hebilla de acero inoxidable, también conocida como hebilla de cierre, hebilla de amarre o zuncho metálico en acero inoxidable; es un elemento que sirve para sellar la cinta band-it al poste o punto de apoyo. Esta se instala o se sella por medio de una zunchadora (Fig. 40, tercera imagen), y así adosar los elementos como trompo-platinas y demás.

Figura 40. Hebilla de acero inoxidable.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de fotografías de Intelca PST, e imágenes en Internet⁵⁸.

⁵⁸ Cinta Bant -it / Hebillas (2019), desde: <https://www.gotexchile.cl/amarra-aceros-amarracables>

8.10 Grapa de Bajada

La grapa de bajada, también conocida como herraje de guía y fijación (con o sin neopreno). Es un elemento que sirve para bajar de forma organizada los cables de fibra óptica, ya sea para las reservas de empalme aéreo o para los cambios de nivel, (Figura 41).

Figura 41. Grapa de bajada.



Grapa de bajada

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *fotografías tomadas por Intelca PST.*

8.11 Marquilla de Red

En las instalaciones de cableado estructurado es absolutamente necesario contar con una buena documentación de todos los componentes instalados. Para que esta documentación sea efectiva debe estar acompañada de un correcto etiquetado de dichos componentes, de tal manera que su localización sea rápida y precisa, facilitando las labores de mantenimiento y de búsqueda en caso de averías. Para el proyecto ACC Vive Digital se utilizaron marquillas de color amarillo; las dos primeras iniciales significan ‘fibra óptica’ seguida de un número de serie. En la documentación hay que tener en cuenta los últimos dos-tres números para identificar la transición entre los tramos.

Figura 42. Marquilla de red.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *fotografías tomadas por Intelca PST, marquillas de red.*

De acuerdo con la recomendación ITU-T L.26 sección 6.5 el cable de fibra óptica debe estar plenamente identificado con marquillas de red cada 50-100 metros para su fácil reconocimiento. La figura 42 describe un grupo de marquillas listas para su instalación.

9. DISEÑO DE TRAMOS

En este capítulo se discutirá un poco acerca del diseño de tramos para el proyecto ACC Vive Digital. Durante la pasantía aparte de realizar la recepción de carretes para los diferentes departamentos, se tuvo la oportunidad de aprender acerca de los tramos de diseño que se recibían de la compañía **DISTEL** dentro del departamento operativo; y así poder trabajar de una mejor manera en las carteras que se recibían de campo.

9.1 Cartera de Diseño – Villavicencio @ Acacias

Las carteras de diseño iban llegando al departamento operativo a medida que se iba aprobando la construcción de los tramos. Para este caso se tomó como ejemplo la cartera de diseño **Villavicencio – Acacias** que pertenece al departamento del Meta. A continuación, se puede observar la cartera de verificación en campo antes de la instalación de fibra óptica. Esta compañía en común acuerdo con los proveedores del servicio de energía podía tener acceso a la información sobre los puntos y/o apoyos a lo largo de los tramos con el fin de verificar y trazar una posible ruta para el tendido de la F.O.

Figura 43. Cartera de Diseño.

CARTERA DE VERIFICACIÓN EN CAMPO

Ruta: VILLAVICENCIO - ACACIAS

Diseño DISTEL

Fecha: 18/07/2012

Supervisor

ITEM	Direccion	Tipo de Elemento	Costado Via	Distancia entre Elementos (mts)	SPAN	Coordenadas Geográficas WGS 84									Postes				Distancia Civil Acumulada (m)	Reserva (m)	Distancia Óptica Acumulada (m)	Long Carrete acumulada (m)	Carrete	Empalmes
						Latitud N			Longitud W			Uso		Elementos o equipos ubicados en el poste	Zona de Instalación	Herraje								
						Grad	Min	Seg	Grad	Min	Seg	MT	BT											
1	Nodo Villavicencio	Nodo		13,83	200	4°	9'	23.00"	-73°	38'	17.00"				0	2R_c	13,8	100,0	114,0	114,0	1	1		
2	Nodo	Poste	Derecho	35,75	200	4°	9'	23.44"	-73°	38'	16.92"	X		Transformador, Caja, Tierra	Anden	2R_c	49,6	0,0	150,1	150,1	1	0		
3	K30 41A 103	Poste	Derecho	46,50	200	4°	9'	22.38"	-73°	38'	16.45"	X		Luminaria	Anden	S_c	96,1	0,0	197,0	197,0	1	0		
4		Poste	Derecho	20,32	200	4°	9'	21.00"	-73°	38'	15.85"	X		Solo cableado	Anden	S_c	116,4	0,0	217,6	217,6	1	0		
5	K 30 41A 27	Poste	Derecho	32,08	200	4°	9'	20.38"	-73°	38'	15.64"	X		Tierra y Luminaria	Anden	S_c	148,5	0,0	250,0	250,0	1	0		
6	K30 41A 08	Poste	Derecho	40,92	200	4°	9'	19.44"	-73°	38'	15.19"	X		Tierra y Luminaria	Calzada	S_c	189,4	0,0	291,3	291,3	1	0		
7	K 30 41 41	Poste	Derecho	38,78	200	4°	9'	18.21"	-73°	38'	14.69"	X		Tierra y Luminaria	Anden	S_c	228,2	0,0	330,5	330,5	1	0		
8	K 41 1099	Poste	Derecho	53,02	200	4°	9'	17.05"	-73°	38'	14.20"	X		Caja, Tierra y Luminaria	Zona Verde	2R_c	281,2	0,0	384,0	384,0	1	0		
		Obstrucción			200	4°	9'	16.77"	-73°	38'	14.38"													
9	K30 30-44	Poste	Derecho	56,07	200	4°	9'	15.44"	-73°	38'	14.80"	X		Transformador, Caja, Tierra	Anden	2R_c	337,3	0,0	440,6	440,6	1	0		
		Cruce Via Tipo 1			200	4°	9'	15.19"	-73°	38'	16.25"													
10	K 30 30A 12	Poste	Derecho	44,59	200	4°	9'	14.72"	-73°	38'	16.47"	X		Solo cableado	Anden	2R_c	381,9	0,0	485,7	485,7	1	0		
		Cruce Via Tipo 6			200	4°	9'	14.33"	-73°	38'	16.66"													
		Cruce Via Tipo 1			200	4°	9'	14.09"	-73°	38'	17.70"													
11	C 41 30 A Esq.	Poste	Izquierdo	28,99	200	4°	9'	13.92"	-73°	38'	17.67"	X		Tierra	Anden	2R_c	410,9	53,0	568,1	568,1	1	0		
12		Poste	Izquierdo	17,02	200	4°	9'	13.67"	-73°	38'	18.58"	X		Transformador, Caja, Tierra	Calzada	2R_c	427,9	0,0	585,3	585,3	1	0		
13		Poste	Izquierdo	13,82	200	4°	9'	13.60"	-73°	38'	19.13"	X		Transformador, Caja y Tierra	Anden	2R_c	441,7	0,0	599,2	599,2	1	0		
14		Poste	Izquierdo	42,39	200	4°	9'	13.28"	-73°	38'	19.45"	X		Caja y Luminaria	Calzada	2R_c	484,1	0,0	642,0	642,0	1	0		
		Cruce Via Tipo 1			200	4°	9'	12.68"	-73°	38'	19.90"													
15	C 41 32 24	Poste	Izquierdo	36,72	200	4°	9'	12.66"	-73°	38'	20.67"	X		Transformador, Caja, Tierra	Anden	2R_c	520,8	0,0	679,1	679,1	1	0		
16		Poste	Izquierdo	55,22	200	4°	9'	11.75"	-73°	38'	21.45"	X		Transformador, Caja, Tierra	Calzada	2R_c	578,0	0,0	734,9	734,9	1	0		
		Cruce Via Tipo 1			200	4°	9'	11.23"	-73°	38'	22.28"													
17	C41 33 08	Poste	Izquierdo	12,07	200	4°	9'	11.27"	-73°	38'	23.17"	X		Transformador, Caja y Tierra	Anden	2R_c	588,1	0,0	747,1	747,1	1	0		
18		Poste	Izquierdo	52,99	200	4°	9'	10.88"	-73°	38'	23.21"	X		Transformador, Caja, Tierra	Calzada	2R_c	641,1	0,0	800,6	800,6	1	0		
19	C41 33-41	Poste	Izquierdo	45,48	200	4°	9'	10.01"	-73°	38'	24.69"	X		Caja y Luminaria	Anden	2R_c	686,6	0,0	846,6	846,6	1	0		
20		Poste	Izquierdo	44,19	200	4°	9'	9.67"	-73°	38'	23.26"	X		Solo cableado	Calzada	2R_c	730,8	0,0	891,2	891,2	1	0		
21	C41 33 65	Poste	Izquierdo	11,58	200	4°	9'	9.95"	-73°	38'	24.67"	X		Caja y Luminaria	Calzada	2R_c	742,3	53,0	856,0	856,0	1	0		
22	K33a 40 70	Poste	Izquierdo	27,44	200	4°	9'	9.61"	-73°	38'	24.84"	X		Luminaria	Calzada	2R_c	769,8	0,0	983,7	983,7	1	0		
23		Poste	Izquierdo	41,07	200	4°	9'	8.82"	-73°	38'	24.44"	X		Luminaria	Anden	2R_c	810,8	0,0	1025,2	1025,2	1	0		

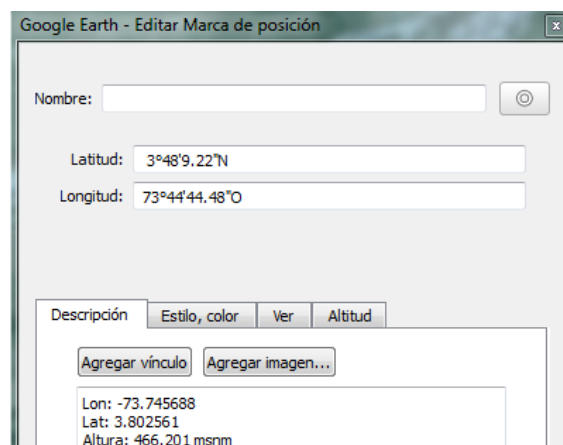
Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Carteras de Diseño (DISTEL)*.

Para describir un poco mejor la cartera de diseño, la tabla anterior muestra de izquierda a derecha el registro de los siguientes datos: **ITEM**, se refiere al número de elementos que existen en el recorrido de la ruta; la **dirección** donde se encuentran los apoyos si es posible; el **tipo de elemento**, si es un poste o un cruce de vía; el **costado vía** en el que se encuentra, si es izquierdo o derecho; la **distancia entre los elementos**, descrita en metros civiles. **SPAN**: Es la longitud del vano con la que se va a trabajar y que para este caso se diseñó con un span 200, (máxima distancia interpostal) entre un apoyo y otro. Posteriormente se registran las **coordenadas geográficas** de cada apoyo: Latitud y Longitud en grados, minutos y segundos. El **uso** que tienen actualmente los postes/apoyos como las líneas de media tensión (MT) y baja tensión (BT), se registran también los **elementos o equipos** como transformadores, cajas, Tierra, luminaria, etc. La **zona de instalación**, si es en andén, calzada o zona verde; el tipo de **herraje**; si es de retención o suspensión, la **distancia civil acumulada**, en metros; la posible **reserva** de cable, la **longitud óptica** y la **longitud del carrete** acumulada; el número de **carretes** que se utilizan durante todo el recorrido y por último el número de **empalmes** a fusionar. Con esta información ya es posible modificar la ruta final del recorrido de la fibra con lo instalado y reportado en campo.

9.2 Archivo Kmz de diseño – ED San Martín @ Cubarral.

Primero que todo, un archivo Kmz es un formato de archivo que se utiliza para visualizar datos geográficos en un navegador terrestre como lo es Google Earth. Ahora bien, para hablar un poco mejor acerca del plano Kmz de diseño, se debe tener en cuenta la georreferenciación; al momento del posible trazado del enlace físico un operario utiliza un dispositivo GPS sobre cada uno de los posibles postes/apoyos, descrito en la cartera de diseño y sobre el cual se trabaja para pasar estas coordenadas geográficas a Google Earth.

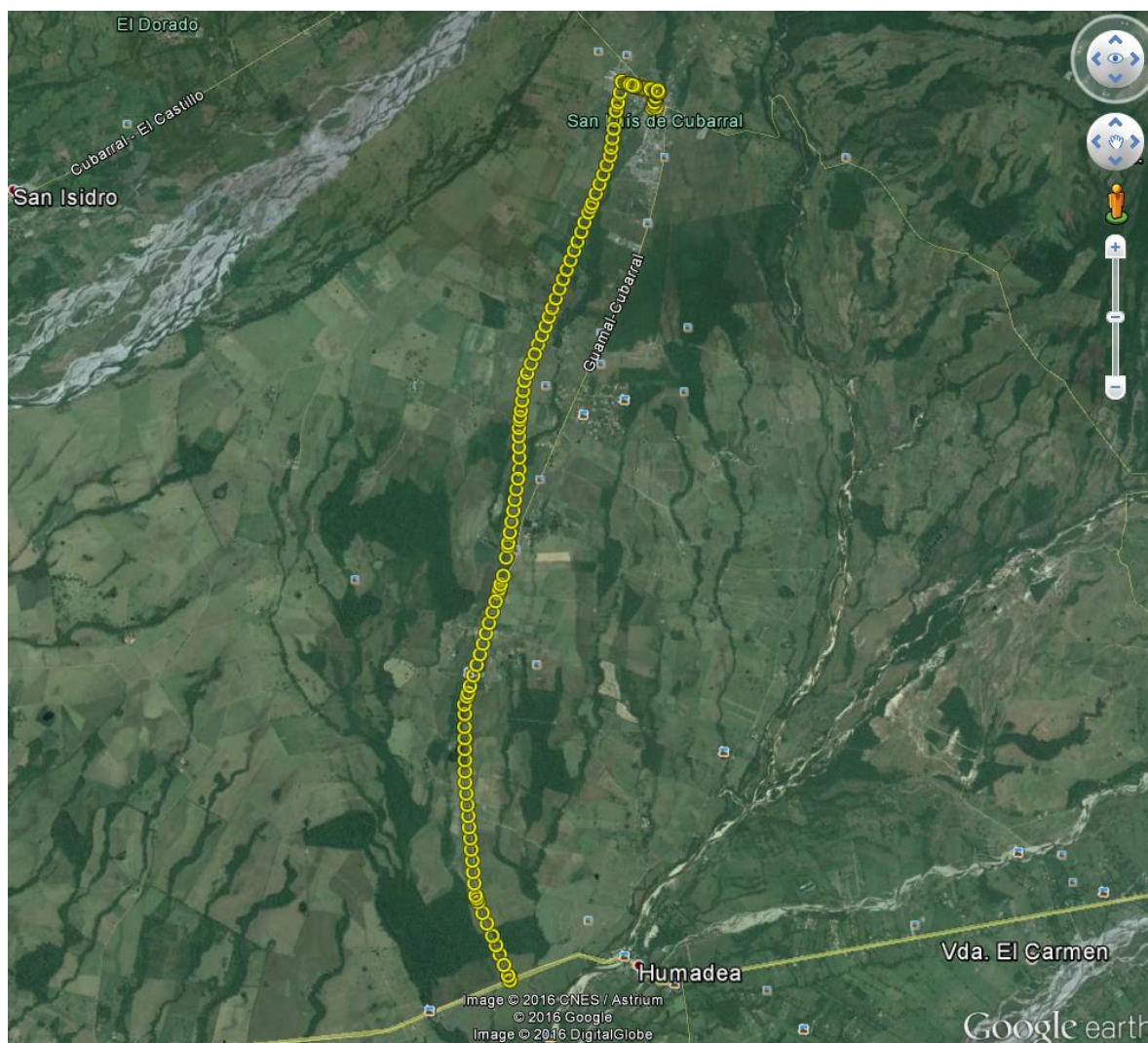
Figura 44. Georreferenciación.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Google Earth TM*.

En la figura anterior, se muestra la ventana emergente al momento de crear una nueva marca de posición para cada elemento, describiendo la Latitud y Longitud en grados, minutos y segundos. Con base en lo anterior se puede generar todos los posibles apoyos donde puede ir el tendido de la fibra. A continuación, se toma como ejemplo el plano de diseño **ED San Martín – Cubarral**. cada apoyo se encuentra georreferenciado, pero no está enumerado con respecto a la cartera de diseño. Así que empieza un arduo trabajo para identificar cuales apoyos realmente se están utilizando al momento de compararlos con lo instalado y reportado en campo. De igual manera hay que modificar tanto la numeración como la identificación plena de los empalmes, reservas y Nodos. Y de quitar o poner puntos (*georreferencias*) donde sea necesario para documentar correctamente el tramo.

Figura 45. Kmz de Diseño.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Google Earth TM*.

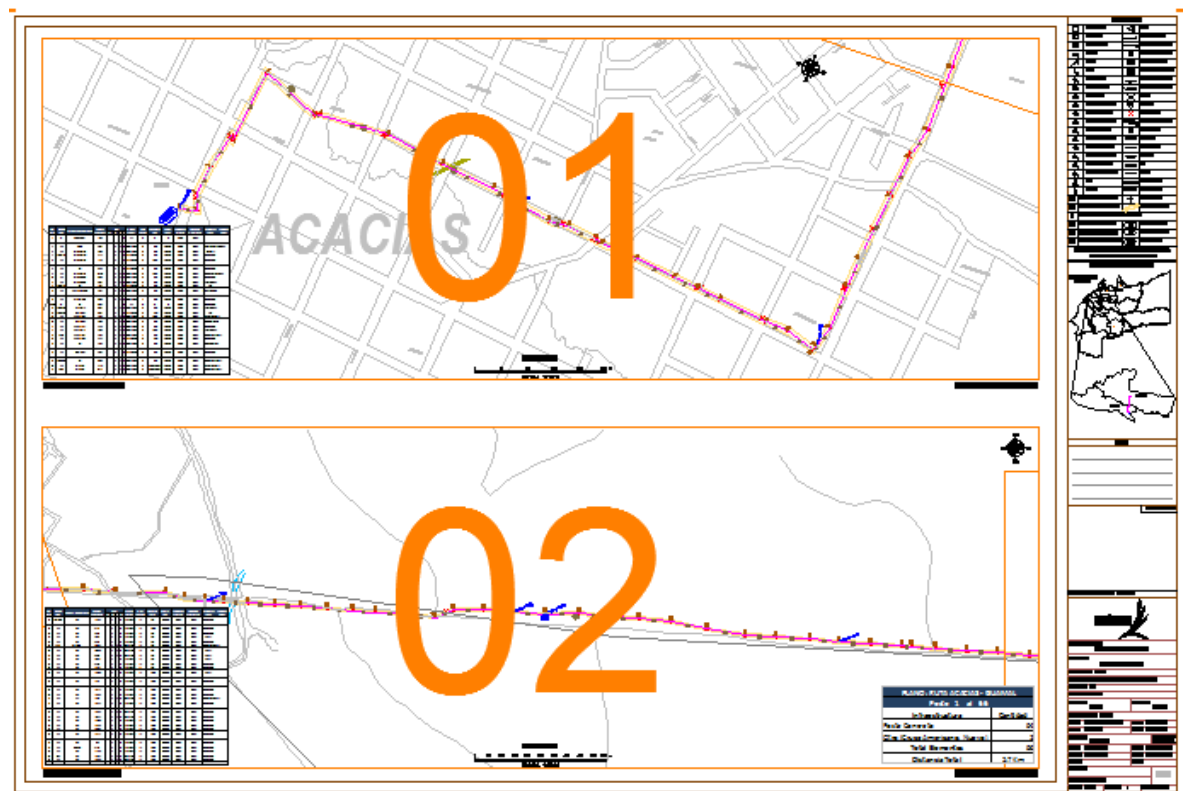
9.3 Plano AutoCAD de diseño – Acacias @ Guamal.

Al igual que las carteras, los planos AutoCAD de diseño, iban llegando al departamento operativo a medida que se iba aprobando la construcción de los tramos. Estos planos fueron diseñados inicialmente por la compañía DISTEL. De los diferentes planos en que se trabajó, se tomó como ejemplo aleatoriamente el tramo **Acacias – Guamal**.

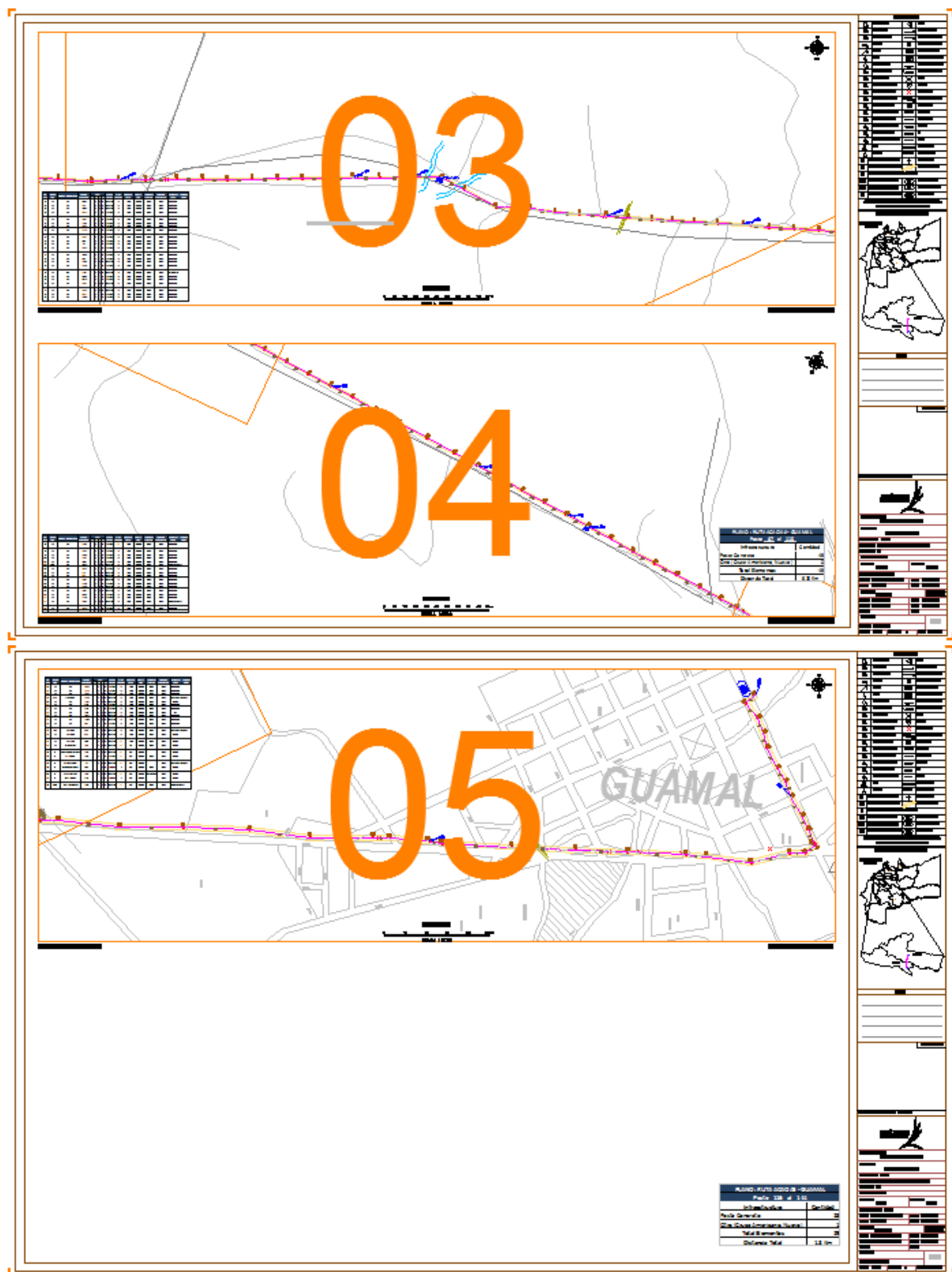
Los planos de diseño deben ser modificados una vez se tenga la cartera de campo y su respectivo plano Kmz; completando así la documentación con el plano AutoCAD. Con todo lo descrito anteriormente se empieza a generar la documentación final teniendo en cuenta que los tres documentos concuerden en igual número de elementos/Ítems y demás (***Cartera, Kmz y Plano AutoCAD***).

Para el plano AutoCAD se debe tener en cuenta la cantidad de cable en reservas, se deben registrar los empalmes, la ubicación de los nodos y debe estar enumerado cada elemento. Una vez entendido como funciona el registro, se procede a trabajar los tramos a medida que va llegando la documentación de campo al departamento operativo.

Figura 46. Plano AutoCAD de Diseño.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *AUTODESK™ AUTOCAD® 2016*



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de AUTODESK TM AUTOCAD ® 2016

10. ESTRUCTURA DEL REGISTRO DOCUMENTAL

Para introducir al lector en la estructura del registro documental es necesario hacer un recuento de los pasos necesarios para lograr una documentación exitosa y así cumplir con los objetivos del proyecto nacional de fibra óptica. Para el desarrollo del proyecto se propuso el siguiente plan de trabajo:

10.1 Recepción documentos de diseño:

Al momento de empezar a trabajar en la documentación de cada uno de los enlaces, se tiene como base una primera aproximación de lo que puede ser una posible ruta del tendido de fibra en una cartera, un mapa georreferenciado con la ubicación de los puntos/apoyos donde se instalará la F.O. (Archivo Kmz) y un Plano AutoCAD (cartesiano) de diseño. Solamente con estos tres archivos se empezará a generar la documentación.

10.1.1 Cartera de Diseño:

En la cartera de diseño, se tiene una primera aproximación de lo que puede ser la ruta del tendido de la fibra óptica. Esta cuenta por lo general, con sus respectivas direcciones, numero PACVI de cada elemento, distancias interpostales, georreferenciación y a veces con un posible estimado de los materiales que se vaya a utilizar. Estas carteras en general fueron diseñadas por la compañía **DISTEL**. De acuerdo con la topología del enlace; ellos suponen el span de acuerdo con las distancias interpostales que toman durante el levantamiento; toman un 10 % de total del cable para uso exclusivo de las reservas y cada 4 Kms suponen los posibles empalmes, ya que esta distancia es la que por lo general mide un carrete de fibra óptica.

También se describe las características de los postes, tal como es la altura (*metros*), la resistencia (*Libras*), el tipo de poste, el material del mismo y la línea de transmisión que maneja; aquí se toma en cuenta el uso de los apoyos para identificar si son de alta, media o baja tensión o si se trata de alumbrado público, si la estructura es simple, doble o triple y el nivel de tensión de la línea, la cual describe el nivel de tensión de los postes, que por lo general son de (110-220 V ó 120 V a 34,5 KV). En algunas ocasiones las carteras de diseño adicionan el dato de la altura de los elementos (*Postes/Torres*) en metros sobre el nivel del mar (*MSNM*).

En el cuadro de observación se puede encontrar información adicional o complementaria para cada apoyo con el fin de verificar el estado y/o los elementos adicionales con los que cuenta el apoyo/poste.

10.1.2 Kmz de Diseño:

El Kmz de diseño comprende todos los posibles puntos por donde puede pasar la fibra óptica. Como es diseño, los que hacen el levantamiento georreferencian todos los apoyos existentes en el lugar. Este archivo es generado a partir de todas las georreferenciaciones descritas en la cartera de diseño, así que toman en cuenta todos los puntos registrados del levantamiento inicial. Este archivo se recibe en crudo; eso quiere decir que se va a encontrar toda la georreferenciación por lo general en forma de aros amarillos, sin saber realmente en dónde están ubicadas las reservas, los empalmes y los nodos. A parte de esto están sin numeración de ítems, así que para saber qué punto es cual hay que dar clic derecho sobre cada ítem y en “*editar marca de posición*” se puede ver la longitud y latitud. Si se toman todos los apoyos o no; solamente se sabrá hasta el levantamiento final.

10.1.3 AutoCAD de Diseño:

Los planos AutoCAD fueron diseñados por la compañía DISTEL y comprenden todos los enlaces aprobados por ACC. En ellos se encuentra la ruta del posible tendido de fibra, detallando sus respectivas distancias interpostales, numeración de ítems, cantidades de reserva, empalmes y la ubicación inicial de los nodos. Estos planos sirven de apoyo para el personal de campo al momento de ubicarse en las zonas urbanas de los municipios y sobre él describir y trazar lo que se fuese a instalar en campo.

10.2 Generación Documentación Final

De acuerdo con el plan de trabajo, después de entender la documentación de diseño y recibir la documentación de campo, en este punto se procede a consolidar la información final sobre el estado actual de cada uno de los enlaces por medio de cartera, Kmz y AutoCAD de campo.

10.2.1 Cartera de Campo:

Lo siguiente es la modificación de la cartera de campo. Lo primero que hay que hacer es colocar los datos correspondientes al Nodo inicial y final del enlace, el departamento en el que se encuentra, las coordenadas de los respectivos nodos, el código del enlace y por supuesto la empresa que lo realizó. En la cartera de campo siempre hay que tener en cuenta la re-enumeración de los ítems debido a que al momento de la instalación física de la red se hayan tomado más o menos ítems en comparación con la cartera de diseño, o por si se tuvo que adicionar nuevos puntos/apoyos. Todos estos cambios deben ir con su respectiva georreferenciación, descripción y demás.

Aquí siempre se debe registrar el abscisado del cable bajo los siguientes parámetros: al inicio/fin de un carrete de fibra. Esto es con el objetivo de saber cuánto cable fue utilizado y cuantos empalmes hubo durante un enlace en particular; Al momento de registrar una reserva se debe registrar también el abscisado y así conocer con exactitud qué cantidad de reserva se está dejando en un determinado apoyo. De esta manera se puede controlar los metros utilizados de cable y la cantidad total de reserva en determinados apoyos.

En esta cartera como tal es donde se registran todos los herrajes utilizados para cada apoyo. Un buen indicio para saber que se está haciendo una documentación confiable en cuanto a los herrajes es que por lo general al salir de un Nudo se debe comenzar con un herraje de retención para fijar el cable hacia el exterior. Donde el cable no necesite de mucha tensión o mucha longitud y que valla en línea recta, se pueden utilizar herrajes de suspensión; en caso de que el tramo tenga cambios de dirección o cambios de nivel o que después del último herraje de retención hayan puesto 3 o 4 herrajes de suspensión es imperativo poner un herraje de retención para fijar de forma correcta el cable. Todo esto es fácil de detectar al momento de revisar la cartera en el consecutivo de los herrajes. Esta información debe ser tomada por el personal encargado en campo y posteriormente registrada en el departamento operativo; Teniendo así un mayor control de todo lo instalado en campo.

Así como en la cartera de diseño se detalla las características de los postes, aquí también se debe rectificar las alturas de los postes/apoyos; la resistencia en libras; el tipo de poste, si es sencillo, en T o en H o si pasa por una torre; el material del que está hecho, como madera, metálico, o concreto; la línea de transmisión que maneja, si es de baja tensión, media tensión o alta tensión y el nivel de tensión; por lo general los apoyos manejan un nivel de tensión de 13,2 A 34,5 KV o 120 v A 34,5 KV. Por último, se debe registrar el estado de la estructura si esta bueno o malo, con esto se refiere a si, por ejemplo, el poste es de madera de pronto esté podrido o si el poste se encuentra muy inclinado etc.

10.2.2 Kmz de Campo:

A partir de la cartera de campo se genera el nuevo Kmz de campo. El trabajo aquí consiste en enumerar todos los ítems, se deben identificar los nodos, los empalmes y las reservas normalmente de la siguiente manera: Los nodos se identifican con una flecha (*Roja-Verde*) y con su respectivo nombre, ejemplo (*Nodo Acacias*); Los empalmes por lo general deben ir en forma de estrella de color azul oscuro; si es un empalme de derivación debe llevar su respectivo nombre y las reservas se deben identificar con hexágonos de color rojo. Esta tarea se hace de forma manual accediendo a cada punto de georreferencia desde el Google Earth; para cambiar el nombre/numeración de ítem y sus características se debe hacer desde la ventana (*editar marca de posición*) para cambiar nombre y en (*estilo-color*) para cambiar sus características según sea necesario.

10.2.3 AutoCAD de Campo:

Al modificar la cartera de campo junto con el Kmz, el siguiente paso es la modificación del plano AutoCAD. En esta instancia se debe re enumerar el plano con el fin de que concuerde con la misma numeración de la cartera y el archivo Kmz. También se debe tener en cuenta si se agregaron empalmes, cantidades de reserva y quizás algún cambio de ruta efectuado durante la instalación del tramo. Todo lo anterior debe quedar debidamente registrado en el plano y si hay algún cambio de ruta se debe tener en cuenta el registro de las distancias interpostales.

10.3 Comparación Tramo de Diseño Vs Tramo Campo:

Para comparar los cambios efectuados durante la instalación de la fibra óptica, se toma como base el Kmz y el plano AutoCAD; ya que en estos archivos es más fácil visualizar los posibles cambios que al comparar las carteras. Lo primero es superponer los dos Kmz del enlace a trabajar y así comparar de manera directa los cambios efectuados. Lo siguiente es superponer los planos de diseño y campo para ver de una mejor manera el cambio de ruta, al ampliar el plano AutoCAD o haciendo un zoom en el sitio de interés.

10.4 Formato Unifilar de Empalmería:

Una vez consolidada la cartera, el archivo Kmz y el plano AutoCAD como una información final, se procede a generar el formato unifilar de empalmería, el cual básicamente se llena con la información de los nodos y los empalmes del enlace en cuestión.

Lo primero que hay que registrar son las coordenadas de los Nodos, seguido del código del enlace. El tipo de conector utilizado es el SC/SC. Este conector sirve para conectarse a los puertos ópticos en los sistemas de transmisión y es donde se puede realizar la conexión/desconexión en cualquier momento. Debajo se encuentran los municipios a conectar con su respectivo código dane, la posición del rack y la posición de los hilos en el ODF. Estos datos se llenan a medida que se instales los ODF's en el rack.

En el cuadro como tal se debe registrar las coordenadas exactas de los nodos y de los empalmes a través de todo el tendido de fibra; Primero se debe hacer un recuento del número de empalmes hasta llegar al ODF o nodo final. En el apartado de Dirección y/o Referencias se debe colocar una dirección del lugar o aledaña al mismo; si no existe una dirección en concreto del punto de interés, de pronto con el número PACVI del apoyo o alguna otra referencia del punto que se pueda tener además de las coordenadas. Teniendo esta información lo más detallada posible ayuda a encontrar el punto con mucha más facilidad al momento de una reparación o reconexión del mismo.

En el siguiente apartado hay que describir si el empalme es aéreo o canalizado. En el cuadro de entrada se deben registrar las marquillas de red y no de empalme con el fin de generar un consecutivo de entrada/salida, el número de hilos utilizados y el tipo de span.

En la segunda parte del cuadro se encuentra la tabla de salida; aquí se registran las marquillas de red con la que sale cada tramo de fibra después de un empalme. Por ejemplo, al llegar al primer empalme con la marquilla de red **FO965XXXX01** la cual se debe registrar en el cuadro de entrada; en el cuadro de salida en la misma línea, al pasar el empalme sale con la marquilla de red **FO965XXXX02** y así sucesivamente con los demás empalmes, generando de esta manera el consecutivo de las marquillas a lo largo de todo el tramo. De igual manera se trabaja el número de hilos y el span.

Al final de la tabla se debe registrar la longitud entre los empalmes de la siguiente manera: Se mide la distancia desde el inicio del tramo hasta encontrar el primer empalme, cabe aclarar que no es la longitud interpostal, sino la de la fibra, así que hay que tener en cuenta la longitud de las reservas. Al registrar cada longitud se debe ir sumando el total de la fibra utilizada en metros hasta llegar al final del enlace. En las tablas de Longitud punto A-B y B-A (metros) se refiere a las longitudes ópticas tomadas por el OTDR y analizadas posteriormente en el programa EXFO FastReporter 2. De igual manera se puede registrar la longitud física del cable. Recordando que la longitud óptica es un poco mayor que la longitud física, pero de igual manera no debe de ser muy diferente. Esta tabla es útil al realizar las pruebas de conexión para verificar que efectivamente en esas distancias se encuentran los empalmes al atenuarse un poco la señal de prueba y saber que existe comunicación constante en ambos sentidos.

10.5 Materiales:

En el cuadro de materiales se relacionan todos los tipos de cables de fibra óptica, desde el span 200 que viene con 96 hilos hasta el span 2200 que viene con 72 hilos. La idea es totalizar la cantidad y el tipo de cable instalado en metros. También se encuentra la relación de los herrajes de suspensión, retención y reservas de cable como raquetas; el cual se totaliza de manera directa en la cartera de campo y basta con transcribir los valores. Se debe totalizar la cantidad de marquillas de empalme y de red utilizadas en el enlace al igual que las respectivas cajas de empalme. En caso de necesitar un nuevo poste se debe detallar el material, los metros de altura y la resistencia del mismo junto con la cantidad de postes que se fuesen a utilizar. La cinta bant-it se utiliza para fijar los soportes de retención (trompo-platina) con hebillas, para que puedan sostener los herrajes de suspensión y retención dependiendo de la tensión, si el punto maneja mucha tensión debe colocarse abrazadera. Dependiendo del tramo en algunos casos se pueden registrar amortiguadores, cruces americanos, herrajes de extensión o cables mensajeros.

10.6 Registro Fotográfico:

El registro fotográfico de ruta hace parte del entregable para cada enlace. Este registro se hace después de haber tendido la fibra, en el cual se muestran algunas fotografías del recorrido de la ruta. Por lo general se toman cada 3 o 4 apoyos dependiendo de la línea de vista, armando así el registro fotográfico del tendido. Para desarrollar el registro fotográfico por lo general van dos personas en moto/carro recorriendo el enlace y tomando fotografías cada cierta distancia. Estas son enviadas al departamento operativo en el cual deben ser colocadas de forma ordenada. En cada fotografía se pueden registrar observaciones, como ubicación de reservas, empalmes, marquillas etc. Esto depende de la persona encargada de hacer el levantamiento, teniendo en cuenta que debe por lo menos identificar las zonas en concreto ya sea por georreferenciación, numeración de ítems, numero PACVI o dirección.

Si el recorrido de la fibra entra en campo traviesa, solamente se puede tomar la foto siguiendo la línea de vista hasta encontrar nuevamente un punto cercano y empalmar el recorrido, esta actividad está sujeta a cambios en cuanto a número de fotografías debido a la topología del terreno; así que dependiendo del enlace a trabajar se pueden tomar o no muchas fotografías, si hay muchas se escogen las mejores, de lo contrario se trabaja con las que se obtengan. Este registro se hace en lo posible hasta llegar a los extremos de los nodos y de estas fotografías se debe generar el panorama de riesgos.

10.7 Panorama de Riesgos:

El panorama de riesgos es vital para prevenir algún daño en el tendido de la fibra, por eso es clave identificar los posibles lugares con mediano o alto riesgo, haciendo una clasificación de riesgos potenciales en las zonas de interés. Lo primero es identificar con su respectiva georreferenciación, numero de ítem, PACVI o dirección en la parte superior derecha del cuadro, ya que en caso de daño se puede identificar rápidamente el sitio de interés. Luego de ello se procede a llenar las casillas dependiendo del posible riesgo.

En este cuadro se clasifican los riesgos de acuerdo con la inestabilidad del terreno, si existen arboles cercanos, líneas de energía/transformadores, vandalismo, fuertes vientos, si es una zona de quema o si la vía se encuentra en ampliación. En términos generales el panorama de riesgos describe las zonas más críticas del enlace, al identificar los puntos más vulnerables dentro del registro fotográfico de tendido. Si existe otro posible riesgo que no contemple el cuadro se debe colocar en otros y se debe describir en la parte inferior del mismo. Este panorama ayudar a identificar prontamente un daño potencial en la fibra óptica.

10.8 Reporte de daños:

De ser necesario se debe registrar el reporte de daños en caso tal que se llegase a presentar algún daño relevante en la fibra, o por si existen instalaciones inadecuadas en la misma, la idea del reporte de daños es que a partir del suceso se debe documentar detalladamente el antes y el después, preferiblemente con coordenadas y fotografías, los daños y las reparaciones garantizando así que los correctivos se hayan realizado de manera adecuada para un enlace en particular.

10.9 Servidumbres:

Para documentar y registrar un trámite de servidumbre, se debe tener en cuenta el registro del mismo en (Cartera, Kmz y Plano AutoCAD). En caso de que la fibra óptica pase por propiedad privada, llegar a un acuerdo para poder pasar la fibra por algunos apoyos privados en vez de comprar apoyos nuevos y efectuar un nuevo cambio de ruta es una buena opción para disminuir los costos y el tiempo de ejecución durante el proyecto. Para mayor detalle se registró un caso de servidumbre en el tramo **Prado @ Castilla** ubicado en el departamento del Tolima.

10.10 Anexos:

En este apartado, se relacionan todos los anexos pertinentes del presente trabajo de grado, como complemento y aclaración de los temas aquí expuestos. Durante la ejecución del proyecto se presentaron diferentes eventualidades con respecto al tendido de la F.O. y en su mayoría se gestionaron de manera adecuada, como se presenta al final de este manual.

10.10.1 Hallazgos Técnicos

En este anexo se comparte un reporte de hallazgos que se hizo durante la pasantía para el enlace **Facatativá @ Bojacá** ubicado dentro del departamento de **Cundinamarca**; esto es con el fin de tener una base de cómo se debe reportar en caso de algún daño en la F.O. o de que se encuentren instalaciones inadecuadas durante el proceso de instalación para un tramo en particular.

10.10.2 Formatos

En este anexo se encuentran los formatos generales de registro documental para proyectos en fibra óptica; este anexo comprende los formatos de: Cartera final tramo de red de fibra óptica; Formato unifilar de empalmería y Protocolo de aceptación de enlace de F.O.

11. REGISTRO DOCUMENTAL DEP. META

Durante las labores diarias en **INTELCA PST**, comenzó a llegar la documentación de campo sobre los departamentos del Meta y Norte de Santander (NDS). Con base en esta premisa se empezó a desarrollar el registro documental para dichos departamentos, dentro del departamento operativo; donde fue necesario el conocimiento previo sobre algunos de los tramos de diseño, como se discutió en el capítulo 9.

11.1 Recepción Documentos de Diseño

Para el departamento del **Meta** se tomó como ejemplo el tramo **ED Granada @ San Juan de Arama**; abordando así y de manera detallada la estructura del registro documental.

11.1.1 Cartera de Diseño - ED Granada @ San Juan de Arama

En este formato se tiene los campos de información del estado de los enlaces en blanco y posee los datos necesarios para empezar a documentar el tramo; sin embargo, allí se encuentran registrados las distancias interpostales, su georreferenciación y el tipo de span.

Figura 47. Cartera de Diseño – ED Granada @ San Juan de Arama.

PROCEDIMIENTO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA																								
NODO INICIAL (A)												NODO FINAL (B)												
DEPARTAMENTO												DEPARTAMENTO												
DIRECCIÓN O COORDENADAS												DIRECCIÓN O COORDENADAS												
CODIGO DEL ENLACE												CODIGO DEL ENLACE												
CONSTRUCTOR												APRUEBA :												

REFERENCIA (Numero de poste o IDEM)												DIRECCION O UBICACIÓN PR	DISTANCIA INTERPOSTAL (Metros)	ABSCISAS		GEOREFERENCIACIÓN								
NODO (N) POSTE (P)		NUMERO DE POSTE	INICIAL	FINAL	LONGITUD			LATITUD																
					Grados	Min.	Seg	Grados	Min.	Seg.														
Nodo Inicial (A)																								
121	122	nd s	Nd S	57,20		-73	44'	6.49"	3'	28'	3.69"													
122	123	nd s	Nd S	81,75		-73	44'	4.64"	3'	28'	3.94"													
123	124	nd s	Nd S	118,52		-73	44'	6.56"	3'	28'	2.12"													
124	125	nd s	Nd S	120,32		-73	44'	8.78"	3'	27'	58.98"													
125	126	nd s	Nd S	121,12		-73	44'	11.39"	3'	27'	56.09"													
126	127	nd	0	98,49		-73	44'	13.70"	3'	27'	52.92"													
127	128	nd	0	107,81		-73	44'	15.69"	3'	27'	50.43"													
128	129	nd	0	118,32		-73	44'	17.97"	3'	27'	47.78"													
129	130	nd	0	99,33		-73	44'	20.31"	3'	27'	44.74"													
130	131	nd	0	116,96		-73	44'	22.35"	3'	27'	42.26"													
131	132	nd	0	145,74		-73	44'	24.72"	3'	27'	39.30"													

CARACTERÍSTICA DISEÑO DE RED														
UTILIZACIÓN DE POSTE					SPAN	#MARQUILLA	RESERVA (mts)	EMPALME N° MARQUILLA	MATERIAL UTILIZADO					
INICIO / FINAL	RETENCIÓN	PASO	COSTADO DE LA VIA	HERRAJE DE RETENCIÓN					HERRAJE DE SUSPENSIÓN	RAQUETA	AMORTIGUADOR	BRAZO EXTENSOR		
			lzoqui erdo	200		0,0								
			lzoqui erdo	200		0,0								
			lzoqui erdo	200										
			lzoqui erdo	200										
			lzoqui erdo	200										
			lzoqui erdo	200										
			lzoqui erdo	200										
			lzoqui erdo	200										
			lzoqui erdo	200		0,0								
			lzoqui erdo	200										
			lzoqui erdo	200										

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato final de tramo de red de Fibra Óptica (Azteca)*.

En la figura anterior. Se puede encontrar en el cuadro de referencia el (Nodo/Poste) inicial y como se puede observar, empieza desde el ítem número **121**. La razón es porque el tramo definido inicialmente comprendía el enlace **Granada @ San Juan de Arama**.

De acuerdo a las directrices de Azteca y para facilitar la documentación con el fin de que no quedara tan extensa la cartera, se decidió dividir el tramo en dos partes, que correspondería al tramo **Granada @ ED Granada** y al tramo **ED Granada @ San Juan de Arama**. Tomando como punto de referencia al ED como un empalme de derivación y/o continuación. Por esta razón comienza la cartera de diseño desde el ítem **121**.

A partir de este punto, se empieza a pasar toda la información lo más detalladamente posible. Si, por ejemplo, un poste se encuentra identificado con algún número, o si existe una dirección exacta o cercana del mismo se debe detallar. Como ya se encuentra generada una posible georreferenciación de cada punto/apoyo, se asume que se toman todos por igual; de acuerdo a la distancia entre los mismos se obtiene una distancia interpostal.

Para esta labor se toma lo más relevante de la cartera de diseño y se pasa al formato designado por azteca; mientras se esperan los datos proporcionados de campo y así corroborar lo instalado. Como se puede observar la distancia interpostal no supera los 200 metros entre un apoyo y otro; lo cual se puede suponer que muy seguramente allí se utilicen carretes de span **200**.

Figura 48. Continuación Cartera de diseño - ED Granada @ San Juan de Arama.

CARACTERÍSTICA POSTES																									RIENDA /RETENIDA NUEVA (Unidad)		SISTEMA A TIERRA		PROPIETARIO	OBSERVACION
ALTURA POSTE (Metros)					ROTURA * RESISTENCIA POSTE (Libras)				TIPO DE POSTE				MATERIAL POSTE				LÍNEA TRANSMISIÓN				NIVEL DE TENSIÓN	ESTADO ESTRUCTURA								
8	9	10	12	14	18	510	750	1050	1350	TIPO "T"	TIPO "T"	TIPO "H"	TORRELLA	TORRES	MADERA	METÁLICO	FIBRA DE VIDRIO	CONCRETO	BT	MT		AT	AP	BUENO		MALO				
				X		ND	ND	ND	ND					Poste_Doble					X		X			13.2 A	Bu	0				
				X		ND	ND	ND	ND	X									X	X			13.2 A	Bu	0					
				X		ND	ND	ND	ND					Poste_Doble					X	X			13.2 A	Bu	0					
				X		ND	ND	ND	ND	X									X	X			13.2 A	Bu	0					
				X		ND	ND	ND	ND					Poste_Doble					X	X			13.2 A	Bu	0					
				X		ND	ND	ND	ND	X									X	X			13.2 A	Bu	0					
				X		ND	ND	ND	ND										X	X			13.2 A	Bu	0					
				X		ND	ND	ND	ND	X									X	X			13.2 A	Bu	0					
				X		ND	ND	ND	ND										X	X			13.2 A	Bu	0					
				X		ND	ND	ND	ND					Poste_Doble					X	X			13.2 A	Bu	0					
				X		ND	ND	ND	ND					Poste_Doble					X	X			13.2 A	Bu	0					

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato final de tramo de red de Fibra Óptica (Azteca)*.

En el apartado de propietario, como el tramo se encuentra dentro del departamento del Meta, la electrificadora a cargo de esas líneas de transmisión es **EMSA** o la *Electrificadora del Meta*. Recordando que para el proyecto nacional de fibra óptica se tomó en arriendo los apoyos del servicio de energía por donde pasa la fibra óptica. La figura 49 representa la parte final de la cartera de diseño del tramo ED-Granada @ San Juan de Arama.

278	279	nd	0	117.84		-73°	52'	7.57"	3'	23'	16.01"	200
279	280	nd	0	123.80		-73°	52'	8.65"	3'	23'	12.35"	200
280	281	nd	0	119.83		-73°	52'	9.76"	3'	23'	8.50"	200
281	282	nd	0	121.06		-73°	52'	10.82"	3'	23'	4.77"	200
282	283	nd	0	120.96		-73°	52'	11.96"	3'	23'	1.02"	200
283	284	ns	0	140.30		-73°	52'	12.39"	3'	22'	57.13"	200
284	285	nd	0	122.69		-73°	52'	12.67"	3'	22'	52.60"	200
285	286	nd	0	120.05		-73°	52'	13.01"	3'	22'	48.64"	200
286	287	nd	0	120.37		-73°	52'	13.31"	3'	22'	44.77"	200
287	288	nd	0	118.09		-73°	52'	13.62"	3'	22'	40.88"	200
288	289	nd	0	111.52		-73°	52'	13.94"	3'	22'	37.07"	200
289	290	nd	0	112.83		-73°	52'	16.04"	3'	22'	34.14"	200
290	291	sa	Cano Piojo	196.18		-73°	52'	17.88"	3'	22'	30.98"	200
291	292	nd	0	31.09		-73°	52'	21.81"	3'	22'	25.99"	200
292	293	nd	0	57.07		-73°	52'	21.54"	3'	22'	25.02"	200
293	294	nd	0	3.02		-73°	52'	21.71"	3'	22'	23.19"	200
294	295	sat 191	0	50.43		-73°	52'	21.69"	3'	22'	23.09"	200
295	296	nd	0	64.91		-73°	52'	21.76"	3'	22'	21.46"	200
296	297	ssat8323	0	116.93		-73°	52'	21.67"	3'	22'	19.36"	200
297		0	Nodo San Juan De Arama	0,00		-73°	52'	25.40"	3'	22'	18.70"	200
	Nodo Final(B)											

Página

TOTAL	0	0	0	0	0	0
-------	---	---	---	---	---	---

Para esta cartera en particular, el diseño requirió de 178 posibles apoyos, en la figura anterior se encuentran los últimos apoyos a la llegada al **Nodo de San Juan de Arama**; En la parte inferior de la cartera se encuentra un total, el cual a medida que se valla registrando los datos, allí se van totalizando todas las cantidades requeridas para este tramo.

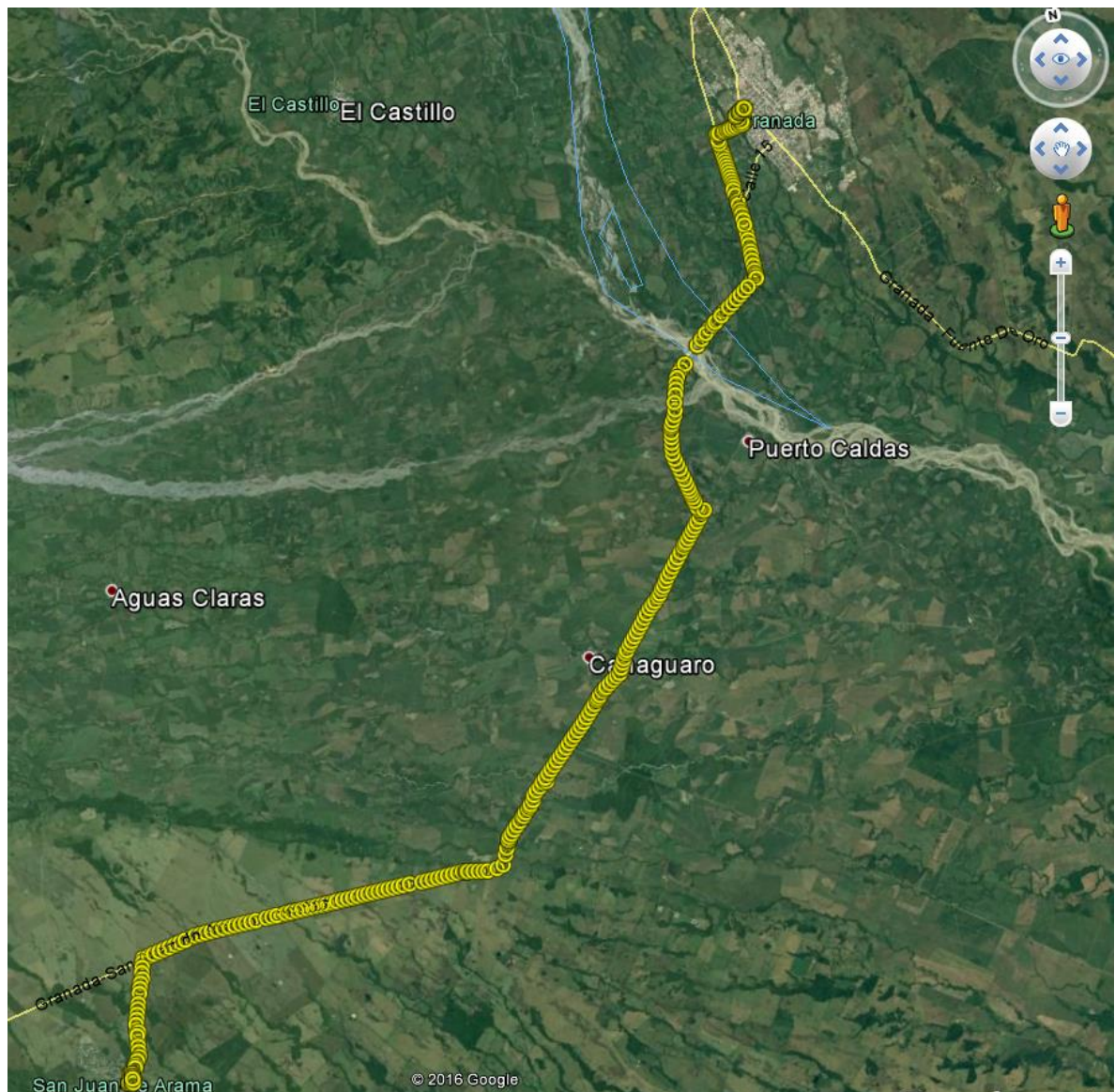
TOTAL	0	0	0	0	0
-------	---	---	---	---	---

67

11.1.2 Kmz de Diseño - ED Granada @ San Juan de Arama

El Kmz de diseño comprende la ruta **Granada @ San Juan de Arama**. La siguiente figura muestra todos los posibles apoyos georeferenciados existentes en el lugar, que pueden ser tomados por la fibra óptica. Como hay que dividirlo, se tomará el tramo desde **ED Granada @ San Juan de Arama**. Siendo **ED** como un (*empalme de derivación*). En este formato se presenta las rutas de diseño, lo cual quiere decir que **NO** se encuentra enumerada y hay que identificar todos los nodos, los empalmes y las reservas correspondiente a este tramo.

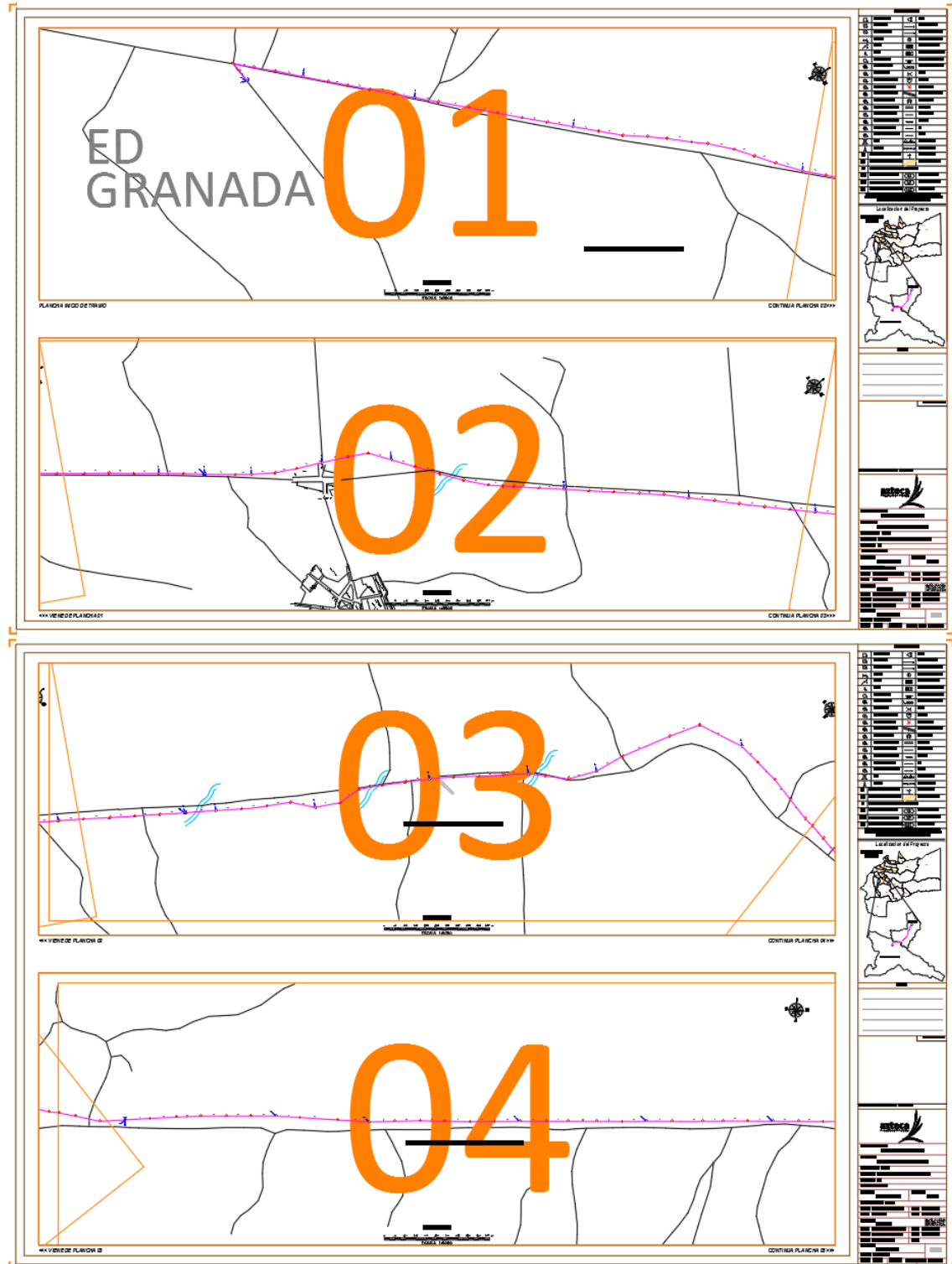
Figura 50. Kmz de diseño - ED Granada @ San Juan de Arama.

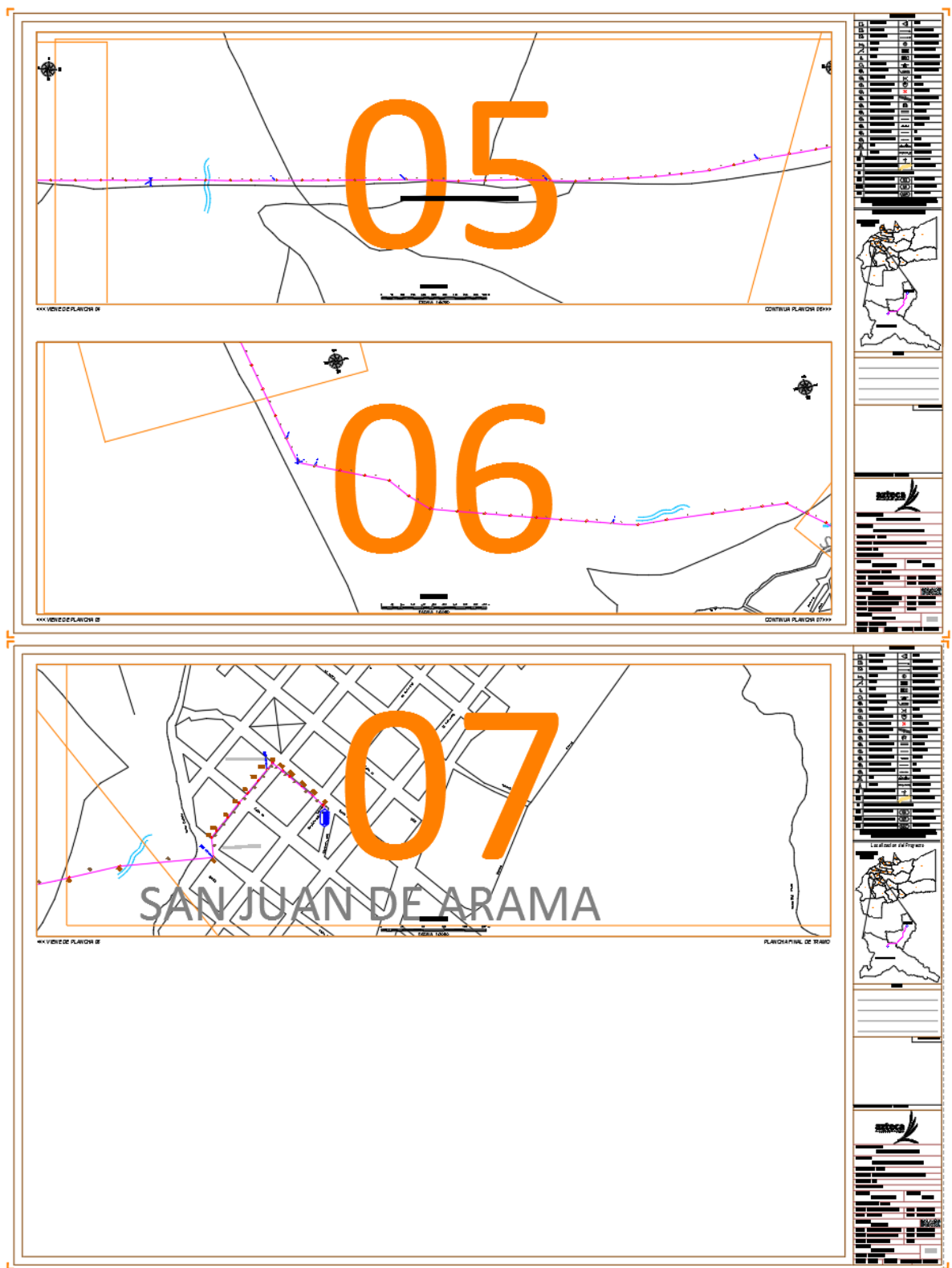


Autor: Christian Durán, adaptada a partir de Google Earth TM.

11.1.3 AutoCAD de Diseño - ED Granada @ San Juan de Arama

Figura 51. Plano AutoCAD de diseño - ED Granada @ San Juan de Arama.





Autor: Christian Durán, adaptada a partir de AUTODESK TM AUTOCAD [®] 2016

De acuerdo con el plano anterior, se hizo la respectiva modificación de recortar el tramo **Granada @ ED Granada**; La numeración se dejó tal cual estaba. Durante el transcurso de este tiempo llegó un primer levantamiento de campo, donde se adicionaron algunos postes con la letra A y B. por ejemplo entre el ítem 292 y el 293 se tomó en cuenta un apoyo intermedio así que en su momento se enumeró como el ítem 292A. Varios apoyos adicionales se tomaron en cuenta durante este tramo utilizando esta nomenclatura.

11.2 Generación Documentación Final

Para generar la documentación final, se utilizó el formato de cartera final de campo definido por **ACC**, en donde se pasa toda la información de diseño y se compara con lo enviado de campo, consolidando así la cartera final para el tramo.

11.2.1 Cartera de Campo - ED Granada @ San Juan de Arama

Al pasar toda la información relevante de la cartera de diseño a la cartera de campo, se tiene una idea puntual sobre la documentación del enlace **ED Granada @ San Juan de Arama.**, como se detalla en la figura 52.

Figura 52. Cartera de Campo - ED Granada @ San Juan de Arama.

PROCEDIMIENTO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
NODO INICIAL (A) DEPARTAMENTO DIRECCIÓN O COORDENADA CODIGO DEL ENLACE CONSTRUCTOR					ED GRANADA META Long: -73° 44' 8.40" - Lat: 3° 28' 3.90" 50313 INTELCA PST S.A.					NODO FINAL (B) DEPARTAMENTO DIRECCIÓN O COORDENADAS CODIGO DEL ENLACE APRUEBA :															SAN JUAN DE ARAMA META Long: -73° 52' 20.60" - Lat: 3° 22' 12.20" 50683																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
REFERENCIA (Numero de poste o DEM)					DISTANCIA INTERPOSTAL (Metros)	ABSCISAS		GEOREFERENCIACIÓN								CARACTERÍSTICA DISEÑO DE RED																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
								LONGITUD						LATITUD		UTILIZACIÓN DE POSTE				SPAN	MARQUILLA	RESERVA (Mts)	EMPALME N° MARQUILLA	MATERIAL UTILIZADO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
								INICIAL	FINAL	Grados	Min.	Seg	Grados	Min.	Seg	INICIO / FINAL	RETENCIÓN	PASO	COSTADO DE LA VÍA					HERRAJE DE RETENCIÓN	HERRAJE DE SUSPENSIÓN	RAQUETA	AMORTIGUADOR	BRAZO EXTENSOR																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato final de tramo de red de Fibra Óptica (Azteca)*.

Para identificar a simple vista el abscisado y las reservas dentro de la cartera, se utilizó el color de resaltado verde. Esta información debe venir de forma detallada por el personal encargado en campo que son los responsables de especificar todo lo que las cuadrillas instalen. Además de actualizar direcciones o descripciones que no se encuentren en la cartera de diseño. El trabajo aquí consiste en recibir la información de campo ya sea en físico o digital y pasarla de manera correcta al formato definido por Azteca.

[illegible]

En la continuación de la cartera se encuentran todos los datos referidos a las características de los postes/apoyos, (Fig. 53). Desde la cartera de diseño se sabe que para el departamento del **Meta** la empresa electrificadora a cargo es **EMSA** así que hay que registrarlo. En las observaciones para este tramo se registró que en el inicio del enlace queda un empalme de derivación (**ED Granada**) con segmento hacia **Lejanías**. En la parte final de la cartera (Fig. 54), el tramo presenta un empalme en el ítem 184, el cual se hace referencia con el sombreado gris para su pronta identificación dentro de la cartera. De igual manera se deben dejar reservas de cable al final de un empalme (18 m) y al inicio del siguiente (20 m).

Figura 54. Parte final Cartera de Campo - ED Granada @ San Juan de Arama.

175	176	nd	0	36	1166	1080	-73	52'	218"	3'	22'	25.99"		X	Izquierdo	200	F0965000055	86		2		2		
176	177	nd	0	18			-73	52'	210"	3'	22'	24.90"			0	Izquierdo	200	F0965000055		2				
177	178	nd	0	35			-73	52'	2120"	3'	22'	24.30"		X	Izquierdo	200	F0965000055			1				
178	179	nd	0	40			-73	52'	2120"	3'	22'	23.19"		X	Derecho	200	F0965000055			1				
179	180	sat 191	0	26			-73	52'	2130"	3'	22'	23.09"		X	Derecho	200	F0965000055			1				
180	181	nd	0	36			-73	52'	2130"	3'	22'	21.00"		X	Derecho	200	F0965000055			1				
181	182	nd	0	34			-73	52'	2130"	3'	22'	19.80"		X	Derecho	200	F0965000055			1				
182	183	nd	Cra 9 # 102 - 08	17	857.0	817.0	-73	52'	2130"	3'	22'	19.00"		X	Derecho	200	F0965000055	40		2		2		
183	184	nd	0	18			-73	52'	2130"	3'	22'	18.50"		X	Derecho	200	F0965000055			2				
184					787.0	769.0								X	Izquierdo	200	F0965000055	18	5000084	1				
184	185	nd	Cra 12 # 9 - 06	18	4001.0	3981.0	-73	52'	2190"	3'	22'	18.60"		X	Izquierda	200	F0965000083	20		1				
185	186	nd	Cra 9 # 12 - 04	26			-73	52'	2130"	3'	22'	18.50"		X	Izquierda	200	F0965000083			2				
186	187	nd	Parque	27			-73	52'	2120"	3'	22'	17.80"		X	Izquierda	200	F0965000083			2				
187	188	nd	Parque	35	3908.0	3825.0	-73	52'	2130"	3'	22'	16.80"		X	Izquierda	200	F0965000083	83		2		2		
188	189	nd	Parque	37			-73	52'	2130"	3'	22'	15.60"		X	Izquierda	200	F0965000083			2				
189	190	nd	Cra 9 # 10 - 48	22			-73	52'	2140"	3'	22'	14.80"		X	Izquierda	200	F0965000083			2				
190	191	nd	Cra 9 # 10 - 34	40	3721.0	3647.0	-73	52'	2130"	3'	22'	13.50"		X	Izquierda	200	F0965000083	74		2		2		
191	JUDO SJA	nd	Cra 9 # 10 - 04	32			-73	52'	2160"	3'	22'	12.40"		X	Izquierda	200	F0965000083			2				
NODO SJA		nd	Cra 9 # 10 - 04	0	3582.0	3568.0	-73	52'	20.60"	3'	22'	12.20"		UF	X	Izquierda	200	F0965000083	14		1			
TOTAL																		2385		152	116	76	0	0

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato final de tramo de red de Fibra Óptica (Azteca)*.

Si se observa de manera detallada, el cable que viene abscisado desde el ítem 175 va de mayor a menor pasando por la abscisa 1166 y terminando en la abscisa 769. Lo cual no debería pasar. Ya que debería llegar hasta la abscisa (5 – 3) o 0. Esto sucedió debido a que hubo un cambio de ruta en el nodo de San Juan de Arama con respecto al nodo de diseño. Esto por supuesto se explicará de manera detallada en el apartado de comparación (*Diseño Vs Campo*).

Cuando el levantamiento esté terminado se procede a poner las marquillas de red cada 100 a 200 metros. Hay dos tipos de marquillas; las marquillas de red y las marquillas de empalme. Para este tramo se designaron las marquillas de **red** desde la FO965000050 hasta la FO965000055 que corresponde hasta llegar al último empalme y el último tramo hasta el nodo de **San Juan de Arama** corresponde a la marquilla FO965000083 respectivamente; Se asigna un numero de marquilla para cada carrete, lo cual quiere decir que se utilizaron 7 carretes de F.O para este enlace. Las marquillas de **empalme** se colocan debidamente en la caja de empalme y fueron designadas desde la 5000049 hasta 5000054 y la 5000084 para el ultimo empalme. Lo cual quiere decir que hubo 7 empalmes durante todo el tramo incluyendo el empalme de derivación **ED Granada**. Al finalizar la cartera, se totaliza de forma automática en Excel la cantidad total de reserva, los herrajes, las raquetas, los amortiguadores, etc. Esto sirve para llevar un control sobre todos los materiales utilizados en campo y para generar el cuadro de materiales.

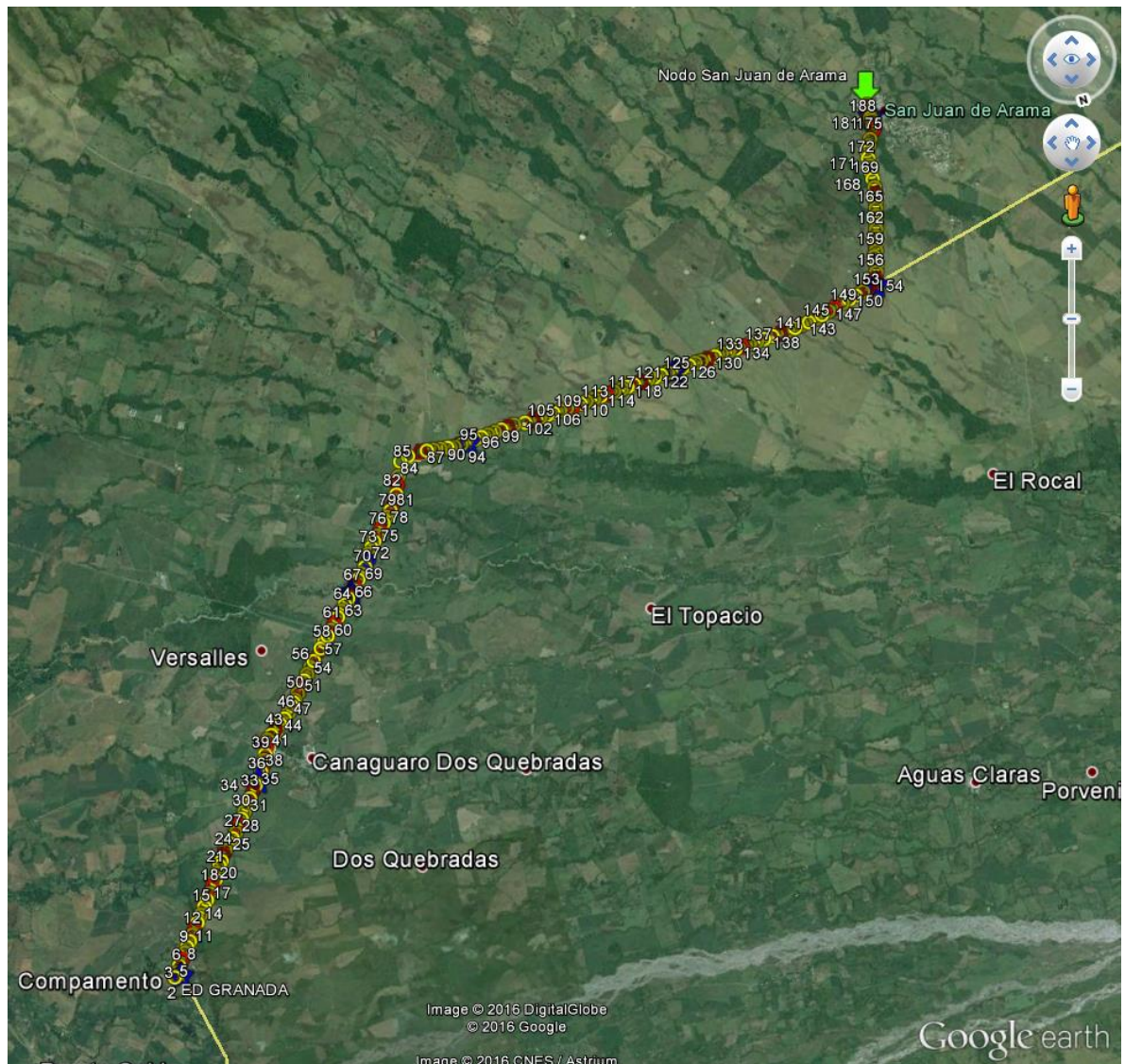
TOTAL	2385	152	116	76	0	0
-------	------	-----	-----	----	---	---

Para este tramo se registró un total de 2385 metros de cable de F.O. utilizados como reserva, 152 herrajes de retención, 116 herrajes de suspensión y 76 raquetas. No hubo necesidad de instalar amortiguadores o brazos extensores, ya que las distancias interpostales no eran mayores a 200 metros y por consiguiente no fueron necesarios.

11.2.2 Kmz de Campo - ED Granada @ San Juan de Arama

El Kmz de campo comprende la ruta **ED Granada @ San Juan de Arama**, que como se puede observar se encuentra debidamente enumerada. A parte de referenciar los ítems; también se identificaron las ubicaciones de los nodos, los empalmes y reservas como es debido, cumpliendo así con el protocolo de presentación para los 191 ítems.

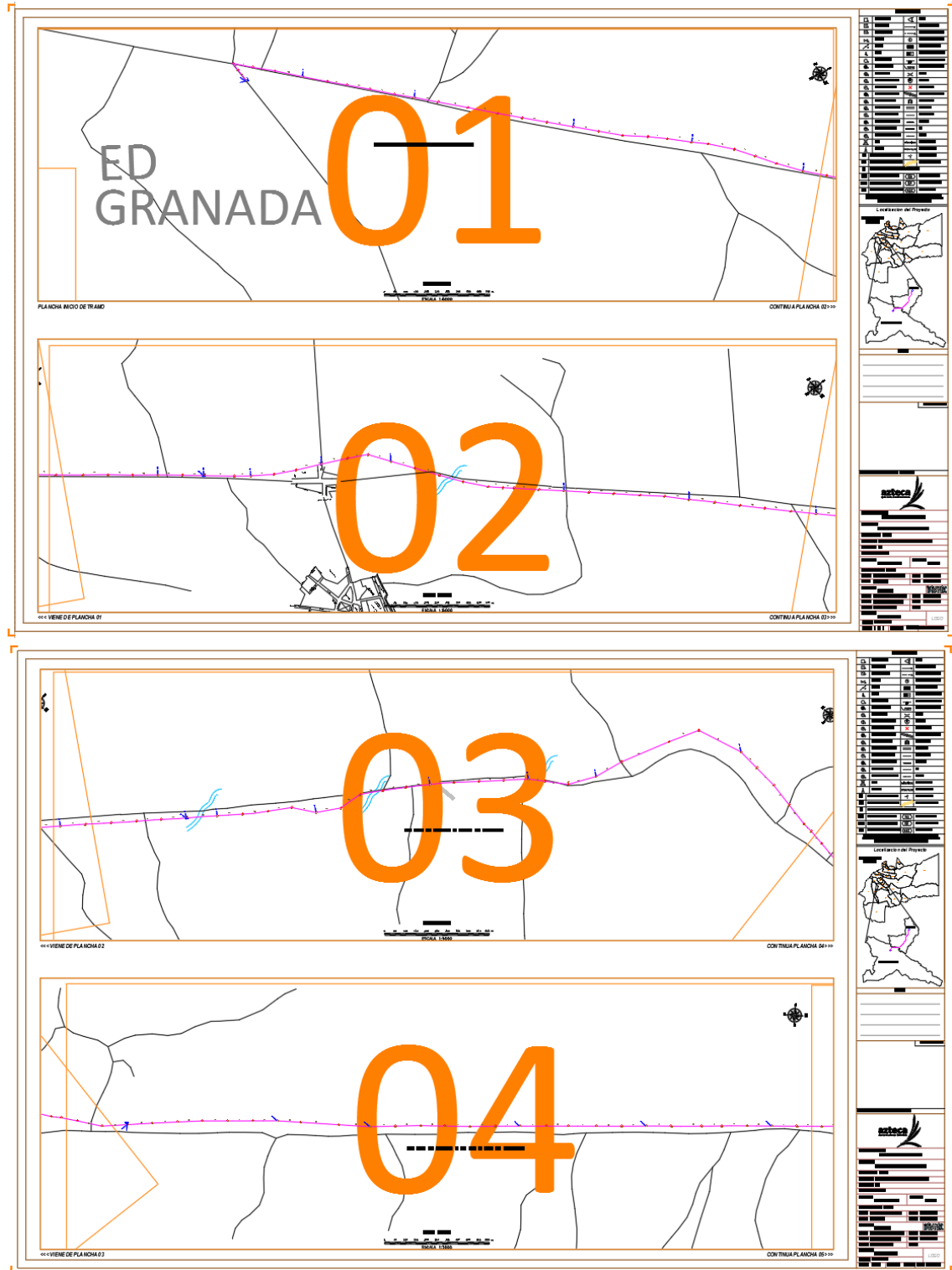
Figura 55. Kmz de Campo - ED Granada @ San Juan de Arama.

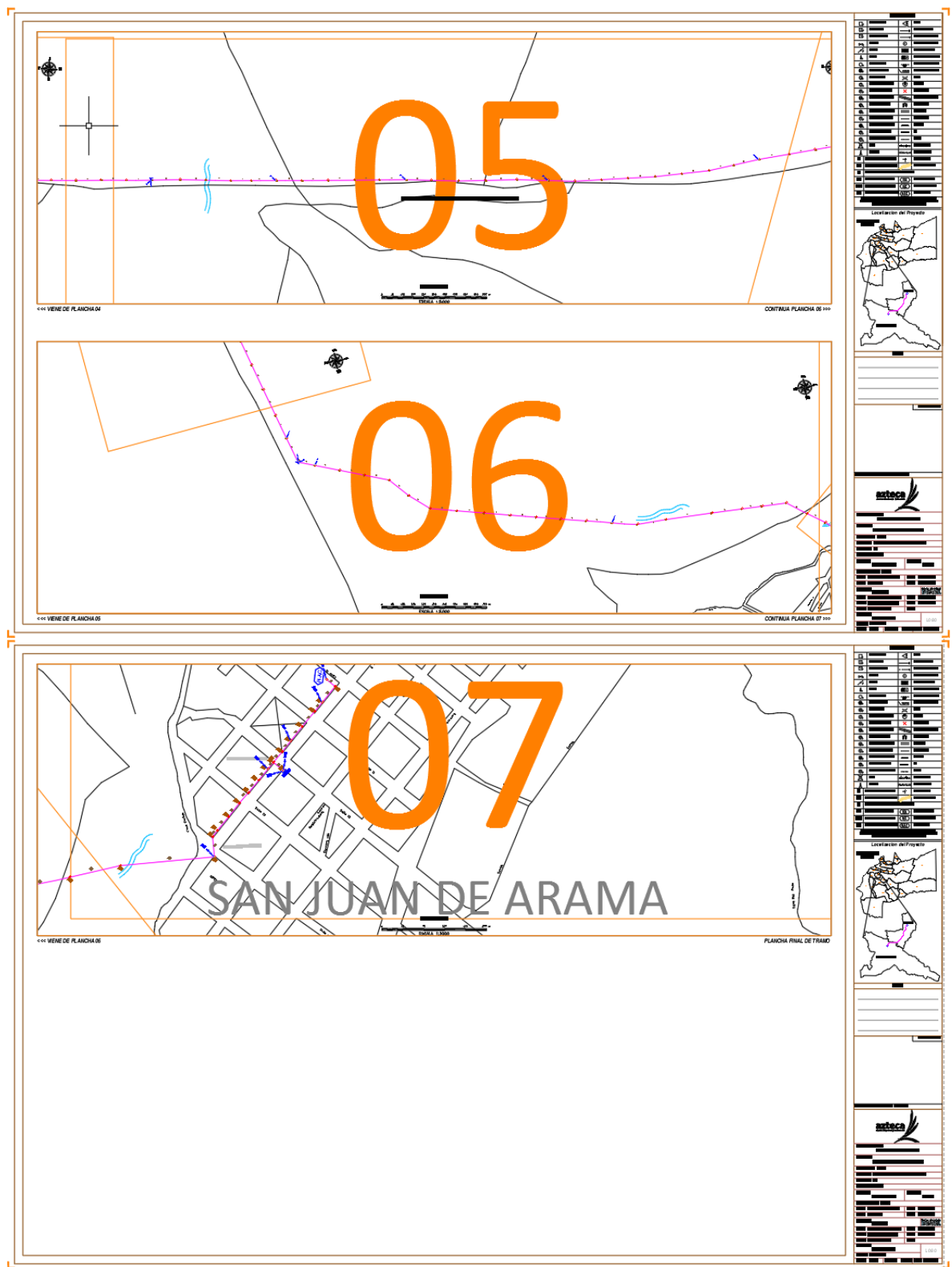


Autor: Christian Durán, adaptada a partir de Google Earth TM.

11.2.3 AutoCAD de Campo - ED Granada @ San Juan de Arama

Figura 56. Plano AutoCAD de Campo - ED Granada @ San Juan de Arama.





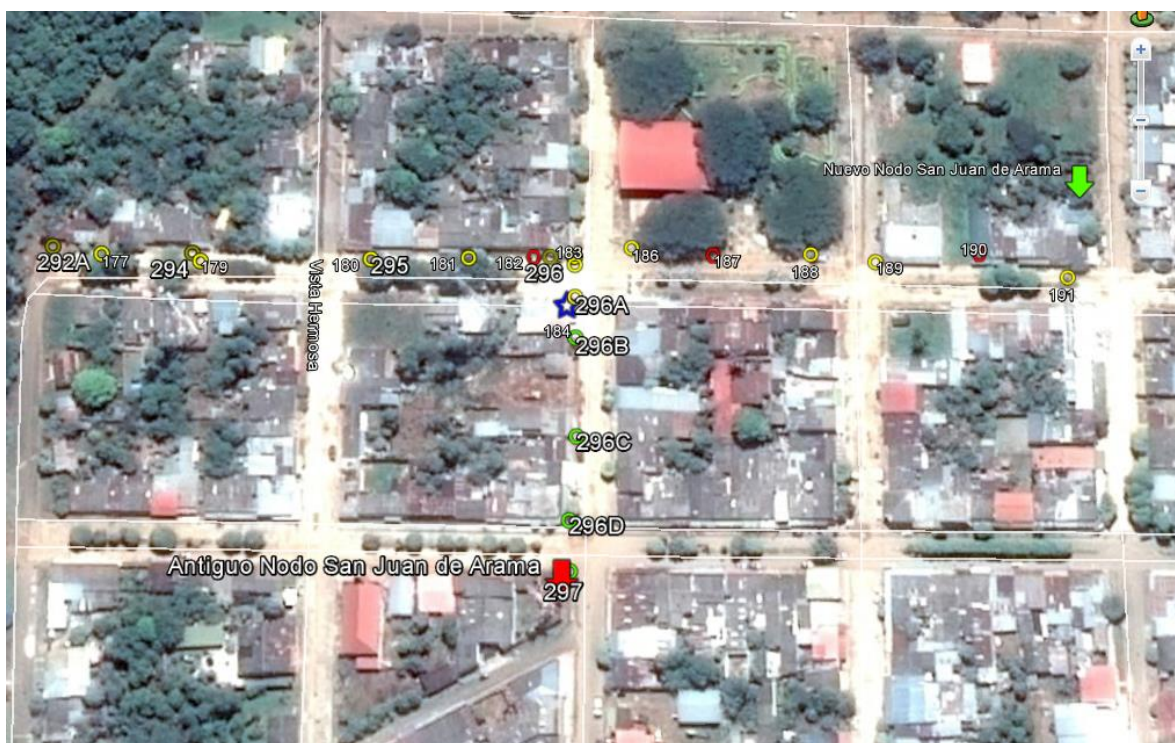
Autor: Christian Durán, adaptada a partir de AUTODESK TM AUTOCAD ® 2016

De acuerdo al plano de diseño inicial, se modificaron todos los apoyos con numeración intermedia identificado con las letras A y B; y se reenumero de manera consecutiva todo el plano de principio a fin, Además, se agregaron los empalmes, la cantidad de reserva y los cambios de ruta efectuados a lo largo de todo el enlace.

11.3 Comparación Tramo de Diseño Vs Tramo de Campo

Al trabajar en el enlace **ED Granada @ San Juan de Arama** efectivamente se encontró un cambio de ruta en la llegada al Nodo de **San Juan de Arama.**, descrito en la figura 57.

Figura 57. Kmz de diseño Vs Kmz de Campo.



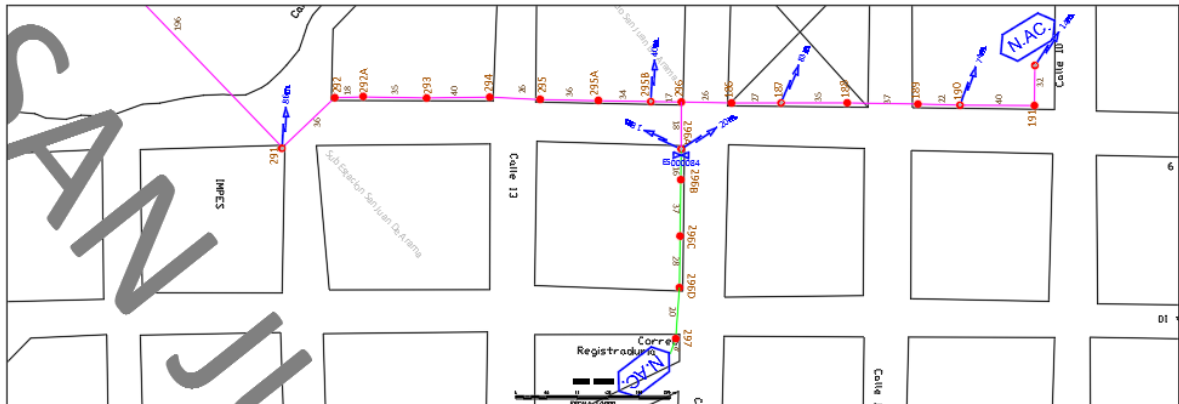
Autor: Christian Durán, adaptada a partir de Google Earth TM.

En un principio la llegada al Nodo de **San Juan de Arama** es donde se describe **Antiguo Nodo (Flecha Roja)**. Los apoyos que están en verde se detallaron así para identificar la antigua ruta por donde pasan los apoyos (296B – 296C – 296D – 297). Aquí lo que paso fue que llevaron la fibra hasta el Nodo de diseño y como no fue posible instalar los ODF's allí; tuvieron que buscar una nueva ubicación para el Nodo.

La distancia desde el apoyo 296A de la numeración antigua hacia el antiguo Nodo es de aproximadamente 100 metros y la distancia desde el apoyo 296A hacia el nuevo Nodo es de aproximadamente unos 240 metros.

Como no se alcanzó a cubrir la distancia de llegada por la fibra, se hizo un empalme en el apoyo 296A o 184 de la nueva numeración (*Estrella Azul*) hasta llegar a la nueva ubicación del Nodo y así efectuar el cambio de ruta. El empalme que se realizó quedó como un empalme adicional del tramo **ED Granada @ San Juan de Arama** y a su vez como un empalme de derivación hacia **mesetas**.

Figura 58. AutoCAD de diseño Vs AutoCAD de Campo.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de AUTODESK TM AUTOCAD [®] 2016

Para ver de una mejor manera el cambio de ruta, se ha ampliado un poco el plano AutoCAD en el sitio de interés (*la llegada al Nodo de San Juan de Arama*); Al superponer los planos de diseño y de campo. La sección verde hace referencia al antiguo nodo y la sección morada hace referencia al tramo final.

El empalme adicional está representado por la forma de un corbatín y en sus extremos se escribe la cantidad de reserva que se deja en los empalmes. Adicionalmente se escribe el número de marquilla del empalme que para este caso es la 5000084. Las flechas que se observan en algunos puntos representa las reservas de cable con su respectivo metraje.

La pregunta ahora es, ¿porque no se hizo el empalme en el apoyo anterior, para que el tramo final quedara en línea recta? Esto fue debido a que en el apoyo anterior al empalme existe un transformador bastante grande y pues por facilidad de instalación se decidió hacer el empalme en el punto establecido. De igual manera ese empalme quedo como empalme de derivación para el enlace que va hacia **mesetas**.

Figura 59. Fotografías del cambio de Nodo en San Juan de Arama 1.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Google Earth TM*.

Figura 60. Fotografías del cambio de Nodo en San Juan de Arama 2.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Google Earth TM*.

En la figura 59 se observa de izquierda a derecha el antiguo nodo y el empalme adicional; en la figura 60 se muestra el nuevo nodo en la llegada a San Juan de Arama respectivamente. La intención es visualizar el cambio de nodo físicamente y ver su ubicación real. En el registro fotográfico se tratará con más detalle.

11.4 Formato Unifilar de Empalmería

A continuación, se presenta el formato unifilar del enlace con el registro de todos los empalmes y sus respectivas ubicaciones georreferenciadas, como se describe en la figura 61

Figura 61. Formato Unifilar de Empalmería.

PROCEDIMIENTO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA.							
RUTA DE ENLACE:							
DIRECCION O CORDENADA NODOS:		GRANADA Lon -73° 44' 8.40" / Lat 3° 28' 3.90" - SAN JUAN DE ARAMA Lon -73° 52' 20.60" / Lat 3° 22' 12.20"					
CODIGO DE ENLACE							
CONECTOR:		CONECTOR:					
MUNICIPIO A:		ED GRANADA		MUNICIPIO B:		SAN JUAN DE ARAMA	
CODIGO DANE PTO A:				CODIGO DANE PTO B:		50683	
NIVEL ODF EN RACK				NIVEL ODF EN RACK			
POSICIÓN DE RACK A				POSICIÓN DE RACK B			
POSICIONES HILOS ODF A :				POSICIONES HILOS ODF B:			

ITEM	EMPALME				ENTRADA	
	No Empalme.	Dirección y/o Referencia	Cordendas	Emp Aéreo o Canalizado	# MARQUILLA	# FIBRAS
EMP	1	Empalme de derivación	Lon -73° 44' 8.40" / Lat 3° 28' 3.90"	Aéreo	F0965000049	1AL 48
EMP	2	Nd S	Lon -73° 45' 17.76" / Lat 3° 26' 34.10"	Aéreo	F0965000050	1AL 24
EMP	3	0	Lon -73° 46' 35.03" / Lat 3° 25' 10.12"	Aéreo	F0965000051	1AL 24
EMP	4	Nd	Lon -73° 47' 53.26" / Lat 3° 24' 9.19"	Aéreo	F0965000052	1AL 24
EMP	5	0	Lon -73° 49' 58.54" / Lat 3° 24' 3.18"	Aéreo	F0965000053	1AL 24
EMP	6	0	Lon -73° 51' 57.87" / Lat 3° 23' 48.62"	Aéreo	F0965000054	1AL 24
EMP	7	0	Lon -73° 52' 21.90" / Lat 3° 22' 18.60"	Aéreo	F0965000055	1AL 24
ODF	NODO FINAL	NODO SAN JUAN DE ARAMA	Lon -73° 52' 20.60" / Lat 3° 22' 12.20"	Aéreo	F0965000083	1AL 24

OBSERVACIONES:

CONSTRUCTOR	
NOMBRE DE EMPRESA	INTELCA PST S.A.
FIRMA PERSONA ENCARGADA	

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato Unifilar de Empalmería (Azteca)*.

En este formato se encuentra definido el número de empalmes que para este caso fue de 7 contando con el empalme de derivación **ED Granada** desde el inicio y terminando con el nodo en **San Juan de Arama** junto con sus respectivas coordenadas.

Para este enlace todo el tendido de cable que se realizó fue aéreo. En el cuadro de entrada se encuentran registradas todas las marquillas de red. En el ítem de fibras, para el empalme de derivación **ED Granada** le corresponden 48 hilos, esto es porque se distribuyeron 24 hilos que van hacia **San Juan de Arama** y los otros 24 que van hacia **lejanías**. El resto del enlace maneja solamente 24 hilos. En el ítem de span, como la distancia interpostal no superó los 200 metros, solo se utilizó span 200 para todo el trayecto.

Figura 62. Continuación Formato Unifilar de Empalmería.

Cap. / Span	SALIDA			Longitud Punto A-B (mts)	Longitud Punto B-A (mts)	Longitud Entre Empalmes mts
	# MARQUILLA	# FIBRAS	Cap. / Span			
200	F0965000050	1AL 24	200	-	23779	-
200	F0965000051	1AL 24	200	4012	19767	4012
200	F0965000052	1AL 24	200	8034	15745	4022
200	F0965000053	1AL 24	200	12035	11744	4001
200	F0965000054	1AL 24	200	16032	7747	3997
200	F0965000055	1AL 24	200	20034	3685	4062
200	F0965000083	1AL 24	200	23346	433	3252
200	NO APLICA	1AL 24	200	23779	-	433

SUPERVISIÓN	
EMPRESA QUE SUPERVISA	
NOMBRE Y FIRMA DE SUPERVISOR	

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato Unifilar de Empalmería (Azteca)*.

En la segunda parte del cuadro se encuentra la tabla de salida; Allí lo que cambia es el consecutivo del número de marquilla así que por ejemplo si en el empalme de derivación ED Granada viene con marquilla de red F0965000049 sale con la marquilla F0965000050 y así sucesivamente generando un consecutivo (entrada/salida). Para las longitudes de (A -> B) y de (B -> A) se sumó la distancia entre los empalmes hasta completar todo el recorrido. Al final de la tabla se registraron las longitudes entre los diferentes empalmes.

11.5 Materiales

La relación de los materiales utilizados se describe en el siguiente cuadro de forma detallada respecto al enlace **ED Granada @ San Juan de Arama** para el departamento del Meta con el Topológico **0802**.

Figura 63. Cuadro de Materiales.

Relación de materiales utilizados en enlace			
Departamento Meta ----- Enlace ED Granada - San Juan de Arama -- Topológico 0802			
Item	Descripción	Unidad	Cantidad
1	Cable de Fibra Óptica Span 200-96 Hilos	ml	23,779.0
2	Cable de Fibra Óptica Span 400-72 Hilos	ml	0.0
3	Cable de Fibra Óptica Span 800-72 Hilos	ml	0.0
4	Cable de Fibra Óptica Span 1000-72 Hilos	ml	0
5	Cable de Fibra Óptica Span 1600-72 Hilos	ml	0
6	Cable de Fibra Óptica Span 2200-72 Hilos	ml	0
7	Herraje de Suspensión fijo	Unidad	116
8	Remate para sistema de retención	Unidad	152
9	Soporte para retención (trompo-platina)	Unidad	152
10	Raqueta para reserva	Unidad	76
11	Abrazadera de dos salidas	Unidad	0
12	Marquilla para empalme	Unidad	6
13	Marquilla para span 200	Juego X 60	7
14	Marquilla para span 400-800	Juego X 40	0
15	Marquilla para span 1000-1600-2200	Juego X 20	0
16	Caja para empalme	Unidad	6
17	Poste de concreto 10mX 750 Kg-F	Unidad	0
18	Cinta Band It 1/2	Rollo	8.8
19	Hebillas Cinta Band It 1/2	Unidad	268
20	Amortiguador en espiral	Unidad	0
21	Silleta para cruce americano (incluye tornillo y tuerca de ojo roscada)	Juego	0
22	Tuerca de ojo roscada para transición a vano corto	Unidad	0
23	Herraje de extensión para vano largo (incluye tuerca de ojo, extensión y guardacabo)	Juego	0
24	Cable mensajero 1/4 (para cruce americano)	ml	0
25	Tensor en U -1 ton	Unidad	0

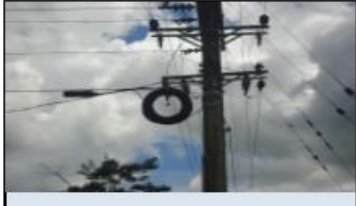
Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato Materiales de enlace (Azteca)*.

Para este enlace se utilizaron 23,779 metros de cable de F.O Span 200. 116 herrajes de suspensión y 152 herrajes de retención; para las reservas se usaron 76 raquetas, etc. Para este tramo no se utilizaron amortiguadores, ni cruces americanos, ni herrajes de extensión, ni cables mensajeros, lo cual totaliza cero en la relación de materiales.

11.6 Registro Fotográfico

El registro fotográfico de ruta hace parte del entregable del enlace **ED Granada @ San Juan de Arama**. Como se presenta a continuación:

Figura 64. Registro Fotográfico de tendido de Fibra Óptica.

REGISTRO FOTOGRAFICO DE TENDIDO DE FIBRA OPTICA					
PROYECTO	ACC-Vive Digital	ENLACE	802-ED Granada - San Juan de Arama	FECHA	7/09/2016
					
OBSERVACIONES POSTE 121 ED GRANADA SAN JUAN DE ARAMA	OBSERVACIONES EMPALME MARQUILLA 5000049	OBSERVACIONES POSTE 153 EMPALME MARQUILLA 5000050			
					
OBSERVACIONES RESERVA F.O.	OBSERVACIONES POSTE 184 EMPALME MARQUILLA 5000051	OBSERVACIONES RUTA DE LA FIBRA			
					
OBSERVACIONES ENTRADA F.O. A NODO SAN JUAN DE ARAMA	OBSERVACIONES NODO SAN JUAN DE ARAMA	OBSERVACIONES NODO SAN JUAN DE ARAMA CRA 9 # 10-04			

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato Registro Fotográfico de Ruta (Azteca)*.

En este formato se adjuntan las fotografías correspondientes de la ruta; desde el empalme de derivación de **granada** hasta llegar al nodo en **San Juan de Arama**. En cada fotografía se pueden registrar observaciones pertinentes de cada punto, como el número PACVI, reservas, empalmes, marquillas, existencia de transformadores, etc. Como se puede observar en la figura anterior se encuentran varias fotografías con reserva en chipa, lo cual quiere decir que allí no se utilizaron herrajes tipo raqueta para almacenar el cable, esto se debe a que la reserva en chipa es capaz de almacenar mucho más cable que la raqueta en sí.

11.7 Panorama de Riesgos

A continuación, se presenta el panorama de riesgos de infraestructura para el enlace **ED Granada @ San Juan de Arama**.

Figura 65. Cuadro Panorama de Riesgos.

PANORAMA DE RIESGOS DE INFRAESTRUCTURA								
PROYECTO	ACC-Vive Digital		ENLACE	02-ED Granada - San Juan de		FECHA	11/09/2012	

IDENTIFICACION PUNTO				
CLASIFICACION RIESGO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
INESTABILIDAD TERRENO	X			
ARBOLES CERCANOS			X	
LINEAS DE ENERGIA				X
VANDALISMO EN ZONA	X			
FUERZA DE VIENTOS		X		
ZONA DE QUEMA	X			
AMPLIACION DE VIA	X			
OTROS				

IDENTIFICACION PUNTO				
CLASIFICACION RIESGO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
INESTABILIDAD TERRENO	X			
ARBOLES CERCANOS		X		
LINEAS DE ENERGIA				X
VANDALISMO EN ZONA	X			
FUERZA DE VIENTOS		X		
ZONA DE QUEMA	X			
AMPLIACION DE VIA	X			
OTROS				

IDENTIFICACION PUNTO				
CLASIFICACION RIESGO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
INESTABILIDAD TERRENO	X			
ARBOLES CERCANOS	X			
LINEAS DE ENERGIA				X
VANDALISMO EN ZONA	X			
FUERZA DE VIENTOS		X		
ZONA DE QUEMA	X			
AMPLIACION DE VIA	X			
OTROS				

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato Panorama de Riesgos (Azteca)*.

En este formato se registraron las fotografías donde se encontraron los puntos más vulnerables del enlace a nivel de infraestructura. Como se puede observar, se adjuntaron las fotos donde hay demasiados arboles pasando muy cerca de la F.O. y en donde se encuentran transformadores de energía. De acuerdo a lo anterior se debe marcar con una “X” la clasificación del riesgo de acuerdo al terreno y a lo que visualmente se puede observar. Si existe algún riesgo que no se encuentre dentro de la clasificación se debe describir en la parte inferior de cada cuadro.

Durante el registro documental para el departamento del Meta se trabajó en los enlaces: **Acacias @ Guamal / ED Cubarral @ El Castillo / Granada @ ED Granada / ED Granada @ San Juan de Arama**. De los cuales se expuso **ED Granada @ San Juan de Arama** en este manual como referencia para el registro documental. Lo expuesto aquí se realizó para los demás enlaces asignados.

12. REGISTRO DOCUMENTAL DEP. NDS

Continuando con las labores de pasantía en **INTELCA PST**, empezó a llegar toda la documentación de campo para el departamento del Norte de Santander (**NDS**). De acuerdo a lo anterior se comenzó a desarrollar el registro documental para dicho departamento, dentro del departamento operativo.

12.1 Recepción Documentos de Diseño

Para el departamento del Norte de Santander se tomó como ejemplo el tramo **Arboledas @ Cucutilla**. Partiendo del diseño hasta consolidar el registro documental para el enlace.

12.1.1 Cartera de Diseño - Arboledas @ Cucutilla

En esta cartera de diseño se encuentra contenido la posible ruta del tendido para el tramo **Arboledas @ Cucutilla** como se muestra a continuación:

Figura 66. Cartera de diseño – Arboledas @ Cucutilla.

NODO INICIAL (A)				NODO FINAL (B)			
DEPARTAMENTO				DEPARTAMENTO			
DIRECCIÓN O COOR				DIRECCIÓN O COOR			
CODIGO DEL ENLAC				CODIGO DEL ENLAC			
CONSTRUCTOR				APRUEBA :			

REFERENCIA (Número de poste o NODO (N) POSTE (P))	NUMERO DE POSTE	DIRECCION O UBICACIÓN PR	DISTANCIA INTERPOSTAL (Metros)	ABSCISAS		GEOREFERENCIACIÓN					
						LONGITUD			LATITUD		
				INICIAL	FINAL	Grados	Min.	Seg	Grados	Min.	Seg
1	1NT	CRA 6 PARQUE TELECOM ARBOLEDA	0.0			7°	38'	34.0"	72°	47'	56.7"
1	1NT	CRUCE AMERICANO	32.0			7°	38'	33.3"	72°	47'	56.6"
1A	1A	CL 4 CON CRA 6	7.0			7°	38'	33.1"	72°	47'	56.5"
1B	1B	CL 4 # 5 - 67	13.0			7°	38'	33.2"	72°	47'	56.8"
2	2	CL 2 # 6 - 25	24.0			7°	38'	33.4"	72°	47'	55.7"
3	3	CL 2 # 6 - 55	33.0			7°	38'	33.7"	72°	47'	54.7"
4	4A	CRUCE AMERICANO	27.0			7°	38'	33.3"	72°	47'	53.9"
4	4A	CL 12 # 7 - 02	8.0			7°	38'	34.0"	72°	47'	53.6"
4	4B	CRA 7 # 1 - 95	10.0			7°	38'	33.6"	72°	47'	53.7"
4	5	CRA 7 # 2 - 13	14.0			7°	38'	34.4"	72°	47'	54.0"
5	6	CRA 7 # 2 - 43	28.0			7°	38'	35.3"	72°	47'	54.2"
6	7	CRUCE AMERICANO	23.0			7°	38'	36.0"	72°	47'	54.4"
7	7A	CRA 7 # 3 - 17	16.0			7°	38'	36.3"	72°	47'	54.5"
7	7B	CL 2 # 6 - 62	17.0			7°	38'	35.9"	72°	47'	54.8"

CARACTERÍSTICA DISEÑO DE RED											
UTILIZACIÓN DE POST						MATERIAL UTILIZADO					
INICIO / FINAL	RETENCIÓN	PASO	COSTADO DE LA VIA	TENSOR	RESERVA (Mts)	EMPALME	HERRAJE DE RETENCIÓN	HERRAJE DE SUSPENSIÓN	COLLARIN	TROMBO PLATINAS	GUAYA
					1	100	2			2	39
				1						1	2
				1	1				1		37
				1			1			1	4
				1			1	1			35
				1			1			1	24
							1	1			
					1		1	1			39
				1						1	37

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato final de tramo de red de Fibra Óptica (Azteca)*.

Como se puede observar en la figura anterior, se han identificado apoyos/postes con la nomenclatura (1A - 1B) / (4A - 4B) / (7A - 7B). Esto es con el fin de documentar apoyos no incluidos anteriormente o como en este caso para documentar los cruces americanos; en los cuales se georreferencian los 2 postes que sirven como apoyo para la instalación del mismo. También se encuentra el ítem de Guaya (en metros), utilizada para sostener los cruces americanos. Este tipo de montaje se explicará durante el desarrollo del enlace.

CARACTERÍSTICA POSTES														RIENDA / RETENIDA NUEVA (Unidad)	SISTEMA A TIERRA	PROPIETARIO	OBSERVACION										
ALTURA POSTE (Metros)					ROTURA * RESISTENCIA POSTE (Libras)		TIPO DE POSTE		MATERIAL POSTE		LÍNEA TRANSMISIÓN							NIVEL DE TENSIÓN		ESTADO ESTRUCTURA							
8	10	12	14	18	510	750	1050	1350	TIPO "I"	TIPO "I"	TIPO "H"	TORRECILLA	TORRES					MADERA	METÁLICO	CONCRETO	BT	MT	AT	AP			BUENO
X					X											X	X							X			
		X				X										X	X	X						X			
X						X										X	X							X			
		X				X										X	X	X						X			
X						X										X	X			X				X			

En la figura 67, se encuentra detallada la continuación de la cartera de diseño; Como el tramo se encuentra en el departamento del Norte de Santander, la electrificadora a cargo de esas líneas de transmisión es la **CENS** o *las Centrales Eléctricas del Norte de Santander*. En el cuadro de observación se registraron debidamente la existencia de reservas, cruces americanos y transformadores de energía, generando así una información más detallada.

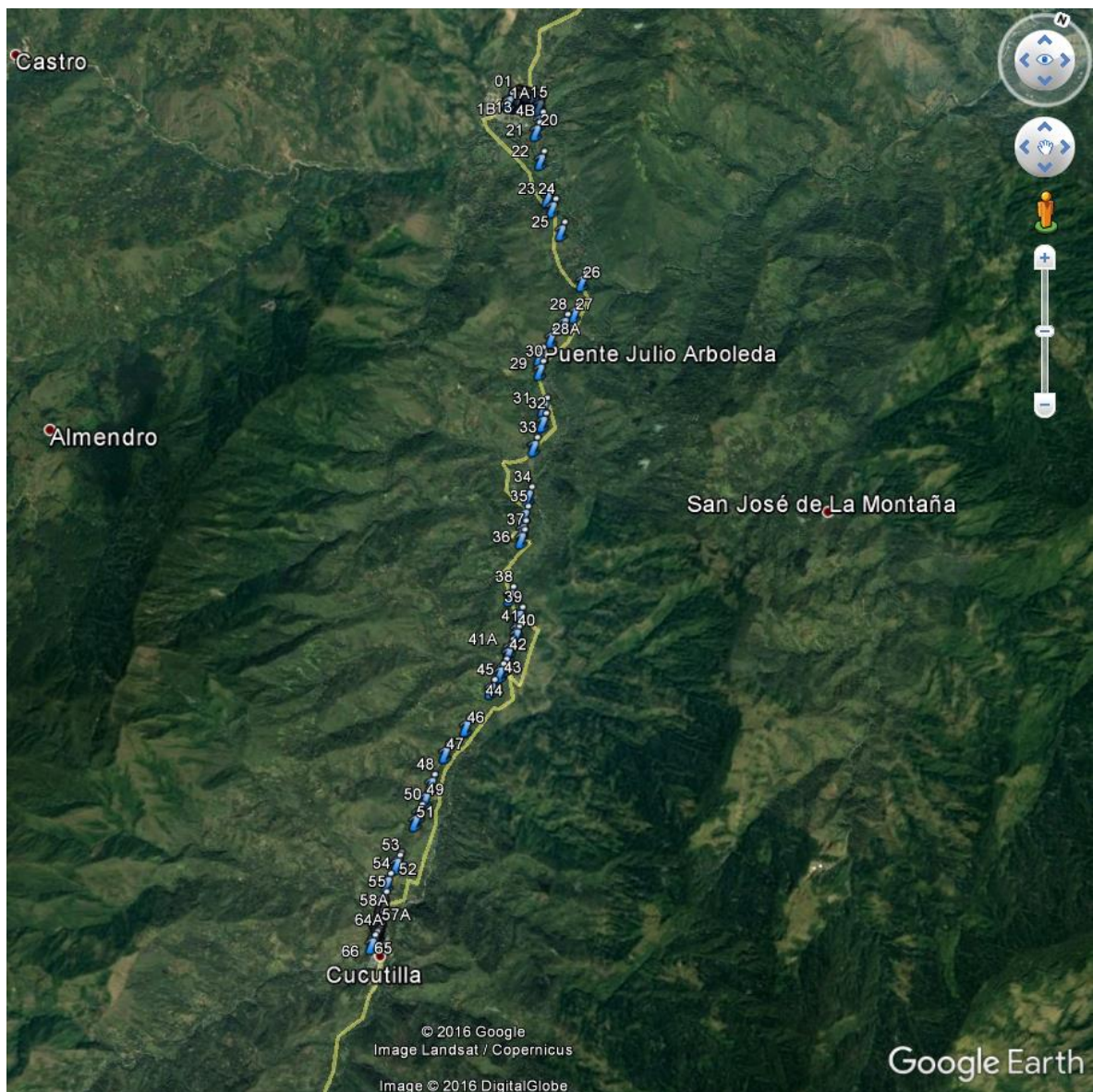
[illegible]

En la parte final de la cartera se puede observar que hay un total de 66 apoyos cubriendo así el total del enlace, también se pueden identificar varios apoyos adicionales sombreados en verde, lo cual indica que así sea la cartera de diseño, muy posiblemente hubo más de un levantamiento para generar dicha cartera. De acuerdo a lo anterior se puede identificar los totales para: distancia interpostal, reserva de cable y el posible número de herrajes y demás materiales utilizados para este enlace. Estos totales son supuestos y hasta no tener lo instalado en campo no se puede constatar el número real de los materiales utilizados.

12.1.2 Kmz de Diseño - Arboledas @ Cucutilla

El archivo Kmz de diseño comprende la ruta **Arboledas @ Cucutilla**. Como se puede ver este Kmz ya se encuentra enumerado, pero hay que re enumerarlo debido a los apoyos adicionales. En este formato se presentaron las rutas de diseño para el departamento del Norte de Santander (*Georreferenciaron en formas de i*). debido a las personas que lo realizaron; pero como ya se tiene estandarizado los símbolos de apoyos, reservas y empalmes; de igual manera hay modificar todo el archivo Kmz.

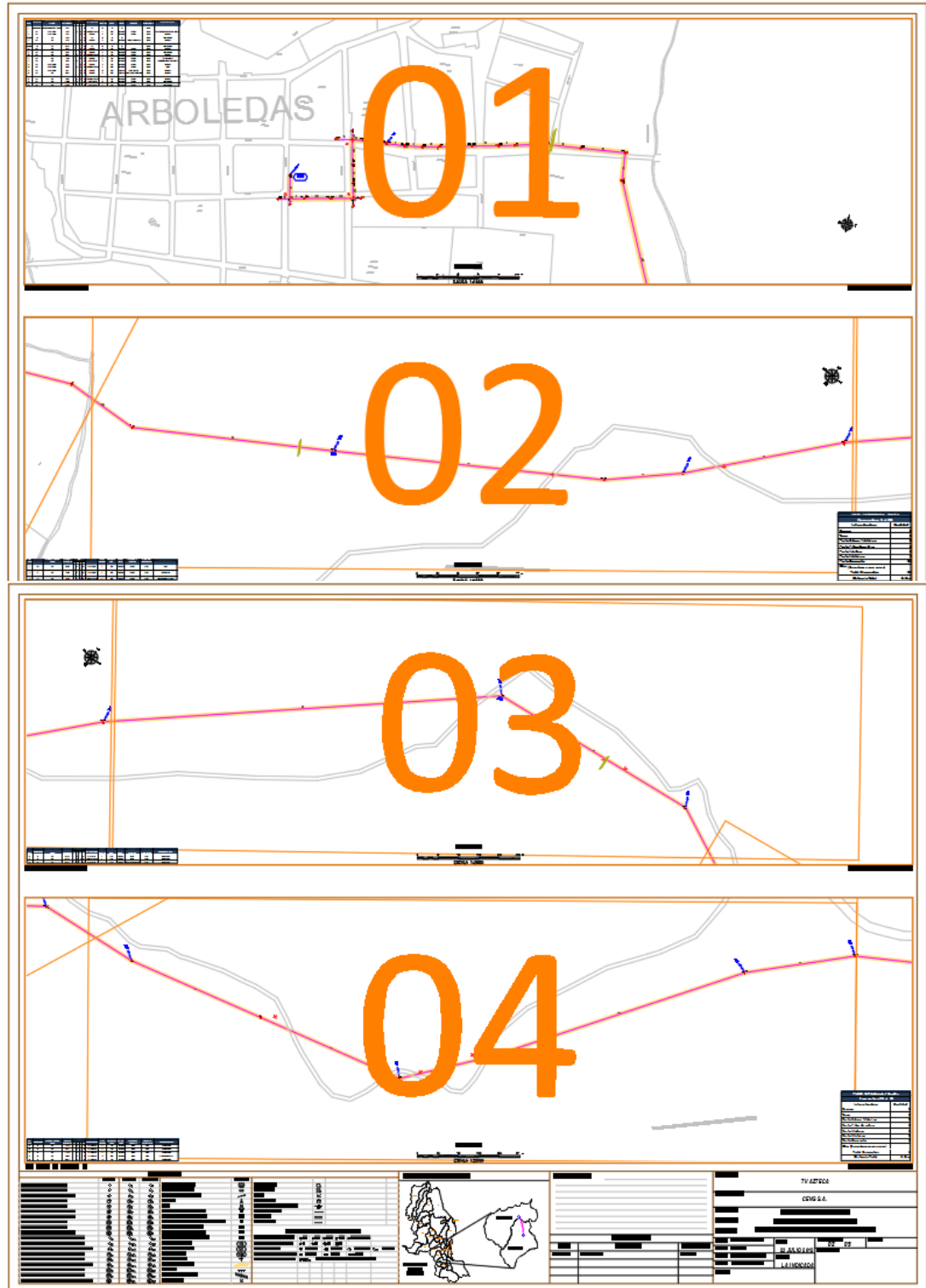
Figura 69. Kmz de diseño - Arboledas @ Cucutilla.

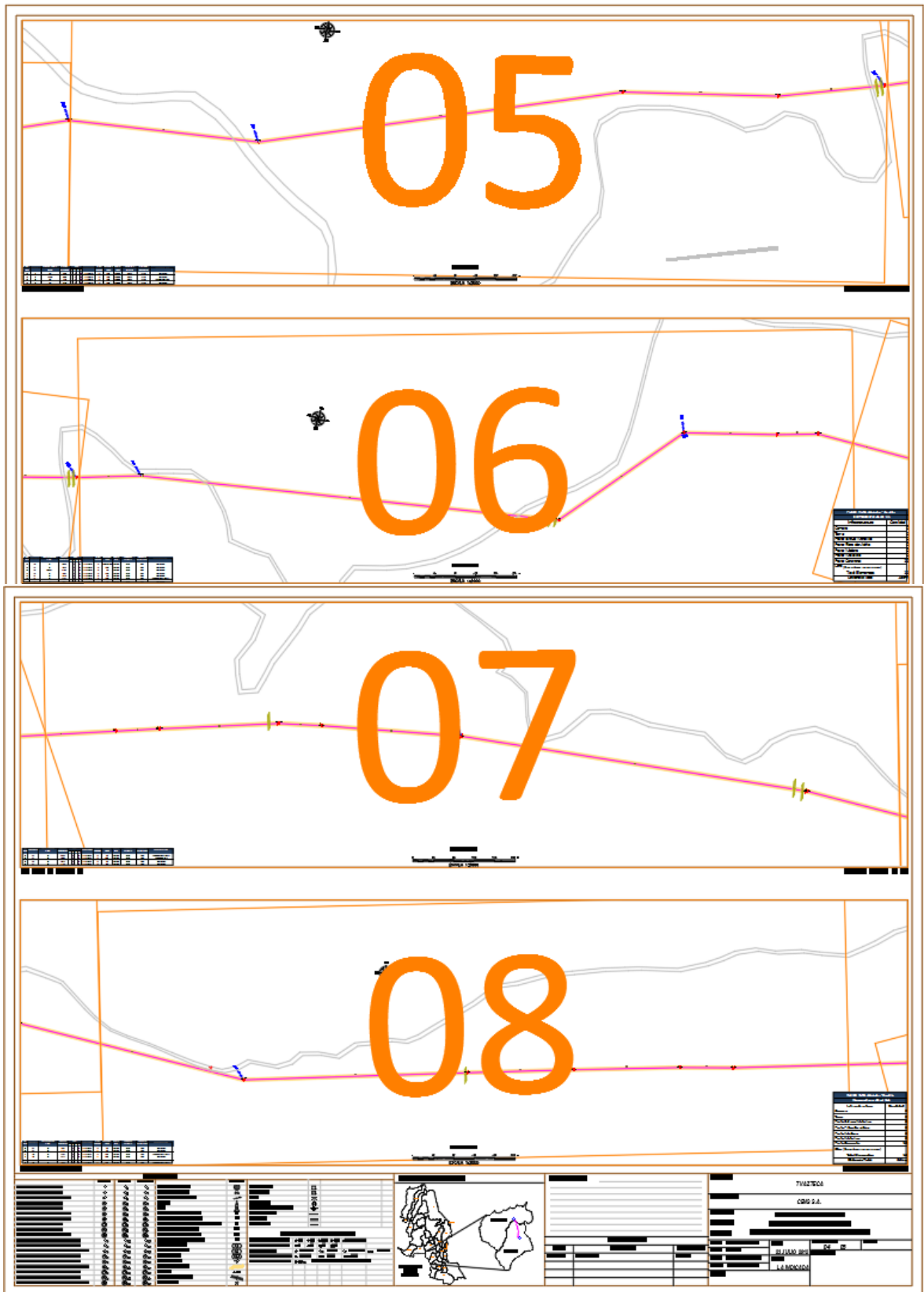


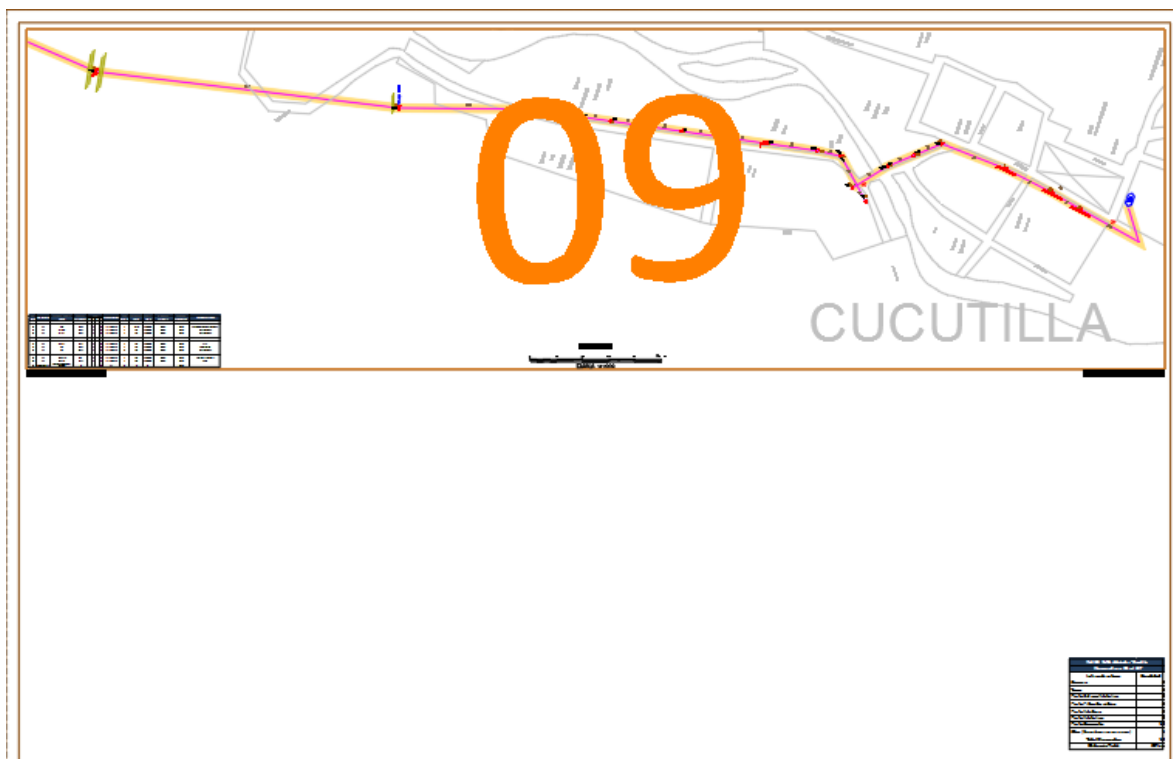
Autor: Christian Durán, adaptada a partir de Google Earth TM.

12.1.3 AutoCAD de Diseño - Arboledas @ Cucutilla

Figura 70. Plano AutoCAD de diseño - Arboledas @ Cucutilla.







Autor: Christian Durán, adaptada a partir de AUTODESK TM AUTOCAD [®] 2016

De acuerdo con el plano de diseño establecido por DISTEL, la figura 70 contiene el plano AutoCAD del tramo **Arboledas @ Cucutilla** dividido en 9 secciones. Desde su inicio en Arboledas el enlace comprende 3 cruces americanos, los cuales se realizan en puntos donde no existen apoyo, así que se toman postes aledaños y con ayuda de guaya y una cruceta se pueden instalar para que el cable quede suspendido en un ángulo de 90 grados por lo general. Este enlace de diseño registra aproximadamente unos 13,1 Km de recorrido.

12.2 Generación Documentación Final

De acuerdo con el levantamiento que se realizó, la información que llegó de campo describe que el Nodo que partía desde Arboledas, ya no se tomará como un Nodo, sino como un Empalme de derivación; esto fue debido a que en el enlace **ED Salazar @ Arboledas**, Arboledas quedó como el nodo principal de este tramo y se efectuó un Empalme de derivación en Arboledas. Ahora el nuevo enlace a trabajar quedó como **ED Arboledas @ Cucutilla**. Debido a este cambio, el empalme de derivación para Arboledas queda en un punto distinto al de diseño; así que el número de apoyos cambiará y ya no se tomaran en cuenta los cruces americanos en la salida de Arboledas para este enlace. Por consiguiente, se hacen las respectivas modificaciones en la cartera de campo y se traza el nuevo enlace.

12.2.1 Cartera de Campo – ED Arboledas @ Cucutilla

De acuerdo a lo anterior, la cartera de campo debe ser re enumerada, tomando como punto de inicio **ED Acceso Arboledas** con Coordenadas Long -72° 47' 53.8" / Lat 7° 38' 36.1" y adicionando los nuevos apoyos con su respectiva georreferenciación, descripción y demás.

Figura 71. Cartera de Campo – ED Arboledas @ Cucutilla.

PROCEDIMIENTO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA																								
NODO INICIAL (A)		ED ACCESO ARBOLEDAS										NODO FINAL (B)		CUCUTILLA										
DEPARTAMENTO		NORTE DE SANTANDER										DEPARTAMENTO		NORTE DE SANTANDER										
DIRECCIÓN O COORDENADAS		Long -72° 47' 53.8" - Lat 7° 38' 36.1"										DIRECCIÓN O COORDENADAS		Lon -72° 46' 22.6" - Lat 7° 32' 19.0"										
CODIGO DEL ENLACE		NSA 0903										CODIGO DEL ENLACE		NSA 0903										
CONSTRUCTOR		INTECAPST S.A.										APRUEBA :												
REFERENCIA (Número de poste o DEM)			DIRECCION O UBICACIÓN PR	DISTANCIA INTERPOSTAL (Metros)	ABSCISAS		GEOREFERENCIACIÓN						CARACTERÍSTICA DISEÑO DE RED											
NODO (N) POSTE (P)	NUMERO DE POSTE	INICIAL			FINAL	LONGITUD			LATITUD			UTILIZACIÓN DE POSTE				SPAN	#MARQUILLA	RESERVA (lbs)	EMPALME	MATERIAL UTILIZADO				
						Grados	Min.	Seg	Grados	Min.	Seg	INICIO / FINAL	RETENCIÓN	PASO	COSTADO DE LA VÍA					HERRAJE DE RETENCIÓN	HERRAJE DE SUSPENSIÓN	RAQUETA	AMORTIGUADOR	BRAZO EXTENSOR
ED	1		CL 3	26	1298	1318	-72°	47'	53.8"	7°	38'	36.1"	IF	X		400	FO725400017	20	5400033	1				1
1	2		CL 3	29			-72°	47'	53.1"	7°	38'	36.2"		X		400	FO725400017			1		2		1
2	3		CL 3 # 7 - 58	21			-72°	47'	52.3"	7°	38'	36.4"			X	400	FO725400017				1			
3	4		CL 3 C. ESPRITU SANTO	22			-72°	47'	51.4"	7°	38'	36.6"		X		400	FO725400017			2				
4	5		CL 3 C. ESPRITU SANTO	20			-72°	47'	50.7"	7°	38'	36.8"			X	400	FO725400017				1			
5	6		CL 3 # 8 - 58	24	1437	1509	-72°	47'	50.2"	7°	38'	36.3"		X		400	FO725400017	72		1		2		
6	7		CL 3	36			-72°	47'	49.4"	7°	38'	37.1"		X		400	FO725400017			2				
7	8		CL 3 # 9 - 20	21			-72°	47'	48.3"	7°	38'	37.2"		X		400	FO725400017			2				
8	9		CL 3	40			-72°	47'	47.4"	7°	38'	37.4"		X		400	FO725400017			2				
9	10		CL 3	39			-72°	47'	46.1"	7°	38'	37.7"			X	400	FO725400017				1			
10	11		CL 3 # 10 - 22	58			-72°	47'	45.1"	7°	38'	37.9"		X		400	FO725400017			2				
11	12		CL 3 # 10 - 71	28			-72°	47'	43.4"	7°	38'	38.2"		X		400	FO725400017			2				
12	13		SALIDA DE ARBOLEDAS, ESTRUCTURA 67	210			-72°	47'	43.1"	7°	38'	37.2"		X		400	FO725400017			2			1	1

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato final de tramo de red de Fibra Óptica (Azteca)*.

Aparte de hacer las respectivas modificaciones, hay que registrar el abscisado de los carretes de fibra. Estos datos se toman a medida que se va instalando el cable y se corroboran telefónicamente si existe alguna duda (*Opcional*) y para saber que los datos enviados al departamento operativo concuerden con los instalados en campo. Para este tramo la abscisa del cable comienza en 1298 metros, con una reserva inicial de 20 metros; Por consiguiente, la abscisa del cable va en este caso aumentando (*debido al sentido en el que ubicaron el cable*) en 1318.

En el quinto apoyo nuevamente se reporta el abscisado del cable debido a que se encuentra una nueva reserva de 72 metros, esto se registra hasta llegar al primer empalme y seguir con las abscisas del siguiente carrete y así hasta terminar el enlace. De esta forma se puede controlar los metros de cable y la cantidad de reserva utilizados. Como el tramo empieza con un empalme de derivación, se debe colocar la respectiva marquilla de empalme que para este caso se asignó la 5400033. En el cuadro de material utilizado se debe colocar cada

uno de los herrajes utilizados para cada apoyo; por lo general al salir de un Empalme de Derivación se debería comenzar con dos herrajes de retención; pero para que quede mejor documentado y no haya confusión; se toma solamente un herraje al iniciar este enlace (**ED Arboledas @ Cucutilla**) y el otro se toma para el enlace contiguo (**ED Salazar @ Arboledas**); y así no equivocarnos en el conteo de materiales para que no valla a ver una duplicación de herrajes al unificar los tramos.

Para identificar a simple vista el abscisado y las reservas para este enlace se utilizó el color verde/piel respectivamente. Toda la información debe venir de forma detallada por el personal encargado en campo que son los responsables de especificar todo lo que las cuadrillas instalen en él. Además de actualizar direcciones o descripciones que no se encuentren en la cartera de diseño. Aquí el trabajo fue recibir esta información ya sea en físico o digital y pasarla de manera correcta al formato definitivo.

Figura 72. Continuación Cartera de Campo - ED Arboledas @ Cucutilla.

CARACTERÍSTICA POSTES																							(Unidad)		RIENDA / RETENIDA NUEVA		SISTEMA A TIERRA		PROPIETARIO		OBSERVACION	
ALTURA POSTE (Metros)					ROTURA * RESISTENCIA POSTE (Libras)			TIPO DE POSTE				MATERIAL POSTE		LÍNEA TRANSMISIÓN				ESTADO ESTRUCTURA														
8	10	12	14	18	510	750	1050	1350	TIPO "I"	TIPO "T"	TIPO "H"	TORRECILLA	TORRES	MADERA	METÁLICO	CONCRETO	BT	MT	AT	AP	NIVEL DE TENSIÓN	BUENO	MALO									
X					X				X							X	X			X		X										
X					X				X							X	X						X									
		X			X				X							X	X	X		X		X										
X					X				X							X	X			X		X										
		X			X				X							X	X	X				X										
X					X				X							X	X			X		X										
	X				X				X							X	X	X				X		X								

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato final de tramo de red de Fibra Óptica (Azteca)*.

En la figura 72 se especifican las características de los postes/apoyos. De acuerdo al diseño se sabe que para el departamento del (NDS) la empresa electrificadora es la **CENS / las Centrales Eléctricas del Norte de Santander**. Así como en el cuadro de observación donde se describe la existencia del empalme de derivación **ED Salazar** con segmento hacia **Cucutilla**, que se refiere al enlace contiguo del que se está trabajando para tener una idea de la conexión entre los enlaces. También se registró la existencia de los transformadores de energía ubicados en diferentes apoyos a lo largo de la ruta. Como se puede observar en la figura 73, el enlace presenta un empalme en el ítem 47, el cual se hace referencia con el sombreado gris para su pronta identificación. Por lo general en cada empalme se debe dejar

un mínimo de reserva de cable, en caso de que este pueda presentar algún daño. Analizando desde el ítem 46, el cable viene con un span 800 debido a las grandes distancias que cubre, como por ejemplo la longitud entre los ítems (46 – 47) que tiene una distancia interpostal de 596 metros; y la reserva de cable es de 136 metros. Sin embargo, esto es mucho para una reserva convencional, pero se decide dejarla debido a que esa longitud no alcanza para cubrir la siguiente distancia interpostal que es de 289 metros. Por esa razón se deja la reserva en chipa y se hace el respectivo empalme con un carrete de fibra de span 400, para cubrir las distancias restantes hasta llegar al nodo.

Figura 73. Parte Final Cartera de Campo - ED Arboledas @ Cucutilla.

46	47		VIA ARBOLEDAS, ESTRUCTURA 100	596			-72	46'	26.7"	7	33'	18.0"		X		800	FO725400020		2			2	2
47	48		VIA ARBOLEDAS, ESTRUCTURA 101		138	2	-72	46'	26.9"	7	32'	58.7"	IF	X		800	FO725400020	136	540038	1			2
				39	2596	2650										400	FO725400191	64		1			
48	49		VIA ARBOLEDAS, ESTRUCTURA 102	289			-72	46'	26.9"	7	32'	57.5"		X		400	FO725400191			2		1	
49	50		GRANJA LA ESPERANZA	262			-72	46'	27.5"	7	32'	48.2"		X		400	FO725400191			2		2	
50	51		EL REMANZO	116	3240	3300	-72	46'	26.1"	7	32'	39.8"		X		400	FO725400191	60		2		1	
51	52		CRA 0A # 0 - 61. CUCUTILLA	33			-72	46'	25.0"	7	32'	36.2"		X		400	FO725400191			2			
52	53		CRA 0A # 0 - 99. CUCUTILLA	25			-72	46'	24.8"	7	32'	35.2"		X		400	FO725400191			2			2
53	54		CRA 0A # 0 - 95. CUCUTILLA	30			-72	46'	24.6"	7	32'	34.4"		X		400	FO725400191			2			
54	55		CRA 0A # 0 - 153. CUCUTILLA	29			-72	46'	24.4"	7	32'	33.4"		X		400	FO725400191			2			
55	56		CRA 0A # 0 - 173. CUCUTILLA	31			-72	46'	24.3"	7	32'	32.5"		X	X	400	FO725400191				1		
56	57		CRA 0A # 0 - 197. CUCUTILLA	34			-72	46'	24.1"	7	32'	31.5"			X	400	FO725400191				1		
57	58		CRA 0A # 0 - 251. CUCUTILLA	45			-72	46'	23.9"	7	32'	30.5"		X	X	400	FO725400191			2			
58	59		CRA 0A # 0 - 269. CUCUTILLA	19			-72	46'	23.5"	7	32'	29.1"		X		400	FO725400191			2			
59	60		CRA 0A # 0 - 319. CUCUTILLA	26			-72	46'	23.4"	7	32'	28.4"		X		400	FO725400191			1			
60	61A		CRUCE AMERICANO	4			-72	46'	23.8"	7	32'	27.7"				400	FO725400191						
61A	61B		CL 2 CON CRA 0A. CUCUTILLA	15			-72	46'	24.1"	7	32'	27.8"		X		400	FO725400191			1			
61B	62		CRA 0A CON CL 2. CUCUTILLA	45			-72	46'	24.1"	7	32'	27.5"		X		400	FO725400191			1			
62	63		CL 2 # 1 - 28. CUCUTILLA	24			-72	46'	23.1"	7	32'	26.7"		X		400	FO725400191			2			
63	64		CL 2 # 1 - 60. CUCUTILLA	25			-72	46'	22.5"	7	32'	26.2"		X		400	FO725400191			2			
64	65		CRA 3 CON CL 2. CUCUTILLA	47			-72	46'	22.1"	7	32'	25.5"		X		400	FO725400191			2			
65	66		CRA 3 CON CL 3. CUCUTILLA	39			-72	46'	22.5"	7	32'	24.0"			X	400	FO725400191				1		
66	67		CRA 3 # 3 - 36. CUCUTILLA	26			-72	46'	22.7"	7	32'	22.8"			X	400	FO725400191					1	
67	68		CRA 3 # 3 - 56. CUCUTILLA	54			-72	46'	22.9"	7	32'	22.0"			X	400	FO725400191					1	
68	69		CRA 3 # 4 - 26. CUCUTILLA	45			-72	46'	23.1"	7	32'	20.4"		X		400	FO725400191			2			
69	70			10			-72	46'	23.2"	7	32'	18.9"				400	FO725400191			2			
70	NODO			40			-72	46'	22.9"	7	32'	18.9"				400	FO725400191			1			
NODO					3398	4009	-72	46'	22.6"	7	32'	19.0"	IF			400	FO725400191	11					
TOTAL																1760	115	10	4	80	65		

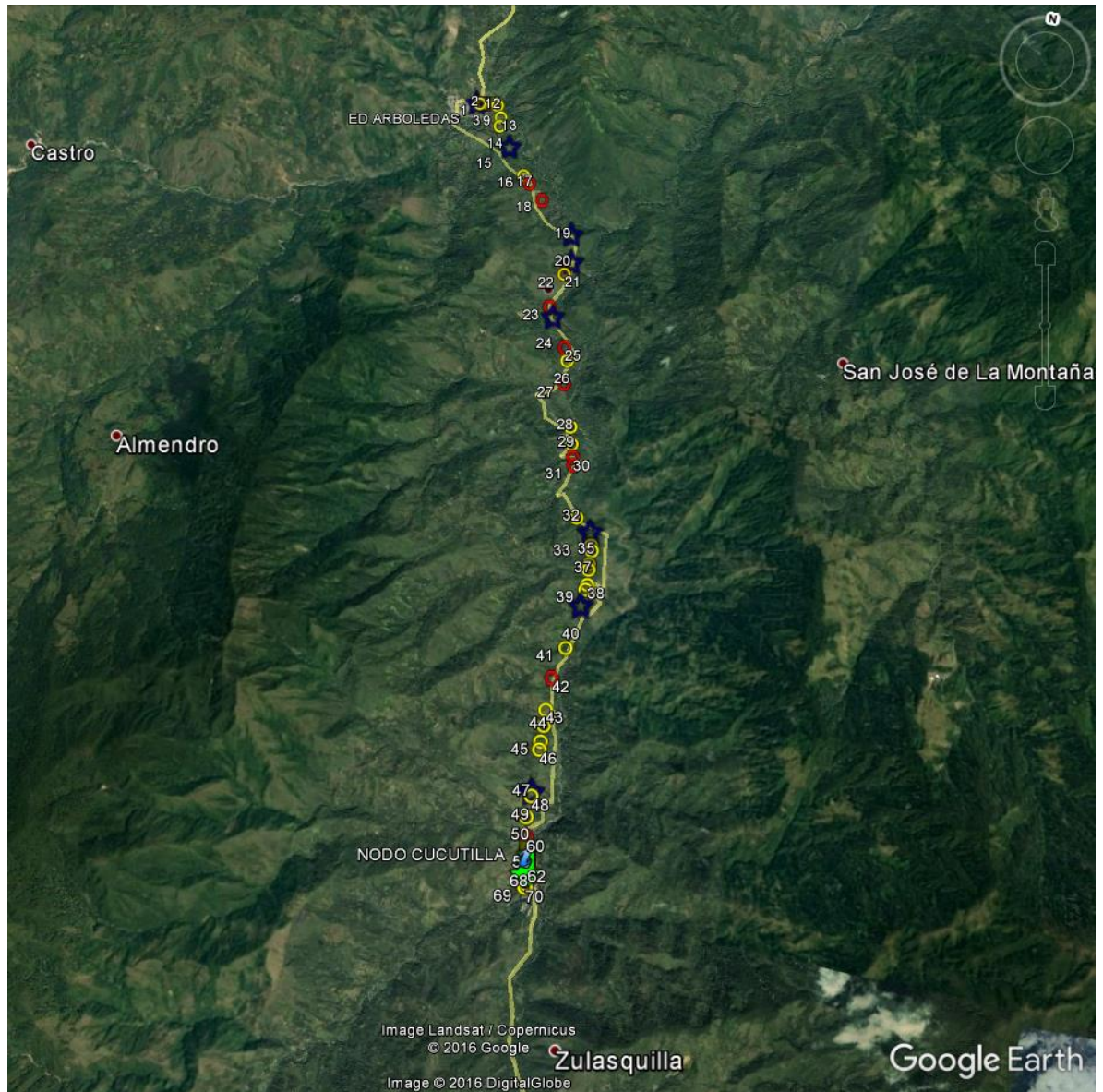
Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato final de tramo de red de Fibra Óptica (Azteca)*.

En el último tramo se puede ver que las reservas no superan los 65 metros, lo cual hace una reserva ideal. Este carrete tiene un abscisado de 2586 – 4009, para cubrir una distancia de 1423 metros más o menos; esto quiere decir que se utilizó parte de un carrete de fibra óptica para completar este enlace. Al terminar el levantamiento se procede a poner las marquillas de red cada 100 – 200 metros. Hay dos tipos de marquillas, las marquillas de red y las marquillas de empalme. Para este tramo se designaron las marquillas de red para span 400. Identificadas como FO725400017 y FO725400191. Y para span 800 desde la FO725400018 hasta FO725400020 respectivamente y la FO725400071 asignada también para span 800. Las marquillas de empalme se colocan debidamente en la caja de empalme y fueron designadas desde la 5400033 hasta 5000038 y las marquillas 500184 - 500185.

12.2.2 Kmz de Campo – ED Arboledas @ Cucutilla

A partir de la cartera de campo se genera el nuevo Kmz de campo, que como se puede observar se encuentra debidamente enumerado desde **ED Arboledas @ Cucutilla**. A parte de referenciarlos, también se deben identificar donde hay nodos, empalmes y reservas; cumpliendo así con el protocolo para los 70 Ítems.

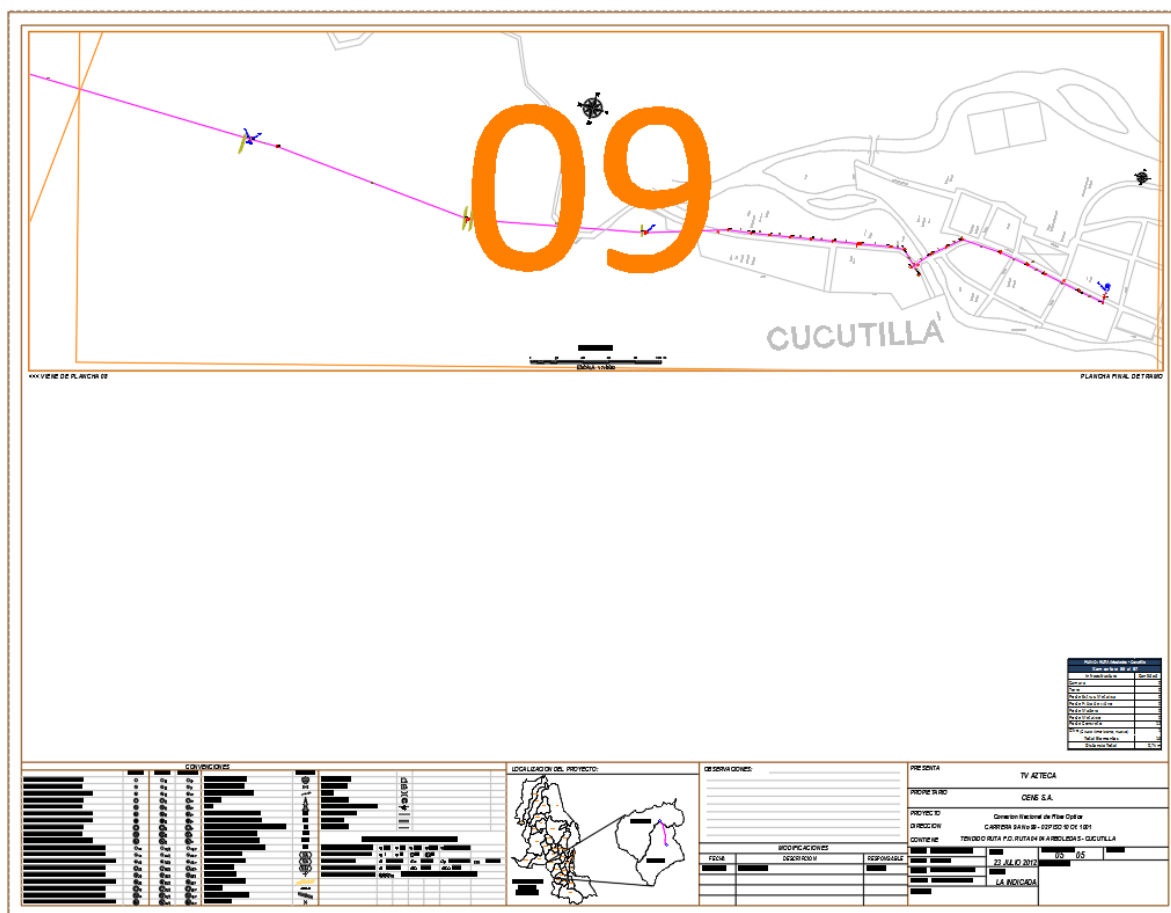
Figura 74. Kmz de Campo - ED Arboledas @ Cucutilla.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de Google Earth TM.

Figura 75. Plano AutoCAD de Campo - ED Arboledas @ Cucutilla.





Autor: Christian Durán, adaptada a partir de AUTODESK TM AUTOCAD ® 2016

Como se puede observar en la figura 75, el inicio en el nodo de Arboledas es cambiado por un Empalme de Derivación con acceso a Arboledas, esto fue debido a que en el siguiente enlace **ED Salazar @ Arboledas**; Arboledas quedó como el nodo principal de dicho enlace, así que se efectuó un empalme de derivación en la llegada al Nodo de Arboledas para el tramo **ED Arboledas @ Cucutilla**.

Después de realizar el mencionado cambio, se procedió a re enumerar todo el plano con el fin de que concuerde con la misma numeración de la cartera y el archivo Kmz, el cual tiene un total de 70 Ítems a lo largo del enlace.

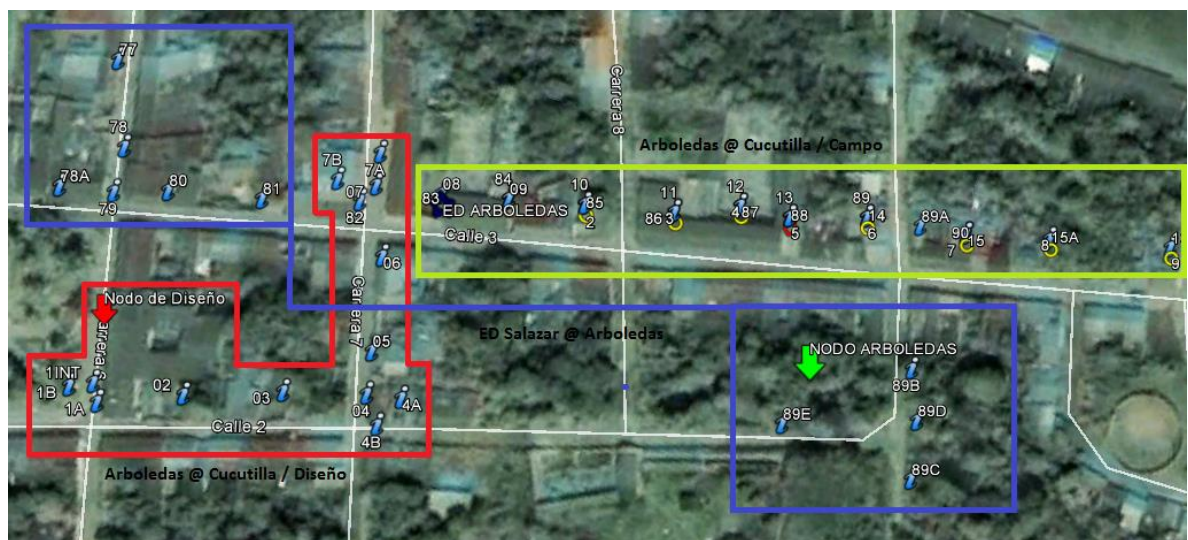
Hay que tener en cuenta que los cambios de ruta, los empalmes, las reservas, los nodos y los cruces americanos deben concordar en los tres archivos trabajados, para evitar que durante las revisiones de interventoría sean devueltos y esto genere un atraso considerable en el cronograma de actividades, además deben quedar listos para que hagan parte de un entregable final, esto es general para todos los enlaces trabajados.

12.3 Comparación Tramo de Diseño Vs Tramo de Campo

Al trabajar el enlace **ED Arboledas @ Cucutilla** se puede observar el cambio de Nodo a Empalme de derivación al inicio del enlace en Arboledas. Hacer una comparación ilustrativa hace que sea más fácil identificar los posibles cambios de ruta.

A continuación, se traslapa el Kmz de diseño Vs El Kmz de campo, el cual da como resultado el cambio en la llegada a Arboledas, hay que tener en cuenta que el Nodo de Arboledas hace parte del enlace **ED Salazar @ Arboledas**.

Figura 76. Kmz de diseño Vs Kmz de Campo.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de Google Earth TM.

Para empezar a entender que fue lo que realmente se instaló y como quedaron definitivamente los enlaces comprendidos entre **ED Salazar @ Arboledas** y **ED Arboledas @ Cucutilla** fue necesario superponer tres (3) archivos Kmz.

El primer Kmz de diseño comprende el tramo **Arboledas @ Cucutilla**, el cual está representado por el recuadro en rojo. Este diseño contempla el Nodo de Arboledas en la ubicación “Nodo de Diseño” (*Flecha Roja*) con Coordenadas, Latitud: 7° 38’ 33.99” N y Longitud: 72° 47’ 56.70” O.

Ahora, se puede observar que en la salida de este nodo la ruta pasa por tres cruces americanos identificados como (1A-1B), (4A-4B) Y (7A-7B). Los cuales son los apoyos necesarios para que el cable de fibra óptica quede suspendido en un ángulo de 90 grados. Y desde allí continúe con su ruta generada hacia a Cucutilla (*recuadro verde*).

El segundo Kmz comprende el tramo **ED Salazar @ Arboledas**, representado en los recuadros azules. Este enlace viene desde la parte superior de la imagen (ítem 77) ED Salazar y baja hasta el Nodo de Arboledas (*Flecha verde*) con Coordenadas, Latitud: 7° 38' 35.39'' N y Longitud: 72° 47' 49.56'' O. Identificado como el Nodo final para Arboledas.

El tercer Kmz comprende el tramo **ED Arboledas @ Cucutilla**, representado en el recuadro verde. Este es el enlace de interés que comienza desde el Empalme de derivación en Arboledas (*Estrella Azul*) Con Coordenadas, Latitud: 7° 38' 36.09'' N y Longitud: 72° 47' 53.78'' O. Desde este punto se inicia el enlace hasta llegar al Nodo en Cucutilla. A continuación, se puede ver el empalme de derivación para Arboledas y el Nodo final donde se instalaron los ODF'S.

Figura 77. Kmz de diseño Vs Kmz de Campo (Punto de Interés).

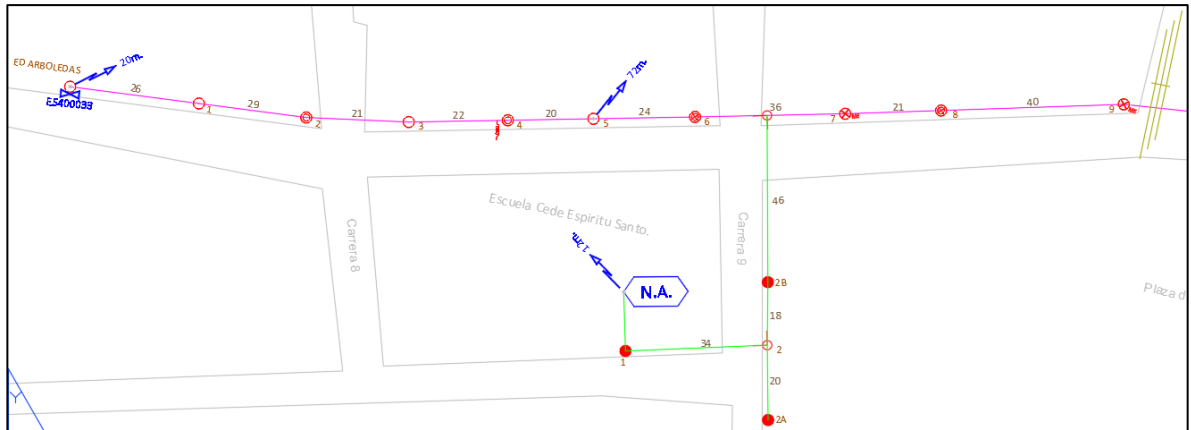


Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Google Earth TM*.

Al superponer la llegada del enlace **ED Salazar @ Arboledas** y el comienzo del tramo **ED Arboledas @ Cucutilla**, se puede verificar la ubicación definitiva del Nodo en Arboledas. El plano de diseño sugería en un principio que el Nodo llegase sobre la Carrera 6, como se puede ver en la figura 76. Ahora se observa que el nodo quedó ubicado sobre la carrera 9 con calle 2 (Figura 77).

A partir de la comparación de los enlaces en **AutoCAD**, se puede comprender de una mejor manera los cambios efectuados en la ruta de la F.O. Haciendo un zoom en el plano se encuentra el sitio de interés (*Cambio del Nodo en Arboledas y la ubicación del Empalme de derivación con acceso a Arboledas*). A continuación, se observa en el plano AutoCAD donde la sección en verde hace referencia al Nodo final que hace parte del enlace **ED Salazar @ Arboledas** y la sección en lila que hace referencia al tramo final que comprende a **ED Arboledas @ Cucutilla**, el cual es el enlace de interés.

Figura 78. AutoCAD de diseño Vs AutoCAD de Campo.

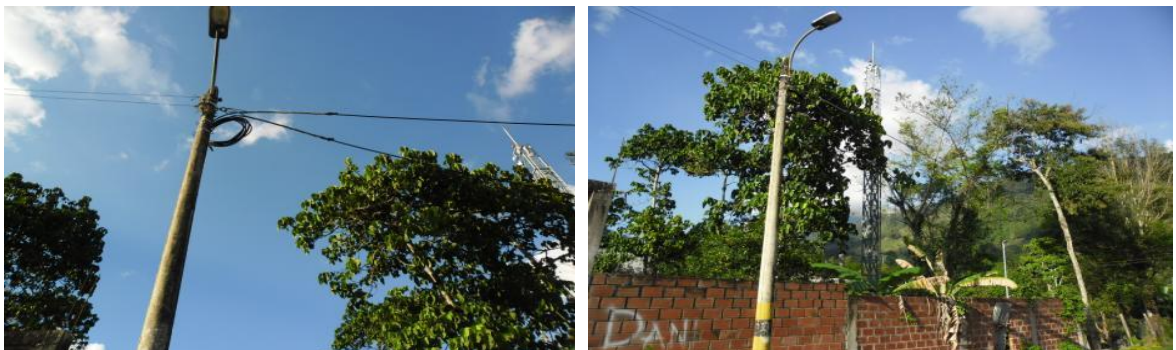


Autor: Christian Durán, adaptada a partir de AUTODESK TM AUTOCAD [®] 2016

La cuestión es: ¿porque el empalme de derivación sobrepasó al nodo? Como en un principio en el enlace de diseño el nodo se encontraba ubicado sobre la carrera 6, el tendido de fibra se alcanzó a llevar hasta allí, hasta que se re ubicó el nodo y se decidió hacer un empalme de derivación casi sobre la carrera 7. Lo cual para llegar al ODF se devuelve con el cable que viene desde **ED Salazar @ Cucutilla**, quedando así conectado el enlace con Arboledas. El empalme de derivación quedó con una reserva de 20 metros y número de marquilla 5400033. El cruce americano en la llegada al nodo tiene una longitud de 34+18 metros suspendido con ayuda de una cruceta y retenido con una guaya de 20 metros desde el apoyo 2A.

A continuación, se pueden detallar las fotografías de la llegada al Nodo de Arboledas y al Nodo de Cucutilla hasta llegar a sus respectivos ODF'S, donde el cable de F.O. se encuentra debidamente encasetado. Estas fotografías son parte del registro fotográfico de acceso y recorrido de fibra óptica hacia los nodos; las fotos fueron tomadas por Intelca.

Figura 79. Fotografías de la llegada al Nodo de Arboledas.



Autor: Intelca PST, adaptada a partir de *Formato Registro Fotográfico de Ruta (Azteca)*.

Figura 80. Fotografías del acceso a los ODF'S Arboledas.



Autor: Intelca PST, adaptada a partir de *Formato Registro Fotográfico de Nodos (Azteca)*.

Figura 81. Fotografías de la llegada al Nodo de Cucutilla.



Autor: Intelca PST, adaptada a partir de *Formato Registro Fotográfico de Nodos (Azteca)*.

Figura 82. Fotografías del acceso a los ODF'S Cucutilla.



Autor: Intelca PST, adaptada a partir de *Formato Registro Fotográfico de Nodos (Azteca)*.

12.4 Formato Unifilar de Empalmería

De acuerdo con el formato unifilar de empalmería, este se presenta diligenciado con todos los datos correspondientes al enlace, el registro de empalmes, georreferenciación y demás.

Figura 83. Formato Unifilar de Empalmería.

PROCEDIMIENTO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA.						
ruta de enlace:		ARBOLEDAS - CUCUTILLA				
DIRECCION O CORDENADA NODOS:		ARBOLEDAS Lon-72° 47' 53.8" / Lat 7° 38' 36.1" - CUCUTILLA Lon-72° 46' 26.9" / Lat 7° 32' 58.7"				
CODIGO DE ENLACE						
CONECTOR:						
MUNICIPIO A:	ARBOLEDAS	CONECTOR:				
CODIGO DANE PTO A:	54051	MUNICIPIO B:	CUCUTILLA			
NIVEL ODF EN RACK		CODIGO DANE PTO B:	54223			
POSICIÓN DE RACK A		NIVEL ODF EN RACK				
POSICIONES HILOS ODF A :		POSICIÓN DE RACK B				
POSICIONES HILOS ODF B:		POSICIONES HILOS ODF B:				

ITEM	EMPALME				ENTRADA	
	No Empalme.	Dirección y/o Referencia	Cordendas	Emp Aéreo o Canalizado	# MARQUILLA	# FIBRAS
EMP	0	EMPALME DE DERIVACION	Lon-72° 47' 53.8" / Lat 7° 38' 36.1"	Aéreo	NO APLICA	
EMP	1	0	Lon-72° 47' 32.7" / Lat 7° 38' 15.1"	Aéreo	FO725400017	1 al 24
EMP	2	Nd	Lon-72° 46' 53.2" / Lat 7° 37' 31.0"	Aéreo	FO725400018	1 al 24
EMP	3	0	Lon-72° 46' 50.7" / Lat 7° 37' 16.5"	Aéreo	FO725400071	1 al 24
EMP	5	0	Lon-72° 46' 55.0" / Lat 7° 36' 46.6"	Aéreo	FO725400071	1 al 24
EMP	6	VIA ARBOLEDAS	Lon-72° 46' 13.9" / Lat 7° 35' 00.0"	Aéreo	FO725400019	1 al 24
EMP	7	0	Lon-72° 46' 18.6" / Lat 7° 34' 25.3"	Aéreo	FO725400019	1 al 24
EMP	8	VIA ARBOLEDAS	Lon-72° 46' 26.9" / Lat 7° 32' 58.7"	Aéreo	FO725400020	1 al 24
ODF	NODO FINAL	NODO CUCUTILLA	Lon-72° 46' 26.9" / Lat 7° 32' 58.7"	Aéreo	FO725400191	1 al 24

OBSERVACIONES:

CONSTRUCTOR	
NOMBRE DE EMPRESA	INTELCA PST S.A.
FIRMA PERSONA ENCARGADA	

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato Unifilar de Empalmería (Azteca)*.

En el formato antes mencionado se encuentra definido el número de empalmes que para este enlace consta de 9 contando con el empalme de derivación de **ED Arboledas** desde su inicio y terminando con el nodo en **Cucutilla** Junto con sus respectivas coordenadas.

Para este enlace todo el tendido de F.O. que se efectuó fue aéreo. En el cuadro de entrada se encuentran registradas todas las marquillas de red utilizadas en el tramo. Como se puede observar en el ítem de fibra se utilizaron 24 hilos para generar este enlace. En la capacidad o span se utilizó span 400 al inicio y final de tramo y de resto se utilizó span 800 debido a las distancias interpostales y a la topología del terreno.

Figura 84. Continuación Formato Unifilar de Empalmería.

Cap. / Span	SALIDA			Longitud Punto A-B (mts)	Longitud Punto B-A (mts)	Longitud Entre Empalmes mts
	# MARQUILLA	# FIBRAS	Cap. / Span			
	FO725400017	1 al 24	400	-	14,714	-
400	FO725400018	1 al 24	800	1,288	13,426	1,288
800	FO725400071	1 al 24	800	3,377	11,337	2,089
800	FO725400071	1 al 24	800	3,940	10,774	563
800	FO725400019	1 al 24	800	5,278	9,436	1,338
800	FO725400020	1 al 24	800	9,285	5,429	4,007
800	FO725400019	1 al 24	800	10,338	4,376	1,053
800	FO725400191	1 al 24	400	13,291	1,423	2,953
400	NO APLICA			14,714	-	1,423

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato Unifilar de Empalmería (Azteca)*.

Para la segunda parte del cuadro (Fig. 84), se encuentra el registro para la tabla de salida; aquí se registran las marquillas de red con la que sale cada tramo de fibra después de un empalme. Así, por ejemplo, en la salida del empalme de derivación de Arboledas la fibra viene con marquilla de red FO725400017.

Al pasar el primer empalme, en el cuadro de salida se registra la marquilla de red FO725400018, generado de esta manera el consecutivo de (entrada/salida) de las marquillas a lo largo de todo el tendido. Para las longitudes de A->B y de B->A se totalizó la distancia entre los empalmes hasta llegar al nodo final. Primero se hace un recuento de la distancia entre los empalmes en sentido ED Arboledas @ Cucutilla y luego se hace un recuento de la distancia entre los empalmes en sentido Cucutilla @ ED Arboledas. En el cuadro final se registraron las longitudes entre los diferentes empalmes que comprenden al enlace.

12.5 Materiales

La relación de materiales utilizados se describe en el siguiente cuadro con topológico **0903**.

Figura 85. Cuadro de Materiales.

Relación de materiales utilizados en enlace			
Departamento NDS ----- Enlace ED Arboledas - Cucutilla -- Topológico 0903			
Item	Descripción	Unidad	Cantidad
1	Cable de Fibra Óptica Span 200-96 Hilos	ml	0
2	Cable de Fibra Óptica Span 400-72 Hilos	ml	2,711
3	Cable de Fibra Óptica Span 800-72 Hilos	ml	12,003
4	Cable de Fibra Óptica Span 1000-72 Hilos	ml	0
5	Cable de Fibra Óptica Span 1600-72 Hilos	ml	0
6	Cable de Fibra Óptica Span 2200-72 Hilos	ml	0
7	Herraje de Suspensión fijo	Unidad	10
8	Remate para sistema de retención	Unidad	115
9	Soporte para retención (trompo-platina)	Unidad	75
10	Raqueta para reserva	Unidad	4
11	Brazo Extensor	Unidad	65
12	Marquilla para empalme	Unidad	7
13	Marquilla para span 200	Juego X 60	0
14	Marquilla para span 400-800	Juego X 40	80
15	Marquilla para span 1000-1600-2200	Juego X 20	0
16	Caja para empalme	Unidad	7
17	Poste de concreto 10mX 750 Kg-F	Unidad	0
18	Cinta Band It 1/2 (Caja de 30 metros)	Rollo	2.3
19	Hebillas Cinta Band It 1/2	Unidad	85
20	Abrazadera de 2 salidas de 6" - 8"	Unidad	40
21	Amortiguador en espiral	Unidad	80
22	Silleta para cruce americano (incluye tornillo y tuerca de ojo roscada)	Juego	1
23	Tuerca de ojo roscada para transición a vano corto	Unidad	0
24	Herraje de extensión para vano largo (incluye tuerca de ojo, extensión y guardacabo)	Juego	0
25	Cable mensajero 1/4 (para cruce americano)	ml	19
26	Tensor en U -1 ton	Unidad	1

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato Materiales de enlace (Azteca)*.

Para este enlace se utilizaron 2,711 metros de cable Span 400 y 12,003 metros de Span 800. 10 herrajes de suspensión y 115 herrajes de retención y solo 4 raquetas para reserva, debido a que en su mayoría las reservas fueron en chipa, etc. Además, se utilizaron 80 amortiguadores en espiral, debido a las grandes longitudes entre los vanos. Y se presentó un cruce americano en la llegada a Cucutilla (ítem 60), el cual se solucionó con un juego de silleta para cruce americano, 19 metros de cable mensajero (*guaya*) y un tensor en U.

12.6 Registro Fotográfico

El registro fotográfico de tendido hace parte del entregable para el enlace **ED Arboledas @ Cucutilla**. Como se presenta a continuación:

Figura 86. Registro Fotográfico de Tendido de Fibra.

REGISTRO FOTOGRAFICO DE TENDIDO DE FIBRA OPTICA					
PROYECTO	ACC-Vive Digital	ENLACE	A 0903-ARBOLEDAS - CUCUTILLA	FECHA	28/03/2017
					
OBSERVACIONES ITEM	OBSERVACIONES ITEM 9	OBSERVACIONES ITEM 10			
					
OBSERVACIONES ITEM 12	OBSERVACIONES ITEM 14	OBSERVACIONES ITEM 15			
					
OBSERVACIONES ITEM 64	OBSERVACIONES ITEM 65				
		OBSERVACIONES NODO			

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato Registro Fotográfico de Ruta (Azteca)*.

En este formato se adjuntaron las fotografías correspondientes del tendido; desde el empalme de derivación en **Arboledas** hasta llegar al nodo en **Cucutilla**. En cada fotografía se pueden registrar observaciones pertinentes dependiendo del lugar, como el número PACVI, la existencia de reservas, empalmes, marquillas, etc. En este caso quien hizo el recorrido de ruta identificó los puntos de acuerdo a la numeración de los ítems registrados en la cartera final de campo.

12.7 Panorama de Riesgos

A continuación, se presenta el panorama de riesgos de infraestructura para el enlace **ED Arboledas @ Cucutilla**.

Figura 87. Cuadro Panorama de Riesgos.

PANORAMA DE RIESGOS DE INFRAESTRUCTURA									
PROYECTO	ACC-Vive Digital				ENLACE	A 0903-ARBOLEDAS - CUCUTILLA			
FECHA	29/03/2017								

IDENTIFICACION PUNTO	ITEM 27				
					
CLASIFICACION RIESGO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
INESTABILIDAD TERRENO		X			
ARBOLES CERCANOS		X			
LINEAS DE ENERGIA			X		
VANDALISMO EN ZONA	X				
FUERZA DE VIENTOS			X		
ZONA DE QUEMA		X			
AMPLIACION DE VIA	X				
OTROS					

IDENTIFICACION PUNTO	ITEM 29				
					
CLASIFICACION RIESGO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
INESTABILIDAD TERRENO	X				
ARBOLES CERCANOS	X				
LINEAS DE ENERGIA			X		
VANDALISMO EN ZONA	X				
FUERZA DE VIENTOS			X		
ZONA DE QUEMA		X			
AMPLIACION DE VIA	X				
OTROS					

IDENTIFICACION PUNTO	ITEM 30				
					
CLASIFICACION RIESGO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
INESTABILIDAD TERRENO		X			
ARBOLES CERCANOS	X				
LINEAS DE ENERGIA			X		
VANDALISMO EN ZONA	X				
FUERZA DE VIENTOS			X		
ZONA DE QUEMA		X			
AMPLIACION DE VIA	X				
OTROS					

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato Panorama de Riesgos (Azteca)*.

Para este formato se registraron las fotografías en donde se encontraron las ubicaciones más vulnerables del enlace a nivel de infraestructura. Para este enlace lo más preocupante son las líneas de alta tensión, las zonas con alta probabilidad de vientos fuertes y las zonas de quema por estar en campo traviesa. Así que hay que tener en cuenta estos apoyos como puntos vulnerables donde la fibra óptica se pueda ver afectada. De acuerdo a lo anterior se debe marcar con una “X” la clasificación de los riesgos de acuerdo con el terreno y a lo que visualmente se puede observar. En caso de que exista algún tipo de riesgo que no se encuentre dentro de la clasificación, se debe describir en la parte inferior de cada recuadro.

Durante el registro documental para el departamento del Norte de Santander se trabajó en los enlaces comprendidos entre **ITX San Mateo @ Cucutilla**, los cuales están comprendidos por: **ED Cúcuta @ El Zulia / ED Cornejo @ San Cayetano / ED La Laguna @ Santiago @ ED Cornejo / ED La laguna @ ED Salazar @ Salazar / ED Salazar @ Arboledas / ED Arboledas @ Cucutilla**. De los cuales se expuso **ED Arboledas @ Cucutilla** en este manual como referencia para el registro documental. Lo expuesto aquí se realizó para los demás enlaces asignados.

13. REGISTRO DOCUMENTAL DEP. CUNDINAMARCA

Al concluir con los departamentos del Meta y (NDS) en **INTELCA PST**, se abordó toda la documentación de diseño y se trabajó a medida que fue llegando la documentación de campo para el departamento de Cundinamarca. De acuerdo a lo anterior se comenzó a desarrollar el registro documental para dicho departamento, dentro del departamento operativo.

13.1 Recepción Documentos de Diseño

Para el departamento de Cundinamarca se tomó como ejemplo el tramo **Agua de Dios @ Ricaurte**. Dando inicio a la estructura del registro documental para dicho enlace.

13.1.1 Cartera de Diseño – Agua de Dios @ Ricaurte

De acuerdo con la figura 88, se encuentra la cartera de diseño, donde se describe la posible ruta del tendido de fibra óptica para el enlace **Agua de Dios @ Ricaurte**. Según DISTEL.

Figura 88. Cartera de diseño – Agua de Dios @ Ricaurte.

CARTERA DE VERIFICACIÓN EN CAMPO															
Ruta:		Agua De Dios - Ricaurte		AGUA DE DIOS		Diseño		DISTEL							
Fecha:		2012-04-12 - 2012-04-30		25001		Supervisor									
ITEM	IDENTIFICACION PACVI	Direccion	Tipo de Elemento	Costado Via	Distancia entre Elementos (mts)	Coordenadas Geográficas WGS 84									
						FLECHA	SPAN	BOBINA	Latitud N			Longitud W			Altura (MSNM)
1		Nodo Agua De Dios	Nodo		15.77	15.93	200	1	4°	22'	38.40"	-74°	40'	7.80"	
2	nd		Poste	Derecho	44.15	44.59	200	1	4°	22'	37.92"	-74°	40'	7.61"	329.689
3	nd		Poste	Derecho	6.25	6.31	200	1	4°	22'	38.51"	-74°	40'	6.30"	390.224
			Cruce Via Tipo 1		0.00		200	1	4°	22'	38.55"	-74°	40'	6.05"	390.101
4	nd		Poste	Izquierdo	33.82	34.16	200	1	4°	22'	38.60"	-74°	40'	6.12"	384.101
5	72307		Poste	Izquierdo	34.15	34.49	200	1	4°	22'	37.53"	-74°	40'	5.85"	400.451
6	nd		Poste	Izquierdo	24.07	24.31	200	1	4°	22'	36.61"	-74°	40'	5.24"	380.63
7	nd		Poste	Izquierdo	24.73	24.98	200	1	4°	22'	35.94"	-74°	40'	4.84"	390.801
8	501661		Poste	Izquierdo	9.53	9.63	200	1	4°	22'	35.21"	-74°	40'	4.52"	397.36
			Cruce Via Tipo 1		0.00		200	1	4°	22'	35.14"	-74°	40'	4.33"	386.534
9	72310		Poste	Izquierdo	15.56	15.72	200	1	4°	22'	35.03"	-74°	40'	4.27"	386.562
10	501660		Poste	Izquierdo	28.62	28.91	200	1	4°	22'	34.58"	-74°	40'	4.05"	386.566
11	nd		Poste	Izquierdo	19.82	20.02	200	1	4°	22'	33.70"	-74°	40'	3.74"	386.861
12	nd		Poste	Izquierdo	27.25	27.52	200	1	4°	22'	33.11"	-74°	40'	3.49"	388.74
13	72312		Poste	Izquierdo	25.74	26.00	200	1	4°	22'	32.38"	-74°	40'	2.99"	389.694
			Cruce Via Tipo 2		0.00		200	1	4°	22'	31.85"	-74°	40'	2.76"	390.299
14	72313		Poste	Derecho	37.75	38.13	200	1	4°	22'	31.62"	-74°	40'	2.65"	390.919
			Cruce Via Tipo 7		0.00		200	1	4°	22'	31.14"	-74°	40'	3.41"	390.075
15	501635		Poste	Derecho	30.80	31.11	200	1	4°	22'	30.96"	-74°	40'	3.68"	390.372
			Cruce Via Tipo 1		0.00		200	1	4°	22'	30.94"	-74°	40'	3.72"	390.594

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato final de tramo de red de Fibra Óptica (Azteca)*.

De acuerdo con el levantamiento de diseño para **Agua de Dios @ Ricaurte**, se puede observar que se encuentra bastante completa, registra un gran número de identificación PACVI. Esto agiliza la ubicación exacta al momento de registrar algún problema con el tendido de fibra. En esta cartera se registraron los cruces de vía (tipo X), pero al momento de documentar la cartera final, no se toman en cuenta debido a que en esos puntos si va a pasar el cable de F.O, pero no se va a fijar con ningún tipo de herraje así que se descartan.

Otro punto importante en esta cartera de diseño es que toman en cuenta la distancia entre elementos y la flecha. ¿Esto qué quiere decir?, bueno pues la distancia entre elementos es la distancia real interpostal medida en metros y la flecha hace referencia a la catenaria que se genera debido al peso normal del cable, así que la distancia de la flecha es mayor a la distancia interpostal, lo que significa que para cubrir una cierta distancia interpostal se necesita un porcentaje más de cable. Como el tramo se encuentra dentro del departamento de Cundinamarca, la electrificadora a cargo de esas líneas de transmisión es la **EEC** o *la Empresa de Energía de Cundinamarca*. Como se describe a continuación:

Figura 89. Continuación Cartera de diseño - Agua de Dios @ Ricaurte.

Postes											Observaciones	
Uso				Estructura	Nivel de Tensión (K)	Altura Poste (M)	Resistencia del Poste	Material Poste	Estado del Poste	Propietario Poste		Elementos o equipos ubicados en el poste
AT	MT	BT	AP									
				0	na	0	0	0	Bueno	EEC		AGUA DE DIOS Nodo Agua De Dios
X	X			Doble	120 Volt A 34,5 KV	12	ND	Concreto		EEC	Transformador, Caja y Tierra	AGUA DE DIOS Calzada
X	X			Simple	120 Volt A 34,5 KV	12	ND	Concreto	Poste	EEC	Transformador, Caja, Tierra y	AGUA DE DIOS Calzada
									0	EEC		Cruce Via Tipo 1
X	X			Simple	120 Volt A 34,5 KV	12	1050	Concreto	Bueno	EEC	Solo cableado	AGUA DE DIOS Calzada
X	X			Simple	120 Volt A 34,5 KV	12	ND	Concreto	Bueno	EEC	Luminaria	AGUA DE DIOS Calzada
X	X			Simple	120 Volt A 34,5 KV	10	750	Concreto	Bueno	EEC	Caja y Luminaria	AGUA DE DIOS Arboles-Obstruyen-
X	X			Simple	120 Volt A 34,5 KV	12	ND	Concreto	Bueno	EEC	Luminaria	AGUA DE DIOS Calzada
X				Simple	13.2 A 34,5 KV	8	510	Concreto		EEC	Caja y Luminaria	AGUA DE DIOS Calzada
									0	EEC		Cruce Via Tipo 1
X	X			Simple	120 Volt A 34,5 KV	12	ND	Concreto	Bueno	EEC	Transformador, Caja, Tierra y	AGUA DE DIOS Anden
	X			Simple	110-220 V	8	750	Concreto	Bueno	EEC	Transformador y Luminaria	AGUA DE DIOS Anden
	X	X		Simple	120 Volt A 34,5 KV	12	ND	Concreto	Bueno	EEC	Luminaria	AGUA DE DIOS Obstrucción-De-vano-f-
X	X			Simple	120 Volt A 34,5 KV	12	750	Concreto	Bueno	EEC	Luminaria	AGUA DE DIOS Calzada
X	X			Simple	120 Volt A 34,5 KV	12	ND	Concreto	Bueno	EEC	Luminaria	AGUA DE DIOS Calzada
									0	EEC		Cruce Via Tipo 2
	X	X		Simple	120 Volt A 34,5 KV	12	ND	Concreto	Bueno	EEC	Transformador. Caia v Tierra	AGUA DE DIOS Calzada

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato final de tramo de red de Fibra Óptica (Azteca)*.

En la parte intermedia de la cartera (Figura 90) se puede ver como desde la parte de diseño se crean los posibles empalmes al sumar las distancias interpostales / flechas. Si observa detenidamente el total después del ítem 81, se puede dar cuenta que posiblemente allí o muy cerca de ese lugar puede existir un empalme. Al verificar en la columna del span, en cada total se tiene un 4000 que se refiere a la longitud del carrete de fibra, pero al detallar en el total de la distancia interpostal o en el total de la flecha, se puede dar cuenta que se llega a una distancia aproximada a los 3600 metros.

Desde el punto de vista de diseño y por normatividad se debe dejar por lo menos un 10% del cable como reserva en caso de posibles daños, así que al calcular el 10% de 4000 metros, se tiene una reserva de 400 metros y una distancia recorrida con el cable de aproximadamente 3600 metros más o menos. Los cuadros sombreados en rojo se toman como referencia para ubicar los vanos más largos entre apoyos y así poder determinar el tipo de span a utilizar. Todos los elementos anteriormente mencionados constituyen la base para generar una documentación adecuada, cada ítem es importante para interrelacionar los elementos puestos en campo, teniendo como objetivo trazar el tramo lo más parecido a lo instalado en terreno.

Figura 90. Parte Intermedia Cartera de diseño - Agua de Dios @ Ricaurte.

81	51671	Poste	Derecho	89.85	90.75	200	1	4°	21'	41.32"	-74°	41'	23.44"	342.663
			TOTAL	3596.88	3632.85	4000								
82	51672	Poste	Derecho	83.35	84.18	400	1	4°	21'	38.53"	-74°	41'	24.27"	347.274
83	51673	Poste	Derecho	90.01	90.91	400	1	4°	21'	35.99"	-74°	41'	25.18"	341.733
84	51674	Poste	Derecho	92.69	93.62	400	1	4°	21'	33.20"	-74°	41'	26.03"	344.145
85	51675	Poste	Derecho	104.01	105.05	400	1	4°	21'	30.35"	-74°	41'	26.96"	344.736
86		Poste Nuevo	Derecho	28.10	28.38	400	1	4°	21'	27.18"	-74°	41'	28.11"	355.247
87	51676	Poste	Derecho	182.86	184.69	400	1	4°	21'	26.32"	-74°	41'	28.38"	355.514
		Cruce Cable aéreo		0.00		200	2	4°	21'	25.83"	-74°	41'	28.63"	357.956
88	51684	Poste	Derecho	204.41	206.45	400	1	4°	21'	21.46"	-74°	41'	31.77"	343.044
89	51685	Poste	Derecho	48.63	49.12	400	1	4°	21'	15.98"	-74°	41'	35.50"	349.405
90	51686	Poste	Derecho	242.18	251.87	400	1	4°	21'	14.49"	-74°	41'	36.00"	344.556
91	51687	Poste	Derecho	117.23	118.40	400	1	4°	21'	7.08"	-74°	41'	38.58"	358.683
92	51692	Poste	Derecho	193.92	195.86	400	1	4°	21'	3.53"	-74°	41'	39.90"	346.303
93	51693	Poste	Derecho	166.65	168.32	400	1	4°	20'	57.58"	-74°	41'	41.92"	365.988
94	51701	Poste	Derecho	174.83	176.58	400	1	4°	20'	52.65"	-74°	41'	44.11"	352.695
95	5102	Poste	Derecho	143.33	144.76	400	1	4°	20'	47.43"	-74°	41'	46.31"	354.89
96	51704	Poste	Derecho	308.86	321.21	400	1	4°	20'	43.02"	-74°	41'	47.75"	360.865
97	51706	Poste	Derecho	203.10	205.13	400	1	4°	20'	33.75"	-74°	41'	51.49"	346.906
98	51707	Poste	Derecho	132.84	134.17	400	1	4°	20'	27.59"	-74°	41'	53.79"	350.483
99	51708	Poste	Derecho	169.65	171.35	400	1	4°	20'	23.59"	-74°	41'	55.38"	348.858
100	51711	Poste	Derecho	173.06	174.79	400	1	4°	20'	19.06"	-74°	41'	58.49"	331.951

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato final de tramo de red de Fibra Óptica (Azteca)*.

Este enlace comprende un total de 283 ítems incluyendo los Nodos de Agua de Dios y Ricaurte; cubriendo así el total de este tramo. En este enlace se está contemplado de acuerdo a las longitudes interpostales / flecha un span 200 al inicio de la ruta, más o menos en el intermedio un span 400 y nuevamente un span 200 a la llegada del nodo en Ricaurte, como se puede observar en las anteriores figuras. Aparte de lo descrito en la cartera de diseño, aquí solamente se totalizó la distancia interpostal, la distancia de la flecha y se estimó un total del cable a utilizar, que para este caso fue de 22,600 metros (22,6 Km).

Aquí en particular no se observan como tal las reservas, debido a que no se sabe de cuánto van hacer y en donde las van a ubicar, es por eso que solamente se calcula como el 10 % de cada carrete utilizado. En cuanto a los herrajes, es posible que se puedan suponer dependiendo de la distancia y la línea de vista del enlace, pero muy seguramente cambiarán al momento de la instalación del material en campo, dependiendo de las recomendaciones del supervisor y de lo que se adapte mejor al terreno, así como el comportamiento normal del cable o de la existencia de vientos fuertes. Todo esto son factores que pueden alterar la ubicación de los herrajes y/o su cantidad.

Figura 91. Parte Final Cartera de diseño - Agua de Dios @ Ricaurte.

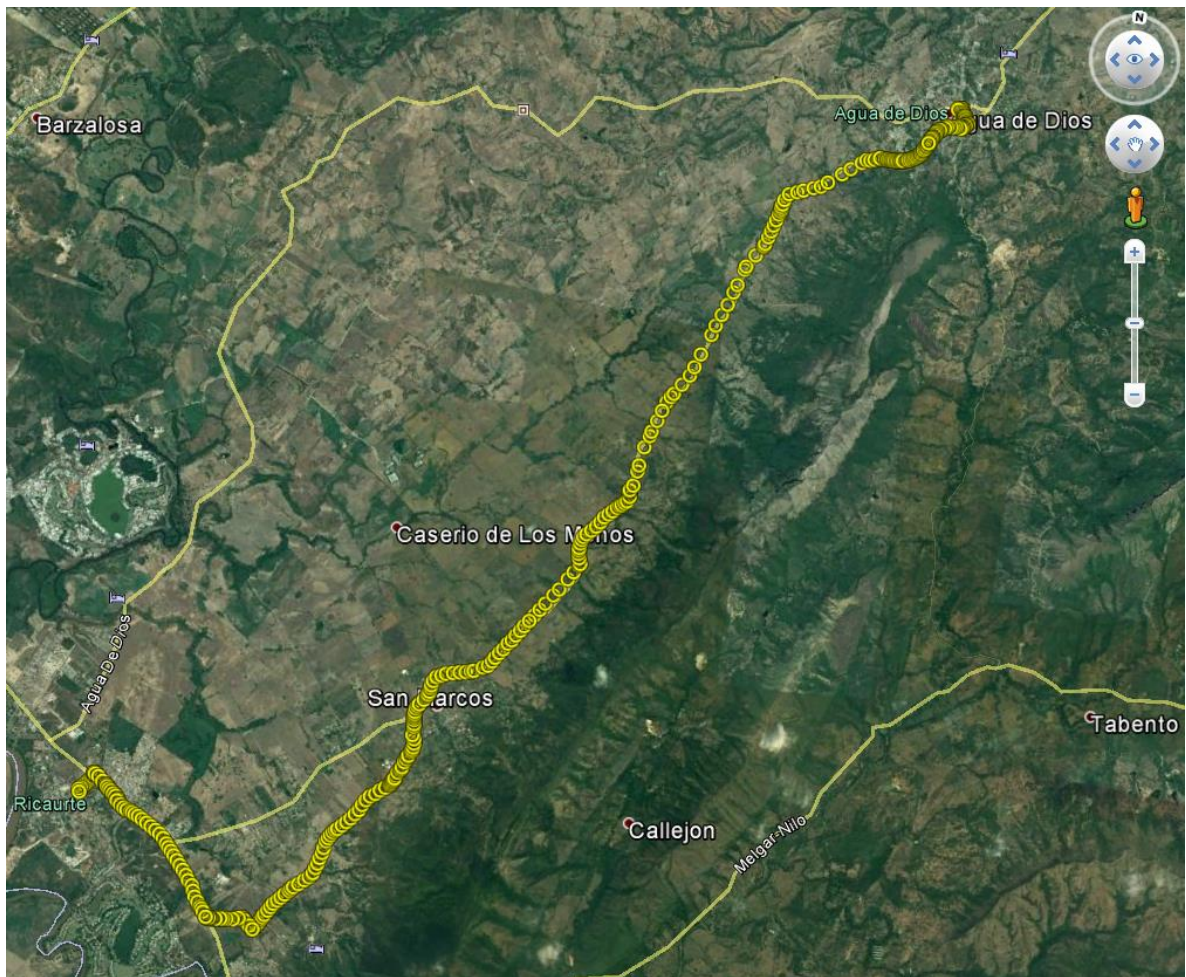
271	p42	Poste	Derecho	86.60	87.47	200	4	4°	16'	51.15"	-74°	45'	58.15"	288.024
272	p41	Poste	Derecho	72.76	73.49	200	4	4°	16'	53.06"	-74°	46'	0.21"	295.596
		Cruce Cable aéreo		0.00		200	6	4°	16'	54.01"	-74°	46'	1.81"	301.498
273	sn	Poste	Derecho	38.94	39.33	200	4	4°	16'	54.30"	-74°	46'	2.22"	298.793
		Síto de Interes		0.00		200	6	4°	16'	54.31"	-74°	46'	2.23"	297.927
		Cruce Via Tipo 7		0.00		200	6	4°	16'	53.73"	-74°	46'	2.09"	284.728
274	90790	Poste	Derecho	30.78	31.09	200	4	4°	16'	53.09"	-74°	46'	1.86"	289.987
275	90791	Poste	Derecho	32.91	33.24	200	4	4°	16'	52.35"	-74°	46'	2.51"	293.471
276	90793	Poste	Derecho	39.37	39.76	200	4	4°	16'	51.59"	-74°	46'	3.27"	292.816
277	90794	Poste	Derecho	45.22	45.67	200	4	4°	16'	50.66"	-74°	46'	4.14"	290.739
278	90795	Poste	Derecho	37.40	37.77	200	4	4°	16'	49.58"	-74°	46'	5.13"	290.9
279	90796	Poste	Derecho	34.89	35.24	200	4	4°	16'	48.70"	-74°	46'	5.97"	283.205
280	90797	Poste	Derecho	35.99	36.35	200	4	4°	16'	47.98"	-74°	46'	6.74"	289.135
281	90798	Poste	Derecho	32.88	33.21	200	4	4°	16'	47.03"	-74°	46'	7.54"	292.484
282	90799	Poste	Derecho	36.10	36.46	200	4	4°	16'	46.32"	-74°	46'	8.34"	304.363
283		Nodo Ricaurte	Nodo	TOTAL	2323.67	2346.91	2600							
			TOTAL TRAMO	20187.91	20414.22	22600								

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato final de tramo de red de Fibra Óptica (Azteca)*.

13.1.2 Kmz de Diseño – Agua de Dios @ Ricaurte

El Kmz de diseño comprende la ruta **Agua de Dios @ Ricaurte**. Si se toman todos los apoyos o no solamente se sabrá hasta el levantamiento final. El formato Kmz de diseño se encuentra georreferenciado, pero no numerado; así que hay que enumerar todos los puntos, al igual que hay que cambiar los símbolos para los nodos, reservas y empalmes, con el fin de hacer una documentación más comprensible y facilitar la búsqueda en dado caso para verificar un apoyo en particular.

Figura 92. Kmz de diseño - Agua de Dios @ Ricaurte.

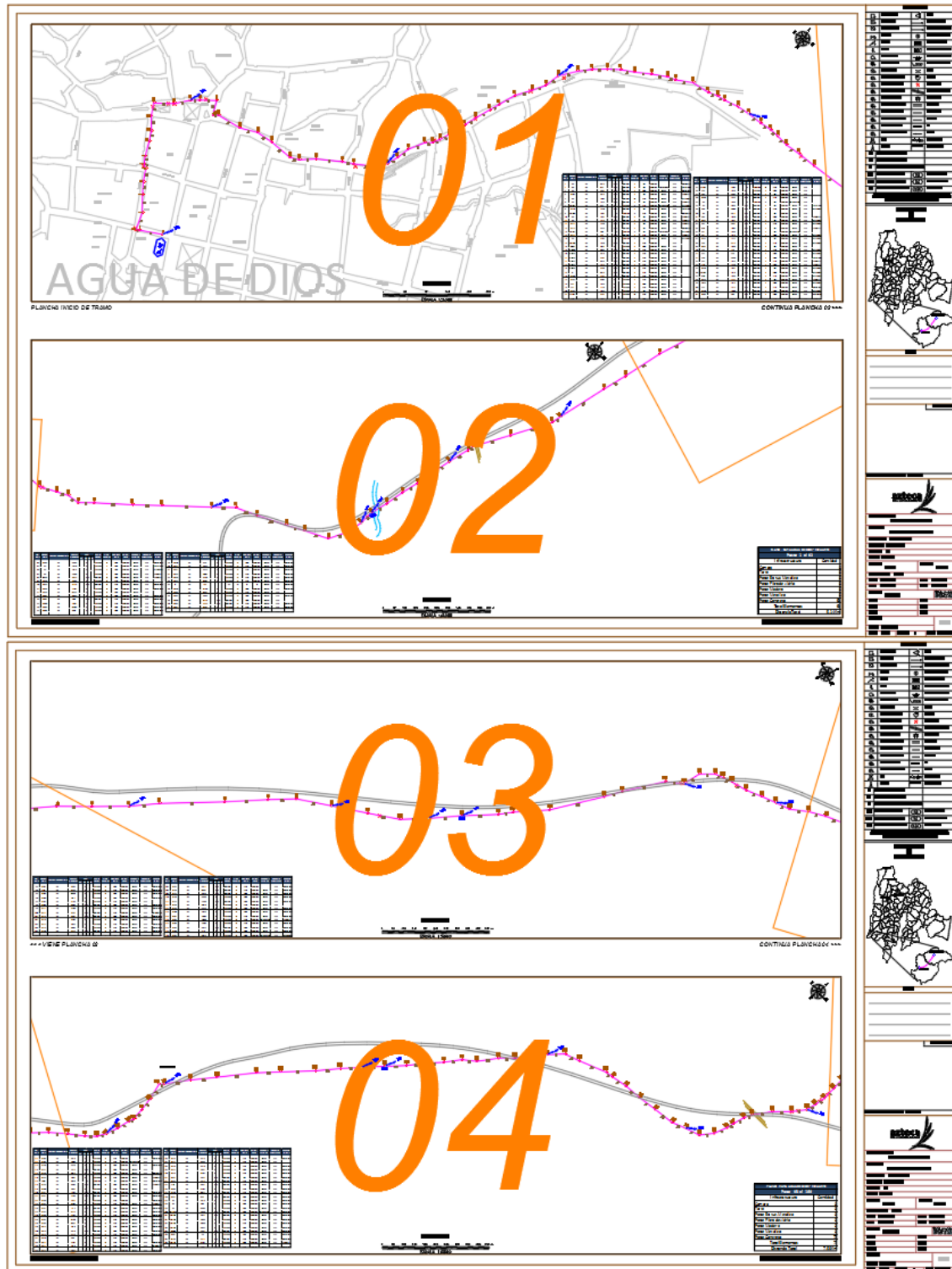


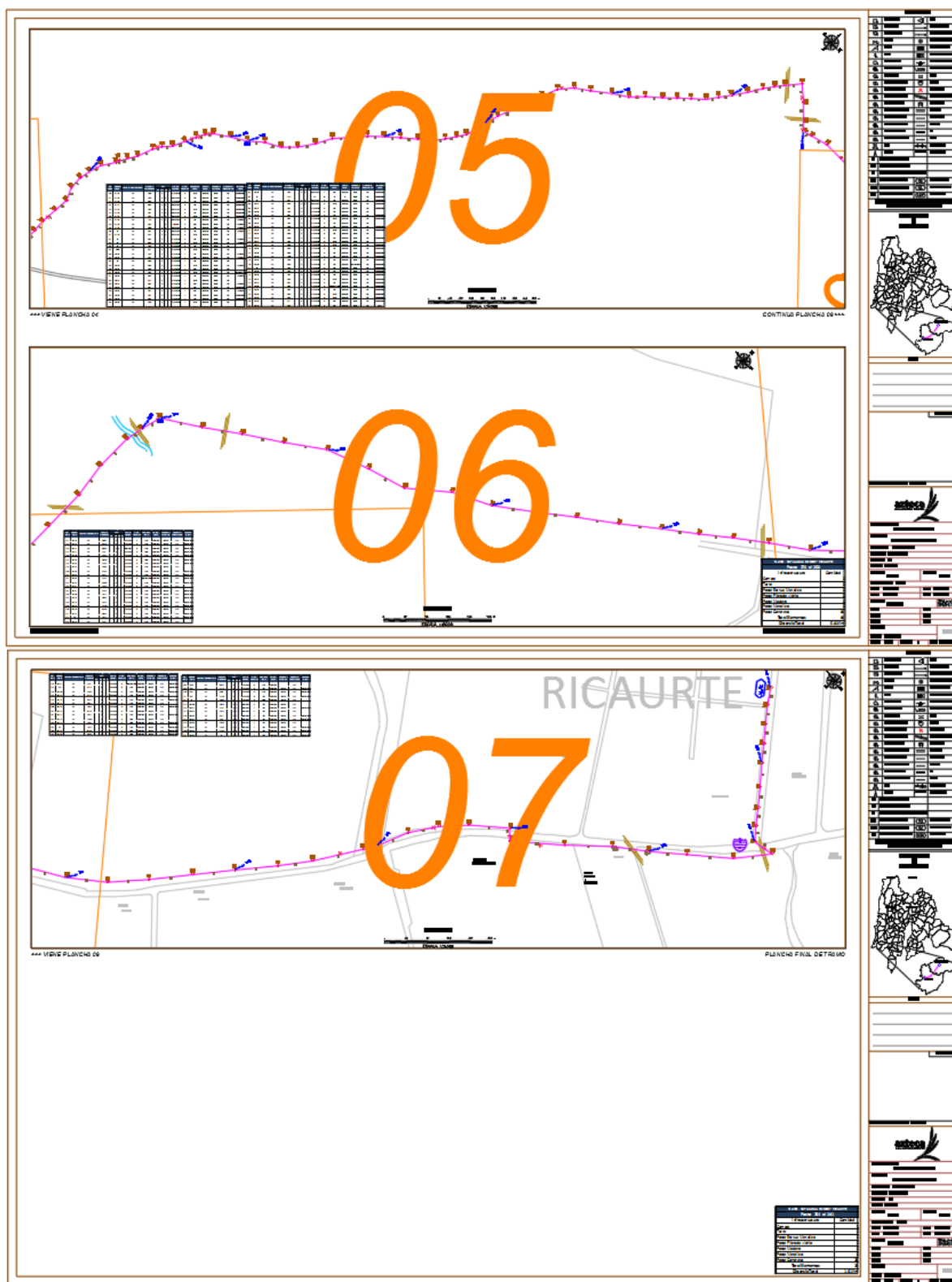
Autor: Christian Durán, adaptada a partir de Google Earth TM

El plano de diseño a continuación (Figura 93) comprende el plano AutoCAD del tramo **Agua de Dios @ Ricaurte** representado en 7 secciones. Desde su inicio en Agua de Dios, la cartera de diseño estima una cantidad de más o menos 5 empalmes y 6 carretes de fibra óptica, cuatro de span 200 y dos de span 400. El enlace tiene aproximadamente (22,6 Km).

13.1.3 AutoCAD de Diseño – Agua de Dios @ Ricaurte

Figura 93. Plano AutoCAD de diseño - Agua de Dios @ Ricaurte.





Autor: Christian Durán, adaptada a partir de AUTODESK TM AUTOCAD ® 2016

13.2 Generación Documentación Final

A continuación, se relacionan todos los datos tomados en campo, para realizar la respectiva modificación en la cartera final, que hace parte del entregable **Agua de Dios @ Ricaurte**.

13.2.1 Cartera de Campo – Agua de Dios @ Ricaurte

De acuerdo con el levantamiento que se realizó en campo, el Nodo que parte de Agua de Dios sigue estando en la misma cuadra, con la diferencia de que se desplaza más o menos 30 metros de acuerdo al diseño inicial; lo otro es que la ruta por la que sale de diseño fue cambiada, al tomarse inicialmente por la calle 11 hasta llegar a la carrera 11; ahora la nueva ruta sale desde el mismo nodo, pero parte desde la calle 12 hasta llegar a la carrera 11. Este cambio fue debido a que al momento de la instalación en campo quedaba mucho más cerca y más fácil hacer el tendido por la calle 12. Así que el enlace sigue como **Agua de Dios @ Ricaurte**. Sin adición de algún empalme de derivación o algo por el estilo.

Figura 94. Cartera de Campo - Agua de Dios @ Ricaurte.

NODO INICIAL (A)		Agua de Dios										NODO FINAL (B)		Ricaurte									
DEPARTAMENTO		CUNDINAMARCA										DEPARTAMENTO		CUNDINAMARCA									
DIRECCIÓN O COORDENADAS		Log -74° 40' 8.67" / Lat 4° 22' 38.86"										DIRECCIÓN O COORDENADAS		Log -74° 46' 27.49" / Lat 4° 16' 32"									
CODIGO DEL ENLACE		25001										CODIGO DEL ENLACE		25001									
CONSTRUCTOR		INTELCA PST S.A.										APRUEBA :		ACC									

REFERENCIA (Numero de poste o IDEM)			DIRECCION O UBICACIÓN PR	DISTANCIA INTERPOSTAL (Metros)	ABSCISAS CABLE		GEOREFERENCIACIÓN						DETALLE DE LA RED									
NODO (N) POSTE (P)	NUMERO DE POSTE				INICIAL	FINAL	LONGITUD			LATITUD			COSTADO DE LA VÍA	SPAN	#MARQUILLA	RESERVA (Mts)	EMPALME N° MARQUILLA	MATERIAL UTILIZADO				
							Grados	Min.	Seg	Grados	Min.	Seg						HERRAJE DE RETENCIÓN	HERRAJE DE SUSPENSIÓN	RAQUETA	AMORTIGUADOR	BRAZO EXTENSOR
1	2	0	Nodo Agua de Dios	22.00	4026	3973	-74°	40'	8.67"	4°	22'	38.86"		200	FO962500002	53.0		1				
2	3	nd	Cr 9 # 11	31.00			-74°	40'	8.45"	4°	22'	38.22"	Derecho	200	FO962500002			2				
3	4	ap12536	Cr 12 # 9-11	40.00			-74°	40'	8.10"	4°	22'	37.30"	Izquierdo	200	FO962500002			2				
4	5	ap12539	Cr 12 # 9-41	48.00			-74°	40'	7.60"	4°	22'	36.10"	Izquierdo	200	FO962500002				1			
5	6	3	Cr 9 # 9 - 91	27.00			-74°	40'	7.20"	4°	22'	34.6"	Izquierdo	200	FO962500002				1			
6	7	72310	N/A	23.00			-74°	40'	6.60"	4°	22'	33.90"	Izquierdo	200	FO962500002				1			
7	8	ap0893	Cr 9 #10 - 33	28.00			-74°	40'	6.30"	4°	22'	33.20"	Izquierdo	200	FO962500002			2				
8	9	ap891	Cr 9 #10 - 57	37.00	3765	3707	-74°	40'	6.10"	4°	22'	32.30"	Izquierdo	200	FO962500002	58.0		2	2			
9	10	ap12695	Cr 11 #12	15.00			-74°	40'	5.60"	4°	22'	31.20"	Izquierdo	200	FO962500002			2				
10	11	ap12696	Cr 11 # 12-02	21.00			-74°	40'	6.00"	4°	22'	30.90"	Derecho	200	FO962500002			2				
11	12	19538p	N/A	12.00			-74°	40'	6.03"	4°	22'	30.13"	Izquierdo	200	FO962500002			2				
12	13	ap12886	Cr 11 # 12-51	46.00			-74°	40'	6.32"	4°	22'	29.93"	Derecho	200	FO962500002			2				
13	14	ap12883	Cr 11 # 13-09	34.00			-74°	40'	7.82"	4°	22'	29.90"	Derecho	200	FO962500002			2				

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato final de tramo de red de Fibra Óptica (Azteca)*.

Con el pequeño cambio en la llegada al Nodo de Agua de Dios y considerando el nuevo tendido a la llegada del nodo como un cambio de Ruta, se procedió a realizar las respectivas modificaciones. De acuerdo a lo anterior, el número de apoyos cambiará y ya no se tomarán en cuenta los primeros postes en la salida de Agua de Dios, debido al cambio

de ruta para este enlace. Por consiguiente, se hacen las respectivas modificaciones en la cartera de campo y se traza el nuevo enlace, teniendo en cuenta las nuevas características de los apoyos, líneas de tensión y elementos que se vayan a utilizar para suspender la F.O.

Como se puede apreciar en La figura 94, la cartera de campo debe ser re enumerada efectivamente, tomando como punto de partida el Nodo en **Agua de Dios**, con Coordenadas Long -74° 40' 8.67'' / Lat 4° 22' 38.86''; adicionando los nuevos apoyos por el cambio de ruta, cada uno con su respectiva georreferenciación, descripción y demás. Aparte de hacer las respectivas modificaciones, hay que registrar el abscisado de los carretes de fibra. Estos datos se toman a medida que se va instalando el cable y se corroboran vía correo electrónico o telefónicamente para saber que los datos enviados al departamento operativo concuerden con los instalados en campo, por si existe alguna duda sobre el tendido.

Partiendo del Nodo en **Agua de Dios**, la abscisa del cable comienza en 4026 metros, con una reserva inicial de 53 metros. Por consiguiente, la abscisa del cable va en 3973. En el octavo ítem nuevamente se reporta el abscisado del cable debido a que se encuentra una nueva reserva de 58 metros, esto se registra hasta llegar al primer empalme y seguir con las abscisas del siguiente carrete y así sucesivamente hasta terminar el enlace.

Figura 95. Continuación Cartera de Campo - Agua de Dios @ Ricaurte.

CARACTERÍSTICA POSTES									RIENDA / RETENIDA NUEVA (Unidad)	PROPIETARIO	OBSERVACION
ALTURA POSTE	ROTURA * RESISTENCIA POSTE (Libras)	TIPO DE POSTE	MATERIAL POSTE	LÍNEA TRANSMISIÓN				NIVEL DE TENSIÓN			
				BT	MT	AT	AP				
								na	BUENO		
12	750	Doble	concreto	X	X			120 Volt A 34,5 KV	BUENO	EEC	AGUA DE DIOS Nodo Agua De Dios Nodo Agua De Dios
10	750	Simple	concreto	X	X		X	120 Volt A 34,5 KV	BUENO	EEC	AGUA DE DIOS Calzada
10	510	Simple	concreto	X	X		X	120 Volt A 34,5 KV	BUENO	EEC	AGUA DE DIOS Calzada
10	510	Simple	concreto	X				13.2 A 34,5 KV	BUENO	EEC	Cruce Via Tipo 1
8	750	Simple	metalico	X				120 Volt A 34,5 KV	BUENO	EEC	AGUA DE DIOS Calzada
10	750	Simple	metalico	X				110-220 V	BUENO	EEC	AGUA DE DIOS Arboles-Obstruyen-Vano Calzada
10	750	Simple	metalico	X				120 Volt A 34,5 KV	BUENO	EEC	AGUA DE DIOS Calzada

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato final de tramo de red de Fibra Óptica (Azteca)*.

De acuerdo al diseño se sabe que, para el departamento de Cundinamarca, la empresa electrificadora es la **EEC / Empresa de Energía de Cundinamarca**. Aquí se encuentra registrado todas las características de los apoyos y las observaciones de cada punto.

Figura 96. Parte Intermedia Cartera de Campo - Agua de Dios @ Ricaurte.

64	65	51657	N/A	231.00	1255	1182	-74'	40'	56.83"	4'	22'	2.77"	Izquierdo	200	FO962500002	73.0		2		2		
65	66	51658	N/A	116.00			-74'	41'	2.86"	4'	21'	58.31"	Izquierdo	200	FO962500002			2				
66	67	5834	N/A	104.00			-74'	41'	5.84"	4'	21'	56.03"	Izquierdo	200	FO962500002			2				
67	68	51661	N/A	146.00			-74'	41'	9.04"	4'	21'	54.96"	Izquierdo	200	FO962500002			2				
68	69	51662	Hacienda la Florida	90.00			-74'	41'	13.50"	4'	21'	53.36"	Izquierdo	200	FO962500002			1				
69	70	51666	N/A	117.00			-74'	41'	16.23"	4'	21'	52.29"	Izquierdo	200	FO962500002			1				
70	71	51667	N/A	105.00			-74'	41'	19.80"	4'	21'	51.00"	Izquierdo	200	FO962500002			2				
71	72	51668	N/A	69.00			-74'	41'	21.63"	4'	21'	48.14"	Izquierdo	200	FO962500002			2				
72	73	51669	N/A	67.00			-74'	41'	22.21"	4'	21'	45.99"	Izquierdo	200	FO962500002			1				
73	74	51670	N/A	83.00			-74'	41'	22.48"	4'	21'	43.84"	Derecho	200	FO962500002			2				
74	75	51671	N/A	90.00			-74'	41'	23.44"	4'	21'	41.32"	Derecho	200	FO962500002			2				
75	76	51672	N/A	83.00			-74'	41'	24.27"	4'	21'	38.53"	Derecho	200	FO962500002			2				
76	77	51673	N/A	90.00	109 4005	4 3956	-74'	41'	25.18"	4'	21'	35.99"	Derecho	200 400	FO962500002 FO725000279	105.0 49.0	2500059	1 1				
77	78	51674	N/A	93.00			-74'	41'	26.03"	4'	21'	33.20"	Derecho	400	FO725000279			2				
78	79	51675	N/A	132.00			-74'	41'	26.96"	4'	21'	30.35"	Derecho	400	FO725000279			1				
79	80	51676	N/A	183.00			-74'	41'	28.38"	4'	21'	26.32"	Derecho	400	FO725000279			2				
80	81	51684	N/A	204.00			-74'	41'	31.77"	4'	21'	21.46"	Derecho	400	FO725000279			2				
81	82	51685	N/A	49.00	3257	3174	-74'	41'	35.50"	4'	21'	15.98"	Derecho	400	FO725000279	83.0		2		2		
82	83	51686	N/A	240.00			-74'	41'	36.00"	4'	21'	14.49"	Derecho	400	FO725000279			2				
83	84	51687	N/A	117.00			-74'	41'	38.58"	4'	21'	7.08"	Derecho	400	FO725000279							
84	85	51692	N/A	193.00	2770	2695	-74'	41'	39.30"	4'	21'	3.53"	Derecho	400	FO725000279	75.0		2		2		
85	86	51693	N/A	166.00			-74'	41'	41.92"	4'	20'	57.58"	Derecho	400	FO725000279			2			2	
86	87	51701	N/A	174.00			-74'	41'	44.11"	4'	20'	52.65"	Derecho	400	FO725000279			1				
87	88	5102	N/A	142.00			-74'	41'	46.31"	4'	20'	47.43"	Derecho	400	FO725000279			2				
88	89	51704	N/A	307.00			-74'	41'	47.75"	4'	20'	43.02"	Derecho	400	FO725000279			2				1

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato final de tramo de red de Fibra Óptica (Azteca)*.

En la figura 96 se puede apreciar una parte intermedia de la cartera de campo, donde se puede observar el consecutivo de los empalmes, donde el primer carrete de fibra termina en la abscisa 4 y se empalma con el siguiente carrete de fibra con abscisa 4005. También se puede observar el cambio de span, debido a las distancias interpostales, donde se pasa de span 200 a span 400. En el ítem 88 se puede ver una distancia de 307 metros, esta distancia es lo suficientemente larga y amerita un span 400. Las reservas que se pasan de 60 metros, quedan como reserva en chipa ya que son muy pesadas para una raqueta. En lo que no aparece, se comprende la numeración continua de los ítems con sus respectivos empalmes cada 4 Km aproximadamente, sus respectivas reservas y herrajes utilizados que son las variables más importantes.

Analizando la parte final de la cartera (Figura 97), allí se encuentra el último empalme del tramo en el ítem 273, aquí se puede ver que no se utilizó el carrete completo debido a que llega hasta la abscisa 1230 y el siguiente carrete empieza desde la abscisa 868. Esto pasó debido a un daño ocasionado en la fibra, en el cual se perdieron aproximadamente 362 metros de fibra óptica, de igual manera se empalmó el mismo carrete, adicionando un empalme de más al enlace y actualizándolo posteriormente en la cartera de campo; así que con respecto al diseño donde se planearon 5 empalmes, finalmente el enlace terminó con 6. Este tipo de cosas puede pasar al momento de instalar la fibra por una mala manipulación o un daño ocasionado en la misma.

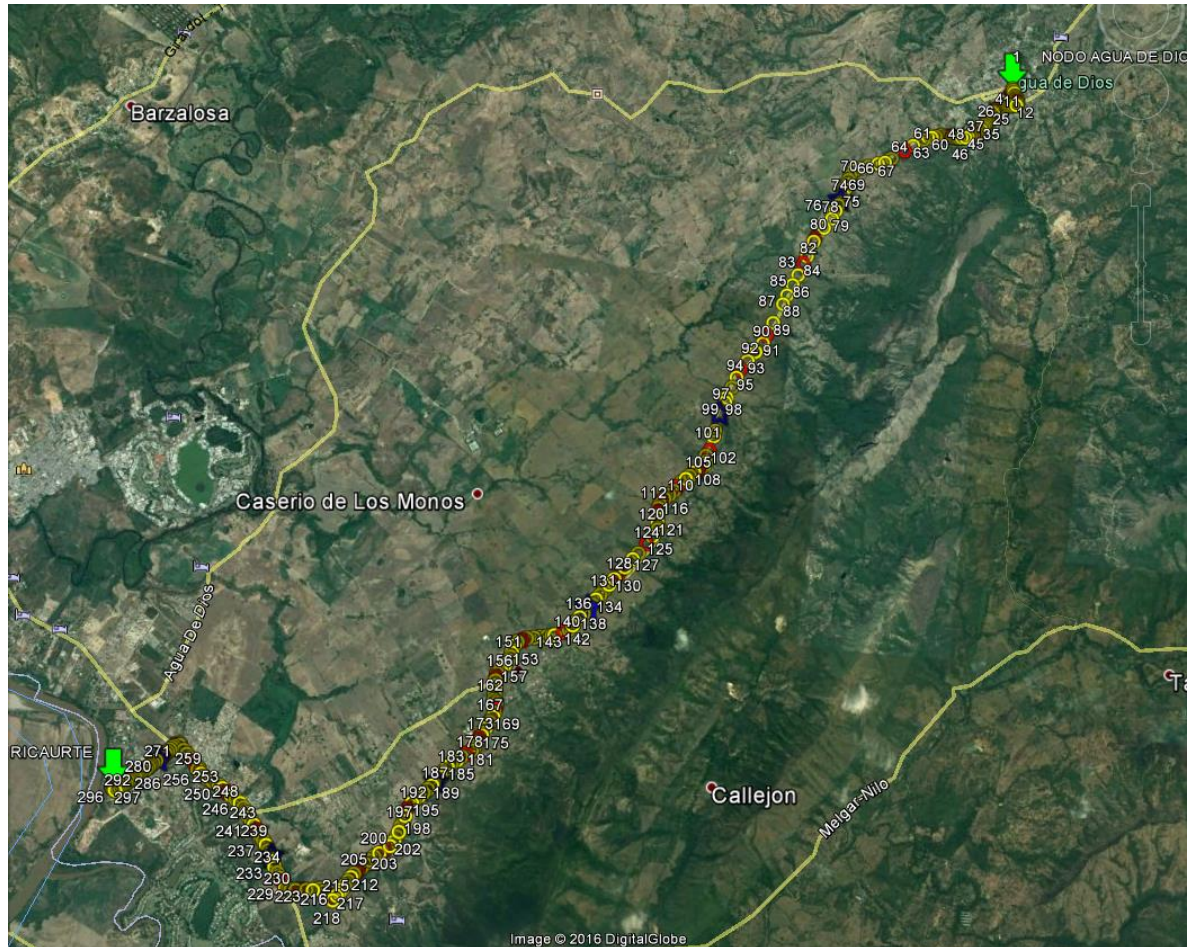
[illegible]

Izquierdo	200	FO962500208				1				
Izquierdo	200	FO962500208				2				
Izquierdo	200	FO962500208					1			
Izquierdo	200	FO962500208					1			
Izquierdo	200	FO962500208					1			
Izquierdo	200	FO962500208				2				
Izquierdo	200	FO962500208					1			
Izquierdo	200	FO962500208					1			
Izquierdo	200	FO962500208					1			
Izquierdo	200	FO962500208					1			
Izquierdo	200	FO962500208				2				
Izquierdo	200	FO962500208					1			
Izquierdo	200	FO962500208				2				
Izquierdo	200	FO962500208					1			
Izquierdo	200	FO962500208				2				
Derecho	200	FO962500208				2				
Derecho	200	FO962500208					1			
Derecho	200	FO962500208					2			
Derecho	200	FO962500208		28.0			2			
Derecho	200	FO962500208				1				
TOTAL		2980				388	106	66	14	3

13.2.2 Kmz de Campo – Agua de Dios @ Ricaurte

Una vez terminada la cartera de campo se procedió a generar el nuevo Kmz de campo. En este punto el Kmz ya debe estar debidamente enumerado desde **Agua de Dios @ Ricaurte**. Con los cambios de ruta efectuados y la adición de un sexto empalme en la llegada a Ricaurte. Cumpliendo con el protocolo para los 301 Ítems, a lo largo de todo el enlace.

Figura 98. Kmz de Campo - Agua de Dios @ Ricaurte.

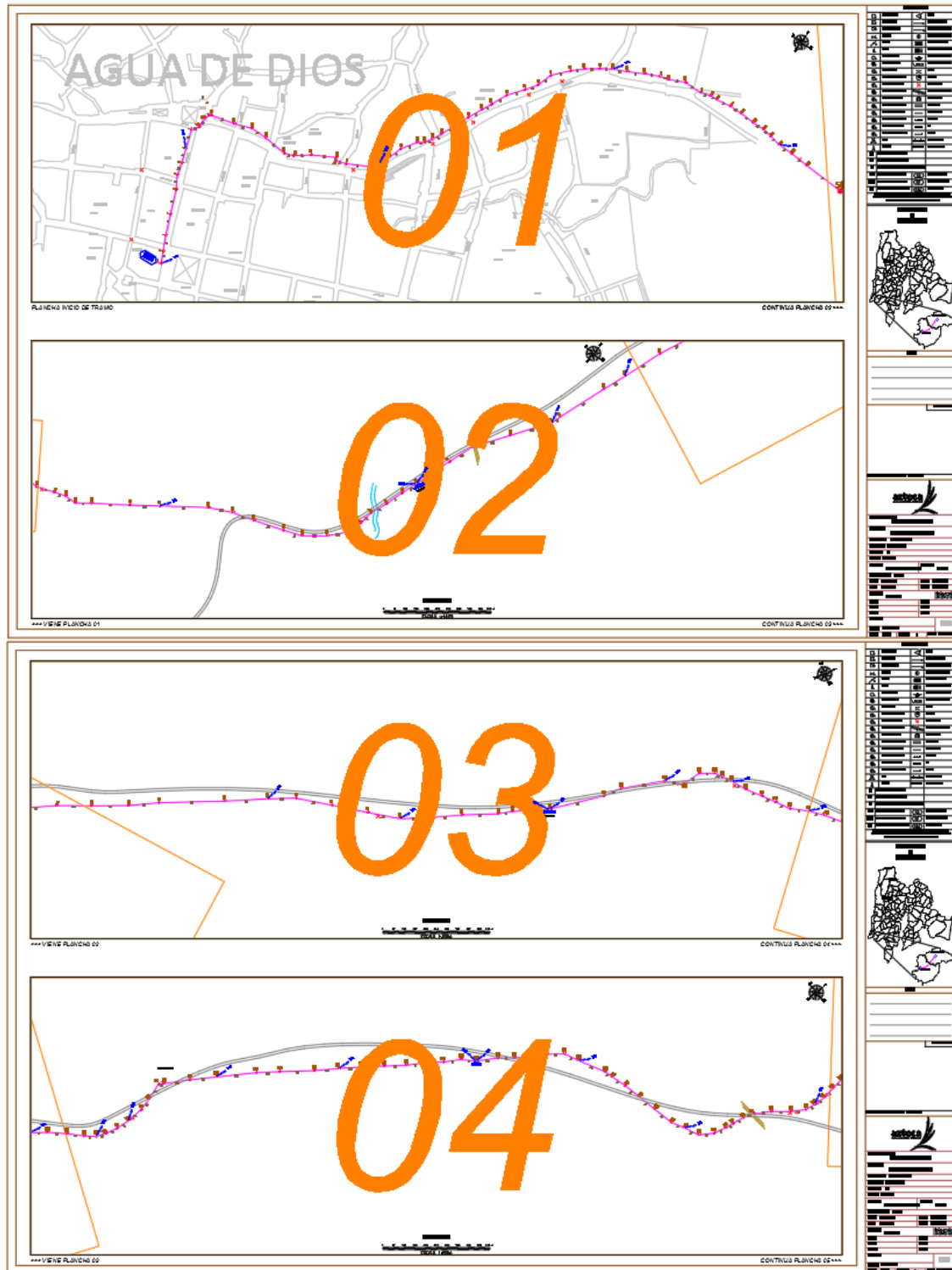


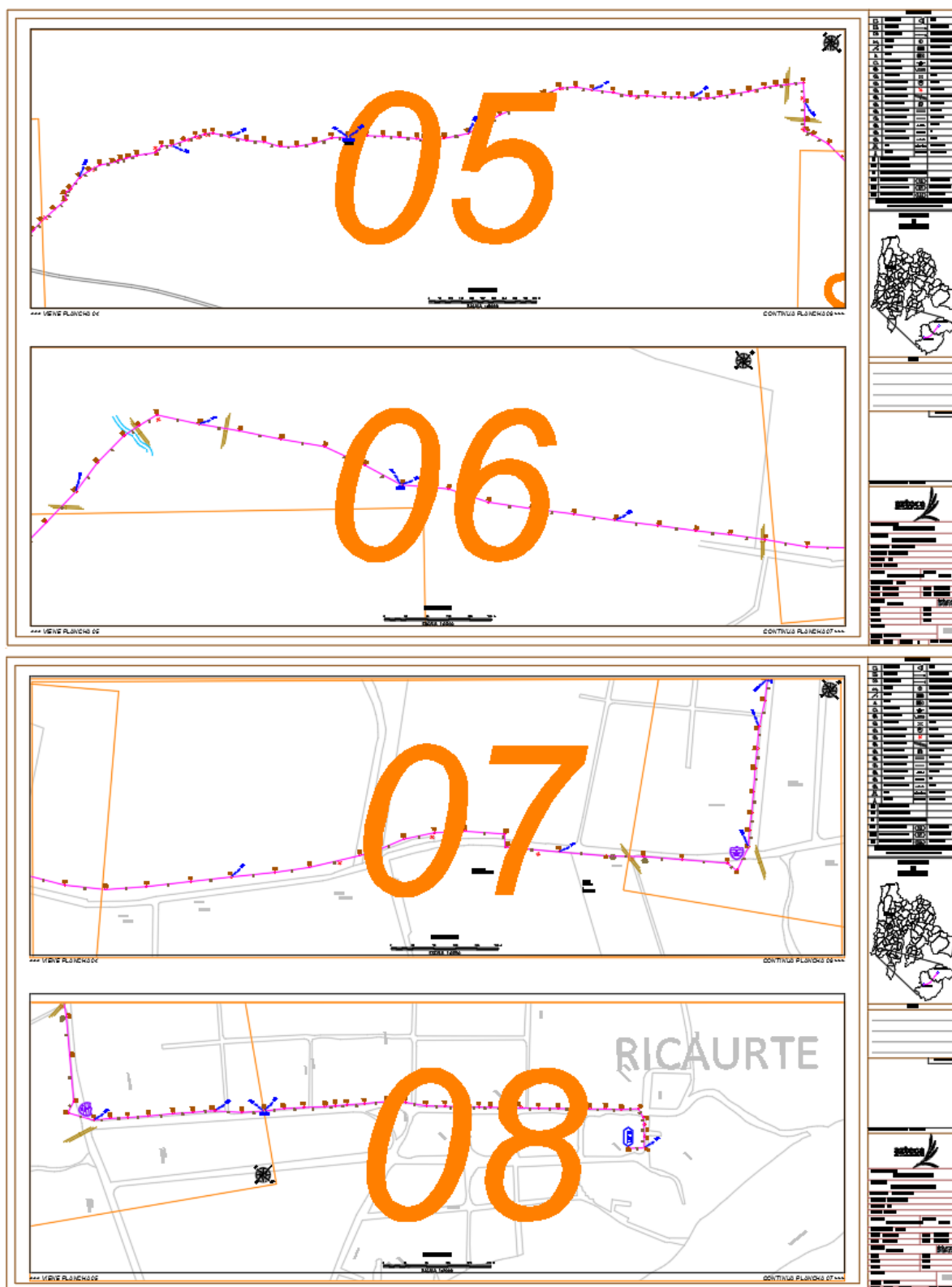
Autor: Christian Durán, adaptada a partir de Google Earth TM.

Después de modificar la cartera de campo y el archivo Kmz, el siguiente paso es la modificación del plano **AutoCAD**. En la figura 99 se tiene el plano final del enlace, con la variación en la ruta a la llegada del nodo en **Agua de Dios** y el empalme adicional en la llegada al nodo de **Ricaurte**. Después de realizar los cambios, se procede a re enumerar el plano con el fin de que concuerde con la misma numeración de la cartera y el archivo Kmz, para un total de 301 Ítems, a lo largo del enlace.

13.2.3 AutoCAD de Campo – Agua de Dios @ Ricaurte

Figura 99. Plano AutoCAD de Campo - Agua de Dios @ Ricaurte.



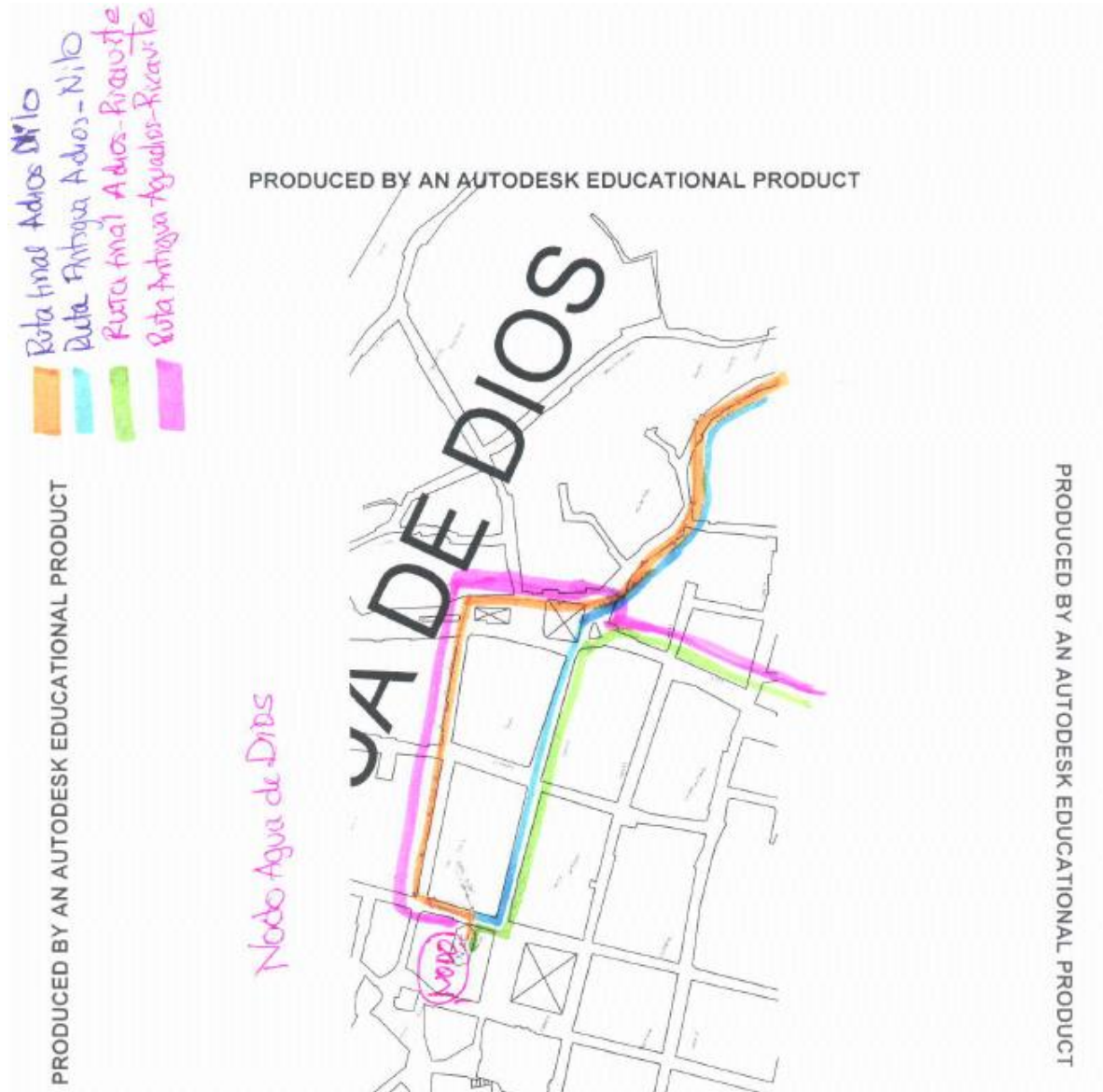


Autor: Christian Durán, adaptada a partir de AUTODESK TM AUTOCAD ® 2016

13.3 Comparación Tramo de Diseño Vs Tramo de Campo

Para este enlace en particular, se tiene a disposición un bosquejo realizado en campo, a cargo de la Ingeniera Ana María, aquí se detalla la ruta antigua y final en la llegada al Nodo de Agua de Dios, para los enlaces *Agua de Dios @ Nilo* y *Agua de Dios @ Ricaurte*.

Figura 100. Comparación diseño Vs Campo - Agua de Dios @ Ricaurte.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Levantamiento hecho en Agua de Dios (Intelca)*.

De acuerdo a la convención de los colores, es fácil evidenciar la llegada de cable de F.O. Para el enlace de interés (*Ruta verde*). En varios casos llego información al departamento

operativo de este estilo por correo electrónico, sin embargo, no se encuentra especificada la ubicación, ni el número de apoyos utilizados en este cambio de ruta; Aquí ya se podía generar una idea de cómo quedaría el enlace, pero hasta no reportar la georreferenciación y los herrajes utilizados no se podía avanzar en la cartera de campo.

Al trabajar el enlace **Agua de Dios @ Ricaurte** se puede observar el cambio de Nodo (*por escasos 30 metros*) y el cambio de ruta en la llegada al nodo de Agua de Dios. Superponiendo el Kmz de diseño con el Kmz de campo, da como resultado el cambio en la llegada al Nodo de Agua de Dios.

Figura 101. Kmz de diseño Vs Kmz de Campo.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de Google Earth TM.

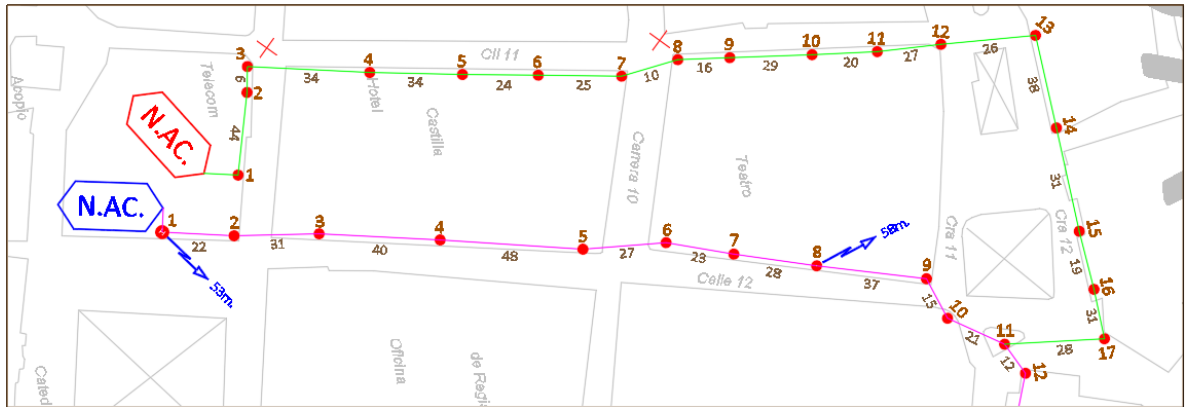
Con esta técnica, se puede entender de una mejor manera que fue lo que realmente se instaló en campo y como quedaron definitivamente los enlaces comprendidos entre **Agua de Dios @ Nilo** y **Agua de Dios @ Ricaurte**. En la figura anterior, los ítems de color verde indican la ruta de diseño, esta ruta inicialmente pasaba por el ítem 11 y recorre todos los apoyos verdes hasta llegar a la ubicación “Nodo de diseño” (*Flecha Roja*) con Coordenadas, Latitud: 4° 22’ 38.40’’ N y Longitud: 74° 40’ 7.80’’ O.

El segundo Kmz comprende la ruta final del enlace representado por los ítems de color amarillo, que ahora viene desde la parte de debajo de la imagen (*Ricaurte*) y desde el ítem 11 se encuentra el cambio de ruta hasta llegar a la ubicación “Nodo Agua de Dios” (*Flecha verde*) con Coordenadas, Latitud: 4° 22’ 38.86’’ N y Longitud: 74° 40’ 8.67’’ O. Como el nodo final para Agua de Dios, donde se instalaron los ODF’S. Hay que tener en cuenta que la ruta de diseño **Agua de Dios @ Ricaurte**, se utilizó como ruta final para la llegada al nodo de Agua de Dios en el enlace **Agua de Dios @ Nilo** (Figura 100) Línea naranja.

Haciendo un zoom en el plano AutoCAD en el sitio de interés (*Cambio de Ruta en la llegada al Nodo de Agua de Dios y la ubicación del Nodo final, a unos 30 metros del Nodo*

de diseño). Y al superponer el enlace de diseño **Agua de Dios @ Ricaurte** con el levantamiento final. Se puede observar la ubicación definitiva del Nodo en Agua de Dios.

Figura 102. AutoCAD de diseño Vs AutoCAD de Campo.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de AUTODESK TM AUTOCAD [®] 2016

El plano de diseño sugería que el Nodo llegase sobre la Carrera 9 (N.AC. Rojo). Ahora se ve que el nodo quedó ubicado sobre la calle 12 (N.AC. Azul), (Figura 102). La sección en verde hace referencia a la ruta de diseño según **DISTEL** y la sección morada hace referencia al cambio de ruta efectuado por **INTELCA**, como ruta definitiva en la llegada al Nodo de Agua de Dios. Se recuerda que la sección en verde de igual manera fue utilizada como llegada al nodo de Agua de Dios para el enlace **Agua de Dios @ Nilo**. Así que sigue siendo una ruta válida y totalmente funcional para la F.O. Desde que el cable de fibra llegue a los ODF'S no va a haber ningún inconveniente. En la salida del nodo se dejó una reserva de 53 metros de cable para este enlace.

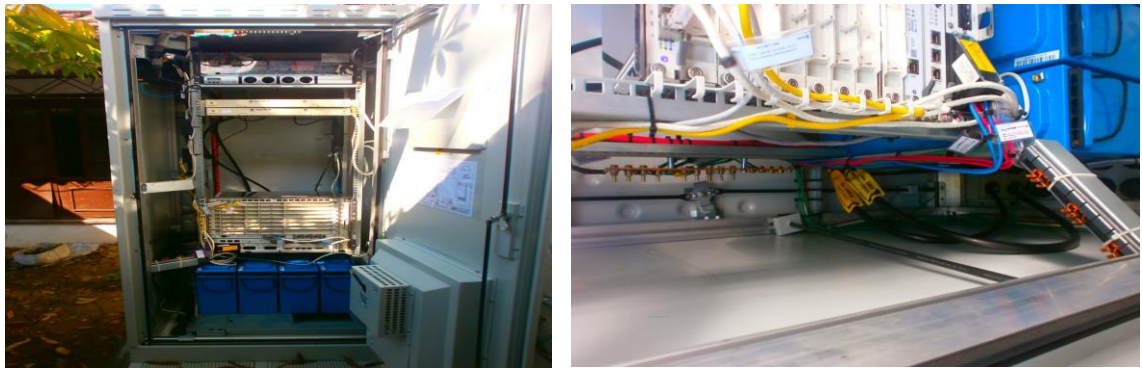
De las figuras 103 a la 106 se pueden observar las llegadas al Nodo de Agua de Dios y al Nodo de Ricaurte junto con sus ODF'S, los cuales se encuentran debidamente encasetados.

Figura 103. Fotografías de la llegada al Nodo de Agua de Dios.



Autor: Intelca PST, adaptada a partir de *Formato Registro Fotográfico de Ruta* (Azteca).

Figura 104. Fotografías del acceso a los ODF'S en Agua de Dios.



Autor: Intelca PST, adaptada a partir de *Formato Registro Fotográfico de Nodos (Azteca)*.

Figura 105. Fotografías de la llegada al Nodo de Ricaurte.



Autor: Intelca PST, adaptada a partir de *Formato Registro Fotográfico de Nodos (Azteca)*.

Figura 106. Fotografías del acceso a los ODF'S en Ricaurte.



Autor: Intelca PST, adaptada a partir de *Formato Registro Fotográfico de Nodos (Azteca)*.

Estas fotografías son parte del registro fotográfico de acceso y recorrido de fibra óptica hacia los nodos, efectuadas por Intelca.

13.4 Formato Unifilar de Empalmería

A continuación, se presenta el formato unifilar de empalmería diligenciado con todos los datos correspondientes al enlace, el registro de empalmes, su georreferenciación y demás.

Figura 107. Formato Unifilar de Empalmería.

PROCEDIMIENTO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA.						
ruta de enlace:		AGUA DE DIOS - RICAURTE				
DIRECCIÓN O CORDENADA NODOS:		AGUA DE DIOS Long -74° 40'8.67" Lat 4° 22'38.86" - RICAURTE Long -74° 46'27.49" Lat 4° 16'32.68"				
CODIGO DE ENLACE		25001				
CONECTOR:	SC/SC	CONECTOR:	SC/SC			
MUNICIPIO A:	AGUA DE DIOS	MUNICIPIO B:	RICAURTE			
CODIGO DANE PTO A:	25001	CODIGO DANE PTO B:	25612			
NIVEL ODF EN RACK	-	NIVEL ODF EN RACK	-			
POSICIÓN DE RACK A	1	POSICIÓN DE RACK B	1			
POSICIONES HILOS ODF A :	1-24	POSICIONES HILOS ODF B:	1-24			

ITEM	EMPALME				ENTRADA	
	No Empalme.	Dirección y/o Referencia	Cordendas	Emp Aéreo o Canalizado	# MARQUILLA	# FIBRAS
ODF	AGUA DE DIOS	Nodo Agua de Dios	Long -74° 40'8.67" Lat 4° 22'38.86"	Aéreo	No Aplica	1 al 24
EMP	1	ID Poste 51673	Long -74° 41'25.18" Lat 4° 21'35.99"	Aéreo	FO962500002	1 al 24
EMP	2	ID Poste 51736	Long -74° 42'12.25" Lat 4° 19'48.78"	Aéreo	FO725000279	1 al 24
EMP	3	ID Poste 51822	Long -74° 43'3.44" Lat 4° 18'13.60"	Aéreo	FO725000280	1 al 24
EMP	4	ID Poste 90290	Long -74° 44'2.94" Lat 4° 16'49.64"	Aéreo	FO962500003	1 al 24
EMP	5	ID Poste 90243	Long -74° 45'12.29" Lat 4° 16'9.46"	Aéreo	FO962500004	1 al 24
EMP	6	ID Poste ap12240	Long -74° 46'8.71" Lat 4° 16'46.09"	Aéreo	FO962500005	2 al 24
ODF	RICAURTE	Nodo Ricaurte	Long -74° 46'27.49" Lat 4° 16'32.68"	Aéreo	FO962500215	1 al 24

CONSTRUCTOR	
NOMBRE DE EMPRESA	INTELCA PST S.A.
FIRMA PERSONA ENCARGADA	

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato Unifilar de Empalmería (Azteca)*.

El formato en mención especifica el número de empalmes que para este enlace fueron 6 junto con sus respectivos nodos extremo a extremo; describiendo allí sus respectivas coordenadas. Para este enlace todo el tendido de F.O. que se efectuó fue aéreo.

En el cuadro de entrada se registran todas las marquillas de red utilizadas en el tramo. En el número de fibras se utilizaron 24 hilos para generar este enlace. En la capacidad o span se utilizó span 200 en la mayoría del enlace y de resto se utilizó span 400 para cubrir zonas con distancias más grandes.

Figura 108. Continuación Formato Unifilar de Empalmería.

Cap. / Span	SALIDA			Longitud Punto A-B (mts)	Longitud Punto B-A (mts)	Longitud Entre Empalmes mts
	# MARQUILLA	# FIBRAS	Cap. / Span			
200	FO962500002	1 al 24	200	-	23664	-
200	FO725000279	1 al 24	400	4022	19642	4022
400	FO725000280	1 al 24	400	8023	15641	4001
400	FO962500003	1 al 24	200	12012	11652	3989
200	FO962500004	1 al 24	200	16017	7647	4005
200	FO962500005	1 al 24	200	20013	3651	3996
200	FO962500215	1 al 24	200	22796	868	2783
200	No Aplica	1 al 24		23664	-	868
SUPERVISIÓN						
EMPRESA QUE SUPERVISA						
NOMBRE Y FIRMA DE SUPERVISOR						

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato Unifilar de Empalmería (Azteca)*.

En la segunda parte del cuadro se encuentra el registro de la tabla de salida; allí se registran las marquillas de red con las que sale cada tramo de fibra después de un empalme. Así, por ejemplo, en la salida del Nodo Agua de Dios, la fibra viene con marquilla de red FO962500002. Al pasar el primer empalme, en el cuadro de salida se registra la marquilla de red FO725000279, generado de esta manera el consecutivo de (entrada/salida) de las marquillas a lo largo de todo el tramo. Para las longitudes de A->B y de B->A se totaliza la distancia entre los empalmes hasta llegar a los nodos. En el último cuadro se registraron las longitudes entre los diferentes empalmes que comprenden al enlace.

13.5 Materiales

La relación de los materiales utilizados se describe en el siguiente cuadro de forma detallada respecto al enlace **Agua de Dios @ Ricaurte** para el departamento de Cundinamarca, con Topológico 1001.

Figura 109. Cuadro de Materiales.

#	Dane	Departamento	Municipio	GRUPO 1	# Instituciones Públicas elegibles por municipio	Munciipios con instituciones Elegibles	
80	25001	CUNDINAMARCA	AGUA DE DIOS	GRUPO 1	5	SI	
km lineales	km lineales	Unidad	Unidad	Caja	Unidad	Unidad	Unidad
Span 200 (72 y 96 hilos)	Span 400 (72 hilos)	Herraje de Retención para Fibra de 14.6 – 15.5 (preformado) Span 200	Herraje de Retención para Fibra de span 400	cinta band it 1/2" (caja 30 mts)	abrazadera de 2 salidas de 8"- 10" (203mm-254mm)	Amortiguador en Espiral para cable ADSS (Diámetro 14.4-19.3mm)	Herraje de Suspensión (soportes tipo corneta) Span 200
15.674	7.990	238	54	14.70	4	40	122
Unidad	Unidad	Paquete 20 Unidades	Paquete 20 Unidades	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad
Herraje de Suspensión Span 400 -incluye tornillo	Herrajes para reserva (tipo Raqueta) Span 200- 400	Marquilla para identificacion cable - FO 96 - span 200	Marquilla para identificacion cable - FO 72 - span 400	Cierre óptico (caja empalme)	Poste de 8 mts	Poste de 10 mts	Poste 12 mts
34	68	5	2	6	9	14	96
					Unidad	Unidad	
					Poste 14 mts	Poste concreto de 10mX 750 Kg-l	
					180	0	

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato Materiales de enlace (Azteca)*.

En este punto del proyecto, hubo una nueva directriz por parte de Azteca y fue la de cambiar el formato de materiales, pasando toda la información del formato anterior a este nuevo formato, que va de manera horizontal; de igual manera este formato es el definitivo para el entregable de cada enlace y es mucho más específico. Por ejemplo, en las retenciones utilizadas se divide el numero dependiendo del tipo de span en las que fueron ubicadas, por eso aparecen 238 retenciones de span 200 y 54 retenciones de span 400 para un total de 292 retenciones a lo largo del enlace.

Ahora con el nuevo cuadro de materiales, se puede totalizar de manera directa los materiales utilizados. Para este enlace se utilizaron 15,674 metros de cable Span 200 y 7,990 metros de Span 400. En total se utilizaron 156 herrajes de suspensión y 292 herrajes de retención. Se instalaron 68 raquetas para reserva, etc. Para los vanos largos se utilizaron 40 amortiguadores. Este enlace utilizo un total de 299 apoyos para suspender la F.O.

13.6 Registro Fotográfico

El registro fotográfico de ruta hace parte del entregable para el enlace **Agua de Dios @ Ricaurte**. Como se presenta a continuación:

Figura 110. Registro Fotográfico de tendido de Fibra Óptica.

REGISTRO FOTOGRAFICO DE TENDIDO DE FIBRA OPTICA					
PROYECTO	ACC-Vive Digital	ENLACE	1001 - Agua de Dios - Ricaurte	FECHA	26/04/2017
					
OBSERVACIONES: Nodo Agua de Dios					
					
OBSERVACIONES: Campo Travesa					
					
OBSERVACIONES: Campo travesa, Reserva en Raqueta					
					
OBSERVACIONES: Poste doble					
					
OBSERVACIONES: Poste doble					
					
OBSERVACIONES: Poste doble					
					
OBSERVACIONES: costado derecho de la vía					
					
OBSERVACIONES: costado derecho de la vía					
					
OBSERVACIONES: costado derecho de la vía					

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato Registro Fotográfico de Ruta (Azteca)*.

En el formato anterior se adjuntan las fotografías correspondientes de la ruta desde el Nodo en **Agua de Dios** hasta llegar al Nodo en **Ricaurte**. En cada fotografía se registraron observaciones de cada punto. Por ejemplo, en este registro se anotó donde la ruta se encuentra en campo travesa o la existencia de postes dobles, o costados de vía. Como se puede apreciar, el registro fotográfico no llega hasta el nodo de Ricaurte, esto debido a que se tenían que cubrir varios enlaces para el registro y se decidió tomar la mayor parte del recorrido de la fibra y seguir con los demás enlaces, esto fue por cuestión de tiempo y viáticos.

13.7 Panorama de Riesgos

A continuación, se presenta el panorama de riesgos del enlace *Agua de Dios @ Ricaurte*.

Figura 111. Panorama de Riesgos.

PANORAMA DE RIESGOS DE INFRAESTRUCTURA						
PROYECTO	ACC-Vive Digital		ENLACE	1001 - Agua de Dios - Ricaurte	FECHA	26/04/2017

IDENTIFICACION PUNTO		Long: -74° 41' 31.77" / Lat:			
					
CLASIFICACION RIESGO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
INESTABILIDAD TERRENO	X				
ARBOLES CERCANOS			X		
LINEAS DE ENERGIA			X		
VANDALISMO EN ZONA	X				
FUERZA DE VIENTOS			X		
ZONA DE QUEMA		X			
AMPLIACION DE VIA	X				
OTROS					
ITEM 80					

IDENTIFICACION PUNTO		Long: -74° 41' 38.58" / Lat:			
					
CLASIFICACION RIESGO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
INESTABILIDAD TERRENO	X				
ARBOLES CERCANOS			X		
LINEAS DE ENERGIA			X		
VANDALISMO EN ZONA	X				
FUERZA DE VIENTOS			X		
ZONA DE QUEMA		X			
AMPLIACION DE VIA	X				
OTROS					
ITEM 83					

IDENTIFICACION PUNTO		Long: -74° 41' 41.92" / Lat:			
					
CLASIFICACION RIESGO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
INESTABILIDAD TERRENO	X				
ARBOLES CERCANOS	X				
LINEAS DE ENERGIA			X		
VANDALISMO EN ZONA	X				
FUERZA DE VIENTOS		X			
ZONA DE QUEMA	X				
AMPLIACION DE VIA	X				
OTROS					
ITEM 85					

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato Panorama de Riesgos (Azteca)*.

En este formato se adjuntaron las fotografías del recorrido de ruta donde se encontraron los lugares más vulnerables para este enlace a nivel de infraestructura. Aquí se encuentran las fotografías donde existen transformadores de energía y arborización muy cercana de la F.O. y cerca de algunas reservas. Detectados estos riesgos se debe marcar con una “X” la clasificación del riesgo de acuerdo al terreno y a lo que visiblemente se puede apreciar.

Figura 112. Continuación Panorama de Riesgos.

IDENTIFICACION PUNTO

Long: -74° 42' 1.70" / Lat: 4



CLASIFICACION RIESGO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
INESTABILIDAD TERRENO	X			
ARBOLES CERCANOS	X			
LINEAS DE ENERGIA			X	
VANDALISMO EN ZONA	X			
FUERZA DE VIENTOS		X		
ZONA DE QUEMA	X			
AMPLIACION DE VIA	X			
OTROS				
ITEM 93				

IDENTIFICACION PUNTO

Long: -74° 42' 39.87" / Lat:



CLASIFICACION RIESGO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
INESTABILIDAD TERRENO	X			
ARBOLES CERCANOS				X
LINEAS DE ENERGIA			X	
VANDALISMO EN ZONA	X			
FUERZA DE VIENTOS			X	
ZONA DE QUEMA	X			
AMPLIACION DE VIA	X			
OTROS				
ITEM 125				

IDENTIFICACION PUNTO

Long: -74° 43' 11.17" / Lat:



CLASIFICACION RIESGO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
INESTABILIDAD TERRENO	X			
ARBOLES CERCANOS				X
LINEAS DE ENERGIA			X	
VANDALISMO EN ZONA	X			
FUERZA DE VIENTOS		X		
ZONA DE QUEMA	X			
AMPLIACION DE VIA	X			
OTROS				
ITEM 141				

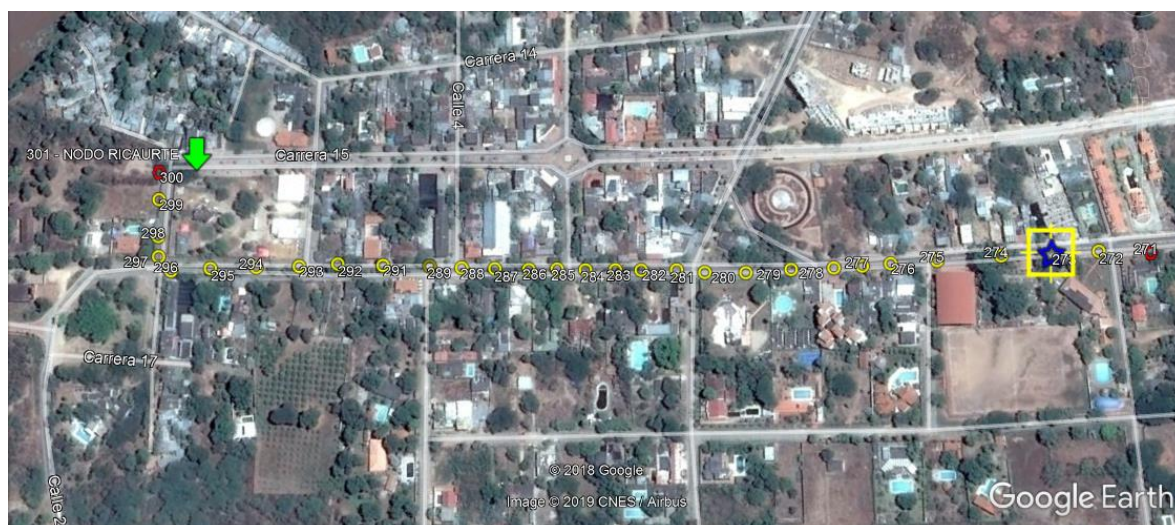
Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato Panorama de Riesgos (Azteca)*.

Si existe algún tipo de riesgo que no se encuentre dentro de la clasificación se debe describir en la parte inferior del cuadro. Junto con su georreferenciación. Para este enlace lo más preocupante son las líneas de alta tensión, las zonas con alta probabilidad de vientos fuertes y las zonas de quema por estar en campo traviesa. Así que hay que tener en cuenta estos apoyos como puntos vulnerables donde la F.O. se pueda ver afectada.

13.8 Reporte de Daños.

El único daño reportado en la fibra óptica fue el del empalme número 6 (ítem 273), sentido **Agua de Dios @ Ricaurte**, con coordenadas Longitud: $-74^{\circ} 46' 8.71''$ / Latitud: $4^{\circ} 16' 46.09''$, identificación PACVI: ap 12240 y con número de marquilla de red: FO962500005.

Figura 113. Reporte de daño en Agua de Dios @ Ricaurte.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de Google Earth TM.

En la figura anterior se puede identificar el empalme adicional en el Kmz (Estrella Azul) debido a un daño en la F.O. El reporte de daño para este enlace lamentablemente no estuvo a disposición, así que no se tiene en los registros, sin embargo, se tiene a disposición un reporte de hallazgos técnicos para el enlace **Facatativá @ Bojacá**, el cual se presenta en el **anexo 1**, con el fin de tener una idea de que se debe hacer para reportar un daño o una instalación inadecuada en la F.O.

Durante el registro documental para el departamento de Cundinamarca se trabajó en los enlaces comprendidos entre: **ITX La Mesa @ Nilo**, los cuales están vinculados por: **La Mesa @ ED La Mesa / ED La Mesa @ Anapoima / Anapoima @ Apulo / Tocaima @ Jerusalén / Agua de Dios @ Ricaurte / Agua de Dios @ Nilo**. De los cuales se expuso **Agua de Dios @ Ricaurte** en este manual como referencia para el registro documental. Lo expuesto aquí se realizó para los demás enlaces asignados.

14. REGISTRO DOCUMENTAL DEP. TOLIMA

Finalizando con las labores de pasantía en **INTELCA PST**, empezó a llegar toda la documentación de campo para el departamento del Tolima y se inició con las pruebas bidireccionales de los diferentes enlaces trabajados, que fueron enviadas de campo y realizadas con un OTDR. A partir del levantamiento en campo se empezó a desarrollar el registro documental para dicho departamento, dentro del departamento operativo.

14.1 Recepción Documentos de Diseño

Para este caso se tomó como ejemplo el tramo **PRADO @ CASTILLA** que se encuentra ubicado en el departamento del Tolima. A continuación, se presenta su cartera de diseño:

14.1.1 Cartera de Diseño – Prado @ Castilla

En la cartera de diseño se encuentra contenido la posible ruta del tendido de F.O. para el enlace **Prado @ Castilla**. Como se muestra a continuación:

Figura 114. Cartera de diseño - Prado @ Castilla.

CARTERA DE VERIFICACIÓN EN CAMPO															
Ruta:		Prado - Castilla				COYAIMA		Diseño		DISTEL					
Fecha:		2013-01-12 - 2013-01-30				73217		Supervisor							
ITEM	IDENTIFICACION PACVI	Direccion	Tipo de Elemento	Costado Vía	Distancia entre Elementos (mts)	Flecha (mts)	SPAN	BO BIN A	Coordenadas Geográficas WGS 84						
									Latitud N			Longitud W			Altura (MSNM)
									Grad	Min	Seg	Grad	Min	Seg	
1		Nodo Prado	Nodo		21	21.55	200	1	3°	45'	0.20"	-74°	55'	47.80"	
2	4373	Cr 5 # 8-38	Poste	Izquierdo	12	12.29	200	1	3°	44'	59.93"	-74°	55'	47.16"	327.695
3	nd	Cr 5 # 8-20	Poste	Izquierdo	31	31.59	200	1	3°	44'	59.55"	-74°	55'	47.26"	337.563
4	nd	Cil 8 # 4-57	Poste	Izquierdo	8	7.69	200	1	3°	44'	58.54"	-74°	55'	47.35"	322.462
5	nd	Cr 5 # 7-56	Poste	Izquierdo	39	39.61	200	1	3°	44'	58.44"	-74°	55'	47.58"	328.53
6	nd	Cil 8 # 5-37	Poste	Izquierdo	29	28.84	200	1	3°	44'	59.12"	-74°	55'	48.66"	315.043
7	nd	Cil 8 # 5-57	Poste	Izquierdo	10	10.04	200	1	3°	44'	59.37"	-74°	55'	49.55"	320.977
8	nd	Cr 6 # 7-61	Poste	Izquierdo	17	16.76	200	1	3°	44'	59.50"	-74°	55'	49.84"	323.049
9	nd	Cil 8 # 6-03	Poste	Izquierdo	33	33.33	200	1	3°	44'	59.95"	-74°	55'	50.13"	323.849
10	nd	Cr 6 # 8-27	Poste	Izquierdo	30	30.74	200	1	3°	45'	0.71"	-74°	55'	49.38"	318.596
11	nd	Cr 6 # 8-53	Poste	Izquierdo	29	28.83	200	1	3°	45'	1.54"	-74°	55'	48.85"	323.507
12	nd	Cr 6 # 9-11	Poste	Izquierdo	44	44.87	200	1	3°	45'	2.43"	-74°	55'	48.61"	319.45
13	nd	Cr 6 # 9-63, tesorería	Poste	Izquierdo	31	31.75	200	1	3°	45'	3.83"	-74°	55'	48.28"	323.149
14	nd	Cr 6 # 10-11, Banco	Poste	Izquierdo	43	43.51	200	1	3°	45'	4.72"	-74°	55'	47.79"	325.755
15	nd	Cr 6 # 10-59	Poste	Izquierdo	42	42.14	200	1	3°	45'	6.06"	-74°	55'	47.40"	327.954
16	nd	Cr 6 # 11-03	Poste	Izquierdo	28	28.35	200	1	3°	45'	7.02"	-74°	55'	46.45"	327.04

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato final de tramo de red de Fibra Óptica (Azteca)*.

Como se puede observar la cartera de diseño según **DISTEL**, el enlace **Prado @ Castilla** hace parte del entregable de Coyaima. Aquí se encuentra registrado todos los puntos por donde pasa la F.O. junto con toda su georreferenciación, descripción y demás. En la figura 115 se describen las características de los apoyos. Como el tramo se encuentra en el dpto. del Tolima, la electrificadora a cargo de esas líneas de transmisión es **ENERTOLIMA** o la *Compañía de servicios públicos de electricidad en Purificación, Colombia*.

Figura 115. Continuación Cartera de diseño - Prado @ Castilla.

Postes											Observaciones	
Uso			Cables Existen	Estructura	Nivel de Tensión (K)	Altura Poste (M)	Resistencia del Poste	Material Poste	Estado del Poste	Propietario Poste		Elementos o equipos ubicados en el poste
MT	BT	AP										
			9	Simple	na	12	ND	Concreto	Bueno	Enertolima	Transformador, Caja y Tierra	PRADO
X	X		6	Simple	120 Volt A 34,5 KV	8	ND	Concreto	Bueno	Enertolima	Luminaria	PRADO poste salida de nodo prado. Poder
X	X		8	Simple	110-220 V	12	ND	Concreto	Bueno	Enertolima	Luminaria	PRADO Calzada
X	X		9	Simple	120 Volt A 34,5 KV	12	750	Concreto	Bueno	Enertolima	Luminaria	PRADO Poste auxiliar 2 Calzada
X	X		5	Simple	110-220 V	8	510	Concreto	Bueno	Enertolima	Luminaria	PRADO Poste auxiliar 1 Anden
X	X		9	Simple	120 Volt A 34,5 KV	12	ND	Concreto	Bueno	Enertolima	Solo cableado	PRADO árbol a la altura de la línea Anden
	X		6	Simple	110-220 V	8	510	Concreto	Bueno	Enertolima	Luminaria	PRADO árbol sobre línea Anden
				Simple	na	8	510	Concreto	Bueno	Enertolima	Solo cableado	PRADO poste auxiliar 2 Calzada
	X		6	Simple	110-220 V	8	510	Concreto	Bueno	Enertolima	Luminaria	PRADO poste auxiliar 1, instalar poste nuevo
	X		6	Simple	110-220 V	8	ND	Madera	Bueno	Enertolima	Luminaria	PRADO Calzada
	X		6	Simple	110-220 V	8	ND	Concreto	Bueno	Enertolima	Luminaria	PRADO Calzada
	X		6	Simple	110-220 V	8	750	Concreto	Bueno	Enertolima	Caja y Luminaria	PRADO Anden
	X		6	Simple	110-220 V	8	ND	Madera	Bueno	Enertolima	Solo cableado	PRADO corte árbol a 5 m Anden
	X		6	Simple	110-220 V	8	510	Concreto	Bueno	Enertolima	Solo cableado	PRADO Anden
	X		6	Simple	110-220 V	8	510	Concreto	Bueno	Enertolima	Caja y Luminaria	PRADO Anden
	X		7	Simple	110-220 V	8	ND	Madera	Bueno	Enertolima	Solo cableado	PRADO Anden
												PRADO cortar arboles de mangos Anden

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato final de tramo de red de Fibra Óptica (Azteca)*.

Aparte de lo descrito en la cartera, allí solamente se totalizó la distancia interpostal y la distancia de la flecha. También se estimó un total de cable de F.O. a utilizar, que para este caso fue de 18,579 metros (18,5 Km) para cubrir la totalidad del enlace.

Figura 116. Parte Final Cartera de diseño - Prado @ Castilla.

156	nd		Poste		111	112.29	200	4	3"	49'	5.57"	-75°	2'	55.94"	311.482
157	nd		Poste		139	140.43	200	4	3"	49'	7.14"	-75°	2'	59.18"	313.857
158	nd		Poste		149	150.29	200	4	3"	49'	8.93"	-75°	3'	3.32"	317.35
159	nd		Poste		104	105.20	200	4	3"	49'	10.98"	-75°	3'	7.69"	316.132
160	nd		Poste		103	104.38	200	4	3"	49'	12.28"	-75°	3'	10.81"	318.947
161	nd		Poste		148	149.80	200	4	3"	49'	13.63"	-75°	3'	13.87"	319.112
162	nd		Poste		116	117.20	200	4	3"	49'	15.61"	-75°	3'	18.26"	319.601
163	nd		Poste		159	160.34	200	4	3"	49'	17.12"	-75°	3'	21.70"	320.836
164	nd		Poste		102	102.67	200	4	3"	49'	19.21"	-75°	3'	26.41"	321.314
165	nd		Poste		150	151.58	200	4	3"	49'	20.54"	-75°	3'	29.43"	314.671
166	nd		Poste		127	128.70	200	4	3"	49'	22.56"	-75°	3'	33.85"	313.228
167	nd		Poste		130	130.91	200	4	3"	49'	24.24"	-75°	3'	37.63"	313.824
168	S 06479		Poste		146	147.84	200	4	3"	49'	25.83"	-75°	3'	41.52"	304.222
					TOTAL	3580	3615.95	4000							
169	175		Poste	Izquierdo	27	27.45	200	5	3"	49'	24.30"	-75°	3'	46.02"	317.707
170	nd		Poste		108	109.55	200	5	3"	49'	24.05"	-75°	3'	46.86"	314.272
171	nd		Poste		119	120.54	200	5	3"	49'	23.06"	-75°	3'	50.23"	316.076
172	nd		Poste		134	135.21	200	5	3"	49'	22.02"	-75°	3'	53.96"	317.379
173	nd		Poste		123	123.91	200	5	3"	49'	20.73"	-75°	3'	58.11"	320.599
174	nd	ED Castilla	Poste						3"	49'	19.62"	-75°	4'	1.93"	320.66
					TOTAL	512	516.67	600							
					TOTAL	18347	18579.34								

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato final de tramo de red de Fibra Óptica (Azteca)*.

A grandes rasgos la cartera de diseño comprende un total de 174 ítems (Figura 116) incluyendo el **Nodo de Prado** y la **reserva en Castilla**; la cual se encuentra implícita ya que el enlace originalmente es **Prado @ Coyaima**, pero según el topológico para el departamento del Tolima, existe una reserva en **Castilla**, la cual es un empalme de F.O. que no se toma como empalme de derivación ya que no se ramifica y su única ruta es conectar a prado con Coyaima. Esto se hace por comodidad de documentar el enlace, ya que lo comprende un gran número de ítems y aprovechando el paso por Castilla se decide documentar de esta manera. Cubriendo así la información parcial para este enlace.

14.1.2 Kmz de Diseño – Prado @ Castilla

El Kmz de diseño comprende la ruta **Prado @ Castilla**. La figura 117 muestra todos los posibles apoyos georreferenciados existentes en el lugar, que pueden ser tomados por la fibra óptica. Si se toman todos los apoyos o no solamente se sabrá hasta el levantamiento final. El formato Kmz de diseño se encuentra georreferenciado, pero no numerado; así que hay que enumerar todos los puntos, al igual que hay que cambiar los símbolos para los nodos, reservas y empalmes, con el fin de hacer una documentación más comprensible y facilitar la búsqueda en dado caso para verificar un apoyo en particular.

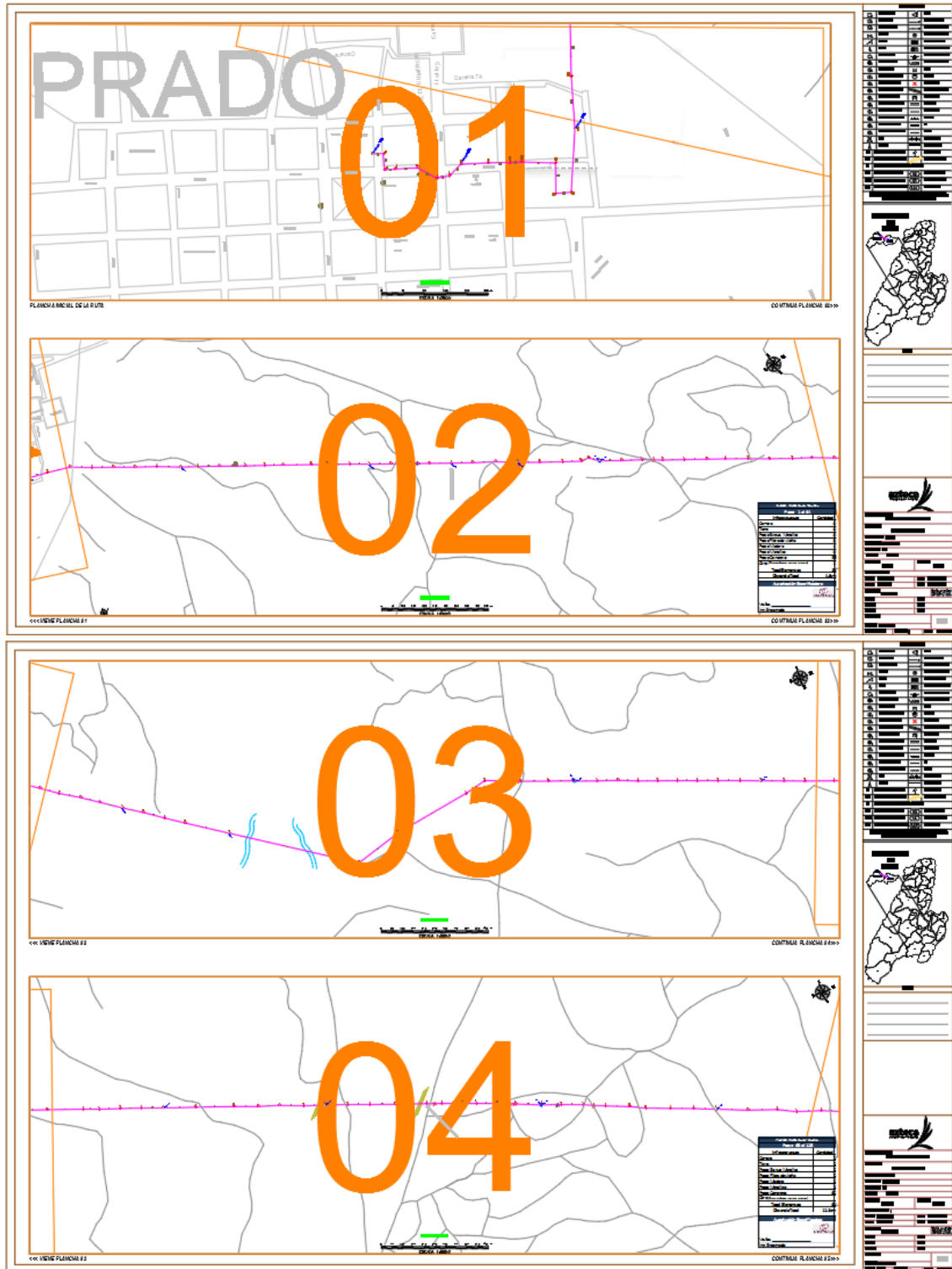
Figura 117. Kmz de diseño - Prado @ Castilla.

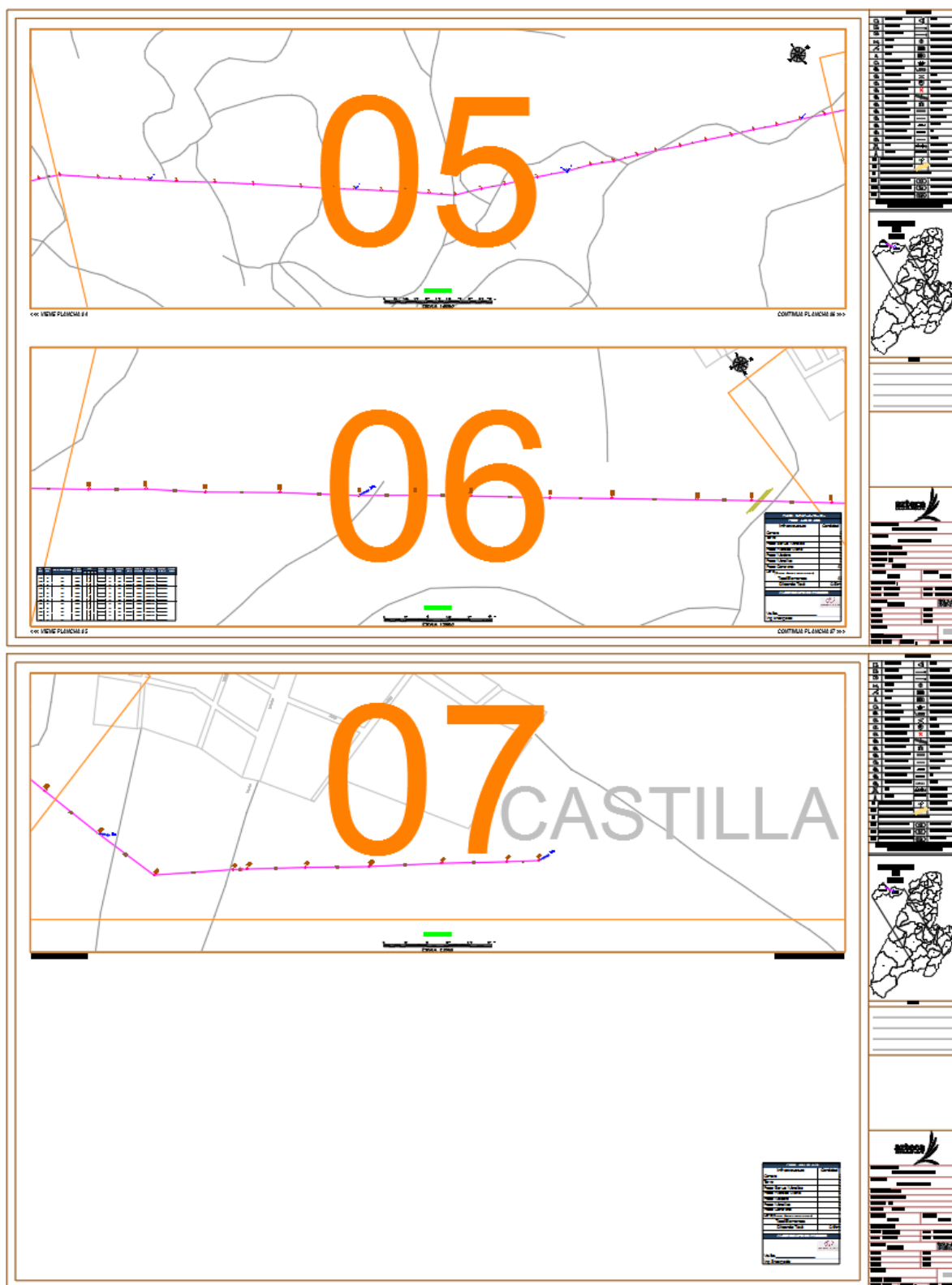


Autor: Christian Durán, adaptada a partir de Google Earth TM.

14.1.3 AutoCAD de Diseño – Prado @ Castilla

Figura 118. Plano AutoCAD de diseño - Prado @ Castilla.





Autor: Christian Durán, adaptada a partir de AUTODESK TM AUTOCAD ® 2016

De acuerdo con el plano de diseño ejecutado por DISTEL, la figura 118 comprende el plano AutoCAD del tramo **Prado @ Castilla** dividido en 7 secciones. Desde su inicio en Prado, hasta la reserva en Castilla, la cartera de diseño estima una cantidad de más o menos 5 empalmes y 6 carretes de fibra óptica, cinco de span 200 y un carrete de span 800. El enlace comprende aproximadamente (18,5 Km). El tramo relacionado es **Prado @ Castilla** y el municipio a conectar es **Coyaima**.

14.2 Generación Documentación Final

De acuerdo con el levantamiento que se realizó en campo, el Nodo que sale de Prado sigue siendo el mismo efectuado en la cartera de diseño, pero si hubo un cambio de ruta en la salida de prado sobre la calle 12 con carrera 6a; donde en el plano de diseño, la fibra óptica va por toda la carrera 6a y en lo instalado la fibra baja por toda la calle 12 hasta encontrar la carrera 5a. Este cambio se efectuó, debido a que en el plano de diseño por donde pasa la F.O. tiene inconsistencias con la topología del mismo y en terreno se hizo la instalación más conveniente para este tramo. El enlace quedo como **Prado @ Castilla**, quedando el nodo principal en Prado y terminando con una reserva en Castilla.

14.2.1 Cartera de Campo – Prado @ Castilla

De acuerdo a lo anterior, la cartera de campo debe ser modificada, debido al cambio de ruta en la llegada al Nodo de Prado, y se procedió a realizar las respectivas modificaciones.

Figura 119. Cartera de Campo - Prado @ Castilla.

NODO INICIAL (A)		PRADO										NODO FINAL (B)				CASTILLA	
DEPARTAMENTO		TOLIMA										DEPARTAMENTO				TOLIMA	
DIRECCIÓN O COORDENADAS		Long 74° 55' 49.21" - Latitud 3° 45' 4.11"										DIRECCIÓN O COORDENADAS				Longitud 75° 4' 4.06" -	
CODIGO DEL ENLACE		73217										CODIGO DEL ENLACE				73217	
CONSTRUCTOR		INTELCA PST S.A										APRUEBA:				ACC	

NODO (N) POSTE (P)		NUMERO DE POSTE	DIRECCION O UBICACIÓN PR	DISTANCIA INTERPOSTAL (Metros)	ABSCISAS		GEOREFERENCIACIÓN						CARACTERÍSTICA DISEÑO DE RED													
							LONGITUD			LATITUD			UTILIZACIÓN DE POSTE				SPAN	#MARQUILLA	RESERVA (Mts)	EMPALME N° MARQUILLA	MATERIAL UTILIZADO					
					INICIAL	FINAL	Grados	Min.	Seg	Grados	Min.	Seg	INICIO / FINAL	RETENCIÓN	PASO	COSTADO DE LA VÍA					HERRAJE DE RETENCIÓN	HERRAJE DE SUSPENSIÓN	RAQUETA	AMORTIGUADOR	BRAZO EXTENSOR	
1	2	Nodo Prado	Cr 6 # 9-83, tesorería	10	4020	4000	-74°	55'	49.21"	3°	45'	4.11"	IF	X		--	200	F0967300201		20	0					
2	3	nd	Frente Tesorería	29			-74°	55'	49.10"	3°	45'	4.50"		X		Izquierdo	200	F0967300201			2					
3	CA1	nd	Cr 6 con Calle 10 Equina	3			-74°	55'	48.20"	3°	45'	4.20"		X		Izquierdo	200	F0967300201			2					
CA1	4	Cruce Americano	Cr 6 con Calle 10 Equina	18			-74°	55'	48.03"	3°	45'	4.16"				Izquierdo	200	F0967300201								
4	5	nd	Cr 6 # 10-11, Banco Caja	43	3898		-74°	55'	47.73"	3°	45'	4.72"		X		Izquierdo	200	F0967300201			2					
5	6	nd	Cr 6 # 10-59	42			-74°	55'	47.40"	3°	45'	6.06"			X	Izquierdo	200	F0967300201				1				
6	7	nd	Cr 6 # 11-03	28			-74°	55'	46.45"	3°	45'	7.02"			X	Izquierdo	200	F0967300201				1				
7	8	nd	Cr 6 # 11-29	28			-74°	55'	46.28"	3°	45'	7.31"			X	Izquierdo	200	F0967300201				1				
8	CA2	nd	Cr 6 entre cil 11 y 12, tienda el	18	3793	3693	-74°	55'	46.21"	3°	45'	8.85"		X		Izquierdo	200	F0967300201		100	2		2			

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato final de tramo de red de Fibra Óptica (Azteca)*.

De acuerdo a lo anterior, el número de apoyos cambiará debido al cambio de ruta efectuado en la salida de prado, por consiguiente, se hacen las respectivas modificaciones en la cartera de campo y se traza el nuevo enlace, teniendo en cuenta las nuevas características de los apoyos, líneas de tensión y elementos que se vayan a utilizar para suspender la fibra óptica. De acuerdo a la figura 119, la cartera de campo se reenumeró adecuadamente; tomando como punto de partida el Nodo en Prado, con Coordenadas Long -74° 55' 49.21" / Lat 3° 45' 4.11"; adicionando los nuevos apoyos por el cambio de ruta, cada uno con su respectiva georreferenciación, descripción y demás. Aparte de hacer las respectivas modificaciones, también se registró el abscisado de los carretes de fibra como es debido.

Figura 120. Continuación Cartera de Campo - Prado @ Castilla.

CARACTERÍSTICA POSTES																					(Unidad)	SISTEMA A TIERRA	PROPIETARIO	OBSERVACIONES			
ALTURA POSTE (Metros)				ROTURA * RESISTENCIA POSTE (Libras)				TIPO DE POSTE				MATERIAL POSTE		LÍNEA TRANSMISIÓN		NIVEL DE TENSIÓN	ESTADO ESTRUCTURA										
8	10	12	14	18	510	750	1050	1350	TIPO "H"	TIPO "T"	TIPO "H"	TORRECILLA	TORRES	MADERA	METÁLICO		CONCRETO	BT	MT	AT	AP	BUENO	MALO				
X					X				X							X	X		X		110-220 V	X			Enertolima	Nodo PRADO_TOLIMA / Inicio Carrete span 200 TAIHAN D: 55	
X						X			X							X	X		X		110-220 V	X			Enertolima	PRADO corte árbol a 5 m Andén	
																	X				110-220 V						Cruce Americano: Sileta + Cable mensajero 17.6 Mtrs y 13.6 Mtrs / 2 Tensores U
X					X				X								X		X		110-220 V	X			Enertolima	PRADO Andén	
X					X				X							X	X		X		110-220 V	X		2	Enertolima	PRADO Andén	
X					X				X								X		X		110-220 V	X			Enertolima	PRADO cortar arboles de mangos Andén	
X					X				X								X		X		110-220 V	X			Enertolima	PRADO cortar arboles existentes Andén	
		X				X			X							X	X		X		110-220 V	X			Enertolima	PRADO pi Calzada	
																	X				110-220 V						Cruce Americano: Sileta + Cable mensajero 24.1 Mtrs y 32.4 Mtrs / 2 Tensores U

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato final de tramo de red de Fibra Óptica (Azteca)*.

Estos datos se toman a medida que se va instalando el cable y se corroboran telefónicamente o vía correo electrónico para saber que los datos enviados al departamento operativo concuerden con los instalados en campo. Partiendo del Nodo en Prado, la abscisa del cable comienza en 4020 metros, con una reserva inicial de 20 metros. Por consiguiente, la abscisa del cable va en 4000. Teniendo en cuenta las demás reservas a lo largo de cada carrete, esto se registra hasta llegar al primer empalme y seguir con las abscisas del siguiente carrete hasta terminar el enlace.

En la cartera de campo se registraron ítems como CA1, CA2 y CA3, de los cuales se aprecia CA1 (Figura 119). Debido a que existen 3 cruces americanos (*debidamente documentados y sombreados en color café*), la descripción de cada cruce se encuentra en las observaciones de la cartera con sus respectivos materiales utilizados que por lo general se componen de una silleta, cable mensajero y tensores en U. En la parte derecha de la cartera, se encuentran las características de los postes/apoyos (Figura 120).

De acuerdo al diseño, se sabe que, para el departamento del Tolima, la electrificadora a cargo de esas líneas de transmisión es **ENERTOLIMA / la Compañía de servicios públicos de electricidad en Purificación, Colombia**. Como propietarios de los apoyos que se toman en arriendo para el proyecto nacional de F.O.

Figura 121. Parte intermedia Cartera de Campo - Prado @ Castilla.

E1	45	46	6474	0	101	43	0	-74	56'	56.61"	3'	46'	7.11"	IF	X	n.a.	200	F0967300201	43	7300020	1					
	4000	3970	800	F0727300325	30	1																				
SERVIDUMBRE 1	46	47	53	0	99			-74	56'	59.27"	3'	46'	9.00"		X	Derecho	800	F0727300325			2					
	47	48		0	97			-74	57'	1.89"	3'	46'	10.77"		X	Derecho	800	F0727300325			2					
	48	49	61	0	101			-74	57'	4.37"	3'	46'	12.64"			X	Izquierdo	800	F0727300325				1			
	49	50	62	0	109			-74	57'	7.02"	3'	46'	14.52"		X		Izquierdo	800	F0727300325			2				
	50	51	63	0	90			-74	57'	9.88"	3'	46'	16.52"			X	n.a.	800	F0727300325				1			
	51	52	64	0	105			-74	57'	12.24"	3'	46'	18.18"			X	n.a.	800	F0727300325				1			
	52	53	65	0	103			-74	57'	14.98"	3'	46'	20.16"		X		n.a.	800	F0727300325			2				
	53	54	66	0	108			-74	57'	17.63"	3'	46'	22.13"			X	n.a.	800	F0727300325				1			
	54	55	67	0	95	2660		-74	57'	20.45"	3'	46'	24.12"		X		n.a.	800	F0727300325			2				
	55	56	nd	0	104			-74	57'	22.96"	3'	46'	25.83"		X		n.a.	800	F0727300325			2				
	56	57	69	0	96			-74	57'	25.64"	3'	46'	27.83"			X	n.a.	800	F0727300325				1			
	57	58	70	0	102			-74	57'	28.10"	3'	46'	29.70"		X		n.a.	800	F0727300325			2				
	58	59	nd	0	94			-74	57'	30.84"	3'	46'	31.50"			X	n.a.	800	F0727300325				1			
	59	60	72	0	109			-74	57'	33.29"	3'	46'	33.28"			X	n.a.	800	F0727300325				1			
	60	61	73	0	101	2360	2262	-74	57'	36.12"	3'	46'	35.36"		X		n.a.	800	F0727300325	98		2				
	61	62	nd	0	106			-74	57'	38.79"	3'	46'	37.21"			X	n.a.	800	F0727300325			2				
	62	63	75	0	98			-74	57'	41.52"	3'	46'	39.25"			X	n.a.	800	F0727300325				1			
	SERVIDUMBRE 2	63	64	76	0	216			-74	57'	44.06"	3'	46'	41.12"			X	n.a.	800	F0727300325				1		2
		64	65	nd	Rio Magdalena	671	1742	1665	-74	57'	49.71"	3'	46'	45.12"		X		n.a.	800	F0727300325	77		2		2	1
	65	66	8555	Rio Magdalena	241			-74	58'	6.30"	3'	46'	56.86"			X		n.a.	800	F0727300325			2		2	2
66	67	nd	0	384			-74	58'	13.98"	3'	46'	55.83"		X		n.a.	800	F0727300325			2		2	1		
67	68	nd	0	109			-74	58'	25.83"	3'	46'	54.17"		X		n.a.	800	F0727300325			2					
68	69	± 06475	0	170			-74	58'	29.27"	3'	46'	53.45"			X		n.a.	800	F0727300325			2		2		
69	70	± 04142	0	129			-74	58'	34.29"	3'	46'	55.61"		X		Derecho	800	F0727300325			2					
70	71	82	0	121			-74	58'	38.11"	3'	46'	57.17"			X		n.a.	800	F0727300325			2				
71	72	± 01370	0	5			-74	58'	41.73"	3'	46'	58.61"		X		n.a.	800	F0727300325			2					
E2	72	73	± 01369.1083	0	104	31	0	-74	58'	41.87"	3'	46'	58.77"	IF	X	n.a.	800	F0727300325	31	7300021	1					
						4000	3970										200	F0967300200	30		1					

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato final de tramo de red de Fibra Óptica (Azteca)*.

En la figura 121 se aprecia una parte intermedia de la cartera de campo, allí se puede observar el consecutivo de los dos primeros empalmes del tendido de fibra para este tramo.

En el primer empalme se puede observar que el cable viene con un span 200, terminando en la abscisa “0” (E1 – Ítem 45); y empieza con un carrete de span 800 en la abscisa 4000 hasta llegar al segundo empalme con abscisa “0”, este cambio de span se realizó debido a que existe una distancia interpostal de 671 metros, el cual atraviesa el Rio Magdalena (Ítem 64). Dejando dos reservas de 98 y 77 metros (ítems 60 - 64). Y de nuevo se cambia a span 200 desde la abscisa 4000 (E2 – Ítem 72); hasta llegar al siguiente empalme.

A parte de describir los empalmes, se pretende identificar el lugar donde fue necesario realizar servidumbres, en este caso se realizaron dos de ellas; la primera va desde el ítem 58 hasta el ítem 62 y la segunda toma los ítems (63 – 64), esto se describe con más detalle al final de la documentación para este enlace. Las reservas que se pasan de 60 metros, quedan como reserva en chipa ya que son muy pesadas para una raqueta.

Figura 122. Parte final Cartera de Campo - Prado @ Castilla.

146	147	nd	0	117	1140	1206	-75	2'	44.97"	3'	49'	0.74"		X		n.a.	200	F0967300206	66		2		2		
147	148	nd	0	150	1321		-75	2'	48.38"	3'	49'	2.23"		X		n.a.	200	F0967300206			2				
148	149	nd	0	107	1466		-75	2'	52.77"	3'	49'	4.25"			X		n.a.	200	F0967300206				1		
149	150	nd	0	112	1575		-75	2'	55.94"	3'	49'	5.57"			X		n.a.	200	F0967300206			2			
150	151	nd	0	140	1684		-75	2'	59.18"	3'	49'	7.14"			X		n.a.	200	F0967300206				1		
151	152	nd	0	150	1826		-75	3'	3.32"	3'	49'	8.93"			X		n.a.	200	F0967300206			2			
152	153	nd	0	105	1973	2053	-75	3'	7.63"	3'	49'	10.98"			X		n.a.	200	F0967300206	80		2		2	
153	154	nd	0	103	2158		-75	3'	10.81"	3'	49'	12.28"			X		n.a.	200	F0967300206			2			
154	155	nd	0	148	2253		-75	3'	13.87"	3'	49'	13.63"				X		n.a.	200	F0967300206				1	
155	156	nd	0	116	2406		-75	3'	18.26"	3'	49'	15.61"			X		n.a.	200	F0967300206			2			
156	157	nd	0	153	2522		-75	3'	21.70"	3'	49'	17.12"				X		n.a.	200	F0967300206				1	2
157	158	nd	0	102	2683		-75	3'	26.41"	3'	49'	19.21"			X		n.a.	200	F0967300206			2			
158	159	nd	0	150	2779		-75	3'	29.43"	3'	49'	20.54"				X		n.a.	200	F0967300206				1	2
159	160	nd	0	127	2934		-75	3'	33.85"	3'	49'	22.56"				X		n.a.	200	F0967300206			2		
160	161	nd	0	130	3065	3145	-75	3'	37.63"	3'	49'	24.24"				X		n.a.	200	F0967300206	80		2		2
161	162	S 06479	0	146	3265		-75	3'	41.52"	3'	49'	25.83"			X		Derecho	200	F0967300206			2			
162	163	175	0	27	3417		-75	3'	46.02"	3'	49'	24.30"				X		Izquierdo	200	F0967300206				1	
163	164	nd	0	108	3447		-75	3'	46.86"	3'	49'	24.05"				X		Izquierdo	200	F0967300206			2		
164	165	nd	0	119	3553		-75	3'	50.23"	3'	49'	23.06"				X		Izquierdo	200	F0967300206				1	
165	166	nd	0	135	3671		-75	3'	53.96"	3'	49'	22.02"				X		Izquierdo	200	F0967300206			2		
166	167	nd	0	124	3803		-75	3'	58.11"	3'	49'	20.73"				X		Izquierdo	200	F0967300206				1	
167	168	nd	0	60	3927		-75	4'	1.93"	3'	49'	19.62"				X		Izquierdo	200	F0967300206			2		
168	Nodo Final	Reserva Castilla	0	0	4000	4030	75	4'	4.06"	3'	49'	18.93"		IF	X		---	200	F0967300206	30	7300024	1			
TOTAL																			2,084		205	64	30	30	4

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato final de tramo de red de Fibra Óptica (Azteca)*.

Teniendo en cuenta la parte final de la cartera, en este enlace se efectuaron 4 empalmes y se utilizaron 5 carretes completos, es decir 4 Km por carrete para completar una ruta de aproximadamente 20 Kilómetros. Como se puede ver, en la figura 122 el ultimo carrete termina con abscisa 4030 y una reserva de 30 metros. Terminando así el tramo con una reserva en **Castilla**.

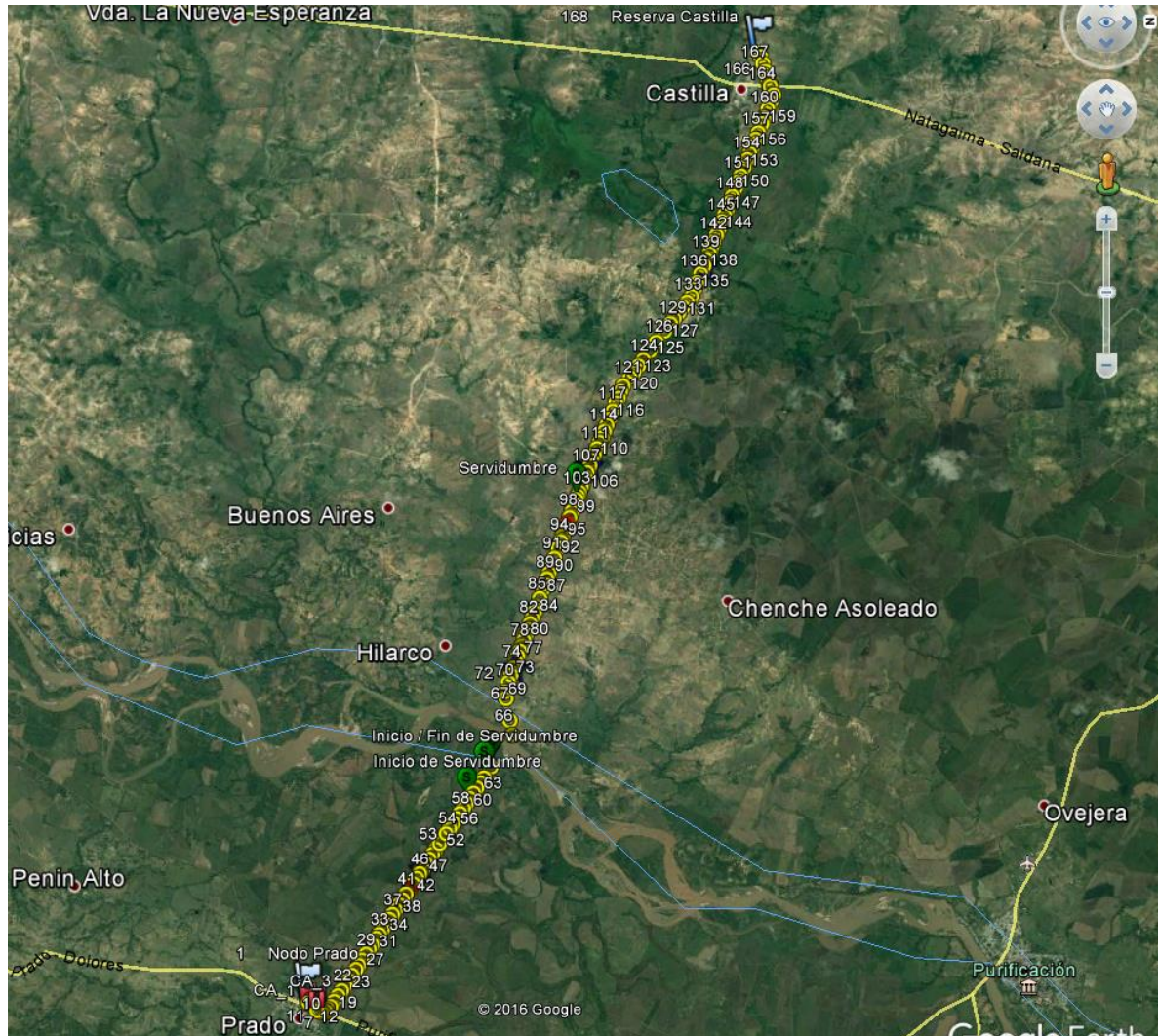
Al terminar el levantamiento se procede a poner las marquillas de red cada 100 – 200 metros y las marquillas de empalme. Para este tramo se designaron las marquillas de red para span 200 desde la FO967300201 hasta la FO962500202 Y la FO962500205 hasta la FO962500206 respectivamente. Para el span 800 se asignó la marquilla de red FO727300325. Las marquillas de empalme se colocan debidamente en la caja de empalme en un lugar visible y fueron designadas desde la 7300020 hasta la 7300023 y la marquilla 7300024 se asignó para la reserva en **Castilla**; siguiendo con el consecutivo de las marquillas de empalme.

Toda esta información es muy importante registrarla con el fin de tener un mayor control sobre todo lo instalado en campo. Al finalizar la cartera se totaliza de forma automática en Excel la cantidad total de reserva, los herrajes de suspensión y retención, las raquetas, los amortiguadores y brazos extensores. Para este enlace se dejó un total de 2084 metros de cable para reserva y se tendió un total de 20,072 metros, más o menos (20 Kms) de F.O. aproximadamente para conectar el municipio de **Coyaima**.

14.2.2 Kmz de Campo – Prado @ Castilla

Una vez terminada la cartera de campo se procedió a generar el nuevo Kmz de campo. En este punto el archivo Kmz ya se encuentra debidamente enumerado desde **Prado @ Castilla**. Con los cambios de ruta efectuados y la identificación de los apoyos involucrados con servidumbre (Globos Verdes). Cumpliendo así con el protocolo para los 168 Ítems.

Figura 123. Kmz de Campo - Prado @ Castilla.

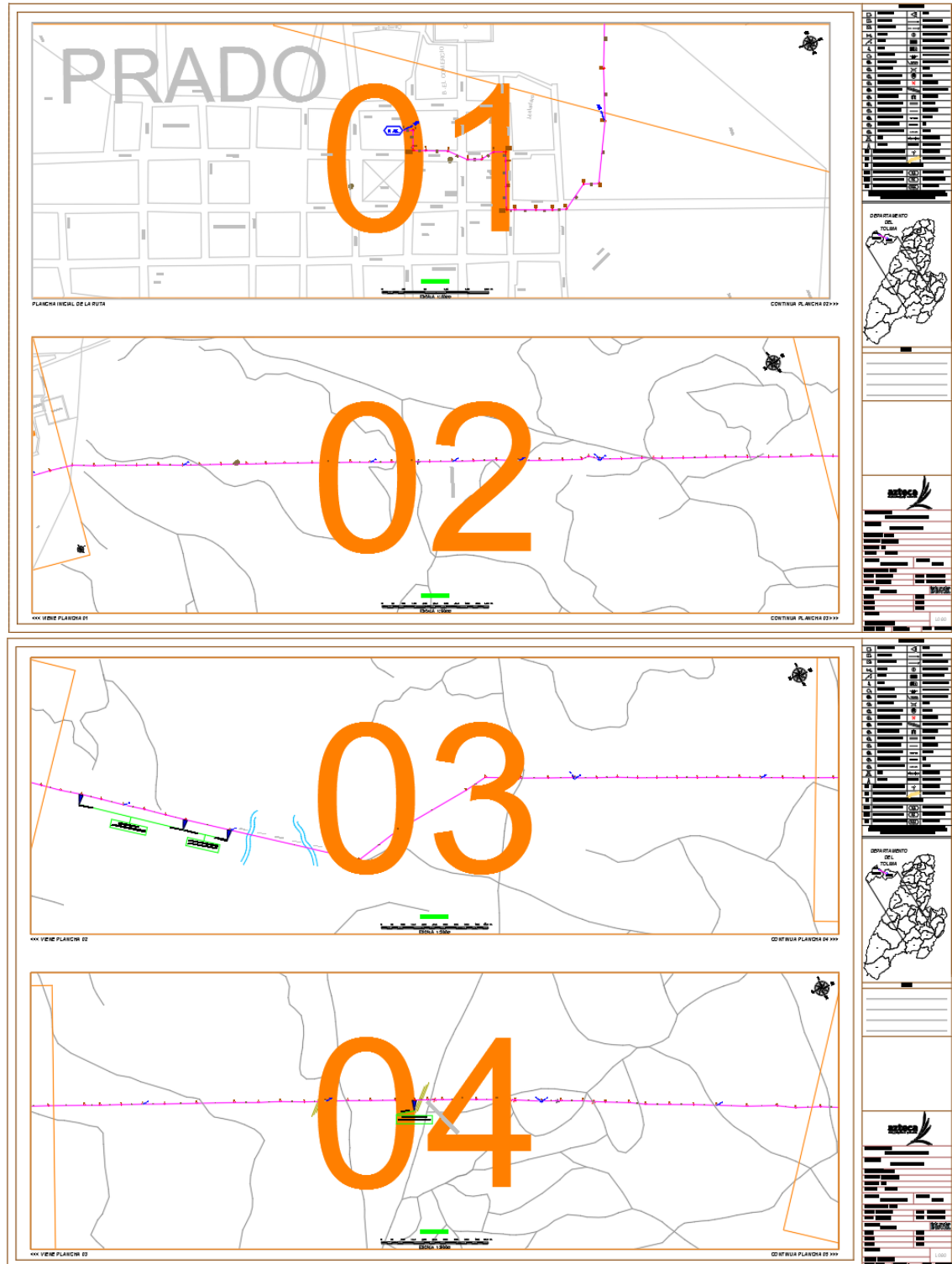


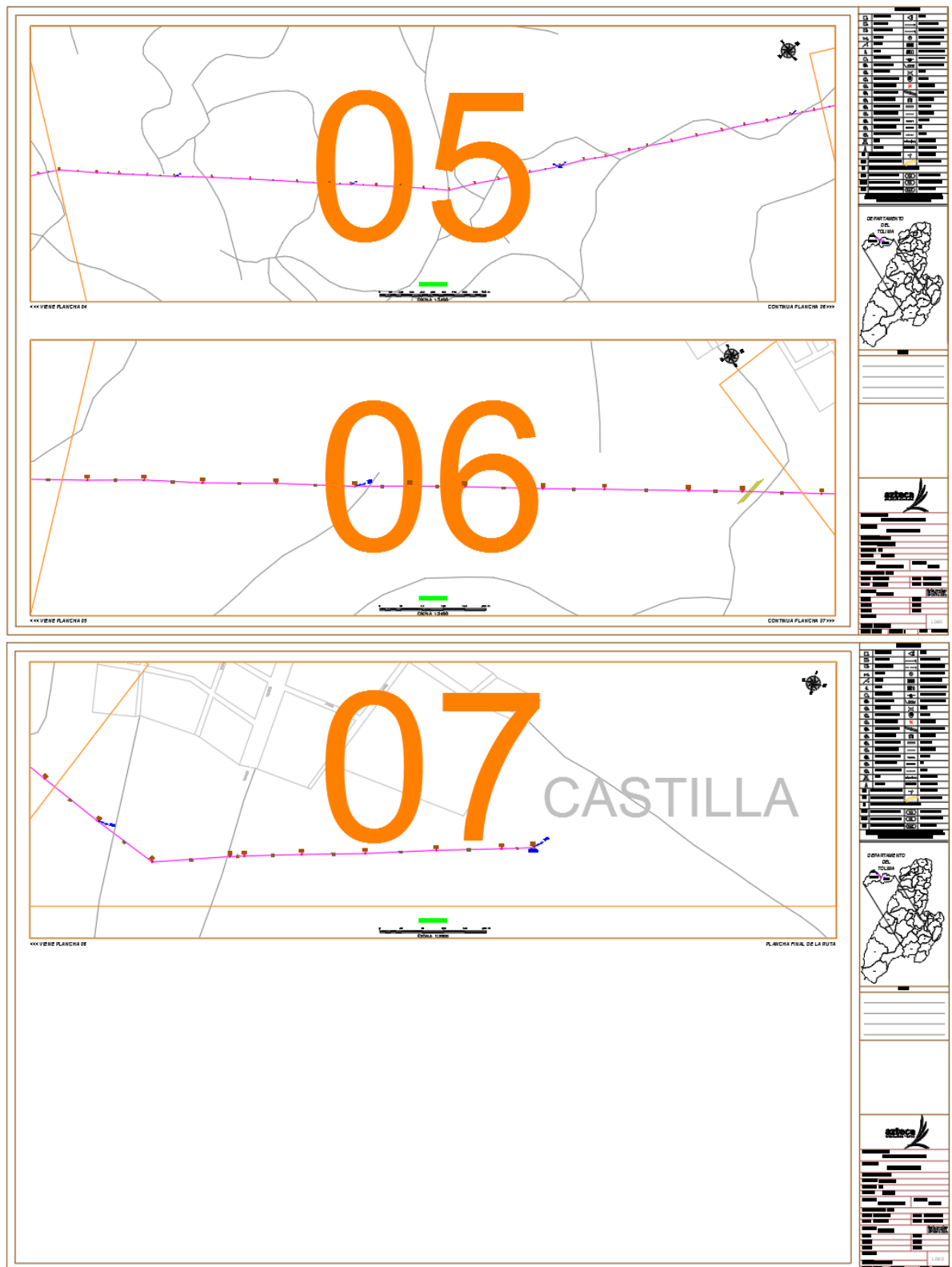
Autor: Christian Durán, adaptada a partir de Google Earth TM.

El archivo **AutoCAD** a continuación, describe el plano final del enlace, con la variación en la llegada al nodo de **Prado**, hasta llegar a la reserva en **Castilla**. Después de realizar los cambios, se procedió a re enumerar todo el plano con el fin de que concuerde con la misma numeración de la cartera y el Kmz, para los 168 Ítems a lo largo de todo el enlace.

14.2.3 AutoCAD de Campo – Prado @ Castilla

Figura 124. Plano AutoCAD de Campo - Prado @ Castilla.





Autor: Christian Durán, adaptada a partir de AUTODESK TM AUTOCAD ® 2016

14.3 Comparación Tramo de Diseño Vs Tramo de Campo

Al trabajar el enlace **Prado @ Castilla** se puede observar detalladamente el cambio de ruta en la llegada al nodo de Prado. A continuación, se superpone el Kmz de diseño Vs El Kmz de campo, el cual da por resultado el cambio en la llegada al Nodo de Prado.

Figura 125. Kmz de diseño Vs Kmz de Campo.

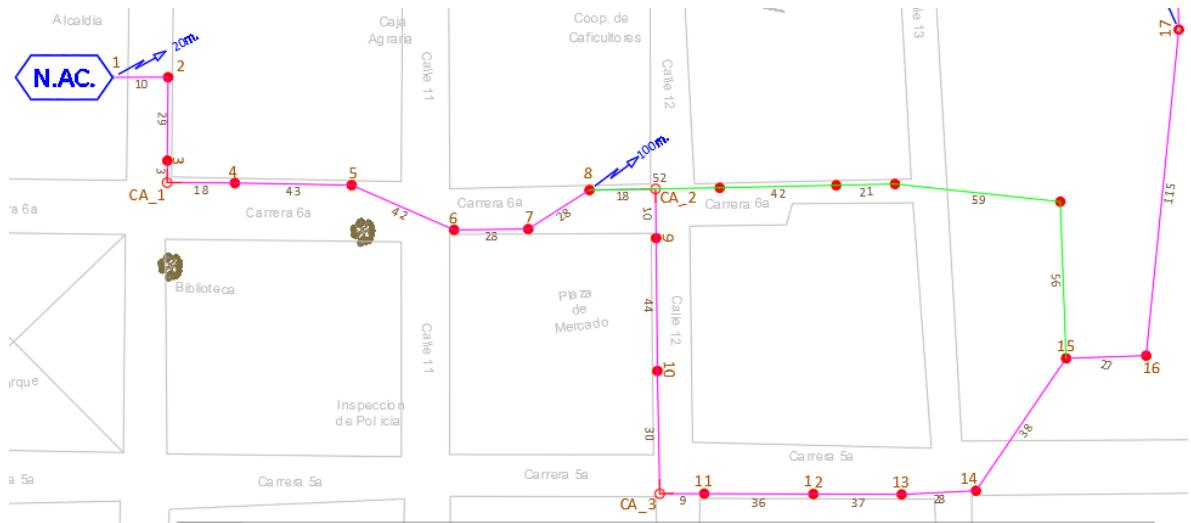


Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Google Earth TM*.

Haciendo una comparación directa entre los archivos Kmz, se puede entender de una mejor manera que fue lo que realmente se instaló en campo y como quedó definitivamente el enlace comprendido entre **Prado @ Castilla**. En la figura anterior, los ítems de color verde indican la ruta de diseño, esta ruta inicialmente pasaba por el ítem 8 con Coordenadas, Latitud: 3° 45' 8.85'' N y Longitud: 74° 55' 46.21'' O y recorre todos los apoyos verdes hasta llegar al ítem 15 con Coordenadas, Latitud: 3° 45' 13.17'' N y Longitud: 74° 55' 42.77'' O.

El segundo Kmz comprende la ruta final del enlace representado por los ítems de color amarillo, donde ahora toma el cruce americano 2 (CA2) con Coordenadas, Latitud: 3° 45' 9.40'' N Y Longitud: 74° 55' 46.10'' O; que baja por la calle 12 e intersecta la carrera 5a hasta el cruce americano 3 (CA3) con Coordenadas, Latitud: 3° 45' 8.60'' N Y Longitud: 74° 55' 43.60'' O; siguiendo su recorrido normalmente hacia Castilla. El Nodo donde se instalaron los ODF'S no tuvo ninguna modificación. Este fue el único cambio que tuvo el enlace físicamente durante el recorrido de la F.O., estableciendo ahora el sitio de interés (*Cambio de Ruta en la llegada al Nodo de Prado*); al superponer el AutoCAD de diseño con el AutoCAD de campo, se tiene una idea más clara del cambio de ruta.

Figura 126. AutoCAD de diseño Vs AutoCAD de Campo.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de AUTODESK TM AUTOCAD [®] 2016

Tanto en el plano de diseño como en el plano final, el Nodo sigue siendo el mismo desde el inicio; el plano de diseño sugería que el cable de F.O. pasara por toda la carrera 6a desde el apoyo 8 hasta llegar al apoyo 15 y continuar con su recorrido proyectado. La sección en verde hace referencia a la ruta de diseño según **DISTEL**; la sección lila hace referencia al cambio de ruta efectuado por **INTELCA**, como ruta definitiva en la llegada al Nodo de Prado.

Allí lo que se decidió hacer fue bajar el cable de fibra por medio de un cruce americano ubicado en la carrera 6a con calle 12, hasta llegar a la intersección con la carrera 5a y seguir el trayecto ya definido. Este cambio de ruta se efectuó con el fin de optimizar el recorrido de la fibra y así evitar un doble ángulo de 90° grados entre el apoyo 15 y 16; lo que muy probablemente hubiese generado un alto estrés en la fibra, produciendo allí altas atenuaciones.

Figura 127. Fotografías de la llegada al Nodo de Prado.



Autor: Intelca PST, adaptada a partir de *Formato Registro Fotográfico de Ruta (Azteca)*.

Figura 128. Fotografías del acceso a los Equipos.



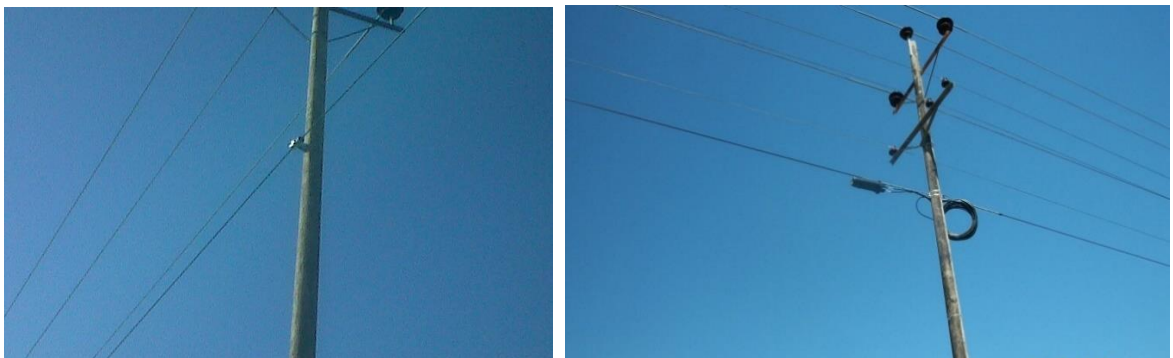
Autor: Intelca PST, adaptada a partir de *Formato Registro Fotográfico de Nodos (Azteca)*.

Figura 129. Fotografías del acceso a los ODF'S en Prado.



Autor: Intelca PST, adaptada a partir de *Formato Registro Fotográfico de Nodos (Azteca)*.

Figura 130. Fotografías del acceso a la Reserva en Castilla.



Autor: Intelca PST, adaptada a partir de *Formato Registro Fotográfico de Ruta (Azteca)*.

De las figuras 127 a la 129 se puede observar la llegada al Nodo de Prado, hasta llegar a su respectivo ODF. La figura 130 muestra el acceso a la reserva en Castilla, respectivamente.

14.4 Formato Unifilar de Empalmería

A continuación, se presenta el formato unifilar de empalmería diligenciado con todos los datos correspondientes al enlace, el registro de empalmes, su georreferenciación y demás.

Figura 131. Formato Unifilar de Empalmería.

PROCEDIMIENTO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA.						
RUTA DE ENLACE:		PRADO - COYAIMA				
DIRECCION O CORDENADA NODOS:		PRADO Long. 74° 55' 49.21" Lat. 3° 45' 4.11" - COYAIMA Long. 75° 11' 39.98" 3° 48' 2.63"				
CODIGO DE ENLACE		73217				
CONECTOR:	SC/SC	CONECTOR:	SC/SC			
MUNICIPIO A:	PRADO	MUNICIPIO B:	COYAIMA			
CODIGO DANE PTO A:	73563	CODIGO DANE PTO B:	73217			
NIVEL ODF EN RACK	-	NIVEL ODF EN RACK	-			
POSICIÓN DE RACK A	1	POSICIÓN DE RACK B	1			
POSICIONES HILOS O	1 al 24	POSICIONES HILOS ODF B:	1 al 24			

ITEM	EMPALME				ENTRADA	
	No Empalme.	Dirección y/o Referencia	Cordendas	Emp Aéreo o Canalizado	# MARQUILLA	# FIBRAS
ODF	NODO PRADO	Cra 6 # 9-63 - Tesorería Prado	Long. 74° 55' 49.21" - Lat. 3° 45' 4.11"	Aéreo	No Aplica	----
EMP	1	Poste 45 - Número ID: 6474	Long. 74° 56' 56.61" - Lat. 3° 46' 7.11"	Aéreo	FO967300201	1 al 24
EMP	2	Poste 72 - Número ID: s01363	Long. 74° 58' 41.87" - Lat. 3° 46' 58.71"	Aéreo	FO727300325	1 al 24
EMP	3	Poste 106 - Número ID: 2234700	Long. 75° 0' 27.86" - Lat. 3° 47' 42.75"	Aéreo	FO967300200	1 al 24
EMP	4	Poste 136 - Número ID: nd	Long. 75° 2' 11.90" - Lat. 3° 48' 46.24"	Aéreo	FO967300205	1 al 24
EMP	RESERVA CASTILLA	Poste 168 - Número ID: nd Reserva Castilla	Long. 75° 4' 4.06" - Lat. 3° 49' 18.93"	Aéreo	FO967300206	1 al 24

CONSTRUCTOR	
NOMBRE DE EMPRESA	INTELCA PST S.A.
FIRMA PERSONA ENCARGADA	

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato Unifilar de Empalmería* (Azteca).

El formato anterior detalla el número de empalmes que para este enlace fue de 4 y 5 si se cuenta con la reserva en Castilla; cada uno descrito con sus coordenadas, dirección y/o referencia. Para este enlace todo el tendido de F.O. que se realizó fue aéreo.

En el cuadro de entrada se registraron debidamente las marquillas de red y se utilizaron 24 hilos de fibra para generar dicho enlace. En (capacidad / Span) se utilizó span 200 para la mayoría del enlace y en un solo tramo se utilizó span 800 para cubrir las zonas con distancias más grandes; hay que aclarar que el enlace completo es **Prado @ Coyaima**, pero

Intelca solamente estuvo a cargo de la instalación desde el Nodo en Prado hasta una reserva en Castillas, debido a que este tramo fue tendido por 2 contratistas. El siguiente tramo va desde la reserva en Castilla hasta el Nodo de Coyaima el cual fue tendido y registrado por el contratista **CYFO**.

Figura 132. Continuación Formato Unifilar de Empalmería.

Cap. / Span	SALIDA			Longitud Punto A-B (mts)	Longitud Punto B-A (mts)	Longitud Entre Empalmes mts
	# MARQUILLA	# FIBRAS	Cap. / Span			
---	FO967300201	1 al 24	96 / 200	----	----	----
96 / 200	FO727300325	1 al 24	72 / 800	4137	33863	4020
72 / 800	FO967300200	1 al 24	96 / 200	8180	29820	4000
96 / 200	FO967300205	1 al 24	96 / 200	12155	25845	4000
96 / 200	FO967300206	1 al 24	96 / 200	16431	21569	4022
96 / 200	No Aplica	1 al 24	200	20362	17638	4030
SUPERVISIÓN						
EMPRESA QUE SUPERVISA						
NOMBRE Y FIRMA DE SUPERVISOR						

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato Unifilar de Empalmería (Azteca)*.

En la segunda parte del cuadro se encuentra el registro de la tabla de salida; allí se encuentran registradas las marquillas de red con las que sale cada tramo de fibra después de realizarse un empalme. Así, por ejemplo, en la salida del Nodo de Prado, la fibra que viene con marquilla de red **FO967300201**.

Al pasar el primer empalme, en el cuadro de salida se registra la marquilla de red **FO727300325**, generado el consecutivo de (entrada/salida) de las marquillas a lo largo de todo el tramo. Aquí no se tiene el cuadro de empalmería completo porque se dividió el tendido del enlace con **CYFO**, pero de igual manera se debe unificar el documento para generar así un solo entregable para este enlace.

14.5 Materiales

La relación de los materiales utilizados se describe en el siguiente cuadro de forma detallada respecto al enlace **Prado @ Castilla** para el departamento del Tolima, con el Topológico 73217.

Figura 133. Cuadro de Materiales.

#	Dane	Departamento	Municipio	GRUPO 1	# Instituciones Públicas elegibles por municipio	Municipios con instituciones Elegibles	
80	73217	TOLIMA	PRADO	GRUPO2	5	SI	
km lineales	km lineales	Unidad	Unidad	Caja	Unidad	Unidad	Unidad
Span 200 (72 y 96 hilos)	Span 800 (72 hilos)	Herraje de Retención para Fibra de 14.6 – 15.5 (preformado) Span 200	Herraje de Retención para Fibra de span 800	cinta band it 1/2" (caja 30 mts)	Hebilla para cinta band it de 1/2"	abrazadera de 2 salidas de 8"- 10" (203mm-254mm)	Amortiguador en Espiral para cable ADSS (Diámetro 14.4-19.3mm)
16,072	4,000	201	4	8.63	263	3	30
Unidad	Unidad	Unidad	Paquete 20 Unidades	Paquete 20 Unidades	Unidad	Unidad	Unidad
Herraje de Suspensión (soportes tipo corneta) Span 200	Herraje de Suspensión Span 400 -incluye tornillo	Herrajes para reserva (tipo Raqueta) Span 200- 400	Marquilla para identificación cable - FO 96 - span 200	Marquilla para identificación cable - FO 72 - span 800	Cierre óptico (caja empalme)	Poste de 8 mts	Poste 12 mts
55	9	30	4	1	4	11	149
				Unidad	Unidad	Unidad	
				Poste 14 mts	Poste 18 mts	Poste metalico de 14mX 750 Kg-F	
				4	2	1	

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato Materiales de enlace (Azteca)*.

En este cuadro de materiales, se puede totalizar de manera directa los materiales utilizados para este enlace. En este caso se utilizaron 16,072 metros de cable Span 200 y 4,000 metros de Span 800. En total se utilizaron 64 herrajes de suspensión y 205 herrajes de retención. Se instalaron 30 raquetas para reserva, etc. Para los vanos largos se utilizaron 30 amortiguadores en espiral.

Resumiendo, este enlace utilizó un total de 167 apoyos para suspender el cable de F.O. sin contar el Nodo. Y también se instaló una infraestructura nueva, el cual es un poste metálico de 14 metros x 750 Kg-F (Cuadro Verde).

14.6 Registro Fotográfico

El registro fotográfico de ruta hace parte del entregable para el enlace **Prado @ Castilla**. Como se presenta a continuación:

Figura 134. Registro Fotográfico de tendido de fibra Óptica.

REGISTRO FOTOGRAFICO DE TENDIDO DE FIBRA OPTICA					
PROYECTO	ACC-Vive Digital	ENLACE	Prado - Castilla	FECHA	23/06/2017
					
OBSERVACIONES: Salida desde el Nodo de Prado					
					
OBSERVACIONES: Salida del Nodo					
					
OBSERVACIONES: Cometida de subida/bajada.					
					
OBSERVACIONES: Zona urbana Prado					
					
OBSERVACIONES: Zona urbana Prado					
					
OBSERVACIONES: Cruce Americano N.1					
					
OBSERVACIONES: Herraje de suspensión, C Traviesa					
					
OBSERVACIONES: Herrajes de retención, C Traviesa.					
					
OBSERVACIONES: Llegada a la reserva de Castilla					

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Formato Registro Fotográfico de Ruta (Azteca)*.

De acuerdo con el formato anterior, se adjuntaron las fotografías correspondientes de la ruta desde la salida del **Nodo de Prado** hasta la llegada a la **reserva en Castilla**. En cada fotografía se registraron observaciones pertinentes de acuerdo con su ubicación; como la identificación del Nodo, la cometida de subida/bajada, zonas urbanas en Prado, cruces americanos, el comienzo de la fibra en campo traviesa hasta la ubicación de la reserva final. Debido a que hacia **Coyaima** lo trabajó **CYFO**, este contratista debe entregar el resto del enlace y así poder unificar toda la información para el entregable final.

14.7 Panorama de Riesgos

A continuación, se presenta el panorama de riesgos de infraestructura para el enlace **Prado @ Castilla.**, descrito en la figura 135.

Figura 135. Panorama de Riesgos

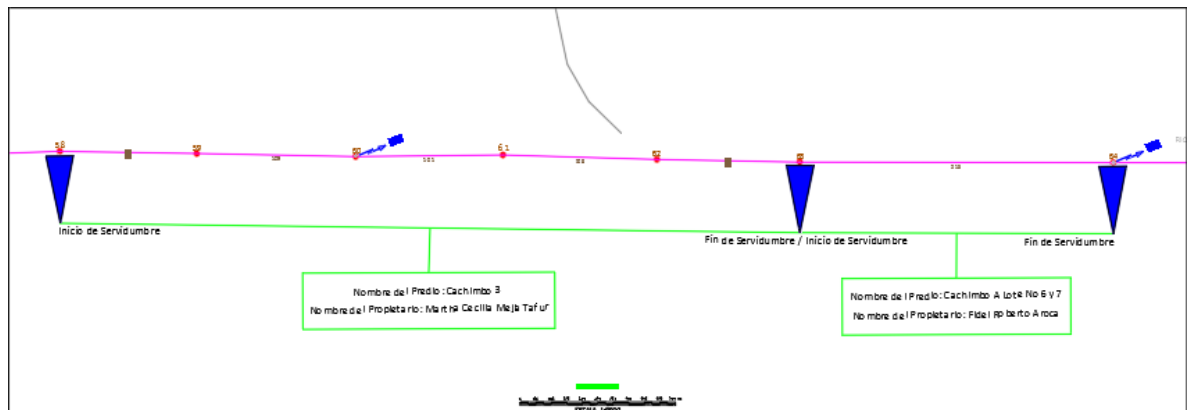
PANORAMA DE RIESGOS DE INFRAESTRUCTURA											
PROYECTO		ACC-Vive Digital		ENLACE		Prado - Castilla		FECHA	29/06/2017		
IDENTIFICACION PUNTO		Long -74º 55' 48.20		IDENTIFICACION PUNTO		Long -74º 55' 47.40		IDENTIFICACION PUNTO			
											
CLASIFICACION RIESGO		BAJO	MEDIC	ALTO	MUY ALTO	CLASIFICACION RIESGO		BAJO	MEDIC	ALTO	MUY ALTO
INESTABILIDAD TERRENO		X				INESTABILIDAD TERRENO		X			
ARBOLES CERCANOS				X		ARBOLES CERCANOS					X
LINEAS DE ENERGIA			X			LINEAS DE ENERGIA			X		
VANDALISMO EN ZONA		X				VANDALISMO EN ZONA		X			
FUERZA DE VIENTOS			X			FUERZA DE VIENTOS			X		
ZONA DE QUEMA		X				ZONA DE QUEMA		X			
AMPLIACION DE VIA			X			AMPLIACION DE VIA		X			
OTROS						OTROS					
ITEM 3											

ITEM 6											
--------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

14.8 Servidumbres

Para el tramo **Prado @ Castilla** se reportaron 2 servidumbres. Aunque la mayor parte del recorrido de la fibra óptica (postes/apoyos) pertenece a **ENERTOLIMA** o la Compañía de servicios públicos de electricidad en Purificación, Colombia. Hubo 2 predios donde los postes eran propiedad privada, así que se llegó a un acuerdo para poder pasar el cable de fibra por dichos apoyos y así evitar comprar postes nuevos y hacer un cambio de ruta, las servidumbres son una buena opción para disminuir costos y tiempos en la ejecución.

Figura 136. Ubicación de servidumbres en el plano AutoCAD.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *AUTODESK™ AUTOCAD® 2016*

Al identificar las servidumbres en la cartera de campo y Kmz, se prosiguió a identificar los apoyos en el plano AutoCAD como se puede observar el zoom en la figura 136. Para este caso se designaron los triángulos azules como él (*Inicio/Fin*) de las servidumbres. También se relacionó el nombre del predio y el nombre del propietario para cada una de ellas.

la primera servidumbre está conformada por 6 (postes/apoyos) desde el ítem 58 con Coordenadas, Latitud: 3° 46' 31.50" N y Longitud: 74° 57' 30.84" O recorriendo todos los apoyos hasta el ítem 63 con Coordenadas, Latitud: 3° 46' 41.12" N y Longitud: 74° 57' 44.06" O.

La segunda servidumbre está conformada por 2 (postes/apoyos) desde ítem 63 con Coordenadas, Latitud: 3° 46' 41.12" N y Longitud: 74° 57' 44.06" O hasta el ítem 64 con Coordenadas, Latitud: 3° 46' 45.12" N y Longitud: 74° 57' 49.71" O.

Después de identificar los apoyos de interés, se llega a un acuerdo con el/los dueños del predio para permitir el paso de F.O., luego de ello, se procede a relacionar todos los documentos necesarios para legalizar cada una de las servidumbres ante una notaría y así dar por negociado y finalizado el trámite de servidumbre.

15. PRUEBAS BIDIRECCIONALES

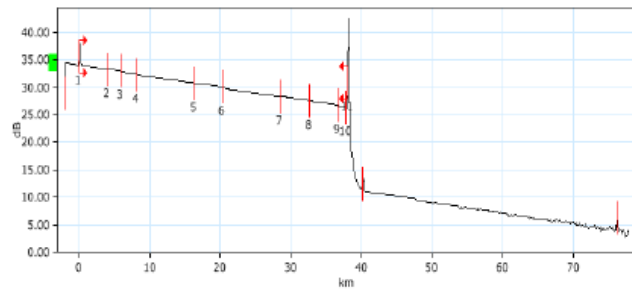
Al culminar con la documentación de instalación en campo, se procedió a realizar las respectivas pruebas bidireccionales con **OTDR** en la longitud de onda de 1550 nm en sentido A->B y B->A; con el fin de garantizar que los hilos de fibra óptica se encuentren en óptimas condiciones de funcionamiento, sin cortes y con bajas atenuaciones.

Figura 137. Pruebas bidireccionales Prado @ Coyaima sentido A -> B.

OTDR Report

General Information

Filename: PRADO COYAIMA Fib Cable ID: Fibra13
 Test date: 06/05/2013 Fiber ID: FIBRA13
 Test time: 04:07 p.m. (GMT-05:00) Customer: TV AZTECA
 Job ID: BIDIRECCI Company: INTELCA
 Comments: PRUEBAS BIDIRECCIONALES PRADO - COYAIMA
 Location A: PRADO Location B: COYAIMA
 Operator: NELSON PINO Operator:
 Unit model: FTB-7500E-023B-EA-1
 Unit s/n: 519283
 Calibration date: 11/04/2010



Results

Span length: 38.0579 km Average splice loss: 0.097 dB
 Span loss: 8.454 dB Maximum splice loss: 0.470 dB
 Average loss: 0.222 dB/km Span ORL: 28.25 dB

Test Parameters

Wavelength: 1550 nm (9 μm) Duration: 2 min 0 s
 Range: 80.0000 km High resolution: No
 Pulse: 2.5 μs Resolution: 5.104 m

Test Settings

IOR: 1.468325 Splice loss threshold: 0.020 dB
 Backscatter: -81.87 dB Reflectance threshold: -72.0 dB
 Helix factor: 0.00 % End-of-fiber threshold: 5.000 dB

Markers Information

A: 18.0030 km, 30.533 dB B: 27.0070 km, 28.557 dB
 a: 8.9989 km, 32.129 dB b: 36.0110 km, 26.910 dB
 B-A: 9.0040 km, 1.977 dB

Manual Measurements

4-pt. ev. loss: 0.209 dB A-B LSA att.: 0.225 dB/km
 A-B LSA loss: 2.030 dB 3-pt. reflectance: *****
 2-pt. sect. att.: 0.220 dB/km A-B ORL: 34.35 dB

Event Table

Type	No	Location/Length (km)	Loss (dB)	Reflection (dB)	Attenuation (dB / km)	Cumul. (dB)
Launch Level		-2.0826				
Section		2.0826	0.388		0.186	
Reflective Event	1	0.0000	0.058	-40.9		0.058
Section		4.0375	0.742		0.184	0.798
Positive Event	2	4.0375	-0.085			0.733
Section		1.8120	0.352		0.194	1.086
Non-Reflective Event	3	5.8496	0.125			1.211
Section		2.3225	0.443		0.191	1.653
Non-Reflective Event	4	8.1720	0.153			1.806
Section		8.1108	1.520		0.187	3.327
Positive Event	5	16.2828	-0.088			3.241
Section		4.0886	0.788		0.187	4.007
Non-Reflective Event	6	20.3714	0.265			4.272
Section		8.0802	1.538		0.190	5.810
Positive Event	7	28.4515	-0.142			5.668
Section		4.1243	0.782		0.190	6.450
Non-Reflective Event	8	32.5758	0.058			6.508
Section		4.0681	0.801		0.197	7.309
Non-Reflective Event	9	36.6440	0.099			7.408
Section		1.1689	0.209		0.179	7.617
Non-Reflective Event	10	37.8129	0.470			8.087
Section		0.2450	0.368		1.500	8.455
Reflective Event	11	38.0579		-14.8		8.455

EXFO

Signature: _____ Date: 10/05/2013

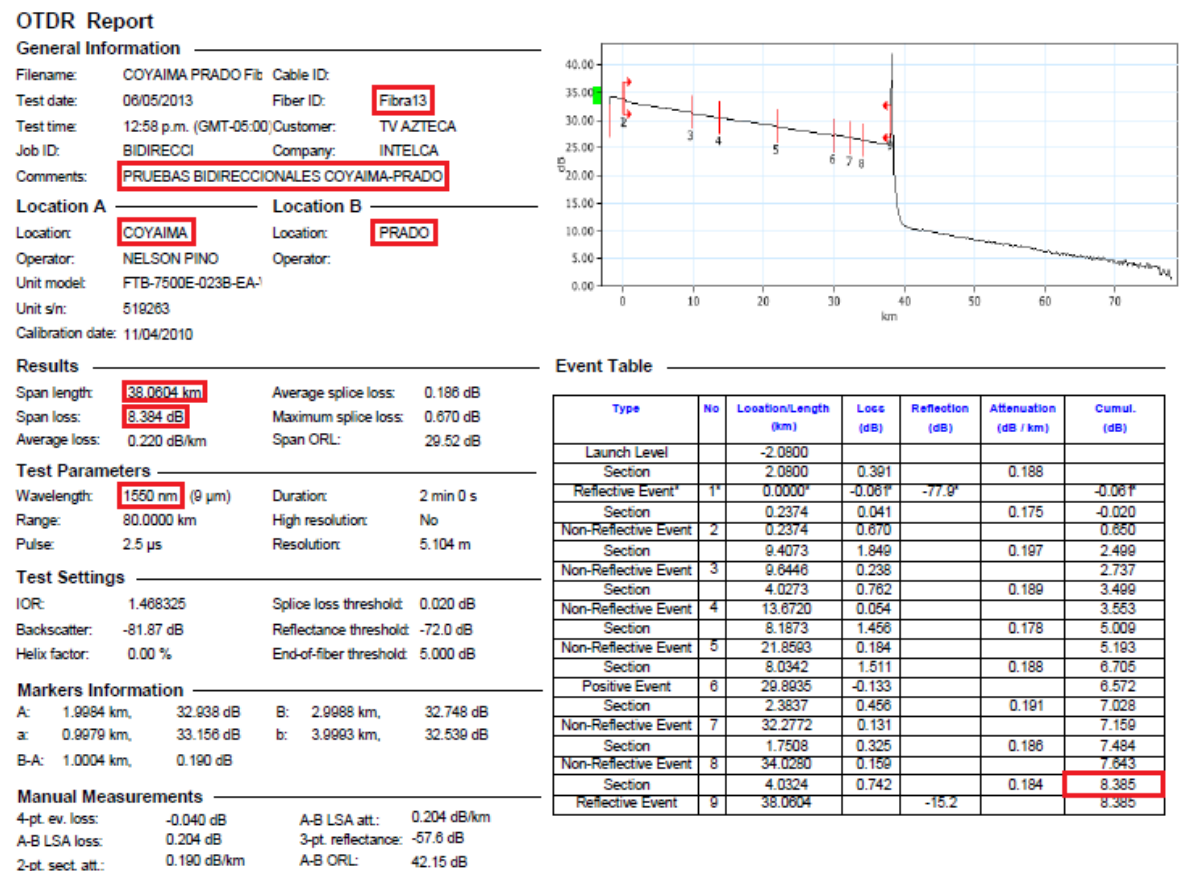
Página 1 de 13

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *FastReporter 2* (EXFO).

Las pruebas realizadas con el **OTDR FTB-7500E-023B-EA** arrojaron como resultado el reporte de las fibras (13 – 24); las cuales fueron analizadas en el software **FastReporter 2** y convertidas en **PDF Creator**. De acuerdo a lo anterior, se tomó como ejemplo el reporte de la fibra 13 en ambos sentidos, para explicar de forma detallada los parámetros más importantes. La figura 137 muestra las pruebas bidireccionales de **Prado @ Coyaima** en sentido **A->B** para la fibra **13**. En los recuadros rojos se pueden identificar las variables

más importantes como la longitud del enlace, la cual es de 38.06 Km. Las pruebas fueron realizadas con una longitud de onda de 1550 nm, que es la longitud de onda a la cual van a funcionar las fibras cuando se encuentren en servicio y la atenuación del enlace que fue de 8.45 dB para esta fibra en particular.

Figura 138. Pruebas bidireccionales Coyaima @ Prado sentido B -> A.



EXFO

Signature: _____

Date: 10/05/2013

Página 1 de 15

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *FastReporter 2* (EXFO).

Analizando ahora la figura 138, se puede distinguir que las pruebas bidireccionales fueron tomadas desde **Coyaima @ Prado** en sentido **B->A** para la fibra **13**. Allí se puede identificar la misma longitud del enlace y la misma longitud de onda, pero existe una leve variación en cuanto a la atenuación del enlace, la cual fue de 8.38 dB. Esto pasa debido a la (correcta/incorrecta) alineación en la fusión de los empalmes donde en un sentido puede que haya menos pérdida que en el otro por el desfase nanométrico al fusionar las circunferencias entre las fibras. Es por eso que en el sentido **B->A** la atenuación es menor, pero no es muy diferente con la primera medición.

Figura 139. Atenuación total del enlace Prado @ Coyaima.

	FORMATO PROTOCOLO DE ACEPTACIÓN DE ENLACE FO	Código: RED-02.2.7-F01 Versión: 1 Fecha: 18-May-2012
PROCESO: Diseño y construcción de infraestructura		Pág. 1 de 1

ATENUACION TOTAL DEL ENLACE

Hoja de

ENLACE: <u>Prado-Coyaima</u> ESTACIÓN A: <u>Nodo Prado</u> MARCA EQUIPO A: <u>FTB-7500E-023B-EA-VF</u> S/N EQUIPO A: <u>519263</u> LONG. ONDA: <u>1550</u>	FECHA: <u>06 de Mayo de 2013</u> ESTACION B: <u>Nodo Coyaima</u> MARCA EQUIPO B: <u>FTB-7500E-023B-EA-VF</u> S/N EQUIPO B: <u>519263</u> ARCHIVO: <u>N/A</u>
---	---

FIBRA N°	MEDIDA A>B (dB)	MEDIDA B>A (dB)	PROMEDIO (dB)	FIBRA N°	MEDIDA A>B (dB)	MEDIDA B>A (dB)	PROMEDIO (dB)
1	<i>En Servicio</i>			25	-	-	-
2	<i>En Servicio</i>			26	-	-	-
3	<i>En Servicio</i>			27	-	-	-
4	<i>En Servicio</i>			28	-	-	-
5	<i>En Servicio</i>			29	-	-	-
6	<i>En Servicio</i>			30	-	-	-
7	<i>En Servicio</i>			31	-	-	-
8	<i>En Servicio</i>			32	-	-	-
9	<i>En Servicio</i>			33	-	-	-
10	<i>En Servicio</i>			34	-	-	-
11	<i>En Servicio</i>			35	-	-	-
12	<i>En Servicio</i>			36	-	-	-
13	8.45	8.38	8.42	37	-	-	-
14	7.97	8.37	8.17	38	-	-	-
15	7.73	8.18	7.96	39	-	-	-
16	7.77	7.52	7.65	40	-	-	-
17	7.93	8.20	8.07	41	-	-	-
18	8.16	8.11	8.14	42	-	-	-
19	7.45	7.65	7.55	43	-	-	-
20	8.17	8.13	8.15	44	-	-	-
21	7.79	7.57	7.68	45	-	-	-
22	7.93	8.12	8.03	46	-	-	-
23	7.46	7.63	7.54	47	-	-	-
24	8.24	8.23	8.24	48	-	-	-

OBSERVACIONES: Los hilos del 1 al 12 están en servicio, no se realizan pruebas.

CONSTRUCTOR	SUPERVISIÓN	INTERVENTORIA
--------------------------	--------------------------	----------------------------

Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Protocolo de Aceptación de Enlace (Azteca)*.

Luego de tener el reporte de las fibras en **PDF Creator**, se procede a diligenciar el protocolo de aceptación del enlace, describiendo la atenuación total del mismo. Lo primero es registrar los campos para el enlace, las estaciones de prueba, la marca del equipo **OTDR** junto con su número de serie y la longitud de onda a la cual se realizará la prueba.

En este formato se registraron las atenuaciones de cada fibra en ambos sentidos (**A->B**) y (**B->A**). Luego de esto se genera el promedio de la atenuación en **dB** para cada hilo de fibra óptica calculado por Excel, para conocer la atenuación total del enlace **Prado @ Coyaima**. Como se puede observar en la figura 139, no se realizaron pruebas de medición sobre las fibras (1 – 12) ya que esos hilos se encontraban en servicio, por eso solamente se registraron las atenuaciones de las fibras (13 – 24). Como observación para las pruebas bidireccionales de este enlace se registró que para los hilos del 1 al 12 se encuentran en servicio, por lo tanto, no se realizaron pruebas allí. Cada novedad debe ser reportada adecuadamente en las observaciones. Luego de ello, el formato debe ir firmado por el constructor, el supervisor y por último la interventoría para dejar constancia de que el enlace en entrega a cabalidad y funcionando completamente en ambos sentidos, garantizando la comunicación constante.

15.1 Calculo Teórico Atenuación Total del Enlace

LONGITUD: 38.06 Km

EMPALMES: 10

CONECTORES: 2

PARAMETROS DE CUMPLIMIENTO

ATENUACION PROMEDIO DEL CABLE: 0.25 dB/Km **ESTANDAR PARA LA F.O**

ATENUACION PROMEDIO POR EMPALME: 0.1 dB

ATENUACION DE LOS CONECTORES: 0.5 dB

$$\text{Atenuacion Total} = (\text{Atenuación Promedio Cable} \times \text{Longitud Tramo}) + (\text{Nº de Empalmes} \times \text{Atenuación del Empalme}) + (\text{Nº de Conectores} \times \text{Atenuación del Conector})$$

$$\text{Atenuación Total} = \left(0.25 \left(\frac{\text{dB}}{\text{Km}}\right) \times 38.06 \text{ Km}\right) + (10 \times 0.1 \text{ dB}) + (2 \times 0.5 \text{ dB})$$

ATENUACION TOTAL DEL ENLACE: 11.51 dB

Al realizar el cálculo teórico, se tiene que la atenuación total del enlace es de **9.61 dB**. Ahora, al pasar a los datos tomados con el **OTDR**, se puede estimar una atenuación promedio con los valores reales de las atenuaciones para cada una de las fibras ópticas.

$$\text{Valor promedio} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

$$\text{Valor prom} = \frac{8.42 + 8.17 + 7.96 + 7.65 + 8.07 + 8.14 + 7.55 + 8.15 + 7.68 + 8.03 + 7.54 + 8.24}{12}$$

$$\text{Valor promedio} = \mathbf{7.96 \text{ dB}}$$

Aplicando la fórmula de la media aritmética a partir de los valores promedio de cada fibra individual (Figura 139), se tiene que el valor promedio real medido de la atenuación del enlace es de **7.96 dB**. En este caso, el receptor puede trabajar con muchos niveles de potencia más bajos de lo que realmente está recibiendo. Se puede decir que el enlace tiene un margen de 3.55 dB. Quiere decir que el receptor puede funcionar con menos energía que la que está recibiendo actualmente, es una buena cantidad de margen. Aplicar la estadística para la atenuación del enlace sirve como base para la administración temporal de la red.

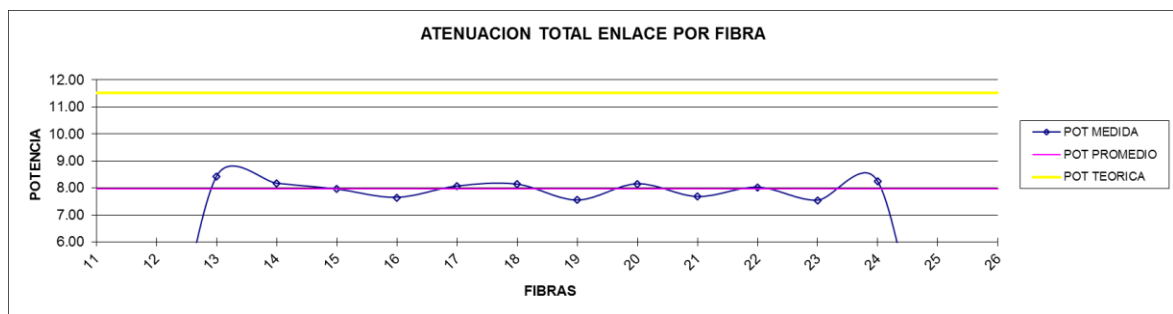
15.2 Estadística Atenuación del Enlace

VALOR MAXIMO: **8.42 dB**

VALOR MINIMO: **7.54 dB**

VALOR PROMEDIO: **7.96 dB**

Grafica 4. Atenuación total del enlace por Fibras.



Autor: Christian Durán, adaptada a partir de *Protocolo de Aceptación de Enlace (Excel)*.

Esta grafica representa las fluctuaciones de atenuación para cada una de las fibras y compara directamente la potencia medida, promedio y teórica. Calculadas anteriormente.

16. CONCLUSIONES

- ✚ Se realizó el manual de pruebas de campo y registro documental sobre redes de fibra óptica para el proyecto nacional ACC Vive Digital a satisfacción , detallando de la mejor manera posible los pasos necesarios para documentar cada tramo; desde que se recibe la información de diseño y se compara con lo enviado de campo hasta generar el entregable final para cada enlace, con el fin de que sirva como una guía para quienes sigan trabajando durante el mantenimiento preventivo y correctivo sobre estas redes de F.O.
- ✚ Durante el trabajo de pasantía se garantizó que los enlaces trabajados cumplieran con los estándares estrictos de pérdida, con las recomendaciones **ITU-T G-SERIES** y los requerimientos definidos por la **ANSI/TIA/EIA** durante la ejecución para las pruebas de recepción de carretes y pruebas después de instalación. Teniendo en cuenta las recomendaciones de uso para longitudes de onda de 1310 nm (Pruebas) y 1550 nm (Servicio) para fibra óptica monomodo.
- ✚ Se comprobó el normal funcionamiento de las redes de F.O. por medio de la herramienta **FastReporter 2**, teniendo en cuenta los requerimientos de transmisión y máxima atenuación en (dB/Km). Que para la longitud de onda de 1310 nm es de 0.35 dB/Km y para la longitud de onda de 1550 nm es de 0.25 dB/Km. Parámetros que se tuvieron en cuenta para el análisis de pruebas de certificación antes y después de instalación, cumpliendo así con los estándares definidos por la industria, garantizando una comunicación constate.
- ✚ Se logró hacer una documentación coherente y eficiente de acuerdo con la información de base y con toda la que llego del levantamiento en campo, al departamento operativo. Utilizando de la mejor manera posible las herramientas como Excel, Google Earth y AutoCAD permitiendo registrar el estado actual de los enlaces dentro de un entregable final.
- ✚ A fecha de hoy se puede concluir que hubo una masificación y apropiación de las Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), al expandir redes de fibra óptica a aproximadamente unos 700 municipios de Colombia, priorizando el servicio de banda ancha a los hospitales, instituciones educativas y alcaldías.
- ✚ Al aceptar la pasantía en **INTELCA PST**, me pude probar como Ingeniero al momento de proponer y resolver problemáticas afines de las labores asignadas con todo mi equipo de trabajo y como ser humano integral con sentido crítico y compromiso ético.

ABREVIACIONES

ACC	<i>Azteca Comunicaciones Colombia</i>
ADSS	<i>All-Dielectric Self Supporting</i>
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
APD	<i>Avalanche Photodiode Detector</i>
BPS	<i>Bits per Second</i>
DANE	<i>Departamento Administrativo Nacional de Estadística</i>
ED	<i>Empalme de derivación</i>
EIA	<i>Electronic Industry Association</i>
EV	<i>Electron Volt</i>
F. O	<i>Fibra Óptica</i>
ITU-T	<i>Telecommunication Standardization Sector</i>
LASER	<i>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
ODF	<i>Fiber Optic Distributor</i>
OPGW	<i>Optical ground wire</i>
OTDR	<i>Optical time-domain reflectometer</i>
PIN	<i>Estructura de tres capas de un Diodo Semiconductor Intrínseco</i>
SC/SC	<i>Subscriber Connector / Square Connector</i>
TIA	<i>Transimpedance Amplifier</i>
TIC	<i>Tecnologías de la Información y las Comunicaciones</i>

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Proyecto Nacional de Fibra Óptica / Documento Técnico Preliminar / Programa Compartel / Vive Digital Colombia. ©2011 Plan Vive Digital del Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC).
Web Access: <http://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-channel.html>
- [2] Cableado de Fibra Óptica para Comunicaciones de datos – Manual de Comprobación y solución de problemas. Fluke Networks, Inc. P.O. Box 777, Everett, WA USA 98206-0777. ©2009 Fluke Corporation. All rights reserved. Printed in USA 11/2009 3584157A.
Web Access: <http://www.flukenetworks.com>
- [3] MOHAMMAD Azadeh, Fiber Optics Engineering, Publisher (Springer Science + Business Media, LLC, 233 Spring Street, New York, NY 10013, USA) University of California ©2009; ISBN 978-1-4419-0303-7. Web Access: <http://www.springer.com>
- [4] MITSCHKE Fedor, Fiber Optics Physics and Technology, ©Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Universität Rostock, Institut für Physik, Germany 2009; ISBN 978-3-642-03702-3. Web Access: <http://www.springer.com>
- [5] ZIEMANN Olaf, KRAUSER Jürgen, ZAMZOW Peter E., DAUM Werner, POF Handbook; Optical Short Range Transmission Systems 2nd Edition, ©Springer-Verlag Berlin Heidelberg; deblik, Berlin, Germany 2008; ISBN 978-3-540-76628-5. Web Access: <http://www.springer.com>
- [6] LS Cable & System, Fiber Optic Cable Products; Leading Solution.
Web Access: <http://www.lscns.com>
- [7] Ronald J. Tocci, Neal S Widmer, Sistemas digitales, octava edición, PEARSON EDUCATION S.A, México, 2003; ISBN 970-26-0297-1.
Web Access: <http://www.pearsonedlatino.com/tocci>
- [8] John G. Proakis y Dimitri G. Manolakis, Tratamiento digital de señales, PEARSON EDUCATION S.A., Madrid, 2007; ISBN 978-84-8322-347-5.
Web Access: <http://www.librosite.net/proakis>
- [9] Paul A. Tipler, Física para la ciencia y la tecnología, cuarta edición, volumen 1, editorial Reverté S.A., España, 2003; ISBN 84-291-4381-5
Web Access: <http://www.reverte.com>
- [10] Página Web de INTELCA PST S.A. Bogotá, Colombia
Web Access: <http://www.intelca.com.co>

ANEXO 1

HALLAZGOS TECNICOS ENLACE FACATATIVÁ – BOJACÁ CUNDINAMARCA

I. INTRODUCCIÓN

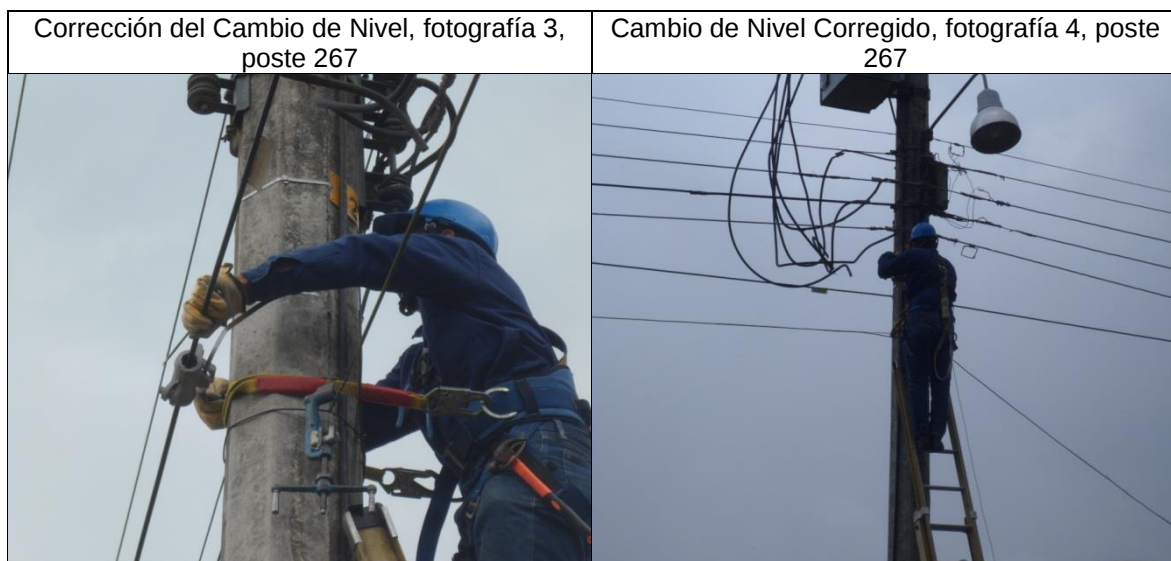
El siguiente documento muestra los cambios que se realizaron en terreno, debido a los hallazgos técnicos que encontró la interventoría del Ministerio TIC y que posteriormente fueron corregidos de forma satisfactoria.

II. DESARROLLO

Se reportaron varios hallazgos técnicos el día viernes 12 de abril, los cuales fueron corregidos de forma simultánea y de la siguiente manera:

El poste 267 con identificación PACVI: 454787 y Coordenadas Longitud: 74° 20' 27.89'' / Latitud: 4° 44' 10.61'', Reporta que se debe bajar un poco la fibra debido a que se encuentra muy pegada a los cables de tensión. (se encuentra un transformador).





El poste 220 con identificación PACVI: 45479470, con Coordenadas Longitud: 74° 20' 2.33'' / Latitud: 4° 45' 26.63'' y marquilla de empalme 2500227; Reporta que se debe re-organizar la caja de empalme de acuerdo a lo solicitado por la interventoría.



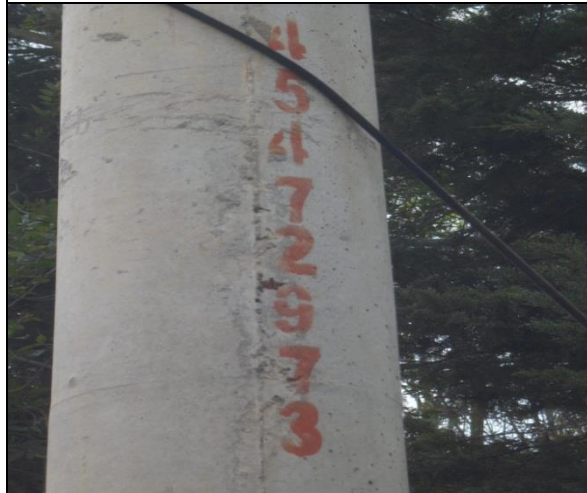
El poste 206 con identificación PACVI: 45473014 y Coordenadas: Longitud: 74° 19' 54.34'' / Latitud: 4° 45' 47.42'', Reporta que se debe actualizar la marquilla de empalme en cartera, debido a que la que se encontró en terreno es la marquilla 2500228.

Identificación del apoyo, fotografía 7, poste 206	Marquilla reportada en terreno, fotografía 8, poste 206
	

El poste 201 con identificación PACVI: 45472959 y Coordenadas: Longitud: 74° 19' 47.75'' / Latitud: 4° 45' 53.27'', Reporta que se debe re-organizar la reserva que se encuentra en chipa en el apoyo.

Re-organización de la reserva, fotografía 9, poste 201	Reserva organizada, fotografía 10, poste 201
	

El poste 203 con identificación PACVI: 45472973 y Coordenadas: Longitud: 74° 19' 51.34'' / Latitud: 4° 45' 51.96'', Reporta que se debe realizar el bucle adecuado para el paso de la fibra.

Identificación del apoyo, fotografía 11, poste 203	Fibra sin bucle, fotografía 12, poste 203
	
Realización del bucle, fotografía 13, poste 203	Bucle terminado, fotografía 14, poste 203
	

III. CONCLUSIONES

Luego de los hallazgos reportados por la interventoría REDCOM, fue necesario corregir de manera adecuada el cable, los herrajes, las reservas y la caja de empalme. Efectuando una distribución apropiada del cable a lo largo de todo el enlace.

ANEXO 2

Formato General - Tramo de Red de Fibra Óptica

[illegible]

Formato General - Unifilar de Empalmería

RUTA DE ENLACE:

DIRECCION O
CONDENADA NODOS:

CODIGO DE ENLACE

CONECTOR:

MUNICIPIO A:

CODIGO DANE PTO A:

NIVEL ODF EN RACK

POSICIÓN DE RACK A

POSICIONES HILOS ODF A

CONECTOR:

MUNICIPIO B:

CODIGO DANE PTO B:

NIVEL ODF EN RACK

POSICIÓN DE RACK B

POSICIONES HILOS ODF B:

ITEM	EMPALME				ENTRADA				SALIDA			Longitud Punto A-B (mts)	Longitud Entre Empalmes (mts)
	No Empalme:	Dirección y/o Referencia	Cordendas	Emp. Adorno o Catetizado	# MARQUILLA	# FIBRAS	Cap. / Span	# MARQUILLA	# FIBRAS	Cap. / Span			
ODF													
EMP													
EMP													
EMP													
EMP													
EMP													
EMP													
EMP													
EMP													
EMP													
EMP													
EMP													
ODF									No Aplica				
OBSERVACIONES:													

CONSTRUCTOR

NOMBRE DE EMPRESA

FIRMA PERSONA ENCARGADA

SUPERVISIÓN

EMPRESA QUE SUPERVISA

NOMBRE Y FIRMA DE SUPERVISOR

Formato General - Protocolo de aceptación de enlace F.O.

ATENUACION TOTAL DEL ENLACE							
				Hoja <u> </u> de <u> </u>			
ENLACE: _____				FECHA: _____			
ESTACIÓN A: _____				ESTACION B: _____			
MARCA EQUIPO A: _____				MARCA EQUIPO B: _____			
S/N EQUIPO A: _____				S/N EQUIPO B: _____			
LONG. ONDA: _____				ARCHIVO: _____			

FIBRA N°	MEDIDA A>B (dB)	MEDIDA B>A (dB)	PROMEDIO (dB)	FIBRA N°	MEDIDA A>B (dB)	MEDIDA B>A (dB)	PROMEDIO (dB)
1				25			
2				26			
3				27			
4				28			
5				29			
6				30			
7				31			
8				32			
9				33			
10				34			
11				35			
12				36			
13				37			
14				38			
15				39			
16				40			
17				41			
18				42			
19				43			
20				44			
21				45			
22				46			
23				47			
24				48			

OBSERVACIONES: _____

CONSTRUCTOR	SUPERVISIÓN	INTERVENTORIA
-------------	-------------	---------------