

**ESTUDIO APROVECHAMIENTO DEL CABLE DE GUARDA DE LAS LÍNEAS
DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN PARA TELECOMUNICACIONES: PERFIL
ECONÓMICO-SOCIAL PARA EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER**

**JOHN ALVARO SANTAMARIA SANCHEZ
VLADIMIR ALVAREZ NIÑO**

**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y
TELECOMUNICACIONES
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO – MECANICAS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
BUCARAMANGA
MAYO DE 2004**

**ESTUDIO APROVECHAMIENTO DEL CABLE DE GUARDA DE LAS LÍNEAS
DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN PARA TELECOMUNICACIONES: PERFIL
ECONÓMICO-SOCIAL PARA EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER**

**JOHN ALVARO SANTAMARIA SANCHEZ
VLADIMIR ALVAREZ NIÑO**

Tesis de Grado para optar el titulo de Ingeniero Electricista

**ING. GERARDO LATORRE BAYONA
Director**

**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y
TELECOMUNICACIONES
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO – MECANICAS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
BUCARAMANGA
MAYO DE 2004**

A mis padres Jairo y Yolanda, por su amor y comprensión.

A mi hermana Sandra, quien siempre me ha apoyado y me ha brindado una de las alegrías más grandes de mi vida, mi sobrina Marianita.

A Cesar, Tita, Wilson e Isbelia quienes han sido más que una familia para mí.

Y en especial a mi abuelita Josefina quien ha orado todos los días de su vida por ver realizado este momento.

VLADIMIR

A mi padre DIOS, mi madre MARIA, y mi hermano JESUS.

A mis padres Alvaro y Nubia, mis motivos de vida

**A mis hermanos Jimmy y Johana por toda la paciencia y amor
que me han tenido.**

**A Martha, Edilia y Gabriel, mas que una familia grandes
protagonistas en mi crecimiento y adolescencia.**

**Y en especial Alejandro y Gabina mis queridos abuelos
quienes desde el cielo brindan por este momento.**

JHON

AGRADECIMIENTOS

- Doctor Gerardo Latorre Bayona. por su paciencia, apoyo y comprensión. Durante la Dirección de este proyecto.
- Doctor Alirio Cala Vecino, por su colaboración.
- A nuestro amigo Jorge Jaimes, por su contribución a esta Tesis.
- A nuestro amigo, docente y calificador Ciro Jurado.
- Al Ingeniero Juan Carlos Rodríguez, por sus valiosos consejos.
- A nuestros familiares Alejandro Niño, Focion Niño y Victor Ardila.
- Al Paisa, Salus, Dickson, Lujan, Nelson, Pabelo, Papeto, Juan Carlos, Oscar, Rodolfo, Cantor, Carlos, Nestor Javier y Kike, compañeros y amigos, culpables de tantos años de vagancia en la UIS.
- De otro lado los Duraznitos cuyos nombres no colocamos para que no se peleen entre ellas. Sin embargo agradecemos a todas nuestras amigas, compañeras y novias que pasaron durante todos estos años y fueron un apoyo incondicional para nosotros.

TITULO: ESTUDIO APROVECHAMIENTO DEL CABLE DE GUARDA DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN PARA TELECOMUNICACIONES: PERFIL ECONÓMICO-SOCIAL PARA EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER*

AUTORES :

JHON ALVARO SANTAMARIA SANCHEZ

VLADIMIR ALVAREZ NIÑO**

PALABRAS CLAVES:

Fibra Óptica

OPGW

Cable de Guarda

Perfil Socio Económico

DESCRIPCION:

El OPGW (Optical Power Ground Wire) es un cable mixto compuesto por una parte óptica y una parte metálica. La parte óptica, constituida por fibras ópticas y elementos de protección y cableado, lleva a cabo la función como enlace de telecomunicaciones; mientras que la parte metálica realiza la función como cable de tierra de la línea de alta tensión.

El objeto de este estudio parte del análisis de la implementación del OPGW dentro de las poblaciones de Santander y principalmente sus cabeceras de provincia, por lo que se han seleccionado algunas de las líneas de 115 kV y 34.5 kV más representativas para lograr el mayor cubrimiento, y de este modo evaluar algunos indicadores dentro de la etapa de perfil de un estudio Socio – Económico que sirva como base para la toma de decisiones.

Este documento esta compuesto por cuatro capítulos en los que se consideran los principales aspectos técnico – económicos. El capitulo uno contiene las especificaciones, propiedades, clasificación e instalación de la fibra óptica. El segundo capitulo se centra en la definición, descripción, tipos y usos del cable de Guarda con núcleo de Fibra Óptica. En el capitulo siguiente se detalla la selección de un tipo de cable OPGW y su forma de instalación en las líneas de transmisión y finalmente encontramos los indicadores y selección de las líneas a evaluar dentro del perfil Socio- económico.

*Tesis de Grado.

**Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones.
Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas.
Director Gerardo Latorre Bayona.

TITLE: STUDIO GROUND WIRE PROFIT IN TRANSMISSION LINES AND DISTRIBUTION FOR TELECOMMUNICATIONS: SOCIAL-ECONOMIC PROFILE FOR DEPARTMENT OF SANTANDER*

AUTHORS:

JHON ALVARO SANTAMARIA SANCHEZ

VLADIMIR ALVAREZ NIÑO**

KEY WORDS:

OPTICAL FIBER
OPGW
GROUND WIRE
SOCIAL ECONOMIC PROFILE

DESCRIPTION:

The OPGW (optical power ground wire) is a mixed wire compound by an optical part and a metal part. The optical part, compound by optical fibres and protection elements, works as telecommunications link, and the metal part works as ground wire of the high voltage line.

The purpose of this studio begins with the analisis of the OPGW use in the Santander's towns and its capital's cities, that's the way have been selected some of the most representative lines of 115kV and 34.5 kV to get the largest cover, and this way, evaluating some parameters in the profile stage of a social-economic studio which works as base to take decisions.

This document is compound by four chapters in which are considered the principal technical and economic aspects. Chapter one contains specific facts, parts, classification and installation of the optical fiber. Chapter two contains definition, description, kinds and use of the optical fiber nucleus ground wire. The next chapter details the selection of an OPGW and its way of installation in the transmission lines and finally we found parameters and selection of the lines to evaluate in the social-economic profile.

* Degree Thesis

**Electric, Electronic and Telecommunications Engineering School
Physical Mechanic Sciences Faculty
Gerardo Latorre Bayona. Director

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1 LA FIBRA ÓPTICA	4
1.1 DEFINICIÓN.	4
1.2 CONCEPTOS BÁSICOS.	5
1.3 COMPOSICIÓN.	6
1.4 CONCEPTO DE TRANSMISIÓN.	6
1.5 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES POR FIBRA.	7
1.6 PROPIEDADES DE LA FIBRA ÓPTICA.	9
1.7 CLASIFICACIÓN DE FIBRAS	12
1.7.1 Tipos	12
1.7.1.2 Fibras De Alta Calidad	14
1.7.1.2.1 Fibras Multimodo.	14
1.7.1.2.2 Fibra Multimodo con Índice Gradual	16
1.7.1.2.3 Fibras Monomodo	17
1.8 LOS CABLES DE FIBRA	19
1.8.1 Introducción	19
1.8.2 Parámetros De Diseño	20
1.8.2.1 Sensibilidad A Curvaturas Y Microcurvaturas	20
1.8.2.2 Resistencia Mecánica	22
1.8.2.3 Fatiga estática	22
1.8.2.4 Atenuación Por Cableado.	23

1.8.3	Estructura De Los Cables	23
1.8.3.1	Estructuras Holgadas	24
1.8.4	Prueba De Los Cables	25
1.8.5	Tipos más importantes de cables	27
1.8.5.1	Cables Para Redes Urbanas Y Locales	28
1.8.5.2	Cables Monofibra y Bifibra	29
1.8.5.3	Cables Dieléctricos	30
1.8.5.4	Cables Para Empresas Eléctricas.	31
1.9	TENDIDO Y UNIONES	32
1.9.1	Marco General	32
1.9.2	Tipos de infraestructura.	33
1.10	LOS PRO Y CONTRA DE LA FIBRA ÓPTICA	33
1.10.1	Ventajas	33
1.10.2	Desventajas	34
1.11	COMPARACIÓN CON OTROS MEDIOS	35
1.11.1	Comparación Con Los Cables Coaxiales	35
1.11.2	Comparación Con Las Comunicaciones Por Satélite	35
2	EL CABLE DE GUARDA CON FIBRA ÓPTICA	37
2.1	INTRODUCCION	37
2.2	DESCRIPCIÓN DEL CABLE	38
2.2.1	Parte Metálica	38
2.2.1.1	Construcción	38
2.2.1.2	Comportamiento Eléctrico Y Mecánico	40
2.2.2	Núcleo Óptico	40

2.2.2.1	Construcción	40
2.2.2.2	Comportamiento Térmico Y Mecánico	41
2.3	SISTEMAS DE CONEXIÓN PARA OPGW	43
2.3.1	Generalidades	43
2.3.2	Características y componentes de las cajas de empalme EWJ	44
2.3.2.1	Cajas de Empalme	44
2.3.2.2	Prensatopas para el cable	46
2.3.2.3	Organizador	46
2.3.2.4	Anclaje horizontal a la torre	47
2.3.2.5	Protección a los rayos solares	47
2.4	ACCESORIOS Y HERRAJES	47
2.4.1	Conjunto de amarre	47
2.4.2	Conjuntos de suspensión	48
2.4.3	Antivibradores	49
2.4.4	Grapas de amarre	50
2.4.5	Cajas de distribución	50
2.5	CABLES COMPUESTOS TIERRA ÓPTICOS	51
2.5.1	OPGW Monocorona	51
2.5.2	OPGW Doble Corona	52
2.5.3	OPGW Monotubo central	53
2.5.4	OPGW Tubos de acero	54
2.6	CABLES DE ACOMETIDA	54
2.6.1	Opsycom EKE	55
2.6.2	Opsycom EKH9E	55

2.6.3	Opsycom EKDE	56
3	INSTALACION DEL CABLE DE TIERRA CON FIBRA OPTICA	58
3.1	MARCO GENERAL	58
3.2	SELECCIÓN DEL CABLE A INSTALAR	58
3.2.1	Especificaciones técnicas del cable OPGW Monocorona	59
3.2.1.1	Características Generales OPGW Monocorona	59
3.2.1.2	Conformación del Núcleo Óptico OPGW Monocorona	60
3.2.1.3	Características de la Parte Metálica OPGW Monocorona	60
3.2.1.4	Prestaciones Mecánicas Y Ambientales OPGW Monocorona	61
3.2.1.5	Dimensiones y Peso OPGW Monocorona	61
3.2.1.6	Prestaciones Eléctricas OPGW Monocorona	61
3.3	INSTALACION DEL CABLE OPGW MONOCORONA	62
3.3.1	Almacenaje de las bobinas e inspección física del cable	63
3.3.2	Flechas	66
3.3.3	Controles	67
3.3.4	Instalación De Herrajes Y Accesorios OPGW Monocorona	67
3.3.5	Conexión De Las Cajas EWJ y elementos del Tendido OPGW Monocorona	68
3.3.5.1	Tipos de Cajas a utilizar	68
3.3.5.2	Metodología de instalación de las cajas EWJ	68
3.3.5.3	Instalación en los puertos de entrada	69
3.3.5.4	Organización de las fibras.	70
3.3.5.5	Patch Cord	70
3.3.6	Tendido Del Cable Terminal EKDR	70

3.3.6.1	Trabajos en Carcamos	71
3.3.6.2	Recomendaciones para el tendido del EKDR	72
4	PERFIL ECONOMICO – SOCIAL DEL PROYECTO	74
4.1	DEFINICIÓN	74
4.2	ETAPAS	75
4.3	ASPECTOS GENERALES	76
4.3.1	Marco de Referencia	76
4.4	INVENTARIO LÍNEAS ESSA	77
4.4.1	Líneas A 230 y 115 KV	78
4.4.2	Líneas ESSA A 34.5 kV	79
4.5	SELECCIÓN DE LINEAS A EVALUAR	80
4.5.1	Cuadros de Costos	82
4.6	INDICADORES	97
4.6.1	Indicadores de evaluación	102
4.6.1.1	Valor presente de los costos	102
4.6.1.2	Costo Anual Equivalente	103
4.6.2	Beneficios Sociales	109
4.6.2.1	Costo por Habitante Beneficiado	109
4.6.2.2	Una fuente, múltiples servicios	114
	CONCLUSIONES	120
	OBSERVACIONES	123
	BIBLIOGRAFIA	125

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA 1	Fibra Multimodo	14
FIGURA 2	Fibras Multimodo de Índice Gradual	16
FIGURA 3	Perdidas en las Fibras por Curvatura	21
FIGURA 4	Detalle de un Tubo con Estructura Holgada	25
FIGURA 5	Cable Multifibra para Redes Interurbanas	29
FIGURA 6	Cables Monofibra y Bifibra	29
FIGURA 7	Vista Frontal y de perfil Cable OPGW	39
FIGURA 8	Descripción Núcleo Óptico OPGW	41
FIGURA 9	Montaje de Cajas de Empalme EWJ	44
FIGURA 10	Caja de Empalme	44
FIGURA 11	Entradas y sujeción del OPGW	45
FIGURA 12	Fijación a la torre de la caja EWJ	45
FIGURA 13	Herraje de Amarre	47
FIGURA 14	Amarres de Suspensión	48
FIGURA 15	Antivibradores	49
FIGURA 16	Grapas de amarre	50
FIGURA 17	OPGW Monocorona	51
FIGURA 18	OPGW Doble Corona	52
FIGURA 19	OPGW Monotubo central	53
FIGURA 20	OPGW Tubos de acero	54
FIGURA 21	Opsycom EKE	55

FIGURA 22	Opsycom EKH9E	56
FIGURA 23	Opsycom EKDE	57
FIGURA 24	Instalación del Cable	62
FIGURA 25	Esquemas del dispositivo de freno	64
FIGURA 26	Dispositivo de Tensión	66

LISTA DE TABLAS

		Pág.
TABLA 1	Composición de la Fibra Óptica.	13
TABLA 2	Características Cable de 32 Fibras	28
TABLA 3	Comparación Fibra Óptica – Cable Coaxial	35
TABLA 4	Condiciones de Operación del OPGW	42
TABLA 5	Conformación del núcleo óptico	60
TABLA 6	Características de la Parte Metálica	60
TABLA 7	Prestaciones Mecánicas Y Ambientales	61
TABLA 8	Dimensiones y Peso	61
TABLA 9	Prestaciones Eléctricas	61
TABLA 10	Líneas 230 y 115 kV	78
TABLA 11	Líneas ESSA A 34.5 kV	80
TABLA 12	Estructuras elegidas a 115 kV	83
TABLA 13	Estructuras elegidas a 34.5 kV	83
TABLA 14	CUADRO DE COSTOS LINEA 115 kV PALENQUE - TERMOBARRANCA	84
TABLA 15	CUADRO DE COSTOS LINEA 115 kV BUCARAMANGA - SAN GIL	85
TABLA 16	CUADRO DE COSTOS LINEA 115 KV BARBOSA - CIMITARRA	86
TABLA 17	CUADRO DE COSTOS LINEA 115 kV LIZAMA - SABANA	87

TABLA 18	CUADRO DE COSTOS LINEA 115 kV SAN GIL - MALAGA	88
TABLA 19	CUADRO DE COSTOS LINEA 34.5 kV TERMOBARRANCA - PUERTO WILCHES	89
TABLA 20	CUADRO DE COSTOS LINEA 34.5 kV ZAPATOCA - SAN VICENTE	90
TABLA 21	CUADRO DE COSTOS LINEA 34.5 kV PALOS - MATANZA	91
TABLA 22	CUADRO DE COSTOS LINEA 34.5 kV BARBOSA - VELEZ - SUCRE	92
TABLA 23	CUADRO DE COSTOS LINEA 34.5 kV OIBA - GUADALUPE - CONTRATACION	93
TABLA 24	CUADRO DE COSTOS LINEA 34.5 kV SAN GIL - SOCORRO	94
TABLA 25	CUADRO DE COSTOS LINEA 34.5 kV PALENQUE - ZAPATOCA	95
TABLA 26	CUADRO DE COSTOS LINEA 34.5 kV SOCORRO - OIBA - VADO REAL	96
TABLA 27	Flujo de Caja de Inversión Final 115 kV	99
TABLA 28	Flujo de Caja de Inversión Final 34.5 kV	100
TABLA 29	Relación de Personal	101
TABLA 30	Valor Presente Costos 115 kV	105
TABLA 31	Valor Presente Costos 34.5 kV	106
TABLA 32	Costo Anual Equivalente 115 kV	107

TABLA 33	Costo Anual Equivalente 34.5 kV	108
TABLA 34	Costo Habitante Beneficiado 115 kV	112
TABLA 35	Costo Habitante Beneficiado 34.5 kV	113

INTRODUCCION

Actualmente el mundo de las telecomunicaciones está cambiando en forma muy rápida, los proveedores de redes y servicios alrededor del mundo se enfrentan a retos similares y están tratando de sobrevivir y mantenerse rentables a medida que aparecen más y más competidores presentando diversos fenómenos en el mercado.

Encontramos que los precios de los servicios tienden a bajar, aumentando los niveles de atención al cliente y su calidad, además de la rapidez para producir productos y servicios innovadores realizando entre ellos mismos alianzas, esta forma de enfrentar este ambiente ha llevado a un punto de alto grado de competencia con calidad el cual trae beneficios para el usuario.

Dentro de ese contexto se ha observado que los operadores que logren modernizar más sus medios de transmisión con tecnología de punta, son los llamados a cautivar un mayor porcentaje del mercado, pues son los que podrán ofrecer los servicios básicos y de valor agregado dentro de las telecomunicaciones con una excelente calidad y precios bajos.

En este panorama, el cable OPGW (Cable de Guarda con núcleo de fibra óptica) se ha revelado como la solución más indicada.

Al instalarse en sustitución del cable de tierra en las líneas aéreas de alta tensión queda solventado todo el tedioso y largo proceso de permisos y derechos de paso que,

usualmente, supone problemas de retrasos en la instalación y puesta en marcha de la red.

Así mismo, la instalación del cable OPGW, ágil y sin necesidad de obra civil, comporta una importante reducción de costos en la implantación de la red de fibra óptica.

El OPGW (Optical Power Ground Wire) es un cable mixto compuesto por una parte óptica y una parte metálica. La parte óptica, constituida por fibras ópticas y elementos de protección y cableado, lleva a cabo la función como enlace de telecomunicaciones; mientras que la parte metálica realiza la función como cable de tierra de la línea aérea de alta tensión.

No existe un estándar internacional que normalice la construcción del cable OPGW, con lo que se encuentran en el mercado diferentes tipos y estructuras de este cable, cada uno de los cuales con sus ventajas e inconvenientes.

El objeto de este estudio parte del análisis de la implementación del OPGW dentro de las poblaciones de Santander y principalmente sus cabeceras de provincia, por lo que se han seleccionado algunas de las líneas de 115 KV y 34.5 KV más representativas para lograr el mayor cubrimiento del departamento, y de este modo evaluar algunos indicadores dentro de la etapa de perfil de un estudio Socio – Económico que sirva como base para la toma de decisiones que permita avanzar dentro de la etapa de pre – inversión de este proyecto Social.

El perfil se elaboro principalmente con fuentes secundarias y preliminares, de manera que permita identificar los aspectos generales, el diagnostico de la situación actual en el departamento, al igual que la estimación de los costos para la implementación del OPGW en las líneas seleccionadas dentro del inventario de redes de transmisión y distribución en Santander. El análisis de costos permite considerar el valor presente neto y el costo anual equivalente para cada línea, así como se resalta el impacto social en la población que fue la principal motivación para la realización de este estudio.

Este documento esta compuesto por cuatro capítulos en los que se consideran los principales aspectos técnico – económicos. El capitulo uno contiene las especificaciones, propiedades, clasificación e instalación de la fibra óptica. El segundo capitulo se centra en la definición, descripción, tipos y usos del cable de Guarda con núcleo de Fibra Óptica. En el capitulo siguiente se detalla la selección de un tipo de cable OPGW y su forma de instalación en las líneas de transmisión y finalmente encontramos los indicadores y selección de las líneas a evaluar dentro del perfil Socio- económico.

1. LA FIBRA ÓPTICA

1.1 DEFINICIÓN

Es un filamento de vidrio sumamente delgado y flexible (de 2 a 125 micrones) capaz de conducir rayos ópticos (señales sobre la base de la transmisión de luz). Las fibras ópticas poseen capacidades de transmisión enormes, del orden de miles de millones de bits por segundo. Se utilizan varias clases de vidrios y plásticos para su construcción.

En consecuencia, la fibra es un conductor óptico de forma cilíndrica que consta del núcleo, un recubrimiento, que tienen propiedades ópticas diferentes de las del núcleo, y la cubierta exterior que absorbe los rayos ópticos y sirve para proteger al conductor del medio ambiente, así como darle resistencia mecánica.

Como ventaja, y a diferencia de los pulsos electrónicos, los impulsos luminosos no son afectados por interferencias causadas por la radiación aleatoria del ambiente. Adicionalmente cuando las compañías telefónicas reemplacen finalmente los cables de cobre de sus estaciones centrales e instalaciones domiciliarias, por fibras ópticas, estará disponible de modo interactivo una amplia variedad de servicios de información para el consumidor, incluyendo la televisión de alta definición. Desde el punto de vista de la empresa, esta tecnología tiene la ventaja de que cada una de las fibras ópticas, puede transportar miles de conversaciones simultáneas de voz digitalizada.

1.2 CONCEPTOS BÁSICOS

Las fibras ópticas son filamentos de vidrio de alta pureza extremadamente compactos. El grosor de una fibra es similar a la de un cabello humano y se fabrica a alta temperatura con base en silicio. Su proceso de elaboración es controlado por medio de computadoras, para permitir que el índice de refracción de su núcleo, que es la guía de la onda luminosa, sea uniforme y evite las desviaciones. Entre sus principales características se puede mencionar que son compactas, ligeras, con bajas pérdidas de señal, amplia capacidad de transmisión y un alto grado de confiabilidad debido a que son inmunes a las interferencias electromagnéticas de radio-frecuencia. Las fibras ópticas no conducen señales eléctricas por lo tanto son ideales para incorporarse en cables sin ningún componente conductivo y pueden usarse en condiciones peligrosas de alta tensión. Tienen la capacidad de tolerar altas diferencias de potencial sin ningún circuito adicional de protección y no hay problemas debido a los corto circuitos, tienen un gran ancho de banda, que puede ser utilizado para incrementar la capacidad de transmisión con el fin de reducir el costo por canal; de esta forma, es considerable el ahorro en volumen en relación con los cables de cobre.

Con un cable de seis fibras se puede transportar la señal de más de cinco mil canales o líneas principales, mientras que se requiere de 10,000 pares de cable de cobre convencional para brindar servicio a ese mismo número de usuarios, con la desventaja que este último medio ocupa un gran espacio en los conductos y requiere de grandes volúmenes de material, lo que también eleva los costos.

Comparado con el sistema convencional de cables de cobre donde la atenuación de sus señales, (decremento o reducción de la onda o frecuencia) es de tal magnitud que

requiere de repetidores cada dos kilómetros para regenerar la transmisión, en el sistema de fibra óptica se pueden instalar tramos de hasta 70 Km. Sin que haya necesidad de recurrir a repetidores; lo que también hace más económico y de fácil mantenimiento este material. Originalmente, la fibra óptica fue propuesta como medio de transmisión debido a su enorme ancho de banda; sin embargo, con el tiempo se ha planteado para un amplio rango de aplicaciones además de la telefonía, automatización industrial, computación, sistemas de televisión por cable y transmisión de información de imágenes astronómicas de alta resolución entre otros.

1.3 COMPOSICIÓN

La mayoría de las fibras ópticas son fabricadas de arena o sílice, materia prima abundante en comparación con el cobre. Los dos constituyentes esenciales de las fibras ópticas son el núcleo y el revestimiento. El núcleo es la parte más interna de la fibra y es la que guía la luz. Consiste en una o varias hebras delgadas de vidrio o de plástico con diámetro de 50 a 125 micras. El revestimiento es la parte que rodea al núcleo, y que lo protege. El conjunto de núcleo y revestimiento está a su vez rodeado por un forro o funda de plástico u otros materiales que lo resguardan contra la humedad, el aplastamiento, los roedores, y otros riesgos del entorno. El despliegue tiene en general tres tipos de trazado fundamentales: ruta carretera, vía ferroviaria o líneas de alta tensión.

1.4 CONCEPTO DE TRANSMISIÓN

En un sistema de transmisión por fibra óptica existe un transmisor que se encarga de transformar las ondas electromagnéticas en energía óptica o en luminosa: por ello se le considera el componente activo de este proceso. Una vez que es transmitida la señal luminosa por las minúsculas fibras, en otro extremo del circuito se encuentra un tercer

componente al que se le denomina detector óptico o receptor, cuya misión consiste en transformar la señal luminosa en energía electromagnética, similar a la señal original. El sistema básico de transmisión se compone en este orden, de señal de entrada, amplificador, fuente de luz, corrector óptico, línea de fibra óptica (primer tramo) empalme, línea de fibra óptica (segundo tramo), corrector óptico, receptor, amplificador y señal de salida.

En resumen, se puede decir que en este proceso de comunicación la fibra óptica funciona como medio de transporte de la señal luminosa, generado por el transmisor de LED'S (diodos emisores de luz) y láser. Los diodos emisores de luz y los diodos láser son fuentes adecuadas para la transmisión mediante fibra óptica, debido a que su salida se puede controlar rápidamente por medio de una corriente de polarización. Además, su pequeño tamaño, su luminosidad, longitud de onda y el bajo voltaje necesario para manejarlos son características atractivas.

1.5 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES POR FIBRA.

Un sistema comunicaciones por fibra óptica se compone de una o varias fibras para cada dirección de transmisión, terminadas en sus extremos por un emisor y un receptor.

El primero consiste en un convertidor electro óptico: Su misión, bien se trate de un led o de un diodo láser, es suministrar la onda portadora luminosa encargada de transportar toda la información básica analógica o digital a través de la fibra óptica hacia el detector.

El elegir uno u otro tipo de emisor es función de la potencia de salida que se requiere y la velocidad binaria necesaria. El láser tiene una mayor potencia de salida que el diodo LED y presenta mejores posibilidades de acoplamiento a la fibra. Sin embargo, es más caro y su tiempo de vida es menor aunque actualmente se están haciendo mejoras.

El emisor contiene, básicamente los sistemas codificadores de la señal incidente, el diodo LED como generador de la onda portadora y un modulador. Dispone de un terminal de fibra al que se acopla un conector de unión con la sección de primera de la fibra. Los primeros transmisores eran diodos que producían radiaciones infrarrojas en una longitud de onda de 870 nm; los diodos respondían a los cambios que experimenta la señal eléctrica emitiendo luz con diferentes intensidades

Cada fibra consta de una parte central, llamada núcleo, además de su parte exterior, revestimiento, que actúa como guía de la luz que se propaga a lo largo del primero. Las señales, en su progresión a lo largo de la fibra, se van ensanchando y debilitando. La dispersión de la señal se debe, en parte, a las diferentes velocidades a que se propaga por el núcleo las radiaciones de distinta frecuencia; en cuanto a la atenuación de la señal, viene provocada, en gran medida por la absorción de las impurezas del vidrio.

Antes de que la atenuación y la dispersión de la señal inyectada la hagan irreconocible para el receptor, es preciso regenerarla. Esta función corresponde a los regeneradores, que no son propiamente amplificadores, ya que no sólo restituyen en el nivel de la señal, sino que la conforman. Para regenerar la señal procedente en la fibra es preciso proceder previamente a una conversión optoelectrónica (O/E) mediante un detector PIN; La señal

eléctrica obtenida se trata en regenerador y se pasa después por otro convertidor electro óptico (E/O), lanzando nuevamente al medio de transmisión, aunque los sistemas actuales tienden a los sistemas ópticos integrados, donde no es preciso recurrir a estas conversiones intermedias.

Al final del sistema se encuentra el receptor, compuesto por un detector -convertidor optoelectrónico y una sección de amplificación, que lleva la señal a un nivel adecuado para su ataque al equipo final.

La adecuación de la señal al medio de transmisión exigen darle determinadas formas, lo que se consigue mediante los llamados códigos de línea. En los sistemas de transmisión por fibra se incluyen, además de las señales de tráfico propiamente dichas otras de control de la tasa de errores (BER), sincronización, supervisión y telealimentación.

1.6 PROPIEDADES DE LA FIBRA ÓPTICA

1. La fibra óptica presenta un gran ancho de banda lo que supone más información por conductor que con los medios convencionales. Se manejan valores desde cientos de MHz hasta decenas de GHz.

2. La atenuación que presenta la fibra no depende de la velocidad de transmisión a la que esté explotando, lo cual no ocurre en cables convencionales, ya que en ellos el aumento de la atenuación es directamente proporcional al aumento del régimen binario, con la velocidad de transmisión (Mb/s). La fibra óptica es totalmente adecuada en virtud de esta característica para transmitir las más altas jerarquías digitales. Sin embargo presenta cierta atenuación, función de sus características físicas, que además, es variable con la

longitud de onda de la señal que atraviesa.

Esa atenuación pasa por los mínimos en determinadas longitud de onda, llamadas ventanas de transmisión, situadas en las zonas de 800 - 900 nm, 1200 -1300 nm y 1500 - 1600 nm.

Los primeros sistemas comerciales (1977) trabajaban en la zona de 850 nm, en gran parte a causa de la ausencia de rayos láser y detectores para mayores longitudes de onda, la velocidad binaria era de 45 Mb/s y los regeneradores intermedios distaban entre sí unos 6 kilómetros.

Más adelante se comenzaron a implantar los sistemas a 1300 nm, longitud de onda que proporcionaba más bajas fibras de atenuación, llegando a superar los 1550 nm, con velocidades comerciales de 565 Mb/s (5 jerarquía digital) y ya se empiezan resultados primeros sistemas a 1200 Mb/s. Los sistemas de la 5 de jerarquía pueden transmitir por la fibra 7680 canales de comunicación simultánea con una distancia entre regeneradores superior a los 50 kilómetros.

3. La fibra es inmune al ruido y las interferencias por ser un medio dieléctrico; Esta es una característica positiva en muchas aplicaciones, sobre todo cuando el cable debe pasar por zonas donde hay instalaciones de alta tensión.

4. La información que viaja por la fibra no se puede detectar, aunque sí interceptar, porque la luz no es sensible a ningún fenómeno de tipo inductivo debido a la especial configuración de su campo electromagnético. Esto explica porque cerca del 10% de la

producción mundial de fibra se destine a instalaciones militares.

5. La fibra presenta dimensiones más reducidas que los medios comercialmente anteriores y existentes, lo que se traduce en economía en el transporte. Un cable de varias fibras en un diámetro aproximado de 8 o 10 mm, proporciona la misma o más información que un coaxial de 10 tubos. Como consecuencia el número de enlaces o circuito por unidad de volumen ocupado es muy superior en la fibra que en un cable coaxial.

6. El peso del cable fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos, lo cual lleva a una gran facilidad de instalación (aproximadamente 50 a 200 kilogramos por kilómetro, y las bobinas pueden ser de una longitud que va de 2 a 6 kilómetros, mientras que en el cable coaxial son de unos 300 metros)

7. La sílice tiene un margen de funcionamiento amplio referente a la temperatura, pues funde a 600 grados centígrados. La fibra óptica presenta un funcionamiento uniforme desde -55°C a 125°C sin degradación de sus características al contrario de lo que ocurre en muchos cables metálicos, cuya atenuación depende de su resistencia, y ésta de la temperatura.

8. La materia prima para fabricarla es abundante en la naturaleza (es el 30% de la superficie terrestre), lo cual conduce a la disminución de costos sistemáticamente según mejoran los sucesos tecnológicos, al contrario lo que ocurre con el cobre, cuyo precio depende básicamente de las reservas, de hecho el precio del cable de fibra ha ido disminuyendo progresivamente desde su nacimiento, ya que su costo es inversamente

proporcional al volumen de producción

1.7 CLASIFICACIÓN DE FIBRAS

1.7.1 Tipos

Las fibras ópticas pueden ser clasificadas de acuerdo a los diversos parámetros ópticos, geométricos o dinámicos que las definen.

- Por la aplicación a la cual se destine, diversificando su uso en fibras de alta o media calidad.
- Por el perfil debido al índice de refracción, se pueden encontrar los de perfil gradual, doble entalladura, segmentado etc. Atendiendo a las características de transmisión que se desee mejorar.
- Por el número de modos transmitidos, ya sea monomodo o multimodo.
- Por los materiales de núcleo y revestimiento y su composición.

Para optar por el tipo de fibra a utilizar, debe tenerse en cuenta varias de estas características, enfatizando en la aplicación a la cual se destine.

Sobre esto último logramos considerar dos grupos.

Fibras de alta calidad que generalmente son manejadas para enlaces de telecomunicación.

Fibras para enlaces de corta y media distancia.

En estos procesos lo más frecuente es que las fibras sean de vidrio, asimismo se pueden encontrar de plástico pero la atenuación que presenta no es la ideal, debido a esto se aplican a distancias muy cortas (de pocos metros).

		SÍLICE	VIDRIO POLICOMPONENTE
COMPOSICIÓN	Núcleo	Oxidos de silicio, germanio, boro y fósforo	Oxidos de silicio, sodio, calcio y germanio
	Revestimiento	Oxidos de boro, sílice y fluoruros de silicio	Misma composición que el núcleo
MATERIALES	Núcleo	Tetracloruros de germanio y silicio y tricloruros de fósforo y boro	Tetracloruro de silicio y nitratos de calcio y sodio
	Revestimiento	Tetracloruro de silicio, tetrafloruro y hexafloruro de silicio	Misma composición que el núcleo

TABLA 1 Composición de la Fibra Óptica.¹

Dentro de cualquiera de los dos tipos que se han presentado encontramos las fibras monomodo y multimodo. Por su mayor anchura de banda, las fibras monomodo se aplican en enlaces de larga distancia y que posean un flujo de información considerable, requerido en nuestro caso, además en cables submarinos siendo su velocidad superior a los 140 Mb/s.

¹ Tomado del Libro Introducción a la Ingeniería de la Fibra Óptica, Baltasar Rubio Martínez.

Las fibras ópticas multimodo fueron utilizadas anteriormente a las monomodo, su aplicación se concentró en enlaces telefónicos y redes urbanas, cuyas velocidades oscilan entre los 34 y 140 Mb/s, el ancho de banda era aproximadamente de 850 nm, el cual era más que suficiente.

1.7.1.2 Fibras De Alta Calidad

1.7.1.2.1 Fibras Multimodo.

Es una fibra óptica que tiene varios modos de propagación, posee circuitos electrónicos de menor complejidad que trae consigo bajo costo de interconexión, presenta el inconveniente de utilizarse en distancias limitadas menores a 30 Km aparte de la baja capacidad de transmisión < 300 Mbit/seg.

Preferiblemente se usa en redes LAN, seguridad y señalización.

En este tipo de fibra viajan varios rayos ópticos reflejándose a diferentes ángulos como se muestra en la figura 1.

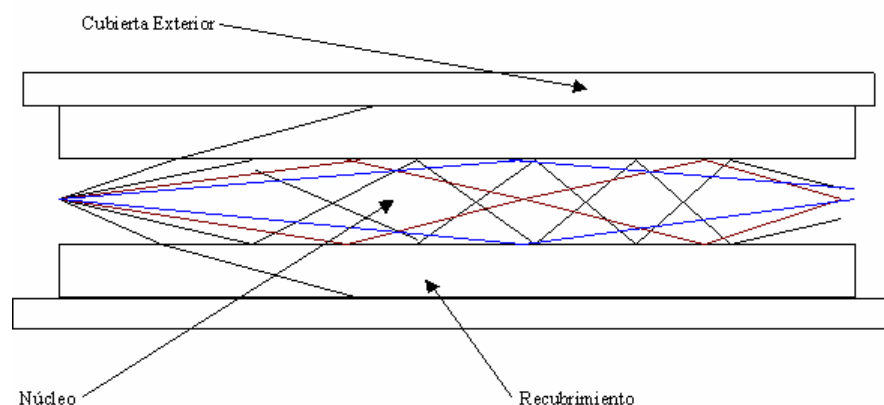


FIGURA 1. Fibra Multimodo

Los diferentes rayos ópticos recorren diversas distancias y se desfasan al viajar dentro de la fibra. El núcleo y revestimiento es de sílice, se caracterizan porque el dopado del núcleo hace que el índice de refracción presente una forma casi parabólica, siendo máximo en el centro y disminuyendo hacia la periferia. Lo concerniente a la apertura numérica teórica máxima se espera una oscilación entre 0,18 y 0,23 para fibras trabajando en la región de 850 nm y entre 0,15 y 0,20 para fibras usadas con transmisores ópticos en la región de 1300 nm, en todo caso el valor nominal no difiere del real en 0,02.

En lo concerniente a los largos de fabricación, se refiere únicamente a los parámetros de transmisión, pues las características geométricas y ópticas se ven afectadas escasamente en el proceso de cableado.

Los parámetros de transmisión obedecen acusadamente a la longitud de onda, y de ahí que al especificarlas convenga indicar las condiciones de medida. En el margen de 10 °C a 35 °C no se aprecian cambios considerables.

Refiriéndose a la difusión cromática por lo general se solicita al fabricante, además del método de medida. Como valores típicos para las fibras de SiO₂ de alta calidad se consideran 80–120 ps/km.nm para la región de 850 nm 4-6 ps/km.nm para la región de 1300 nm.

1.7.1.2.2 Fibra Multimodo con Índice Gradual

En este tipo de fibra óptica el núcleo está hecho de varias capas concéntricas de material óptico con diferentes índices de refracción. La propagación de los rayos en este caso sigue un patrón similar al mostrado en la figura 2

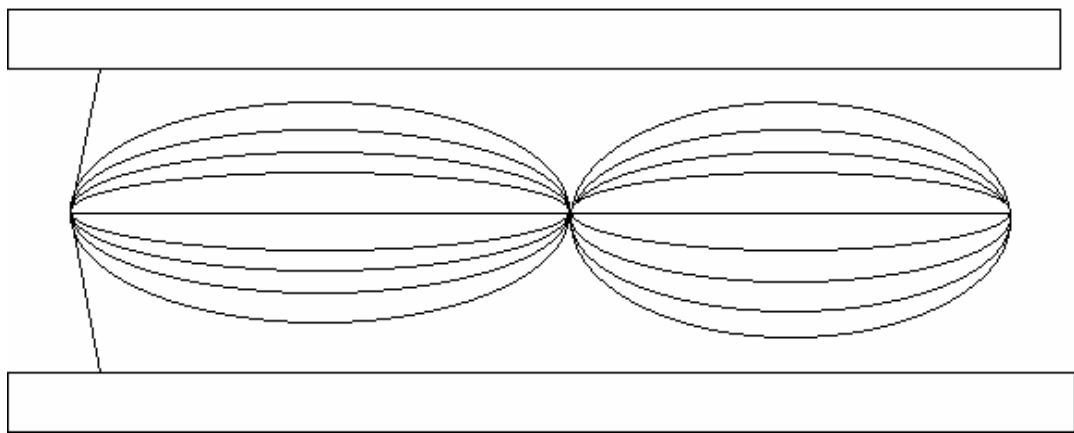


FIGURA 2. Fibras Multimodo de Índice Gradual

En estas fibras el número de rayos ópticos diferentes que viajan es menor y, por lo tanto, sufren menos el severo problema de las multimodales en general, sus características de transmisión son mucho más interesantes por el modo de propagación de las ondas en el interior del núcleo.

La velocidad de propagación en un medio de índice de refracción n es c/n , donde c es la velocidad de la luz en el vacío. Así si es mayor el índice en el centro del núcleo, la velocidad de las ondas que transitan por él es menor que las de aquellas que viajan por puntos más periféricos, con lo que el menor espacio a recorrer por aquellas es

compensado con su menor velocidad, permitiendo así que ondas emitidas en una cara y en un instante determinado lleguen casi al mismo tiempo al otro extremo.

Debido a esto el retardo entre modos será menor, siendo menor también el ensanchamiento del impulso original en la recepción, con la posibilidad del aumento del ancho de banda.

1.7.1.2.3 Fibras Monomodo

Es una fibra óptica que tiene un solo modo de propagación y la que menor dispersión tiene. Una gran capacidad de transmisión > 10 Gbit/seg, además de grandes distancias entre repetidores > 150 Km. Se limita en circuitos electrónicos de gran complejidad y alto costo de interconexión, preferiblemente se usan en telefonía, televisión y Redes Wan.

Esta fibra óptica es la de menor diámetro y solamente permite viajar al rayo óptico central. No sufre el efecto de las otras dos pero es más difícil de construir y manipular. Tiene también costos más elevados pero permite distancias de transmisión mayores.

La fibra Monomodo ha llegado a revolucionar la comunicación de datos ya que tiene las siguientes ventajas:

- Gran ancho de banda (alrededor de 14Hz)
- Muy pequeña y ligera
- Muy baja atenuación
- Inmunidad al ruido electromagnético

Para transmitir señales por fibra óptica se utiliza modulación de amplitud sobre un rayo óptico, la ausencia de señal indica un cero y la presencia un uno.

La transmisión de fibra óptica es unidireccional. Actualmente se utilizan velocidades de transmisión de 50, 100 y 200 Mbps, pero experimentalmente se han transmitido hasta Gbps sobre una distancia de 110 Km. Los cables de fibras monomodo se utilizan, con preferencia a las multimodo en las redes de telecomunicación. Las aplicaciones en comunicaciones que actualmente se trabajan pueden exigir varios tipos de fibras que difieren en:

- a) La naturaleza del perfil del índice de refracción;
- b) La longitud de onda de funcionamiento;
- c) Las características geométricas y ópticas.

Para la materialización de una fibra monomodo se pueden adaptar a diversas configuraciones del perfil del índice.

Las descripciones de los largos de fabricación de cable se refieren únicamente a los parámetros de transmisión, ya que las características ópticas y geométricas no se afectan con el proceso de cableado, dependiendo además sensiblemente de la longitud de onda. El estudio se acerca actualmente al margen de 1300 nm, si bien es deseable que, pensando en las necesidades del futuro, las fibras sean idóneas entre 10 a 35 °C.

1.8 LOS CABLES DE FIBRA

1.8.1 Introducción

La fibra como componente resistente preparado en el interior de un cable establecido por agregación de varias de ellas, no posee características adecuadas de tracción que permita su manejo directo, debido a esto se prevén una serie de elementos que la ayuden en este aspecto, e incluso que la sustituyan, además en gran parte de los casos las instalaciones se encuentran a la intemperie o en condiciones ambientales bastante difíciles, estas situaciones pueden afectar el núcleo de forma considerable, lo que se debe impedir para garantizar el mantenimiento de las características ópticas y mecánicas del sistema.

Las investigaciones sobre componentes optó electrónicos y fibras han traído consigo una serie de mejoras sensibles en la calidad de funcionamiento de los sistemas. Por esto parece cada vez, más necesario disponer para diversas aplicaciones de cubiertas y protecciones de calidad capaces de proteger a la fibra. Para alcanzar tal objetivo, deben tenerse en cuenta ciertas cualidades importantes de la misma, como son su sensibilidad a la curvatura, la resistencia mecánica y la etapa de envejecimiento.

Aunque otro objetivo sea reducir al máximo las pérdidas adicionales por cableado y las variaciones de la atenuación con la temperatura, se observan los resultados que no muestran la existencia de importantes diferencias en lo que se ha previsto, esto se debe a los diseños calculados para mejorar otras propiedades, como la resistencia mecánica, la calidad de empalme, el coeficiente de relleno o el costo de producción.

1.8.2 Parámetros De Diseño

La fibra óptica presenta tres características que constituyen parámetros de diseño del cable:

- La sensibilidad a curvaturas y microcurvaturas
- La resistencia mecánica
- La fatiga estática y el envejecimiento.

1.8.2.1 Sensibilidad A Curvaturas Y Microcurvaturas

Cada vez que la fibra se ve sometida a una curvatura o un pandeo que puede presentarse al tender el cable se produce una atenuación adicional al originarse una fuga de modo que a condiciones normales perdurarían en el núcleo, pero como esta atenuación varía exponencialmente con el radio de curvatura, las pérdidas son inapreciables hasta que se excede una curvatura crítica. Existe una regla práctica, la cual consiste en considerar un radio de curvatura mínimo de valor igual a diez veces el diámetro del tubo que aloja al módulo de las fibras.

En cuanto a las microcurvaturas, estas pueden ser producidas por fuerzas laterales localizadas a lo largo de la fibra, apareciendo como consecuencia de irregularidades de fabricación e instalación, así como por variaciones dimensionales en los materiales como consecuencia de los cambios de temperatura, se ha comprobado que la tensión producida es inversamente proporcional al radio de curvatura y directamente proporcional al módulo de Young y al momento de inercia de la fibra, estas pérdidas se limitan modificando algunos de los parámetros mecánicos de la fibra; Podemos citar entre algunos:

- Acrecentar el diámetro de revestimiento de forma que la tensión necesaria para producir microcurvatura sea mayor.
- Aumentar en forma considerable el radio de curvatura debida al trenzado.
- Disminuir el modulo de elasticidad del recubrimiento y del material de cubierta del cable.
- Aumentar el espesor del recubrimiento.
- Eliminar la tensión de la fibra en el interior del cable.

En la práctica se adoptan dos variantes: una se basa en la eliminación de la tensión susceptible de producir microcurvaturas, la otra es minimizar los efectos de las tensiones mediante el uso de materiales amortiguadores de las mismas sobre la fibra.

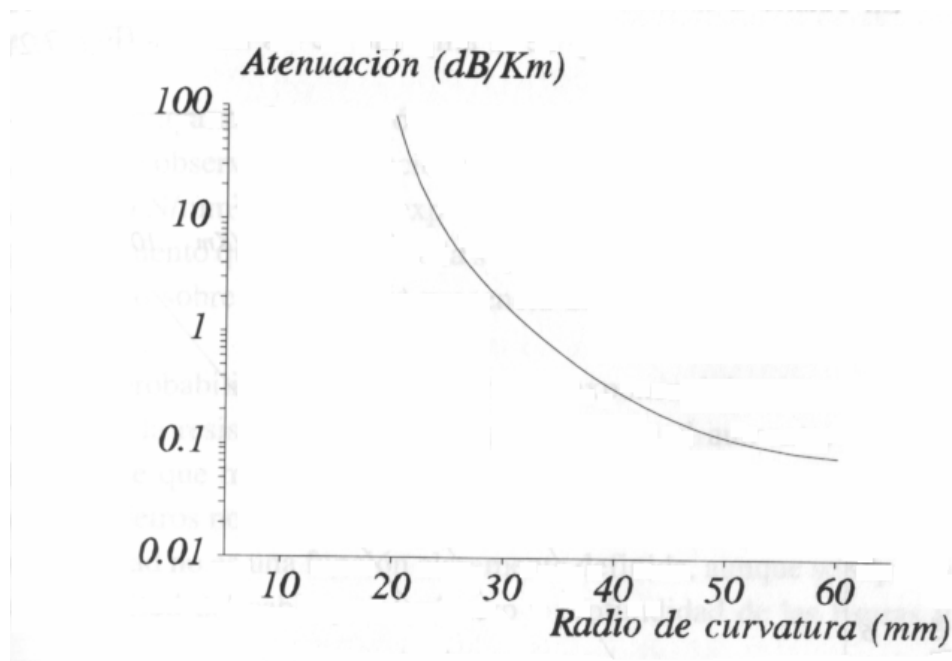


FIGURA 3. Pérdidas en las fibras por curvatura²

² Parámetros de Diseño del cable. Tomado del Libro Introducción a la Ingeniería de la Fibra Óptica, Baltasar Rubio Martínez.

1.8.2.2 Resistencia mecánica

La resistencia mecánica es pequeña comparada con las altas tensiones a la que el cable se somete durante el proceso de tendido, por lo que se deben incorporar dispositivos adicionales que suministren la firmeza necesaria con la misma elongación, tratando en lo posible de no tocar las elongaciones de la fibra y el cable, lo que justifica la preferencia por las estructuras holgadas en la mayoría de los casos.

Al aumentar el esfuerzo de tracción, amplía la probabilidad de rotura haciendo que su resistencia disminuya con el aumento de tracción, hasta el punto de que mientras una fibra de 10 metros se puede alargar un 5%, otra de 1500 metros no soporta más de un 2% de elongación, aunque esta probabilidad no es una función claramente definida, si depende de la longitud del cable y del número de profundidad de las fisuras iniciales; Además el tiempo de vida útil de la fibra depende de la tensión permanente a la que se somete, mientras se tiende como cuando queda instalada.

1.8.2.3 Fatiga estática

En el proceso de fabricación se incluyen elementos hidrófugos de protección de fibra, ya que la humedad presente en el exterior de la misma puede provocar el aumento del tamaño de las fisuras superficiales originadas en los procesos de tracción.

La vida media de las fibras se encuentra ligada en forma directa a la relación entre los valores de fatiga durante el tendido y la tensión permanente a la que quedan sometidas, de modo que si esta tensión de servicio es inferior a un 20% de su resistencia inicial, el

efecto de la fatiga estática no es tenido en cuenta, mientras que al exceder el 30% la vida de la fibra disminuirá alcanzando solo unos días.

Los ensayos realizados no son destructivos. Debe considerarse que el propio ensayo disminuye notablemente la resistencia posterior de la fibra, por lo que sí se quiere evitar este efecto, debe ser realizado de modo estadístico sobre elementos que no vayan posteriormente a prestar servicio.

1.8.2.4 Atenuación por Cableado.

En la instalación, además de las curvaturas comentadas la fibra se ve sometida a los agentes climáticos y a cierta fatiga provocada por el tendido que contribuyen a incrementar las pérdidas y acortar la vida de la fibra, cabe resaltar que el envejecimiento se produce en determinadas condiciones de tensión permanente o cuando la tensión de tendido excede en determinada fracción a la permanente, así como por presencia de fisuras superficiales.

1.8.3 Estructura De Los Cables

La utilización final del cable determinará su estructura y características propias, por lo cual vamos a considerar una serie de factores:

- Elongación prevista: Está será pequeña en cables subterráneos, grande en el caso de cables de tendido aéreo como es nuestro requerimiento.
- Debe tenerse en cuenta una resistencia mecánica, admisible lo mismo que la tensión de trabajo.
- Protección contra humedad

- Las características mecánicas y químicas que son determinadas por el tipo y grado de elementos ambientales agresivos.
- Las pérdidas causadas por curvaturas y microcurvaturas (mencionadas anteriormente)
- La capacidad del cable, que en nuestro caso es grande por tratarse de un cable a utilizarse en transmisión y distribución.
- El empalme, que es un aspecto muy importante en caso que el número de fibras sea grande

1.8.3.1 Estructuras Holgadas

La utilización de este tipo de estructuras es necesaria debido a que la fibra se encuentra en un recubrimiento primario coloreado de acetato de celulosa de 6 μm de espesor y 150 250 μm de diámetro. La estructura de recubrimiento secundaria se da con un tubo de 1.5 a 3 mm de diámetro y espesor de 0,25 mm, dependiendo de la cantidad de fibras que sean instaladas, posee un relleno de silicona, que evita la entrada de humedad. La silicona debe ser hidrófuga y estable entre -20 y $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

En cables de pequeños números de fibras, estas se ensamblan por grupos de 6, 8, 10 o 12 recubrimientos de polietileno, y todos ellos alrededor de un elemento central resistente de poliamida aromática de 0,7 a 4 mm.

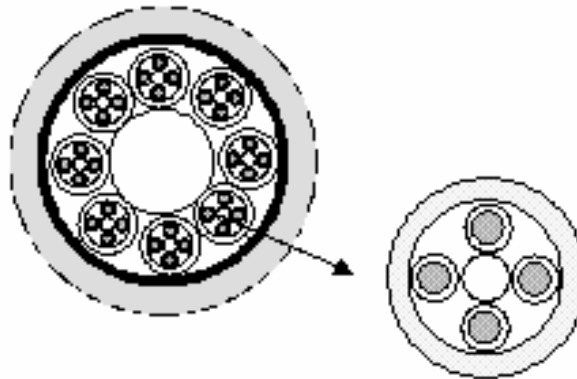


FIGURA 4. Detalle de un tubo con estructura holgada

1.8.4 Prueba De Los Cables

En el laboratorio antes de colocar a funcionar el cable de fibra óptica, se efectúan pruebas óptico – geométricas, mecánicas, ambientales y de transmisión que se resumen así.

Medidas Geométricas:

- Diámetro de la superficie de referencia
- Error de concentricidad núcleo – revestimiento
- La no circularidad de núcleo revestimiento
- Diámetro, error de concentricidad y no circularidad del recubrimiento primario

Medidas ópticas

- Diámetro del campo modal
- Apertura numérica

Medidas de Transmisión

- Retrodispersión y atenuación monocromática
- Atenuación espectral
- Longitud de onda de corte.
- Dispersión espectral y total
- Perfil de índice de refracción del núcleo
- Ancho de banda en el dominio de la frecuencia

Medidas Mecánicas.

- Resistencia a la microcurvaturas
- Resistencia a la abrasión.
- Resistencia a la fatiga.
- Dependencia de la atenuación con la temperatura.
- Flexibilidad

Medidas Ambientales.

- Pruebas de temperatura
- Pruebas de temperatura alta y humedad combinadas.
- Comportamiento temperaturas bajas
- Ciclos de temperaturas a altas, bajas y humedad.
- PH del medio circulante.
- Inmersión en diversos medios: agua marina, siliconas aceite, petróleo, etc.

1.8.5 Tipos más importantes de cables

Sus características dependen de la aplicación que se pretenda obtener de ellos, aunque la fabricación básica de tipo más general consiste en proteger las fibras con un requerimiento secundario holgado, reuniendo varias de estas fibras para formar un tubo y varios tubos para constituir un cable.

Los más empleados son los cables para redes telefónicas interurbanas, poseen gran capacidad, su cubierta es metaloplástica y el relleno de los intersticios y los tubos los resguardan contra la entrada longitudinal y transversal del agua.

Cuando se emplean en canalización es preciso una protección adicional contra los agentes mecánicos; para ser enterrados en forma directa es bueno añadirse una segunda cubierta basándose en cinta de acero – polietileno, esta los protege además de la entrada transversal de agua.

Las características típicas de un cable de 32 fibras se muestran en la siguiente tabla:

CUBIERTA	APLICACIÓN
1. Elemento resistente central 2. Recubrimiento de elemento central 3. Tubo holgado con fibras y relleno de compuesto antihumedad. 4. Cintas envolventes 5. Primera cubierta 6. Protección metálica 7. Cubierta exterior OTROS DATOS Peso (kg/ km) Radio mínimo de curvatura (nm) Resistencia a la tracción (Nw) Longitud típica de la bobina (Km)	Kevlar 49 o acero galvanizado Diámetro exterior = 2,5 mm Polietileno Diámetro = 4 mm Poliéster No de tubos = 8 No de fibras por tubo = 4 Diámetro exterior del tubo = 2,5 mm Poliéster Polietileno Cinta estanca Al-polietileno Polietileno Diámetro exterior = 16 mm 220 300 2400 2 ÷ 4

TABLA 2. Características Cable de 32 Fibras

1.8.5.1 Cables Para Redes Urbanas Y Locales

Se manejan en zonas que muestren gran densidad de abonados, su uso se extiende a redes de área local (LAN), siendo utilizados en servicios de televisión, terminales de datos etc., lo cual hace que el número de fibras por cable sea amplio, en forma particular podemos decir que estos cables por el hecho de encontrarse insertados en canalizaciones, no requieren cinta de aluminio- polietileno.

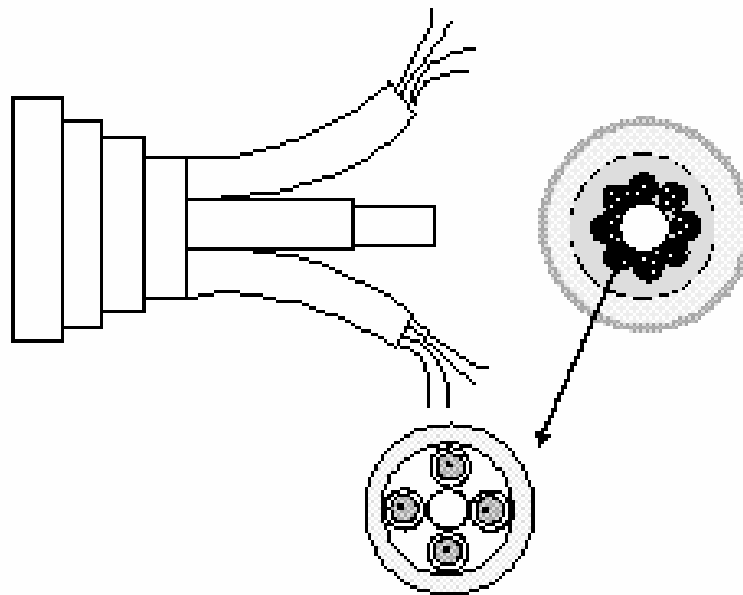


FIGURA 5. Cable Multifibra para Redes Interurbanas

1.8.5.2 Cables Monofibra y Bifibra

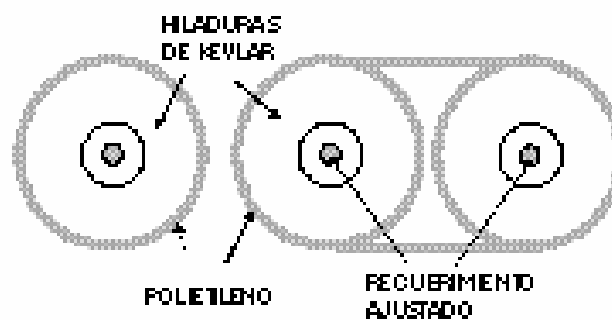


FIGURA 6. Cables Monofibra y Bifibra

Su aplicación es como latiguillos de conexión de los equipos a las fibras de los cables de gran capacidad cuando éstos se despeinan para la conexión a aquellos.

Su función de latiguillos obliga a que la flexibilidad sea alta, para lo que el elemento resistente se monta con una base de hilos de Kevlar trenzados, lo que a su vez, proporciona las características dieléctricas del conjunto. Sobre el primer revestimiento (transparente) se coloca el segundo, ajustado y de material plástico.

La cubierta de estos cables suele ser de poliuretano ignífugo – retardadora de la llama- como medida complementaria de seguridad.

Para la conexión a cable y equipo se terminan en sendos conectores por sus extremos. En cuanto a la identificación como monomodo o multimodo, se hace por el color de la cubierta exterior, siendo amarillo para las primeras y verde para las otras. La cubierta exterior del cable tiene forma de un ocho o una elipse, disponiendo en su parte central de un hilo de rasgado que permita abrirlo para extraer independientemente cada una de las fibras.

1.8.5.3 Cables Dieléctricos

Su principal uso se encuentra en los servicios de banda ancha y las transmisiones telefónicas multicanales. En algunas aplicaciones de cables ópticos, particularmente, en los militares, es necesario e imprescindible que carezcan de componentes metálicos, bien en la zona central de refuerzo o en cualquiera de las cubiertas exteriores. También son particularmente útiles en ambientes eléctricamente ruidosos o los que prevean fenómenos de tipo electrolítico.

El elemento central resistente será de Kevlar y una de las capas de protección externa, que en un cable de fibra convencional es de Al – polietileno o de acero polietileno, será sustituido por hiladura de Kevlar. El número de fibras es hasta de 32 y por su gran flexibilidad y poco peso admiten instalación aérea, cosidos o en canalización.

1.8.5.4 Cables Para Empresas Eléctricas.

Los cables de fibra encuentran un campo de aplicación muy interesante en la transmisión de señales de telecomunicación a lo largo de las líneas de transmisión de alta tensión, aprovechando sus características dieléctricas e inmunidad a las interferencias electromagnéticas. El cable se aloja en el interior del conductor de tierra de la red de transmisión y, como debe soportar altas temperaturas eventualmente, los tubos que alojan las fibras son de plástico fluorado. A su alrededor se dispone una capa de aluminio extruido, sobre la que se cablean una o dos capas trenzadas de aleación de aluminio, que constituye el cable de guarda. Para su función el número de fibras necesarias es pequeño, construyéndose hasta de 16 fibras alojadas en cuatro tubos.

Los diseños actuales permiten alcanzar temperaturas continuas en el núcleo óptico hasta de 220 °C y corrientes de 25 KA debidas a frentes de onda escarpados en el cable metálico.

1.9 TENDIDO Y UNIONES

1.9.1 Marco General

En los sistemas de comunicaciones por fibras hay factores que limitan la velocidad de funcionamiento y la distancia de los equipos terminales. Por una parte, el emisor implanta una determinada cantidad de energía en la fibra, y el receptor es capaz de descifrar las señales con una tasa de error inferior a un determinado valor sólo a partir de cierto nivel de las mismas. La diferencia que ambos niveles da la posibilidad de pérdida en la planta exterior de la instalación y además la longitud teórica que tiene la misma.

De otro modo la dispersión que se da a través de los kilómetros produce una superposición de los impulsos, por lo que a una determinada velocidad de transmisión impone ciertos parámetros de restricción a la longitud del cable. Ambas causas deben de ser examinadas en forma separada y la más crítica es dar a la longitud máxima admisible. Se supone que se conocen las pérdidas unitarias de las posibles fibras a utilizar. Si la longitud máxima resulta ser inferior a la necesaria, se deberá acudir al empleo de regeneradores intermedios.

Es muy importante considerar que siendo muchas veces la longitud del sistema superior a la longitud de la bobina de cable suministrado, se debe proceder al empalme en las fibras en sus cubiertas. Así mismo, la unión entre los cables exteriores y los equipos terminales o intermedios debe hacerse mediante correcciones desmontables llamadas conectores, por último, el cable sufrirá deformaciones en su tendido, muchas de estas serán permanentes, y también estará sometido a la acción de los factores externos, este conjunto de eventos produce en las fibras una atenuación suplementaria diferente de la

que se especifica en los catálogos por lo que se debe considerar de modo individual. El análisis y cuantificación constituye una parte importante de etimología de las fibras ópticas por eso deben considerarse en forma separada, estas son técnicas de tendido, técnicas de empalme, técnicas de conexión.

1.9.2 Tipos de infraestructura.

Inicialmente, se pueden realizar instalaciones aéreas, subterráneas y subacuáticas. Sin embargo, existen ciertos cuidados particulares, como evitar someter la fibra a tensiones excesivas y emplear procedimientos especiales de guía y bajo con el fin de conseguir unas condiciones finales tan libres de esfuerzos como sea posible.

1.10 LOS PRO Y CONTRA DE LA FIBRA ÓPTICA

1.10.1 Ventajas

Capacidad de transmisión; ya que ellas pueden transmitir a velocidades mucho más altas de lo que los emisores y transmisores actuales lo permiten, por lo tanto, son estos dos elementos los que limitan la velocidad de transmisión dando al traste con la idea de que la velocidad depende principalmente del medio utilizado, además de una mayor capacidad debido al ancho de banda mayor disponible en frecuencias ópticas.

Inmunidad a transmisiones cruzadas entre cables, causadas por inducción magnética, insensibilidad a la interferencia electromagnética, como ocurre cuando un alambre telefónico pierde parte de su señal a otro, además de Inmunidad a interferencia estática debida a las fuentes de ruido.

La fibra óptica hace posible navegar por Internet a una velocidad de dos millones de bps, facilitando además un acceso ilimitado y continuo las 24 horas del día, sin congestiones, Siendo alternativa en la presentación de video y sonido en tiempo real.

La resistencia a extremos ambientales, es conveniente por lo tanto para trabajar en ambientes explosivos siendo este un factor importante en la seguridad en cuanto a instalación y mantenimiento. Las fibras de vidrio y los plásticos no son conductores de electricidad, se pueden usar cerca de líquidos y gases volátiles, por lo que son menos afectadas por líquidos corrosivos, gases y variaciones de temperatura.

La fibra óptica no necesita ser puesta a tierra, como ocurre con alambres de cobre que quedan en contacto con ambientes metálicos, además la instalación de la misma se facilita pues su peso es muy inferior al de los cables, presentando dimensiones más reducidas que los medios preexistentes.

1.10.2 Desventajas

Actualmente su uso se restringe a las zonas urbanas por las cuales ya esté instalada la red de fibra óptica, por esto se hace necesario su masificación a través de la regionalización de las telecomunicaciones

El costo es alto en la conexión de fibra óptica, además gran parte de las empresas no cobran por tiempo de utilización sino por cantidad de información transferida al computador, que se mide en megabytes, además como no es un medio masificado totalmente su costo de instalación se hace elevado.

La fragilidad de las fibras aunque se trabaja en el mejoramiento de sus características mecánicas, para nuestro particular caso no sería inconveniente pues la cobertura de cobre mejora sus condiciones

La dificultad de reparar un cable de fibras roto en el campo, como ocurre con las líneas de alta tensión, lo que hace que esté permanentemente sometido a daños causados por la inseguridad y el ambiente agresivo del medio.

1.11 COMPARACIÓN CON OTROS MEDIOS

1.11.1 Comparación Con Los Cables Coaxiales

Características	Fibra Óptica	Coaxial
Longitud de la Bobina (mts)	2000	230
Peso (kgs / km)	190	7900
Diámetro (mm)	14	58
Radio de Curvatura (cms)	14	55
Distancia entre repetidores (Kms)	40	1.5
Atenuación (dB / km) para un Sistema de 56 Mbps	0.4	40

TABLA 3. Comparación Fibra Óptica – Cable Coaxial³

1.11.2 Comparación Con Las Comunicaciones Por Satélite

Es más económica la fibra óptica para distancias cortas y altos volúmenes de tráfico, por ejemplo, para una ruta de 2000 circuitos, el satélite no es rentable frente a la solución del cable de fibras hasta una longitud de la misma igual a unos 2500 kms.

³ La información Técnica de este primer capítulo ha sido Tomado del Libro Introducción a la Ingeniería de la Fibra Óptica, Baltasar Rubio Martínez.

La calidad de la señal por cable es por mucho más alta que por satélite, porque en los geoestacionarios, situados en órbitas de unos 36,000 kms. de altura, y el retardo próximo a 500 mili segundos introduce eco en la transmisión, mientras que en los cables este se sitúa por debajo de 100 mili segundos. La inclusión de supresores de eco encarece la instalación, disminuye la fiabilidad y resta la calidad al cortar los comienzos de frase.

2. EL CABLE DE GUARDA CON FIBRA ÓPTICA

2.1 DEFINICION

Los sistemas aéreos de cable de fibra óptica se han convertido en factor clave en la implantación de las redes de telecomunicación de los operadores. La gran ventaja de no requerir obra civil y los derechos de paso ya existentes permiten minimizar los costos, además lo que es más importante, el tiempo de puesta en servicio de la red.

El cable de guarda con fibra óptica OPGW (Optical Power Ground Wire) es un es un cable mixto compuesto por una parte óptica y una parte metálica. La parte óptica, constituida por fibras ópticas y elementos de protección y cableado, lleva a cabo la función como enlace de telecomunicaciones; y la parte metálica realiza la función como cable de tierra de la línea aérea de alta tensión implantando importantes ventajas, como el mejoramiento amplio de las comunicaciones a través de fibra óptica encontrando que por medio de esta se da la alta protección que ofrece, además de la economía en su instalación.

Este sistema cumple dos tipos de funciones muy importantes, como lo son:

El ser un cable de tierra tradicional y el poseer un sistema de telecomunicaciones económico, con una alta capacidad de transmisión.

Para las compañías eléctricas se amplía favorablemente el campo de acción al ser un potente sistema de telecomunicaciones que soporta las necesidades de las mismas y aporta una capacidad extra para otras aplicaciones.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL CABLE

2.2.1 Parte Metálica

2.2.1.1 Construcción

La parte metálica del cable esta compuesta de:

Tubo de Aluminio Extruido

Este tubo está diseñado para soportar las características mecánicas y proporcionar las características eléctricas para su comportamiento como cable de guarda, su núcleo óptico se protege completamente a través de un sellado total del tubo.

Corona de Hilos.

Se pueden utilizar una o dos coronas de hilos que pueden ser de:

- a) Aleación de aluminio
- b) Hilos de acero recubiertos por una capa de aluminio

Dependiendo del tipo de diseño que se realice se hará la elección adecuada, en el mismo cable se pueden utilizar uno o más tipos de hilos en forma simultanea.

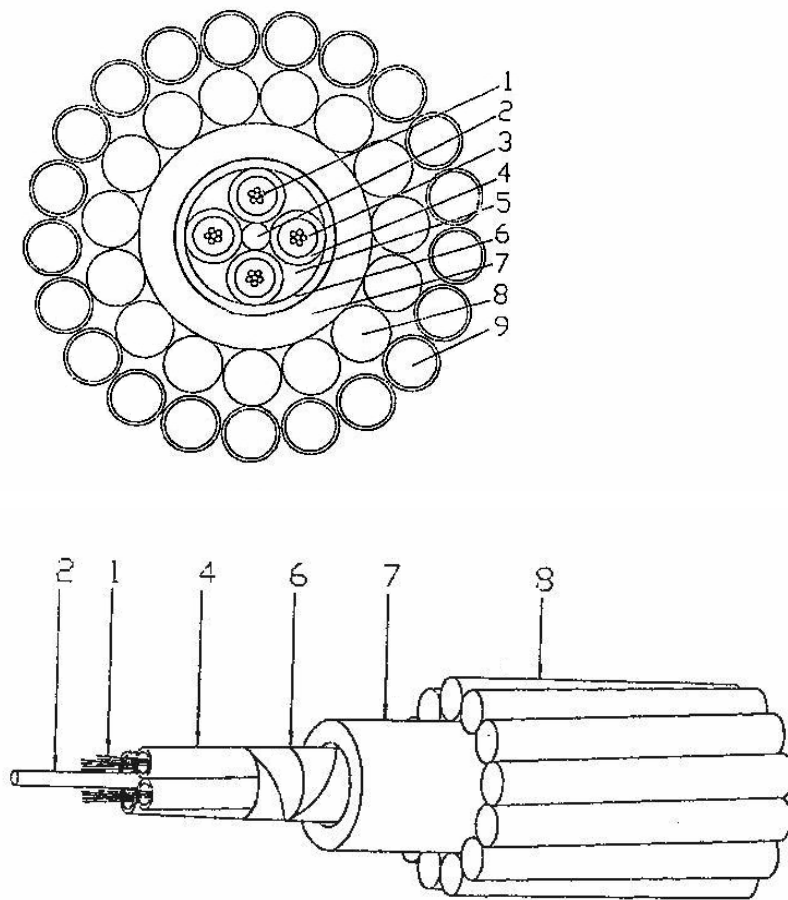


FIGURA 7. Vista Frontal y de perfil Cable OPGW

1. Fibras
2. Soporte Dieléctrico
3. Gel Anti Humedad
4. Tubos Loose de PBT
5. Gel Anti Humedad y Absorbente de Hidrógeno
6. Cintas Minerales
7. Tubo de Aluminio Extruido
8. Corona Interior
9. Corona Exterior

2.2.1.2 Comportamiento Eléctrico Y Mecánico

Por medio de la sección metálica necesaria se debe asegurar la mínima sección de aluminio y acero para que en caso de corto circuito sobre el cable OPGW el ascenso de la temperatura por efecto del paso de la corriente no afecte a la integridad y buen funcionamiento del enlace de fibras ópticas. Mecánicamente el cable debe ofrecer a las líneas de alta tensión la protección adecuada contra los rayos manteniendo su condiciones y garantizando un comportamiento que depende de los hilos de acero que se recubren por aluminio y los hilos de aleación de aluminio de las coronas.

2.2.2 Núcleo Óptico

2.2.2.1 Construcción

El núcleo óptico de un cable de guarda con fibra óptica se compone de los siguientes elementos:

- Elemento central dieléctrico: Su función básica es permitir la disposición de los tubos para configurar el núcleo óptico.
- Tubos de PBT: Se fabrican por extrusión alrededor de las fibras ópticas. Cada sección puede contener hasta 6 fibras ópticas, aunque se conocen diseños de más fibras por tubo, dependiendo del número de fibras se utilizan hasta 6 tubos.

Cada tubo está lleno de gel hidróscópico que impide la penetración del agua en el interior ellos, También poseen compuesto absorbente de Hidrógeno, que es absolutamente

necesario para evitar el efecto perjudicial que este elemento pueda tener sobre las fibras ópticas.

- Fibras Ópticas: Dependiendo del diseño se pueden acomodar todo tipo de fibras ópticas: monomodo, multimodo, de dispersión desplazada etc. Además se pueden suministrar fibras de todas las construcciones disponibles.
- Cintas de Sujeción: Se utiliza una primera cinta de poliéster para la sujeción de los tubos que contienen a las fibras, además se aplica una cinta de sintética especial para la protección térmica del núcleo óptico a temperaturas altas.

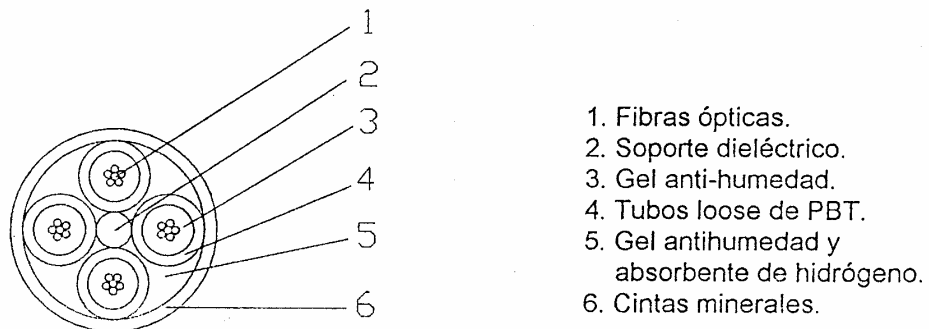


FIGURA 8. Descripción Núcleo Óptico OPGW

2.2.2.2 Comportamiento Térmico Y Mecánico

El diseño holgado de la fibra óptica hace que la misma posea una longitud extra respecto de la longitud del cable, esto permite un margen de tracción para que la fibra no sufra daños por tensión permaneciendo las características ópticas invariables, el objetivo es permitir un margen de tracción sobre la fibra para que esta nunca se encuentre sometida a tensión y así prolongar la vida de la misma.

Térmicamente estos cables han sido sometidos pruebas y test a largos y cortos periodos con temperaturas hasta de 200 °C, independientemente de la empresa que fabrique el cable, este debe garantizar la no-degeneración del núcleo óptico.

En la siguiente Tabla se presentan las condiciones de operación del cable después de ser sometido a test de pruebas.

CONDICIONES DE OPERACIÓN	RIESGOS	SOLUCIONES
Viento temperatura, acumulación de hielo	• Aumento de atenuación o rotura por alargamiento y/o compresión	• Protección holgada de las fibras que permite el alargamiento o compresión del cable sin afectar a las fibras
Humedad y lluvia	• Aumento de atenuación por penetración de agua en la fibra óptica	• Estanqueidad radial intrínseca del tubo extruído de aluminio. • Gel taponante en el núcleo óptico
Generación de hidrógeno en la estructura metálica	• Aumento de atenuación por absorción de hidrógeno en la fibra óptica	• Relleno del núcleo con gel absorbente de hidrógeno
Cortocircuito de la línea Impacto de rayos	• Aumento de atenuación o rotura de los hilos por exceso de temperatura o por el impacto de la carga transferida	• Diseño con alto contenido de aluminio • Protección térmica del núcleo • Adecuado preformado de hilos que impide el descableado en caso de rotura de los mismos

TABLA 4. Condiciones de Operación del OPGW⁴

⁴ Test de pruebas según catálogos de la empresa Pirelli.

2.3 SISTEMAS DE CONEXIÓN PARA OPGW

2.3.1 Generalidades

El enlace óptico de las torres de empalme se efectúa con las cajas de empalme EWJ, se permite la utilización en sistemas para cables ópticos OPGW y con sistemas de otros tipos de cables ópticos como lo son los cables autos soportados.

Comercialmente se han encontrado varios tipos de cajas las cuales proporcionan la conexión de diferentes tipos de cables como lo son:

EWJ/A	2 CABLES OPGW
EWJ/B	1 CABLE OPGW – 1 DIELECTRICO
EWJ/C	2 CABLES OPGW – 1 DIELECTRICO
EWJ/D	3 CABLES OPGW
EWJ/E	2 CABLES OPGW – 2 DIELECTRICOS

Para encontrar una flexibilidad en el sistema se propone dar suministros de cajas de empalme tipo OPGW para dar varias posibilidades de montaje en los siguientes casos:

- Caja de conexión terminal que se utiliza en empalmes de transición
- Sistemas de regeneración y transmisión
- Derivaciones de cables OPGW
- Sistemas de doble cable.

Para llevar a cabo el montaje de las cajas de empalme en las torres esta se ubicará en el brazo superior, en la parte lateral de la torre.

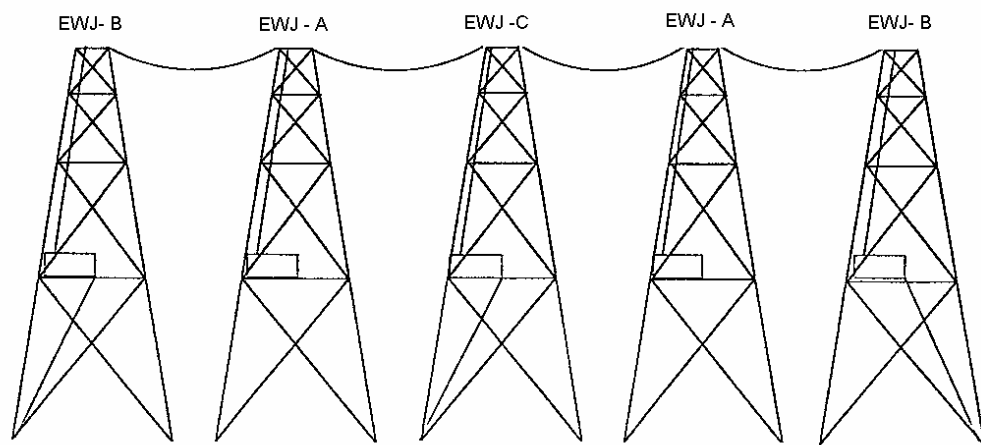


FIGURA 9. Montaje de Cajas de Empalme EWJ

2.3.2 Características y componentes de las cajas de empalme

2.3.2.1 Cajas de Empalme

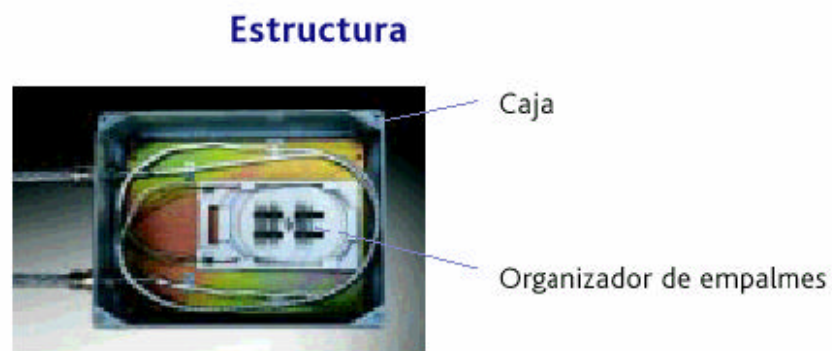


FIGURA 10. Caja de Empalme

La caja de empalme está fabricada en aleación de aluminio (ambas: la caja y la cubierta); y debidamente conectada a tierra.

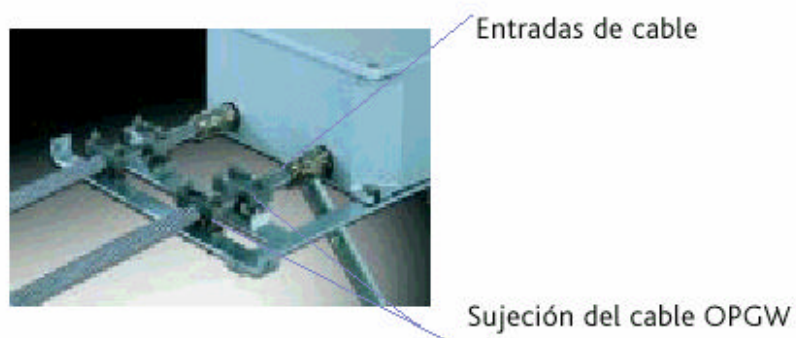


FIGURA 11. Entradas y sujeción del OPGW

Se sella con una junta de neopreno antienviejecimiento (insertada perfectamente en la ranura de la cubierta) proporciona un excelente protección contra el agua, vapor y polvo.

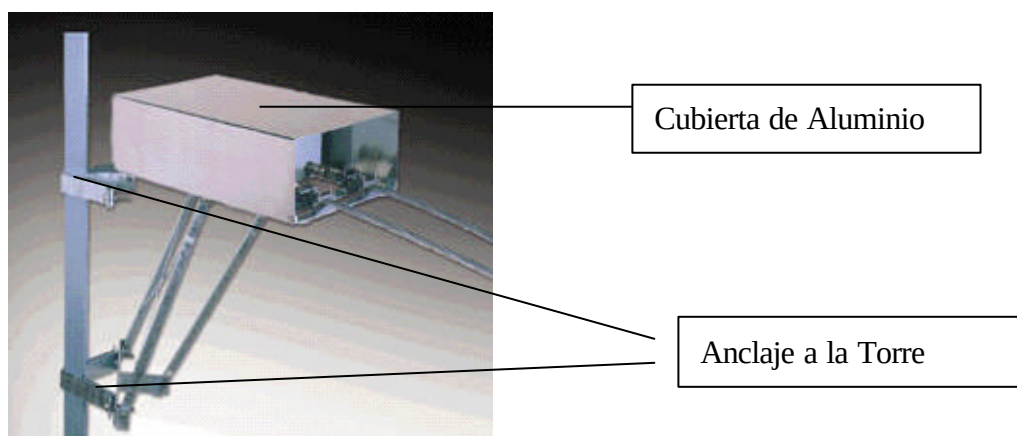


FIGURA 12. Fijación a la torre de la caja EWJ

La cubierta está fija a la caja por medio de tornillos de acero inoxidable los cuales se encuentran asegurados contra pérdidas.

La tolva de aleación de aluminio para la entrada del cable dieléctrico se encuentra soldada a la caja; un tubo termorretráctil junto con pasta de silicona proporciona un perfecto sellado. Se sugiere la utilización de otra unión en caso de que la caja sea abierta para que la protección de las fibras sea total.

2.3.2.2 Prensatopas para el cable.

El cuerpo de la prensatopa va equipado de un tubo que asegura el sellado entre la caja y la prensatopa. Todos los elementos mecánicos (como tornillos) susceptibles de moverse están asegurados de forma que no sean afectados por vibraciones.

2.3.2.3 Organizador

Se han diseñado organizadores de 4, 8 y hasta 48 fibras.

El organizador es susceptible de disponer todos los cables a ser conectados permitiendo longitud extra para las fibras que los componen. Las fusiones están protegidas por elementos termo retráctiles con una capa de acero inoxidable para asegurar mayor protección.

2.3.2.4 Anclaje horizontal a la torre.

Es recomendable ubicar la caja de empalme horizontalmente de 1 a 1.5 metros por encima de un dispositivo que evita el acceso a la torre. El anclaje, así como todos sus elementos, se encuentra fabricado de acero galvanizado para prevenir la corrosión.

2.3.2.5 Protección a los rayos solares.

Se proporciona una cubierta de aluminio que protege la caja de empalme de los rayos solares lo que impide un aumento excesivo de la temperatura sobre la caja por efecto del sol.

2.4 ACCESORIOS Y HERRAJES

Para la instalación del OPGW sobre un tendido eléctrico de alta tensión son aplicables distintos tipos de accesorios y herrajes, entre los que encontramos:

2.4.1 Conjunto de amarre



FIGURA 13. Herraje de Amarre

Los herrajes de amarre son usados en las torres de amarre. Estas torres representan aproximadamente en nuestra región un 20 por ciento del número total de torres mas las torres de empalme y las torres terminales; las torres de amarre son necesarias con el fin de producir un cambio significativo de dirección del OPGW. En algunas circunstancias por ejemplo en zonas con alto viento es probable que todas torres sean de amarre.

Hay diferentes tipos de herrajes de amarre:

Conjunto de amarre pasante. Para las torres intermedias.

Conjunto de amarre bajante: para torres con caja de empalme.

Conjunto de amarre final: para las torres finales.

El conjunto de amarre debe estar diseñado de tal forma que no dañe la estructura del aluminio del OPGW.

En el conjunto de amarre, la parte del cable que resta de los dos preformados de amarre debe estar siempre sin tensión y el radio mínimo de curvatura debe ser mayor al mínimo recomendado.

2.4.2 Conjuntos de suspensión

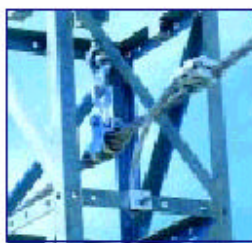


FIGURA 14. Amarres de Suspensión

Los amarres de suspensión son usados en las torres de suspensión. Estas torres representan, aproximadamente en nuestra topografía el 80% de las torres menos de las torres terminales las que tienen cajas de empalme.

Hay conjuntos de amarre para un solo soporte (típicamente para algunos de hasta 30 grados) y de doble soporte (para algunos en el cable de hasta 60 grados)

El herraje no debe nunca dañar al cable guarda.

2.4.3 Antivibradores

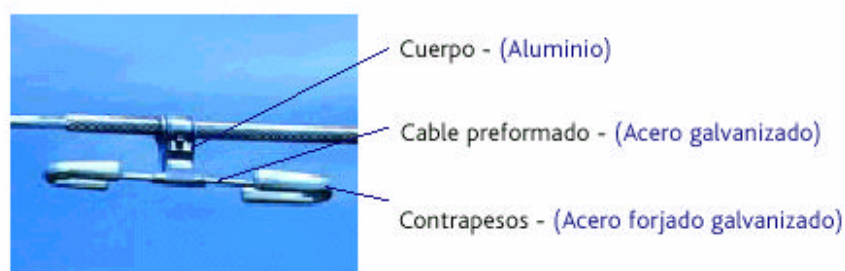


FIGURA 15. Antivibradores

Los antivibradores son utilizados para prevenir la vibración del cable de guarda debido al efecto de viento. Se instalarán uno o más dependiendo de la distancia entre torres y las condiciones del viento en la zona.

Los antivibradores proporcionan una impedancia metálica ajustada a cada tipo de diseño del OPGW .

Para longitudes entre torres de hasta 500 metros se precisa un único antivibrador, para longitudes de 500 a 1000 metros son necesarios dos.

2.4.4 Grapas de amarre



FIGURA 16. Grapas de amarre

Las grapas de amarre son utilizadas para fijar el cable a la torre. El cable debe fijarse a instancias de 1.5 metros. Distancias más cortas pueden tomarse para prevenir que los cables de guarda golpeen las torres por efecto del viento.

Especial cuidado debe tenerse para evitar que las vibraciones causen daños en el OPGW

2.4.5 Cajas de distribución

Se encuentran al comienzo y al final de la línea. Hay muchos tipos de cajas de distribución dependiendo de:

Los diferentes tipos de cable, el número de fibras a ser empalmadas, el lugar donde la caja de distribución será instalada y el diseño de la caja.

Las cajas de distribución proporcionan una conexión y un acceso fácil al enlace óptico teniendo en cuenta el cuidado de la fibra del cable, la protección frente a agentes medioambientales, manejo, radio de curvatura, y empalmes.

2.5 CABLES COMPUESTOS TIERRA ÓPTICOS

2.5.1 OPGW Monocorona

Los cables OPGW MONOCORONA, son los más comúnmente utilizados. Su diseño se adapta perfectamente a las necesidades más habituales de instalación consiguiendo una óptima relación calidad-precio.

Estructura

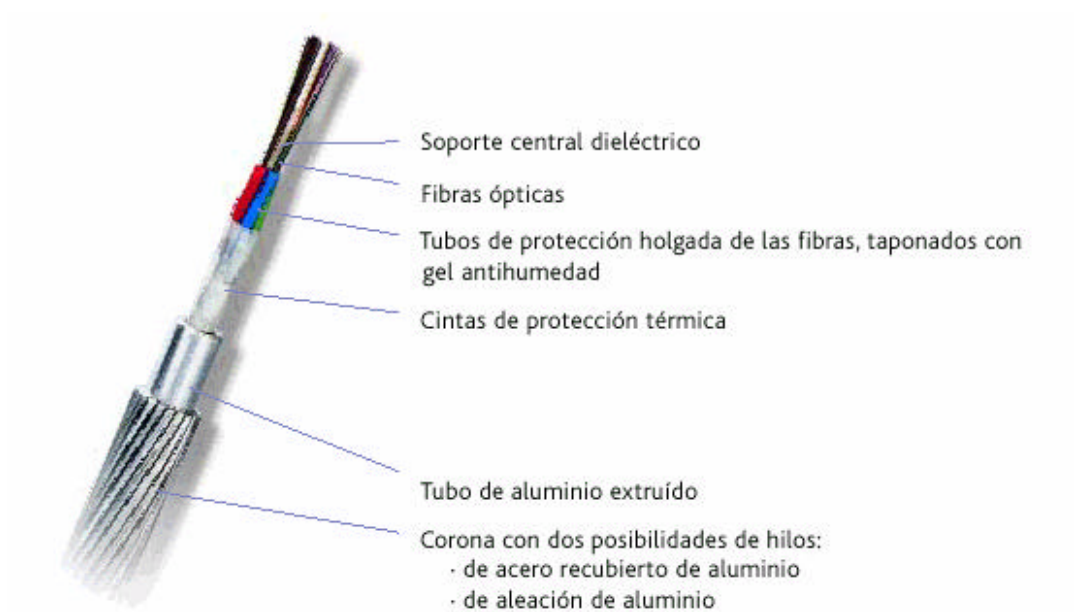


FIGURA 17. OPGW Monocorona

2.5.2 OPGW Doble Corona

Los cables OPGW DOBLE CORONA, se aplican cuando los requisitos del proyecto especifican una elevada carga de rotura y/o una elevada corriente de cortocircuito.

Estructura



FIGURA 18. OPGW Doble Corona

2.5.3 OPGW Monotubo central

Los cables OPGW MONOTUBO CENTRAL están especialmente diseñados para aplicaciones donde se requiere un cable con un diámetro y un peso reducidos.

Estructura

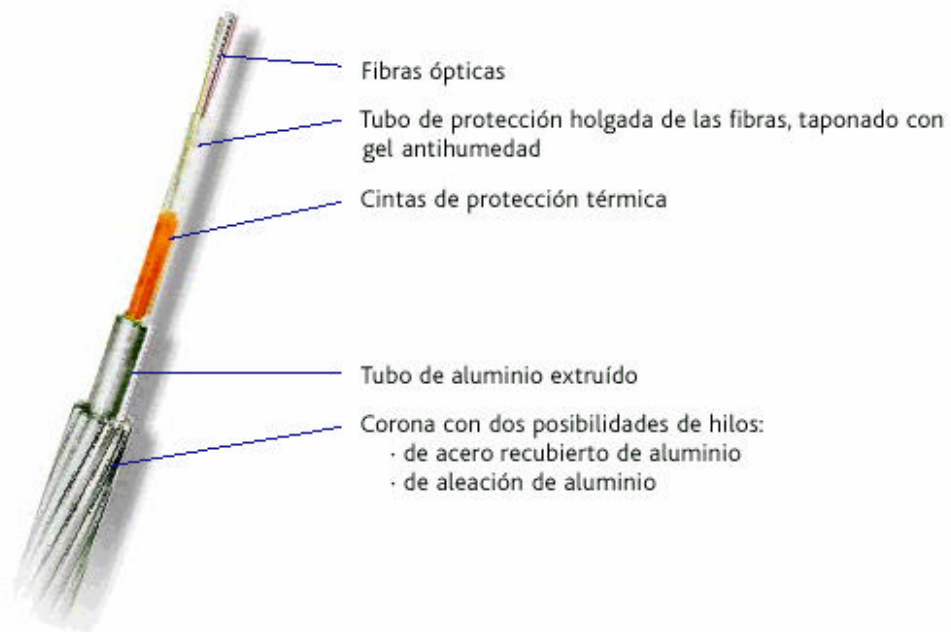


FIGURA 19. OPGW Monotubo central

2.5.4 OPGW Tubos de acero

Los cables OPGW con TUBOS DE ACERO están especialmente diseñados para aplicaciones donde se requiere un diámetro de cable muy reducido

Estructura

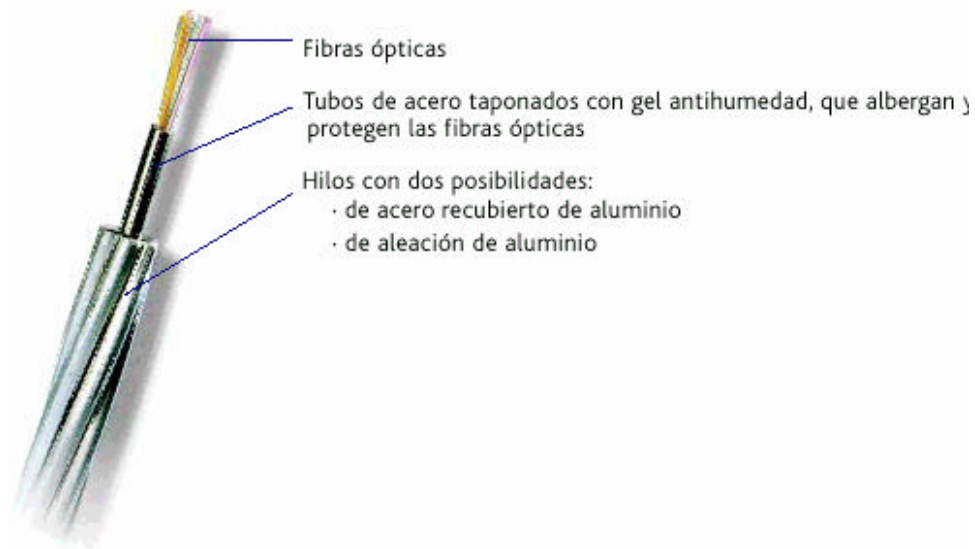


FIGURA 20. OPGW Tubos de acero

2.6 CABLES DE ACOMETIDA

Estos cables se emplean para prolongar las fibras ópticas del cable OPGW desde los extremos de la línea de alta tensión hasta el repartidor terminal en la subestación.

Los tipos de cable más usados son:

2.6.1 Opsycom EKE

Cable dieléctrico para instalar en tubo, grapado a la pared o adosado a un fiador. Especialmente indicado para instalar en zonas con diferencias elevadas de potencial eléctrico.

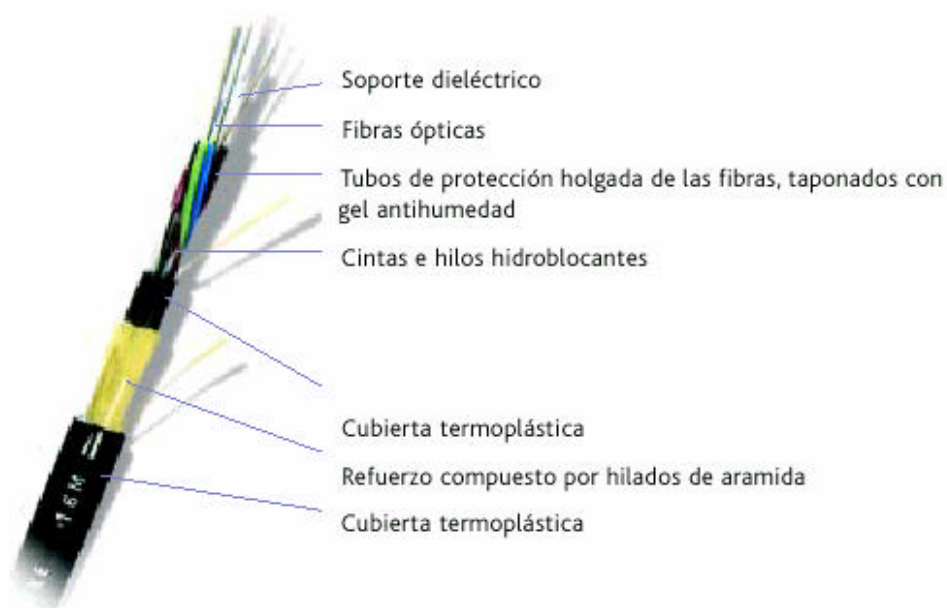


FIGURA 21. Opsycom EKE

Totalmente dieléctrico para evitar la generación de corrientes inducidas en el cable. En presencia de roedores este cable debe instalarse entubado.

2.6.2 Opsycom EKH9E

Cable con armadura de acero antirroedores con núcleo óptico dieléctrico. En las zonas con diferencias elevadas de potencial eléctrico, es necesario prever conexiones de la

armadura a tierra en los puntos de empalme. Puede instalarse en bandeja, en tubo, grapado a la pared, adosado a un fiador o directamente enterrado.

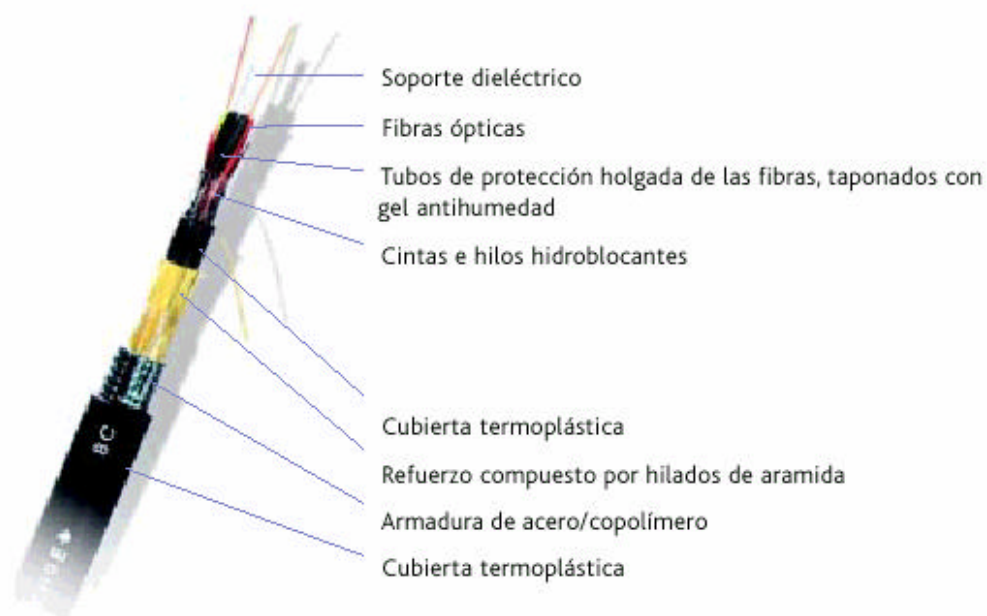


FIGURA 22. Opsycom EKH9E

Esta armadura deberá conectarse a tierra para evitar descargas eléctricas en caso de generarse corrientes inducidas.

2.6.3 Opsycom EKDE

Cable dieléctrico con protección de cintas de vidrio especial antirroedores. Puede instalarse en bandeja, en tubo, grapado a la pared o adosado a un fiador.

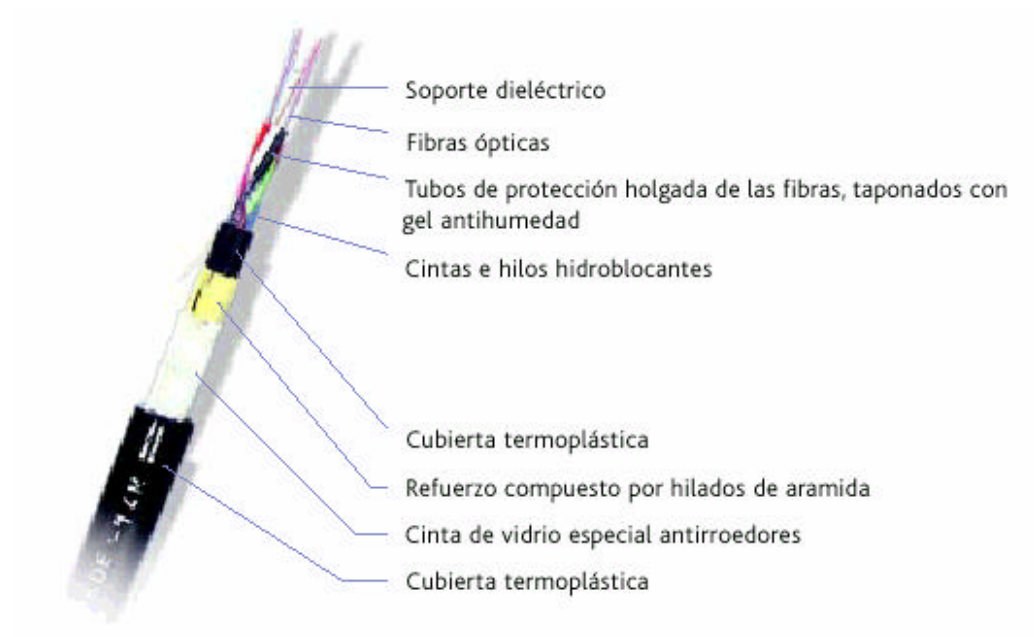


FIGURA 23. Opsycom EKDE

Con protección antirroedores totalmente dieléctrica, que combina las ventajas de las dos soluciones anteriores.

3. INSTALACION DEL CABLE DE TIERRA CON FIBRA OPTICA

3.1 MARCO GENERAL

El desarrollo de los diversos tipos de cable de fibra óptica para tendidos en larga distancia ha generado una revolución en el mundo de las telecomunicaciones, muy similar a aquella que alguna vez generó la fibra óptica, la importancia de escoger un cable adecuado para un tendido aéreo radica en la eficacia que pueda tener ante la transmisión en telecomunicaciones, sea en forma de señales, voz, datos, no solo con calidad, sino además con la ventaja de tener una infraestructura ya existente como lo es en Santander las líneas de 115 kV y 34,5 kV.

Estas empresas de telecomunicaciones son las que se encargan de solicitar a las empresas de energía eléctrica el permiso para el uso de sus torres, a través de convenios, también así mismo se genera el caso de que las mismas empresas eléctricas amplían su gama de servicio instalando los cables OPGW.

3.2 SELECCIÓN DEL CABLE A INSTALAR

Dentro del proceso de selección del cable se analizaron ciertos factores para el diseño y selección del OPGW, estos criterios de selección son los siguientes:

- El OPGW deberá estar compuesto por fibras de alta calidad tipo Monomodo, debido a su gran capacidad de transmisión (Mayor a 10 Gbit/Seg), presenta características de ancho de banda notablemente superior a las de la fibra multimodo, es la que permite distancias de transmisión mayores, posee inmunidad al ruido electromagnético y es la de menor diámetro.
- Debe soportar una corriente de cortocircuito alrededor de los 20 KA
- Poseer unas características mecánicas que soporte una alta carga de rotura nominal.
- Soportar altas temperaturas de cortocircuito
- Presentar características que resistan temperaturas de operación en un alto rango por debajo y por encima de la temperatura ambiente.

De acuerdo a estos parámetros se optó por un **OPGW Monocorona**, cuyas características se adaptan perfectamente a las necesidades de instalación y su precio es el más favorable.

3.2.1 Especificaciones Técnicas Del Cable OPGW Monocorona

3.2.1.1 Características Generales OPGW Monocorona

- Es un cable compuesto tierra óptico con 48 fibras ópticas
- Tubos de protección holgada de las fibras. Rellenos con gel bloqueante de agua
- Núcleo Óptico relleno con gel bloqueante de agua y absorbente de Hidrógeno. El núcleo óptico va sujeto y protegido con cintas sintéticas.

- Tubo de aluminio extruido que garantiza un perfecto sellado del núcleo óptico.
- Armadura compuesta con 8 hilos de acero recubiertos de aluminio, más 10 hilos de aleación de aluminio.

3.2.1.2 Conformación del Núcleo Óptico OPGW Monocorona

• Numero de tubos de protección holgada de las fibras	4
• Colores de los tubos	1 blanco, 1 rojo, 1 azul y a verde
• Número de fibras por tubo	12
• Colores de las fibras	Blanco, rojo, verde, amarillo, azul, violeta, naranja, marrón, gris, negro, rosa, turquesa

TABLA 5. Conformación del núcleo óptico

3.2.1.3 Características de la Parte Metálica OPGW Monocorona

• Diámetro Del tubo de Aluminio Interior Exterior	7,8 mm 11,5 mm
• Numero de diámetro de los hilos de la corona exterior Hilos de acero recubiertos de aluminio 20,3% IACS según ASTM B415	8 * 2,30 mm
• Sección Metálica (para cálculos de tracción alargamiento)	131 mm ²

TABLA 6. Características de la Parte Metálica

3.2.1.4 Prestaciones Mecánicas Y Ambientales OPGW Monocorona

• Carga de rotura nominal	55,3 KN
• Máxima tracción en las peores condiciones climáticas	22,1 KN
• Modulo de Elasticidad	80,3 KN/ mm ²
• Coeficiente de dilatación Lineal	18,1 *10 ⁻⁶ °C ⁻¹
• Temperatura de Operación	De -30 °C a +70 °C
• Radio Mínimo de Curvatura Durante la Instalación En el dispositivo de freno Después de la Instalación	400 mm 600 mm 300 mm

TABLA 7. Prestaciones Mecánicas Y Ambientales

3.2.1.5 Dimensiones Y Peso OPGW Monocorona

• Diámetro exterior Normal	16,1 mm
• Peso Nominal	530 kg/ km

TABLA 8. Dimensiones y Peso

3.2.1.6 Prestaciones Eléctricas OPGW Monocorona

• Resistencia Eléctrica en C.C	0,29 Ω/Km.
• Temperatura Inicial de cortocircuito	20 °C
• Temperatura Máxima de Corto circuito	200 °C
• Máxima I _t	170 KA ² s
• Máxima corriente de corto circuito para 0,3 segundos	21,2 KA

TABLA 9. Prestaciones Eléctricas

3.3 INSTALACIÓN DEL CABLE OPGW MONOCORONA

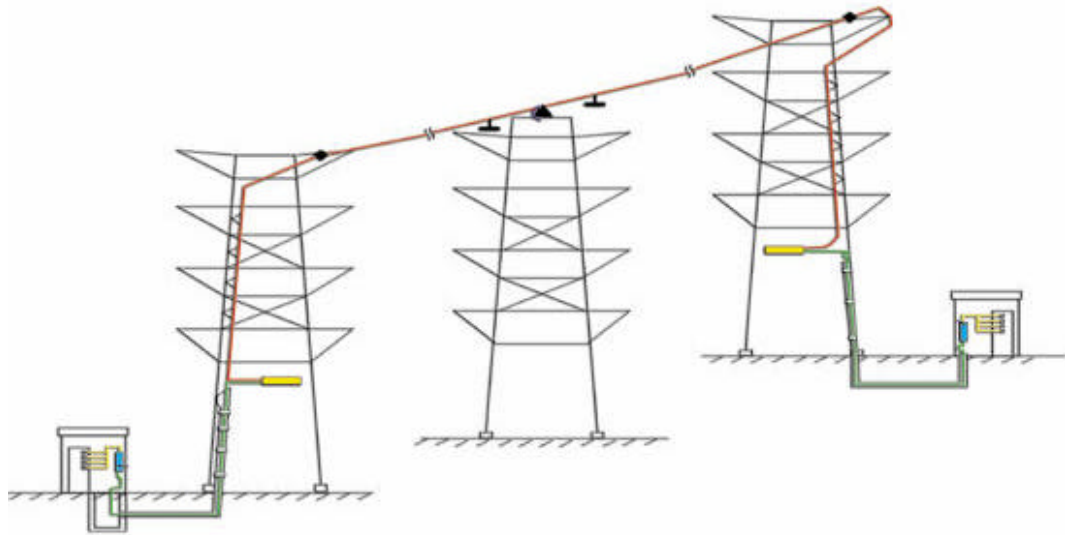


FIGURA 24. Instalación del Cable

En general, el equipo utilizado para la instalación del Cable de Tierra de Fibra Óptica es similar al utilizado al Cable de Tierra estándar. Sin embargo, debido a la existencia del núcleo de fibra óptica, debe tenerse un especial Cuidado en evitar cualquier daño sobre la fibra, respetando el mínimo radio de curvatura, y utilizando los accesorios necesarios para evitar el giro inherente del cable durante la instalación.

Las poleas deben estar situadas en la misma forma que con el cable de tierra tradicional, además deben tener el diámetro suficiente como para asegurar que el tubo de aluminio extruído no tendrá daño alguno.

3.3.1 Almacenaje de las bobinas e inspección física del cable

Para prevenir el daño y el deterioro del cable durante su manejo y almacenaje se deben seguir una serie de cuidados y recomendaciones que se procedemos a detallar:

Las bobinas deben transportarse siempre en posición vertical con los extremos fijados para prevenir que el cable se suelte. Todas las duelas y protecciones se deben mantener hasta que se precise el cable para su inmediata instalación.

Tras el transporte, las bobinas deben inspeccionarse para verificar que no hayan sufrido ningún daño y ninguna duela esté rota, en ninguna circunstancia deben ser tiradas del camión durante su descarga ni trasladarlas rodando de forma incontrolada.

Las bobinas deben girar siempre en la dirección marcada por la flecha con la inscripción girar, que se encuentra en el lateral de la bobina, significando el sentido en el que se enrolló el cable al fabricarse. Esto previene la pérdida de vueltas del cable en la bobina lo que causaría problemas durante la instalación, su desplazamiento debe realizarse rodando, vigilando que no existan objetos que dañen las duelas de la bobina.

Las bobinas deben descargarse de alguna de las siguientes formas:

El cable-de tiro debe ser suficientemente resistente para resistir la tensión durante la instalación. Debe ser metálico y capaz de aguantar un esfuerzo mínimo.

Si fuera necesario el manejo del antiguo cable de guarda hay que cerciorarse que no ha sufrido daños, además su peso debe ser inferior al OPGW que se instalará.

Cuando se realiza la instalación de un cable OPGW, se requieren dos dispositivos antitorsionales para compensar el efecto inherente de giro del cable OPGW. Estos dispositivos consisten en dos contrapesos iguales fijados al cable OPGW, que compensan el giro de éste.

El contrapeso consiste en una serie de elementos enlazados con bisagras, los cuales se fijan al cable por una hendidura de las apropiadas dimensiones forrada con neopreno o algún material similar, para adaptarse al cable perfectamente sin dañarlo. Se instalan los dos contrapesos, para tener la certeza que uno de los dos actúa mientras el otro está pasando por una polea. Un dispositivo similar se fija hacia el final de la bobina cuando el cable ha pasado a través del dispositivo de freno.

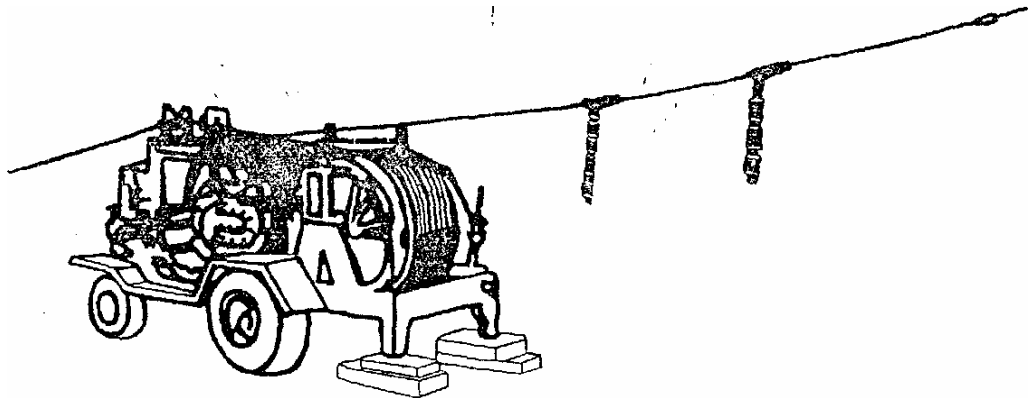


FIGURA 25. Esquema del dispositivo de freno

Es necesario aplicar controles estrictos durante la instalación para asegurarse que ésta se realiza con la correcta tensión, esto asegura que ni las fibras ni el tubo de aluminio extruido no sufren daño alguno

- Factores importantes durante la instalación:
 - a) El diámetro mínimo de las bobinas que intervienen en la instalación debe ser como 100 veces el diámetro del cable de tierra-fibra óptica como mínimo
 - b) La mínima distancia a la que debe situarse el cabrestrante de la primera polea de torre debe ser de dos veces la altura a la que esta polea se encuentra situada.
 - c) La velocidad de tendido especificada es de 15-20 metros por minuto, pero siempre depende de las condiciones de tendido.
 - d) La máxima tensión de tendido está limitada al 50% de la tensión del cable instalado. Se recomienda un máximo esfuerzo en instalación de 1.000 Kg.
 - e) Las poleas de las torres, en los casos que se mencionan a continuación, deben tener un diámetro mínimo de al menos 0.8 metros:
 - En todas las torres con un cambio igual o superior a los 15 grados en la dirección de tendido.
 - En las torres final e inicial.
 - Si la distancia entre torres es superior a los 600 metros. En los otros casos pueden usarse poleas de diámetro 0.6 metros.
 - g) Las poleas deben ser de alta calidad. La guía de la polea debe estar protegida con neopreno u otro material similar.
 - h) El mínimo radio de curvatura durante la instalación debe ser de 1 metro.

Es recomendable que el personal situado en el cabrestante, en la máquina de freno, en los pasos de poleas y en la punta del cable esté en comunicación constante.

El cabrestante deberá estar equipado con un dinamómetro con el fin de registrar la tensión de tiro.

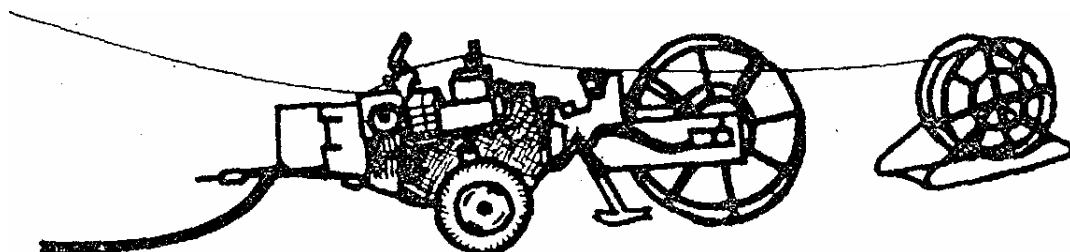


FIGURA 26. Dispositivo de Tensión

3.3.2 Flechas

Los métodos utilizados para obtener la correcta flecha entre las torres, para los cables de fibra óptica es el mismo que el utilizado para los cables de tierra tradicionales, utilizando accesorios como: amarres, herrajes de suspensión y dispositivos especiales.

El regulado del cable se realizará, a continuación del tendido, así como la colocación de los herrajes de sujeción, con el fin de prevenir daños sobre el cable OPGW. La empresa que realice la instalación tiene la responsabilidad de los daños que puedan producirse en el cable si el anterior punto no se respeta.

Los herrajes de suspensión y amarre deben ser de tal forma que no dañen ni deformen el tubo de aluminio, lo cual podría dañar las fibras ópticas.

La bobina debe situarse a 2 ó 3 metros del dispositivo de freno. La bobina de OPGW debe girar a la misma velocidad que los tambores del dispositivo de freno y el tendido se realizará de forma constante y regular, además debe girar siempre en la dirección de la flecha impresa en el lateral de la misma. Caso de no haber flecha, la salida del cable para el tendido debe ser por la parte superior.

El cabrestante debe estar equipado con un dinamómetro para desconectar el tiro en caso de que la tensión sobre el cable sea demasiado grande.

3.3.3 Controles

Deben establecerse puntos de control intermedios estableciendo las precauciones necesarias en puntos críticos; como ocurre en las torres con un cambio brusco de dirección.

Debe tenerse cuidado en evitar dañar el cable OPGW durante la instalación, y el manejo del cable.

El cable OPGW no debe golpear nada durante la instalación.

Es necesario prevenir el contacto de las poleas con la parte metálica del cable para evitar que se dañe.

3.3.4 Instalación De Herrajes Y Accesorios OPGW Monocorona

Los herrajes, amarres, suspensiones, grapas de bajada, etc. deben ser instalados bajo las instrucciones del fabricante. Los herrajes deben instalarse mediante las herramientas necesarias y de manera que no dañen ni deformen al cable.

En los amarres, la flecha de cable entre los preformados estará siempre sin tracción y el radio mínimo de curvatura no será inferior al radio mínimo recomendado por el fabricante. No debe dejarse mayor longitud de la necesaria pues por efecto del viento el cable podría golpear con la torre y dañarse.

3.3.5 Conexión De Las Cajas EWJ y elementos del Tendido OPGW Monocorona

3.3.5.1 Tipos de Cajas a utilizar

a) EWJ – A

2 prensatopas para el OPGW (plancha con Níquel – Cromo OT58)

2 Juegos de puentes de sujeción a medida del cable OPGW (aluminio)

b) EWJ – B

1 prensatopas para el OPGW

1 boquilla entrada cable dieléctrico (aleación de aluminio)

1 tubo para sellar la entrada del cable dieléctrico (termoretractil)

1 juego de puentes de sujeción a medida del cable OPGW (aluminio)

3.3.5.2 Metodología de instalación de las cajas EWJ

Las cajas de empalme EWJ están diseñadas para dar máxima fiabilidad a los empalmes con cables ópticos tipo OPGW. Su versatilidad permite la utilización en sistemas con cables OPGW y con otros cables ópticos, se permiten utilizar hasta 4 cables y alojar 160

soldaduras, es recomendable su utilización en torres de alta tensión, sin embargo están diseñadas para ubicarse en cualquier tipo de estructura como postes de concreto.

En forma inicial se colocará el herraje de sujeción a la torre en la ubicación deseada, luego de esto se replanteará la bajada de cables en la torre y se marcarán los cables en el punto de entrada a la caja de empalme, cortándose el cable a 2.5 metros de la marca efectuada.

El corte del cable OPGW puede realizarse con una sierra manual o eléctrica circular.

Para el corte del OPGW se retirará la armadura metálica en una longitud entre 2 y 3 metros, luego de esto se hace un corte en el tubo de aluminio dejando visibles 9 cm teniendo el cuidado para no dañar el núcleo óptico; seguidamente se limpiará el gel que rellena los intertubos.

3.3.5.3 Instalación en los puertos de entrada.

El sistema de entrada a la caja de empalme es un doble prensatopas. En la primera parte sujeta al tubo de aluminio y la otra en la armadura metálica.

Luego se introducirá el elemento central del cable en el elemento de sujeción, para proceder a apretar tornillos cortándose el exceso de elemento central.

3.3.5.4 Organización de las fibras.

Se posicionarán los tubos de protección holgada de las fibras dando una vuelta completa a la caja entrando a las bandejas de empalme por el lado más cercano a la entrada de los cables realizando una marca con un rotulador; luego se procederá a cortar los tubos por la marca realizada y se limpiaran las fibras del gel taponante.

Cada bandeja de empalme tiene la capacidad de albergar hasta 32 soldaduras, siendo conveniente sellar con silicona los protectores de empalme a fin de tener su inmovilización frente a las vibraciones

3.3.5.5 Patch Cord

Especificaciones

- Cordón Óptico
- Longitud: 5 metros
- Tipo de Conector: FC/FC

Se debe realizar la medición de continuidad a cada uno de los cordones ópticos y hacerse entrega a la interventoria en perfecto estado.

3.3.6 Tendido Del Cable Terminal EKDR

Como parte del proyecto debe realizarse la instalación del cable de fibra óptica terminal, que es el empalme entre el cable OPGW y el cable EKDR, siendo este último el que llega

directamente al armario en el cual se encuentran alojados los 2 distribuidores ópticos, el de entrada y el de salida con los cuales se hacen los respectivos empalmes a fin de dar continuidad a la red y salidas para la instalación de equipos de telecomunicaciones.

Este cable se canalizará en tubería de PVC de 2 y 3 pulgadas para el paso por los cárcamos y tubería metálica galvanizada de 2 pulgadas en la llegada a los pórticos, según sea el paso de una o dos líneas de cable EKDR.

Esta tubería se adosa a la pared del cárcamo, con abrazaderas de un ala alternadas, En los cruces de cárcamos se utilizó para proteger el cable de fibra óptica, tubería conduflex con coraza metálica y el paso de esta se realizará por debajo de los cables existentes y conservando siempre el radio mínimo de curvatura del cable.

3.3.6.1 Trabajos en Carcamos

Se destaparan los cárcamos en los tramos de 5 a 10 metros y se colocaran las tapas hacia el lado contrario a la instalación de la tubería.

- a) Con la debida supervisión y el especial cuidado de los cables se fija la tubería adosada en la pared por encima de los cables existentes para evitar la manipulación de los mismos.
- b) Anclaje de la tubería PVC conduit 2½ en la pared del cárcamo.

Cada 1.5 metros se instalaran pernos

- La instalación de la abrazadera asegurada con tuerca, intercala iniciando en la parte superior y la siguiente se instala en la parte inferior.

- En aquellos sitios en los cuales sea necesario instalar dos cables de fibra se colocará tubería de 3½
- En los cambios de dirección del cárcamo, es necesario cambiar de pared a fin de cumplir con los radios de curvatura que el cable exige (31 cms). Se recomienda instalar siempre en la pared exterior del cárcamo.

3.3.6.2 Recomendaciones para el tendido del EKDR

Para el tendido del cable EKDR se utiliza un método manual distribuido instalando directamente el tubo de PVC

Recomendaciones a seguir:

- Se deben tener las consideraciones de importancia durante las operaciones preparatorias, para evitar las malformaciones del cable así como degradaciones de transmisión de las fibras.
- El transporte, carga y descarga de las bobinas del cable debe realizarse con el mismo cuidado que se tiene para el OPGW.
- Ubicar el sitio de tendido
- La bobina se colocará junto a la plaza elegida suspendida sobre los puntos alza bobinas de manera que pueda ser girada libremente y de forma que el cable salga de la bobina por la parte superior.
- Durante la operación de tendido y la instalación definitiva del cable, este no debe ser sometido a curvaturas excesivas y nunca inferior a 31 cm.

Todos los trabajadores deberán usar los implementos básicos de seguridad tales como cascos guantes y botas. Lo anterior es de carácter obligatorio.

Las herramientas a utilizar deberán estar en un estado tal que durante su uso no afecte a los trabajadores y equipos.

Las áreas de seguridad serán identificadas con cinta de seguridad amarilla, teniendo un especial cuidado con los cárcamos destapados y áreas que puedan registrar riesgo. Los materiales y herramientas se ubicaran en un solo sitio para su manejo

4. PERFIL ECONOMICO – SOCIAL DEL PROYECTO

4.1 DEFINICIÓN

Existen cuatro formas distintas de hacer la Evaluación de un proyecto de Inversión Publica, cada una de estas presentan factores diferentes pero complementarios y son tenidos en cuenta para identificar los agentes o criterios relevantes para la toma de decisiones sobre la inversión óptima de los recursos.

Encontramos entonces la Evaluación Financiera, La evaluación Económica, La Evaluación Social y la Evaluación Ambiental.

Todos estos componentes se rigen por intereses específicos, en el caso de la evaluación Privada o financiera, cuando se busca solamente un beneficio o lucro de un particular (Sea este una persona o entidades publicas o privadas); De otro lado la Evaluación Económica trata de asignar en forma optima los recursos teniendo en cuenta los efectos del proyecto sobre las variables económicas de empleo, producción, comercio exterior, consumo, etc.; La evaluación Social incluye los efectos de la distribución del ingreso sobre criterios de equidad y la evaluación Ambiental analiza los factores ambientales sobre los cuales influye el proyecto.

4.2 ETAPAS

Estas evaluaciones presentan una serie de Etapas que se describen a continuación:

Etapas de Pre – Inversión

- Perfil
- Estudio de Pre – Factibilidad
- Estudio de Factibilidad

Etapas de Inversión

- Estudio Técnico Detallado
- Maquinaria, Edificios e instalaciones
- Puesta en Marcha

Etapas de Operación

El perfil es la primera etapa de la fase de pre – inversión de un proyecto y es de carácter obligatorio.

Tiene como objetivo principal la identificación del problema y de las causas, los objetivos del proyecto, la adecuada identificación de alternativas para la solución del problema y la evaluación preliminar de dichas alternativas.

El perfil de elabora principalmente con fuentes secundarias y preliminares. Este estudio considera la etapa de perfil Económico Social para la implementación del proyecto en el departamento de Santander.

Realizada y presentada la estructura del proyecto en todas sus fases, partiendo de un marco de referencia técnico apropiado, es relevante evaluar el estudio desde la perspectivas de algunos indicadores que orienten las políticas económicas de decisión sobre este proyecto.

4.3 ASPECTOS GENERALES

4.3.1 Marco de Referencia

Las tecnologías atraviesan ciclos de promesa, exageración, desilusión, rechazo y renacimiento, es por eso que actualmente se están tomando acciones concretas en el área de telecomunicaciones en respuesta de oferta y la demanda, gracias a esto ha surgido la FIBRA ÓPTICA, una nueva corriente tecnológica como opción para incrementar la densidad de las telecomunicaciones más rápidamente y con un mejor servicio.

Santander esta compuesta por una infraestructura Eléctrica Interconectada al sistema eléctrico nacional que cubre una vasta densidad de las poblaciones de los 87 municipios del Departamento. Parte de esta red eléctrica de transmisión y distribución de energía se encuentra trabajando a tensiones de 115 KV y 34.5 KV. protegidas por un conductor contra descargas atmosféricas llamado comunmente el cable de guarda.

La idea del aprovechamiento de esta infraestructura eléctrica dio pie al diseño de un sistema como es el OPGW (Optical Power Ground Wire), que se puede describir en un lenguaje muy sencillo como un conductor que consiste en un cable de Guarda con núcleo de fibra óptica, que cumpla con los requerimientos físicos, eléctricos y mecánicos para el comportamiento como protector de las líneas de transmisión y distribución , así como aprovechar las ventajas que nos ofrece la fibra óptica para telecomunicaciones, todo este sistema considerado a muy bajo costo.

4.4 INVENTARIO LÍNEAS ESSA

La información contemplada en este ítem fue suministrada por la empresa de servicios públicos Electrificadora de Santander S.A.; encargada de la transmisión y distribución de energía en el departamento.

Esta información nos permite tener una visión del alto grado de cobertura que esta empresa presenta en la mayoría de poblaciones de Santander.

4.4.1 Líneas A 230 y 115 KV

NOMBRE	VOLTAJE	LONG.
	(KV)	(Km)
BARRANCA - BUCARAMANGA 1 230 KV	230	99,40
BUCARAMANGA - LOS PALOS 1 230 KV	230	23,45
BARRANCA - PALENQUE 1 115 KV	115	95,80
BARRANCA - SAN SILVESTRE 1 115 KV	115	8,40
BUCARAMANGA - REAL MINAS 1 115 KV_ Tramo A	115	5,65
BUCARAMANGA - REAL MINAS 1 115 KV _ Tramo B	115	2,30
BUCARAMANGA - SAN GIL 1 115 KV	115	58
FLORIDA - LOS PALOS 1 115 KV (TOTAL)	115	
LIZAMA - SABANA 1 115 KV	115	33
PAIPA - BARBOSA(SANTANDER) 1 115 KV	115	64
PALENQUE - LIZAMA 1 115 KV	115	52,1
PALENQUE - LOS PALOS 1 115 KV	115	12
REAL MINAS - PALENQUE 1 115 KV Tramo A	115	2,3
REAL MINAS - PALENQUE 1 115 KV tramo B	115	2,274
SAN SILVESTRE - LIZAMA 1 115 KV	115	35,3
BARBOSA(SANTANDER) - CIMITARRA 1 115 KV	115	60,2
SABANA - SAN ALBERTO 1 115 KV	115	45
PALOS - GUATIGUARÁ (Torre 40 y Palos) 230 KV	230	13,21
COMUNEROS - GUATIGUARÁ (Torre 175 - Torre 375) 230 KV	230	76,02

TABLA 10. Líneas 230 y 115 KV.

4.4.2 Líneas ESSA A 34.5 KV

ZONA BUCARAMANGA	Urbana - Rural	Long Km
CONUCOS - FLORIDA I Y II	U	6
CONUCOS – PRINCIPAL	U	5,6
SUR – CONUCOS	U	2
PALENQUE – MINAS	U	5
PALENQUE – SUR	U	6
PALENQUE – PRINCIPAL	U	12
PALENQUE – AEROPUERTO	R	10
PALENQUE - RÍO PRADO (TREFILCO)	U	15,93
PALENQUE – ZAPATOCA	R	30
SUR – NORTE	U	2,2
PRINCIPAL – NORTE	U	1,75
PRINCIPAL – PALMAS	R	15
PRINCIPAL – PALOS	U	3,3
PALOS – MATANZA	R	23,5
PALOS – RIONEGRO	R	63,12
PALOS – BAVARIA	U	2,1
ZAPATOCA - SAN VICENTE	R	22
MINAS – CONUCOS	U	5
PTA - MESA DE LOS SANTOS	R	18
FLORIDA - I.C.P. (Piedecuesta)	R	7,09
SAN ALBERTO - LA ESPERANZA	R	27,5
SABANA - SANTA CATALINA	R	58
LIZAMA - EL CARMEN	R	30
FLORIDA - SAN CRISTOBAL (Piedecuesta)	R	14,8
RIONEGRO - LA ESPERANZA	R	25
ZONA BARBOSA		
SANTANA – OIBA	R	31,8
SANTANA - LA CÓMODA	R	3
BARBOSA-VELEZ-SUCRE	R	31
BARBOSA- SANTANA	R	18
ZONA SOCORRO		
SOCORRO - OIBA- VADORREAL	R	50
CONFINES- CHARALÁ	R	15

ZONA SAN GIL		
SAN GIL – SOCORRO	R	16,7
SAN GIL – GARCÍA ROVIRA	R	55
ZONA BARRANCABERMEJA		
TERMOBARRANCA – PARNASO	U	7
TERMOBARRANCA – PARNASO	U	7
PARNASO - BUENOS AIRES	U	2
PARNASO - SAN SILVESTRE	U	12,6
PARNASO - SAN SILVESTRE	U	14
TERMOBARRANCA - PTO WILCHES	R	49
SAN SILVESTRE - CAMPO 22	R	20
SAN SILVESTRE – ACUEDUCTO	U	4
LIZAMA - ECOPETROL II	R	5
CIMITARRA - PUERTO ARAUJO	R	25,8
CIMITARRA – LANDAZURI	R	17
CANTAGALLO - SAN PABLO	R	12

TABLA 11. Líneas ESSA A 34.5 KV

4.5 SELECCIÓN DE LINEAS A EVALUAR

El Departamento de Santander presenta una infraestructura eléctrica que cubre en un alto porcentaje las zonas urbanas de los 87 municipios del departamento y mediante los proyectos de Electrificación rural por parte de la Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. y la Gobernación tratan dentro de sus políticas sociales de avanzar en el cubrimiento hacia las zonas rurales para incluirlas dentro del Sistema Interconectado departamental.

Santander cuenta con un ordenamiento territorial basado en seis provincias que soportan su economía en el comercio, el desarrollo agroindustrial, la industria petroquímica, el aprovechamiento de sus recursos naturales y un sin número de actividades que todos los

días apuntan a competir en nuevos mercados soportados por la innovación y desarrollos tecnológicos que se presentan mundialmente.

El objeto de este estudio parte del análisis de la implementación del OPGW dentro de las poblaciones de Santander y principalmente sus cabeceras de provincia por lo que se han seleccionado algunas de las líneas de 115 kV y 34.5 kV mas representativas para lograr el mayor cubrimiento del departamento, y de este modo evaluar algunos indicadores que nos sirvan como base para la toma de decisiones que permitan avanzar dentro de la etapa de pre – inversión de este proyecto Social.

Para la realización de los mismos se han tomado los valores de los suministros que tienen por objetivo formar un presupuesto de los costos en ciertas subestaciones.

Observando diversas condiciones de montaje se realizó un diseño de una red teniendo en cuenta la densidad de población, las necesidades básicas que puede presentar para la instalación y el perfil socio económico que se detallará en los siguientes ítems.

Se realizaron costos sobre las siguientes líneas:

115 kV

Palenque – Termobarranca

Bucaramanga – San Gil

Barbosa – Cimitarra

Lizama – Sabana

San Gil - Málaga

34.5 kV

Termobarranca – Puerto Wilches

Zapatoca – San Vicente

Palos – Matanza

Barbosa – Velez – Sucre

Oiba – Guadalupe – Contratación

San Gil – Socorro

Palenque – Zapatoca

Socorro – Oiba – Vado Real

4.5.1 Cuadros de Costos

Es importante anotar que para la elaboración de los cuadros de costos se requiere conocer el tipo de estructuras que tienen las líneas.

Debido a la topografía de nuestro país se resalta la existencia de gran cantidad de estructuras de retención lo que cambia con respecto a otros sitios del mundo que presentan condiciones menos montañosas

La siguiente tabla resalta el tipo de estructuras en las líneas seleccionadas como objeto del presente estudio.

ESTRUCTURAS A 115 kV

NOMBRE	LONGITUD (Km)	No Estructuras		
		Terminal	Paso	Retención
PALENQUE - TERMOBARRANCA	95,8	2	57	144
BUCARAMANGA - SAN GIL	56,86	2	34	84
SAN GIL - MÁLAGA	46,17	2	27	68
LIZAMA - SABANA	33	2	20	47
BARBOSA - CIMITARRA	60,2	2	36	89
TOTALES	311,13	14	186	455

TABLA 12. Estructuras elegidas a 115 KV

ESTRUCTURAS A 34,5 KV

NOMBRE	LONGITUD (Km)	No Estructuras		
		Terminal	Paso	Retención
TERMOBARRANCA - PUERTO WILCHES	49	2	76	85
ZAPATOCA - SAN VICENTE	22	2	35	37
PALOS - MATANZA	23,5	2	37	40
BARBOSA - VELEZ - SUCRE	31	2	49	53
SOCORRO - OIBA - VADO REAL	50	2	78	87
OIBA - GUADALUPE - CONTRATACIÓN	18,71	2	30	31
SAN GIL - SOCORRO	16,7	2	26	28
PALENQUE - ZAPATOCA	30	2	47	51
TOTALES	372,27	28	584	635

TABLA 13. Estructuras elegidas a 34.5 KV

Las tablas 14 a la 26 corresponden al análisis de costos de cada una de las líneas teniendo en cuenta los costos de materiales, equipos y herramientas necesarias para el montaje del OPGW.

T ABLA 14 LINEA 115 kV	UND	VALOR UNIT US	CANT	TERMINAL	PASO	RETENCION	VALOR DOLARES	VALOR EN PESOS
PALENQUE - TERMOBARRANCA		KM	96	2	57	144		
Cable de Fibra Optica OPGW 48 Fibras	Km	8.846	96				847.412	\$ 2.372.754.057
Cable de Fibra Optica Terminal de 48 fibras EKDR	Km	10.571	1				10.571	\$ 29.598.003
Conjunto de Herrajes de Suspension	U	95			30		2.846	\$ 7.969.853
Amarre doble pasante	U	189			27		5.098	\$ 14.273.401
Amarre doble bajante	U	189				144	27.187	\$ 76.124.805
Amarre final	U	91		2			182	\$ 510.888
Amortiguadores para cable OPGW	U	33	406				13.229	\$ 37.040.582
Cajas de Empalme 48 F.O	U	681				144	98.013	\$ 274.437.596
Grapas de Bajada	U	10	1752				16.800	\$ 47.038.817
ODFS y Bastidores	U	4.447	2				8.894	\$ 24.902.143
Maquina de Empalme con cortadora	U	35.459	2				70.919	\$ 198.572.192
Adaptadores y Conectores	U	386	4				1.545	\$ 4.325.776
Patch-Cords (5 metros FC PC/FC PC)	U	51	16				813	\$ 2.275.553
Repartidores Opticos de 48 fibras ORDJ 7 0	U	2.320	2				4.641	\$ 12.993.693
SUMINISTROS ADICIONALES								
Agarraderas Para Cables OPGW	U	1.092	8				8.736	\$ 24.460.800
OTDR FTB3000 Con 16 Mbits de RAM	U	54.272	2				108.545	\$ 303.925.440
wattimetro optico (medidor de potencia)	U	3.637	2				7.274	\$ 20.367.285
Atenuador Variable	U	7.927	2				15.854	\$ 44.390.237
Maleta o Kit Optico de Herramientas	U	1.865	2				3.730	\$ 10.445.053
SUBTOTAL							1.252.288	\$ 3.506.406.175

T ABLA 15							
LINEA 115 kV	UND	VALOR UNIT US	CANT	TERMINAL	PASO	RETENCION VALOR DOLARES	VALOR PESOS
BUCARAMANGA SAN GIL		KM	57	2	34	84	
Cable de Fibra Optica OPGW 48 Fibras	Km	8.846				502.963	\$ 1.408.296.406
Cable de Fibra Optica Terminal de 48 fibras EKDR	Km	10.571	1			10.571	\$ 29.598.003
Conjunto de Herrajes de Suspension	U	95			17	1.613	\$ 4.516.250
Amarre doble pasante	U	189			17	3.210	\$ 8.986.956
Amarre doble bajante	U	189				84	\$ 44.406.136
Amarre final	U	91		2		182	\$ 510.888
Amortiguadores para cable OPGW	U	33	240			7.820	\$ 21.895.910
Cajas de Empalme 48 F.O	U	681				84	\$ 57.174
Grapas de Bajada	U	10	1032			9.896	\$ 27.707.796
ODFS y Bastidores	U	4.447	2			8.894	\$ 24.902.143
Maquina de Empalme con cortadora	U	35.459	2			70.919	\$ 198.572.192
Adaptadores y Conectores	U	386	4			1.545	\$ 4.325.776
Patch-Cords (5 metros FC PC/FC PC)	U	51	16			813	\$ 2.275.553
Repartidores Opticos de 48 fibras	U	2.320	2			4.641	\$ 12.993.693
SUMINISTROS ADICIONALES							
Agarraderas Para Cables OPGW	U	1.092	8			8.736	\$ 24.460.800
OTDR FTB3000 Con 16 Mbits de RAM	U	54.272	2			108.545	\$ 303.925.440
wattimetro optico (medidor de potencia)	U	3.637	2			7.274	\$ 20.367.285
Atenuador Variable	U	7.927	2			15.854	\$ 44.390.237
Maleta o Kit Optico de Herramientas	U	1.865	2			3.730	\$ 10.445.053
SUBTOTAL						840.238	\$ 2.352.665.117

T ABLA 16 LINEA 115 kV	UND	VALOR UNIT	CANT	TERMINAL	PASO	RETENCION	VALOR DOLARES	VALOR PESOS
BARBOSA - CIMITARRA		KM	60	2	36	89		
Cable de Fibra Optica OPGW 48	Km	8.846					532.507	\$ 1.491.020.817
Cable de Fibra Optica Terminal de 48 fibras EKDR	Km	10.571	1				10.571	\$ 29.598.003
Conjunto de Herrajes de Suspension	U	95			18		1.708	\$ 4.781.912
Amarre doble pasante	U	189			18		3.398	\$ 9.515.601
Amarre doble bajante	U	189				89	16.803	\$ 47.049.359
Amarre final	U	95		2			190	\$ 531.324
Amortiguadores para cable OPGW	U	33	254				8.276	\$ 23.173.172
Cajas de Empalme 48 F.O	U	681				89	60.578	\$ 169.617.681
Grapas de Bajada	U	10	1092				10.471	\$ 29.318.715
ODFS y Bastidores	U	4.447	2				8.894	\$ 24.902.143
Maquina de Empalme con cortadora	U	35.459	2				70.919	\$ 198.572.192
Adaptadores y Conectores	U	401	4				1.602	\$ 4.486.693
Patch-Cords (5 metros FC PC/FC PC)	U	51	16				813	\$ 2.275.553
Repartidores Opticos de 48 fibras	U	2.320	2				4.641	\$ 12.993.693
SUMINISTROS ADICIONALES								
Agarraderas Para Cables OPGW	U	1.092	8				8.736	\$ 24.460.800
OTDR FTB3000 Con 16 Mbits de RAM	U	54.272	2				108.545	\$ 303.925.440
wattimetro optico (medidor de potencia)	U	3.637	2				7.274	\$ 20.367.285
Atenuador Variable	U	7.927	2				15.854	\$ 44.390.237
Maleta o Kit Optico de Herramientas	U	1.865	2				3.730	\$ 10.445.053
SUBTOTAL							875.509	\$ 2.451.425.672

T ABLA 17							
LINEA 115 kV	UND	VALOR UNIT	CANT	TERMINAL	PASO	RETENCION	VALOR DOLARES VALOR PESOS
LIZAMA - SABANA		KM	33	2	20	47	
Cable de Fibra Optica OPGW 48 FibrasTipo 1	Km	8.846					291.906 \$ 817.336.993
Cable de Fibra Optica Terminal de 48 fibras EKDR	Km	10.571	1				10.571 \$ 29.598.003
Conjunto de Herrajes de Supension	U	95			10		949 \$ 2.656.618
Amarre doble pasante	U	189			10		1.888 \$ 5.286.445
Amarre doble bajante	U	189				47	8.874 \$ 24.846.291
Amarre final	U	95		2			190 \$ 531.324
Amortiguadores para cable OPGW	U	33	138				4.496 \$ 12.590.148
Cajas de Empalme 48 F.O	U	681				47	31.990 \$ 89.573.382
Grapas de Bajada	U	10	588				5.638 \$ 15.787.000
ODFS y Bastidores	U	4.447	2				8.894 \$ 24.902.143
Maquina de Empalme con cortadora	U	35.459	2				70.919 \$ 198.572.192
Adaptadores y Conectores	U	386	2				772 \$ 2.162.888
Patch-Cords (5 metros FC PC/FC PC)	U	51	16				813 \$ 2.275.553
Repartidores Opticos de 48 fibras	U	2.320	2				4.641 \$ 12.993.693
SUMINISTROS ADICIONALES							
Agarraderas Para Cables OPGW	U	1.092	8				8.736 \$ 24.460.800
OTDR FTB3000 Con 16 Mbits de RAM	U	54.272	2				108.545 \$ 303.925.440
wattimetro optico (medidor de potencia)	U	3.637	2				7.274 \$ 20.367.285
Atenuador Variable	U	7.927	2				15.854 \$ 44.390.237
Maleta o Kit Optico de Herramientas	U	1.865	2				3.730 \$ 10.445.053
SUBTOTAL							586.679 \$ 1.642.701.488

T ABLA 18								
LINEA 115 kV	UND	VALOR UNIT	CANT	TERMINAL	PASO	RETENCION	VALOR DOLARES	VALOR PESOS
SAN GIL - MALAGA		KM	46	2	27	68		
Cable de Fibra Optica OPGW 48 Fibras	Km	8.846					408.403	\$ 1.143.528.756
Cable de Fibra Optica Terminal de 48 fibras EKDR	Km	10.571	1				10.571	\$ 29.598.003
Conjunto de Herrajes de Suspension	U	95			14		1.328	\$ 3.719.265
Amarre doble pasante	U	189			13		2.454	\$ 6.872.378
Amarre doble bajante	U	189				68	12.839	\$ 35.947.825
Amarre final	U	95		2			190	\$ 531.324
Amortiguadores para cable OPGW	U	33	194				6.321	\$ 17.699.194
Cajas de Empalme 48 F.O	U	681				68	46.284	\$ 129.595.532
Grapas de Bajada	U	10	840				8.055	\$ 22.552.858
ODFS y Bastidores	U	4.447	2				8.894	\$ 24.902.143
Maquina de Empalme con cortadora	U	35.459	2				70.919	\$ 198.572.192
Adaptadores y Conectores	U	401	2				801	\$ 2.243.347
Patch-Cords (5 metros FC PC/FC PC)	U	51	54				2.743	\$ 7.679.992
Repartidores Opticos de 48 fibras	U	2.320	2				4.641	\$ 12.993.693
SUMINISTROS ADICIONALES								
Agarraderas Para Cables OPGW	U	1.092	8				8.736	\$ 24.460.800
OTDR FTB3000 Con 16 Mbits de RAM	U	54.272	2				108.545	\$ 303.925.440
wattimetro optico (medidor de potencia)	U	3.637	2				7.274	\$ 20.367.285
Atenuador Variable	U	7.927	2				15.854	\$ 44.390.237
Maleta o Kit Optico de Herramientas	U	1.865	2				3.730	\$ 10.445.053
SUBTOTAL							728.580	\$ 2.040.025.316

T ABLA 19								
LINEA 34,5 kV	UND	VALOR UNIT	CANT	Terminal	Paso	Retención	VALOR DOLARES	VALOR PESOS
TERMOBARRANCA - PUERTO WILCHES		KM	49	2	76	85		
Cable de Fibra Optica OPGW 48 Fibras	Km	8.505					416.766	\$ 1.166.943.841
Cable de Fibra Optica Terminal de 48 fibras EKDR	Km	10.164	1				10.164	\$ 28.459.619
Conjunto de Herrajes de Suspension	U	91			38		3.467	\$ 9.706.872
Amarre doble pasante	U	182			38		6.899	\$ 19.315.856
Amarre doble bajante	U	182				85	15.431	\$ 43.206.520
Amarre final	U	91		2			182	\$ 510.888
Amortiguadores para cable OPGW	U	31	326				10.214	\$ 28.598.024
Cajas de Empalme 48 F.O	U	654				85	55.630	\$ 155.763.860
Grapas de Bajada	U	9	1044				9.626	\$ 26.951.904
ODFS y Bastidores	U	4.447	2				8.894	\$ 24.902.143
Maquina de Empalme con cortadora	U	34.096	2				68.191	\$ 190.934.800
Adaptadores y Conectores	U	385	2				770	\$ 2.157.064
Patch-Cords (5 metros FC PC/FC PC)	U	49	16				781	\$ 2.188.032
Repartidores Opticos de 48 fibras	U	2.231	2				4.462	\$ 12.493.936
SUMINISTROS ADICIONALES								
Agarraderas Para Cables OPGW	U	1.050	8				8.400	\$ 23.520.000
OTDR FTB3000 Con 16 Mbits de RAM	U	52.185	2				104.370	\$ 292.236.000
wattmetro optico (medidor de potencia)	U	3.497	2				6.994	\$ 19.583.928
Atenuador Variable	U	7.622	2				15.244	\$ 42.682.920
Maleta o Kit Optico de Herramientas	U	1.793	2				3.587	\$ 10.043.320
SUBTOTAL							750.071	\$ 2.100.199.527

T ABLA 20								
LINEA 34.5 kV	UND	VALOR UNIT	CANT	Terminal	Paso	Retención	VALOR DOLARES	VALOR PESOS
ZAPATOCA - SAN VICENTE		KM	22	2	35	37		
Cable de Fibra Optica OPGW 48 Fibras	Km	8.846					194.604	\$ 544.891.328
Cable de Fibra Optica Terminal de 48 fibras EKDR	Km	10.571	1				10.571	\$ 29.598.003
Conjunto de Herrajes de Supension	U	95			18		1.708	\$ 4.781.912
Amarre doble pasante	U	189			17		3.210	\$ 8.986.956
Amarre doble bajante	U	189				37	6.986	\$ 19.559.846
Amarre final	U	95		2			190	\$ 531.324
Amortiguadores para cable OPGW	U	33	148				4.822	\$ 13.502.478
Cajas de Empalme 48 F.O	U	681				37	25.184	\$ 70.515.216
Grapas de Bajada	U	10	468				4.488	\$ 12.565.164
ODFS y Bastidores	U	4.447	2				8.894	\$ 24.902.143
Maquina de Empalme con cortadora	U	35.459	2				70.919	\$ 198.572.192
Adaptadores y Conectores	U	401	2				801	\$ 2.243.347
Patch-Cords (5 metros FC PC/FC PC)	U	51	16				813	\$ 2.275.553
Repartidores Opticos de 48 fibras	U	2.320	2				4.641	\$ 12.993.693
SUMINISTROS ADICIONALES								
Agarraderas Para Cables OPGW	U	1.092	4				4.368	\$ 12.230.400
OTDR FTB3000 Con 16 Mbits de RAM	U	54.272	2				108.545	\$ 303.925.440
wattimetro optico (medidor de potencia)	U	3.637	2				7.274	\$ 20.367.285
Atenuador Variable	U	7.927	2				15.854	\$ 44.390.237
Maleta o Kit Optico de Herramientas	U	1.865	2				3.730	\$ 10.445.053
SUBTOTAL							477.599	\$ 1.337.277.569

T ABLA 21								
LINEA 34.5 kV	UND	VALOR UNIT	CANT	Terminal	Paso	Retención	VALOR DOLARES	VALOR PESOS
PALOS - MATANZA		KM	23,5	2	37	40		
Cable de Fibra Optica OPGW 48 Fibras	Km	8.846					207.873	\$ 582.043.010
Cable de Fibra Optica Terminal de 48 fibras EKDR	Km	10.571	1				10.571	\$ 29.598.003
Conjunto de Herrajes de Suspension	U	95			19		1.803	\$ 5.047.573
Amarre doble pasante	U	189			18		3.398	\$ 9.515.601
Amarre doble bajante	U	189				40	7.552	\$ 21.145.779
Amarre final	U	95		2			190	\$ 531.324
Amortiguadores para cable OPGW	U	33	158				5.148	\$ 14.414.808
Cajas de Empalme 48 F.O	U	681				40	27.226	\$ 76.232.666
Grapas de Bajada	U	10	504				4.833	\$ 13.531.715
ODFS y Bastidores	U	4.447	2				8.894	\$ 24.902.143
Maquina de Empalme con cortadora	U	35.459	2				70.919	\$ 198.572.192
Adaptadores y Conectores	U	401	2				801	\$ 2.243.347
Patch-Cords (5 metros FC PC/FC PC)	U	51	16				813	\$ 2.275.553
Repartidores Opticos de 48 fibras	U	2.320	2				4.641	\$ 12.993.693
SUMINISTROS ADICIONALES								
Agarraderas Para Cables OPGW	U	1.092	4				4.368	\$ 12.230.400
OTDR FTB3000 Con 16 Mbits de RAM	U	54.272	2				108.545	\$ 303.925.440
wattimetro optico (medidor de potencia)	U	3.637	2				7.274	\$ 20.367.285
Atenuador Variable	U	7.927	2				15.854	\$ 44.390.237
Maleta o Kit Optico de Herramientas	U	1.865	2				3.730	\$ 10.445.053
SUBTOTAL							494.431	\$ 1.384.405.821

T ABLA 22							
LINEA 34.5 kV	UND	VALOR UNIT	CANT	Terminal	Paso Retención	VALOR DOLARES	VALOR PESOS
BARBOSA - VELEZ - SUCRE		KM	31	2	49 53		
Cable de Fibra Optica OPGW 48 Fibras	Km	8.846				274.215	\$ 767.801.417
Cable de Fibra Optica Terminal de 48 fibras EKDR	Km	10.571	1			10.571	\$ 29.598.003
Conjunto de Herrajes de Suspension	U	95			25	2.372	\$ 6.641.544
Amarre doble pasante	U	189			24	4.531	\$ 12.687.468
Amarre doble bajante	U	189			53	10.006	\$ 28.018.157
Amarre final	U	95		2		190	\$ 531.324
Amortiguadores para cable OPGW	U	33	208			6.777	\$ 18.976.456
Cajas de Empalme 48 F.O	U	681			53	36.074	\$ 101.008.282
Grapas de Bajada	U	10	660			6.329	\$ 17.720.102
ODFS y Bastidores	U	4.447	2			8.894	\$ 24.902.143
Maquina de Empalme con cortadora	U	35.459	2			70.919	\$ 198.572.192
Adaptadores y Conectores	U	401	2			801	\$ 2.243.347
Patch-Cords (5 metros FC PC/FC PC)	U	51	16			813	\$ 2.275.553
Repartidores Opticos de 48 fibras	U	2.320	2			4.641	\$ 12.993.693
SUMINISTROS ADICIONALES							
Agarraderas Para Cables OPGW	U	1.092	8			8.736	\$ 24.460.800
OTDR FTB3000 Con 16 Mbits de RAM	U	54.272	2			108.545	\$ 303.925.440
wattmetro optico (medidor de potencia)	U	3.637	2			7.274	\$ 20.367.285
Atenuador Variable	U	7.927	2			15.854	\$ 44.390.237
Maleta o Kit Optico de Herramientas	U	1.865	2			3.730	\$ 10.445.053
SUBTOTAL						581.271	\$ 1.627.558.496

T ABLA 23 LINEA 34.5 kV	UND	VALOR UNIT	CANT	Terminal	Paso	Retención	VALOR DOLARES	VALOR PESOS
OIBA - GUADALUPE - CONTRATACION		KM	19	2	30	31		
Cable de Fibra Optica OPGW 48 Fibras	Km	8.846					165.502	\$ 463.405.307
Cable de Fibra Optica Terminal de 48 fibras EKDR	Km	10.571	1				10.571	\$ 29.598.003
Conjunto de Herrajes de Suspension	U	95			15		1.423	\$ 3.984.926
Amarre doble pasante	U	189			15		2.832	\$ 7.929.667
Amarre doble bajante	U	189				31	5.853	\$ 16.387.979
Amarre final	U	95		2			190	\$ 531.324
Amortiguadores para cable OPGW	U	33	126				4.105	\$ 11.495.353
Cajas de Empalme 48 F.O	U	681				31	21.100	\$ 59.080.316
Grapas de Bajada	U	10	396				3.797	\$ 10.632.061
ODFS y Bastidores	U	4.447	2				8.894	\$ 24.902.143
Maquina de Empalme con cortadora	U	35.459	2				70.919	\$ 198.572.192
Adaptadores y Conectores	U	401	2				801	\$ 2.243.347
Patch-Cords (5 metros FC PC/FC PC)	U	51	16				813	\$ 2.275.553
Repartidores Opticos de 48 fibras	U	2.320	2				4.641	\$ 12.993.693
SUMINISTROS ADICIONALES								
Agarraderas Para Cables OPGW	U	1.092	8				8.736	\$ 24.460.800
OTDR FTB3000 Con 16 Mbits de RAM	U	54.272	2				108.545	\$ 303.925.440
wattimetro optico (medidor de potencia)	U	3.637	2				7.274	\$ 20.367.285
Atenuador Variable	U	7.927	2				15.854	\$ 44.390.237
Maleta o Kit Optico de Herramientas	U	1.865	2				3.730	\$ 10.445.053
SUBTOTAL							445.579	\$ 1.247.620.679

T ABLA 24								
LINEA 34.5 kV	UND	VALOR UNIT	CANT	Terminal	Paso	Retención	VALOR DOLARES	VALOR PESOS
SAN GIL - SOCORRO		KM	16,7	2	26	28		
Cable de Fibra Optica OPGW 48 Fibras	Km	8.846					147.722	\$ 413.622.054
Cable de Fibra Optica Terminal de 48 fibras EKDR	Km	10.571	1				10.571	\$ 29.598.003
Conjunto de Herrajes de Suspension	U	95			13		1.233	\$ 3.453.603
Amarre doble pasante	U	189			13		2.454	\$ 6.872.378
Amarre doble bajante	U	189				28	5.286	\$ 14.802.045
Amarre final	U	95		2			190	\$ 531.324
Amortiguadores para cable OPGW	U	33	112				3.649	\$ 10.218.092
Cajas de Empalme 48 F.O	U	681				28	19.058	\$ 53.362.866
Grapas de Bajada	U	10	360				3.452	\$ 9.665.510
ODFS y Bastidores	U	4.447	2				8.894	\$ 24.902.143
Maquina de Empalme con cortadora	U	35.459	2				70.919	\$ 198.572.192
Adaptadores y Conectores	U	401	2				801	\$ 2.243.347
Patch-Cords (5 metros FC PC/FC PC)	U	51	16				813	\$ 2.275.553
Repartidores Opticos de 48 fibras	U	2.320	2				4.641	\$ 12.993.693
SUMINISTROS ADICIONALES								
Agarraderas Para Cables OPGW	U	1.092	4				4.368	\$ 12.230.400
OTDR FTB3000 Con 16 Mbits de RAM	U	54.272	2				108.545	\$ 303.925.440
wattmetro optico (medidor de potencia)	U	3.637	2				7.274	\$ 20.367.285
Atenuador Variable	U	7.927	2				15.854	\$ 44.390.237
Maleta o Kit Optico de Herramientas	U	1.865	2				3.730	\$ 10.445.053
SUBTOTAL							419.454	\$ 1.174.471.218

T ABLA 25 LINEA 34.5 kV	UND	VALOR UNIT	CANT	Terminal	Paso	Retención	VALOR DOLARES	VALOR PESOS
PALENQUE - ZAPATOCA		KM	30	2	47	51		
Cable de Fibra Optica OPGW 48 Fibras	Km	8.846					265.369	\$ 743.033.630
Cable de Fibra Optica Terminal de 48 fibras EKDR	Km	10.571	1				10.571	\$ 29.598.003
Conjunto de Herrajes de Suspension	U	95			24		2.277	\$ 6.375.882
Amarre doble pasante	U	189			23		4.342	\$ 12.158.823
Amarre doble bajante	U	189				51	9.629	\$ 26.960.868
Amarre final	U	95		2			190	\$ 531.324
Amortiguadores para cable OPGW	U	33	200				6.517	\$ 18.246.592
Cajas de Empalme 48 F.O	U	681				51	34.713	\$ 97.196.649
Grapas de Bajada	U	10	636				6.525	\$ 18.271.008
ODFS y Bastidores	U	4.447	2				8.894	\$ 24.902.143
Maquina de Empalme con cortadora	U	35.459	2				70.919	\$ 198.572.192
Adaptadores y Conectores	U	401	2				801	\$ 2.243.347
Patch-Cords (5 metros FC PC/FC PC)	U	51	16				813	\$ 2.275.553
Repartidores Opticos de 48 fibras	U	2.320	2				4.641	\$ 12.993.693
SUMINISTROS ADICIONALES								
Agarraderas Para Cables OPGW	U	1.092	4				4.368	\$ 12.230.400
OTDR FTB3000 Con 16 Mbits de RAM	U	54.272	2				108.545	\$ 303.925.440
wattmetro optico (medidor de potencia)	U	3.637	2				7.274	\$ 20.367.285
Atenuador Variable	U	7.927	2				15.854	\$ 44.390.237
Maleta o Kit Optico de Herramientas	U	1.865	2				3.730	\$ 10.445.053
SUBTOTAL							565.971	\$ 1.584.718.122

T ABLA 26								
LINEA 34.5 Kv	UND	VALOR UNIT	CANT	Terminal	Paso	Retención	VALOR DOLARES	VALOR PESOS
SOCORRO – OIBA – VADO REAL		KM	50	2	78	87		
Cable de Fibra Optica OPGW 48 FibrasTipo 1	Km	8.846					442.282	\$ 1.238.389.383
Cable de Fibra Optica Terminal de 48 fibras EKDR	Km	10.571	1				10.571	\$ 29.598.003
Conjunto de Herrajes de Suspension A-10 001 FO	U	95			39		3.700	\$ 10.360.809
Amarre doble pasante A11, 003 FO T.I	U	189			39		7.363	\$ 20.617.135
Amarre doble bajante A11, 003 FO T.C.E	U	189				87	16.426	\$ 45.992.070
Amarre final A 11 002 FO T.F	U	95		2			190	\$ 531.324
Amortiguadores para cable OPGW	U	33	334				10.883	\$ 30.471.809
Cajas de Empalme 48 F.O	U	681				87	59.216	\$ 165.806.048
Grapas de Bajada	U	10	1068				10.241	\$ 28.674.348
ODFS y Bastidores	U	4.447	2				8.894	\$ 24.902.143
Maquina de Empalme con cortadora	U	35.459	2				70.919	\$ 198.572.192
Adaptadores y Conectores	U	401	2				801	\$ 2.243.347
Patch-Cords (5 metros FC PC/FC PC)	U	51	16				813	\$ 2.275.553
Repartidores Opticos de 48 fibras ORDJ 7 0	U	2.320	2				4.641	\$ 12.993.693
SUMINISTROS ADICIONALES								
Agarraderas Para Cables OPGW Tipo 1 y 2	U	1.092	8				8.736	\$ 24.460.800
OTDR FTB3000 Con 16 Mbits de RAM	U	54.272	2				108.545	\$ 303.925.440
wattmetro optico (medidor de potencia)	U	3.637	2				7.274	\$ 20.367.285
Atenuador Variable	U	7.927	2				15.854	\$ 44.390.237
Maleta o Kit Optico de Herramientas	U	1.865	2				3.730	\$ 10.445.053
SUBTOTAL							791.077	\$ 2.215.016.669

valuativo, el tipo de objetivo perseguido por los inversores, el cual puede ser el aumento de capital financiero, o el mejoramiento de la calidad de vida de un sector (proyecto social), en este caso particular, se pretende mejorar la estructura de telecomunicaciones en algunos municipios de Santander, lo que claramente identifica al proyecto como social. Por tal motivo, durante la evaluación del proyecto, se ha estudiado en el aspecto financiero, solo la estructura de costos, ya que no pretendemos obtener utilidades financieras sino sociales. Vale la pena aclarar que terminada y entregada la obra, la sostenibilidad y mantenimiento de las líneas, es responsabilidad de los municipios involucrados y las empresas involucradas.

Todos y cada uno de los cuadros presentados, de la evaluación, han sido contruidos tomando como base las metodológicas planteadas por el Departamento de Planeación Nacional de Colombia, DNP, mas específicamente son aplicaciones de la metodología 021 correspondiente a electrificación.

En las tablas se presenta el FLUJO DE CAJA DE INVERSIÓN, en el cual se encuentra el resumen de los costos de inversión del proyecto, en ellos están estipulados los costos en 2 ítem generales denominados: obras físicas y materiales y mano de obra, por cada una de las líneas a desarrollar, los valores consignados en este flujo de caja se encuentran en pesos y dólares y han sido especificados en las tablas 27 y 28; En la tabla 29 donde se encuentran consignados los valores cantidad de personal utilizado y sus costos, los valores están en pesos colombianos, por el contrario la tabla donde se estipulan los

costos de obras físicas y materiales, los precios están en dólares, sin embargo, con el fin de unificar una sola moneda en el Flujo de caja de inversión por línea, se han convertido los dólares en pesos a una TRM de \$2.800.

La tabla de flujo de caja de inversión también posee los valores presentes netos, traídos a una tasa de 14.20% la cual ha sido calculada de acuerdo a un estudio de promedio entre captación y colocación de dinero para proyectos de inversión social suministrada por la Fiduciaria Colpatria S.A.

El proyecto se ha presupuestado financiarlo, con recursos de orden nacional, departamental y municipal, al igual que con contribuciones de la comunidad los cuales deben ser desembolsados de acuerdo con las necesidades del proyecto especificadas en el flujo de caja de inversión

FLUJO DE CAJA DE INVERSION LINEAS 115									
		1	2	3	4	5	6	7	8
	VALOR PRESENTE	MES No. 1	MES No. 2	MES No. 3	MES No. 4	MES No. 5	MES No. 6	MES No. 7	MES No. 8
OBRAS FISICAS Y MATERIALES									
PALENQUE – TERMOBARRANCA	2.229.800.161	1.051.921.853	350.640.618	350.640.618	350.640.618	350.640.618	350.640.618	350.640.618	350.640.618
BUCARAMANGA SAN GIL	1.620.797.416	941.066.047	235.266.512	235.266.512	235.266.512	235.266.512	235.266.512	235.266.512	
BARBOSA – CIMITARRA	1.688.835.511	980.570.269	245.142.567	245.142.567	245.142.567	245.142.567	245.142.567	245.142.567	
LIZAMA – SABANA	1.131.701.404	492.810.446	246.405.223	246.405.223	246.405.223	246.405.223	164.270.149		
SAN GIL – MALAGA	1.405.428.516	612.007.595	306.003.797	306.003.797	306.003.797	306.003.797	204.002.532		
SUBT OBRAS FISICAS Y MATERIALES	8.076.563.009	4.078.376.209	1.383.458.717	1.383.458.717	1.383.458.717	1.383.458.717	1.199.322.377	831.049.696	350.640.618
MANO DE OBRA									
PALENQUE – TERMOBARRANCA	289.376.410	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000
BUCARAMANGA SAN GIL	267.667.860	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	
BARBOSA – CIMITARRA	267.667.860	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	
LIZAMA – SABANA	242.876.696	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000		
SAN GIL – MALAGA	242.876.696	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000		
SUBT OTAL MANO DE OBRA	1.310.465.522	314.000.000	314.000.000	314.000.000	314.000.000	314.000.000	314.000.000	188.400.000	62.800.000
TOTAL COSTOS DIRECTOS	9.387.028.531	4.392.376.209	1.697.458.717	1.697.458.717	1.697.458.717	1.697.458.717	1.513.322.377	1.019.449.696	413.440.618
AIU	2.816.108.559	1.317.712.863	509.237.615	509.237.615	509.237.615	509.237.615	453.996.713	305.834.909	124.032.185
TOTAL COSTOS	12.203.137.090	5.710.089.072	2.206.696.332	2.206.696.332	2.206.696.332	2.206.696.332	1.967.319.090	1.325.284.605	537.472.803

T ABLA 27

FLUJO DE CAJA DE INVERSION LINEAS 34.5								
	VALOR PRESENTE	MES No. 1	MES No. 2	MES No. 3	MES No. 4	MES No. 5	MES No. 6	MES No. 7
OBRAS FISICAS Y MATERIALES								
TERMOBARRANCA – PUERTO WILCHES	1.446.868.890	840.079.811	210.019.953	210.019.953	210.019.953	210.019.953	210.019.953	210.019.953
ZAPATOCA – SAN VICENTE	978.099.058	534.911.028	200.591.635	200.591.635	200.591.635	200.591.635		
PALOS - MATANZA	1.012.569.163	553.762.328	207.660.873	207.660.873	207.660.873	207.660.873		
BARBOSA –VELEZ –SUCRE	1.174.045.284	651.023.398	244.133.774	244.133.774	162.755.850	162.755.850	162.755.850	
OIBA – GUADALUPE –CONTRATACION	942.568.233	499.048.272	249.524.136	249.524.136	249.524.136			
SAN GIL – SOCORRO	887.304.353	469.788.487	234.894.244	234.894.244	234.894.244			
PALENQUE –ZAPATOCA	1.143.142.223	633.887.249	237.707.718	237.707.718	158.471.812	158.471.812	158.471.812	
SOCORRO –OIBA –VADO REAL	1.525.968.685	886.006.668	221.501.667	221.501.667	221.501.667	221.501.667	221.501.667	221.501.667
SUBTOTAL OBRAS FISICAS Y MATERIALES	9.110.565.889	5.068.507.240	1.806.034.000	1.806.034.000	1.645.420.169	1.161.001.790	752.749.281	431.521.620
MANO DE OBRA								
TERMOBARRANCA – PUERTO WILCHES	267.667.860	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000
ZAPATOCA – SAN VICENTE	214.565.187	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000		
PALOS - MATANZA	214.565.187	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000		
BARBOSA –VELEZ –SUCRE	242.876.696	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	
OIBA – GUADALUPE –CONTRATACION	182.233.443	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000			
SAN GIL – SOCORRO	182.233.443	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000			
PALENQUE –ZAPATOCA	242.876.696	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	
SOCORRO –OIBA –VADO REAL	267.667.860	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000
SUBTOTAL MANO DE OBRA	1.814.686.373	502.400.000	502.400.000	502.400.000	502.400.000	376.800.000	251.200.000	125.600.000
AIU	3.277.575.678	1.671.272.172	692.530.200	692.530.200	644.346.051	461.340.537	301.184.784	167.136.486
TOTAL COSTOS	14.202.827.940	7.242.179.413	3.000.964.200	3.000.964.200	2.792.166.220	1.999.142.327	1.305.134.066	724.258.106

T ABLA 28

	RELACION DE PERSONAL	COORDINACION GRAL	FRENTE DE TRABAJO 1	FRENTE DE TRABAJO 2	TOTAL	SALARIO	F.P.	TOTAL SALARIO
	DESCRIPCION							
1	INGENIERO DIRECTOR	1			1	2.500.000	1,57	3.925.000
2	INGENIERO RESIDENTE	1			1	1.800.000	1,57	2.826.000
3	AUXILIAR OFICINA	1			1	450.000	1,57	706.500
4	INGENIERO ASESOR INSTALACION	1			1	1.600.000	1,57	2.512.000
5	JEFE DE COMPRAS	1			1	1.200.000	1,57	1.884.000
6	SUPERVISION GENERAL	1			1	1.800.000	1,57	2.826.000
7	TECNICO COMUNICACIONES	1			1	900.000	1,57	1.413.000
8	SECRETARIA	1			1	650.000	1,57	1.020.500
9	CONDUCTORES		3	3	6	700.000	1,57	6.594.000
10	CELADORES		1	1	2	600.000	1,57	1.884.000
11	ALMACENISTA		1	1	2	500.000	1,57	1.570.000
12	JEFE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y MANT		1	1	2	1.200.000	1,57	3.768.000
13	TOPOGRAFO		1	1	2	1.100.000	1,57	3.454.000
14	RANCHERA Y ASEADORA		1	1	2	450.000	1,57	1.413.000
15	ING JEFE DE FRENTE		1	1	2	1.000.000	1,57	3.140.000
16	CAPATAZ		1	1	2	700.000	1,57	2.198.000
17	OFICIALES 1		2	2	4	500.000	1,57	3.140.000
18	OFICIALES 2		2	2	4	450.000	1,57	2.826.000
19	AYUDANTES		2	2	4	350.000	1,57	2.198.000
20	CADENEROS		4	4	8	350.000	1,57	4.396.000
21	OPERADORES DE GRUA		1	1	2	800.000	1,57	2.512.000
22	TECNICOS DE EMPALME		3	3	6	700.000	1,57	6.594.000
	TOTAL	8	24	24	55	20.300.000		62.800.000

T ABLA 29

4.6.1 Indicadores de evaluación

Una vez que se han determinado los costos para cada mes de vida del proyecto, se ha procedido a calcular los indicadores de costo eficiencia del proyecto los cuales se definen a continuación:

4.6.1.1 Valor presente de los costos (VPC)

Se define como:

$$VPC = \sum \frac{C_t}{(1 + r)^t}$$

C_t = Costo del periodo t del proyecto.

t = Periodo correspondiente a la vida del proyecto, que varia entre cero y n. El momento cero es el momento inicial en el cual comienza la fase de inversión del proyecto y n es la cantidad de meses que dura el proyecto, y comprende la fase de inversión. Por lo tanto, n es el momento final de la entrega del proyecto.

r = Tasa Social de Descuento

En la tabla 30 - 31 se muestran los valores presente de los costos por cada una de las líneas, la tasa social de descuento tal y como fue comentado anteriormente es de 14.20%.

Este valor presente nos representa el dinero que se debiese tener en el momento de iniciar la inversión, para lograr colocar a rentar a una tasa de 14.20% e.a. se contara con el presupuesto necesario para cubrir el 100% de los costos.

4.6.1.2 Costo Anual Equivalente (CAE)

Es el valor presente de los costos transformados en valores equivalentes mensuales.

Pero los meses para los cuales se calcula el CME son los de la fase de operación del proyecto, puesto que solo tiene sentido referirse a un costo mensual en relación con la prestación de un servicio, lo cual ocurre en la fase de operación del proyecto.

A partir del valor presente de los costos, se obtiene el costo anual equivalente aplicando la siguiente fórmula:

$$CAE = VPC * \frac{(1+r)^{n*r}}{(1+r)^{(n-2)} - 1}$$

n = Cantidad de meses que dura el proyecto, y comprende la fase de inversión y de operación

En la tabla 32 – 33 se encuentra especificado el Costo Anual equivalente por cada una de las líneas en forma parcial y total.

		1	2	3	4	5	6	7	8
	VALOR PRESENTE	MES No. 1	MES No. 2	MES No. 3	MES No. 4	MES No. 5	MES No. 6	MES No. 7	MES No. 8
OBRAS FISICAS Y MATERIALES									
PALENQUE - TERMOBARRANCA	2.229.800.161	1.051.921.853	350.640.618	350.640.618	350.640.618	350.640.618	350.640.618	350.640.618	350.640.618
BUCARAMANGA SAN GIL	1.620.797.416	941.066.047	235.266.512	235.266.512	235.266.512	235.266.512	235.266.512	235.266.512	
BARBOSA - CIMITARRA	1.688.835.511	980.570.269	245.142.567	245.142.567	245.142.567	245.142.567	245.142.567	245.142.567	
LIZAMA - SABANA	1.131.701.404	492.810.446	246.405.223	246.405.223	246.405.223	246.405.223	164.270.149		
SAN GIL - MALAGA	1.405.428.516	612.007.595	306.003.797	306.003.797	306.003.797	306.003.797	204.002.532		
SUBTOTAL OBRAS FISICAS Y MATERIALES	8.076.563.009	4.078.376.209	1.383.458.717	1.383.458.717	1.383.458.717	1.383.458.717	1.199.322.377	831.049.696	350.640.618
MANO DE OBRA									
PALENQUE - TERMOBARRANCA	502.400.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000
BUCARAMANGA SAN GIL	439.600.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	
BARBOSA - CIMITARRA	439.600.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	
LIZAMA - SABANA	376.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000		
SAN GIL - MALAGA	376.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000		
SUBTOTAL MANO DE OBRA	2.135.200.000	314.000.000	314.000.000	314.000.000	314.000.000	314.000.000	314.000.000	188.400.000	62.800.000
TOTAL COSTOS DIRECTOS	10.211.763.009	4.392.376.209	1.697.458.717	1.697.458.717	1.697.458.717	1.697.458.717	1.513.322.377	1.019.449.696	413.440.618
AIU	3.063.528.903	1.317.712.863	509.237.615	509.237.615	509.237.615	509.237.615	453.996.713	305.834.909	124.032.185
TOTAL COSTOS	13.275.291.912	5.710.089.072	2.206.696.332	2.206.696.332	2.206.696.332	2.206.696.332	1.967.319.090	1.325.284.605	537.472.803

T ABLA 30

	VALOR PRESENTE	MES No. 1	MES No. 2	MES No. 3	MES No. 4	MES No. 5	MES No. 6	MES No. 7
OBRAS FISICAS Y MATERIALES								
TERMOBARRANCA – PUERTO WILCHES	1.446.868.890	840.079.811	210.019.953	210.019.953	210.019.953	210.019.953	210.019.953	210.019.953
ZAPATOCA – SAN VICENTE	1.337.277.569	534.911.028	200.591.635	200.591.635	200.591.635	200.591.635		
PALOS - MATANZA	1.384.405.821	553.762.328	207.660.873	207.660.873	207.660.873	207.660.873		
BARBOSA – VELEZ – SUCRE	1.627.558.496	651.023.398	244.133.774	244.133.774	162.755.850	162.755.850	162.755.850	
OIBA – GUADALUPE – CONTRATACION	1.247.620.679	499.048.272	249.524.136	249.524.136	249.524.136			
SAN GIL –SOCORRO	1.174.471.218	469.788.487	234.894.244	234.894.244	234.894.244			
PALENQUE –ZAPATOCA	1.584.718.122	633.887.249	237.707.718	237.707.718	158.471.812	158.471.812	158.471.812	
SOCORRO –OIBA – VADO REAL	2.215.016.669	886.006.668	221.501.667	221.501.667	221.501.667	221.501.667	221.501.667	221.501.667
SUBTOTAL OBRAS FISICAS Y MATERIALES	12.017.937.464	5.068.507.240	1.806.034.000	1.806.034.000	1.645.420.169	1.161.001.790	752.749.281	431.521.620
MANO DE OBRA								
TERMOBARRANCA – PUERTO WILCHES	439.600.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000
ZAPATOCA – SAN VICENTE	314.000.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000		
PALOS - MATANZA	314.000.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000		
BARBOSA – VELEZ – SUCRE	376.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	
OIBA – GUADALUPE – CONTRATACION	251.200.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000			
SAN GIL –SOCORRO	251.200.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000			
PALENQUE –ZAPATOCA	376.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	
SOCORRO –OIBA – VADO REAL	439.600.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000	62.800.000
SUBTOTAL MANO DE OBRA	2.763.200.000	502.400.000	502.400.000	502.400.000	502.400.000	376.800.000	251.200.000	125.600.000
AIU	4.434.341.239	1.671.272.172	692.530.200	692.530.200	644.346.051	461.340.537	301.184.784	167.136.486
TOTAL COSTOS	19.215.478.704	7.242.179.413	3.000.964.200	3.000.964.200	2.792.166.220	1.999.142.327	1.305.134.066	724.258.106

T ABLA 31

COSTO ANUAL EQUIVALENTE 115

LINEA 115	CAE OBRAS FISICAS Y MATERIALES	CAE MANO DE OBRA	CAE TOTAL
PALENQUE – TERMOBARRANCA	\$ 640.540.204,13	\$ 144.321.183,65	\$ 784.861.387,78
BUCARAMANGA SAN GIL	\$ 465.595.942,61	\$ 126.281.035,69	\$ 591.876.978,30
BARBOSA – CIMITARRA	\$ 485.140.804,06	\$ 126.281.035,69	\$ 611.421.839,75
LIZAMA – SABANA	\$ 325.096.509,14	\$ 108.240.887,74	\$ 433.337.396,88
SAN GIL – MALAGA	\$ 403.728.318,07	\$ 108.240.887,74	\$ 511.969.205,81

TABLA 32

LINEA 34.5 Kv	OBRAS FISICAS Y MATERIALES	MANO DE OBRA	TOTAL
TERMOBARRANCA – PUERTO WILCHES	415.632.625	126.281.036	541.913.661
ZAPATOCA – SAN VICENTE	384.151.038	90.200.740	474.351.778
PALOS - MATANZA	397.689.265	90.200.740	487.890.005
BARBOSA – VELEZ – SUCRE	467.538.154	108.240.888	575.779.042
OIBA – GUADALUPE – CONTRATACION	358.395.886	72.160.592	430.556.478
SAN GIL – SOCORRO	337.382.716	72.160.592	409.543.307
PALENQUE – ZAPATOCA	455.231.678	108.240.888	563.472.566
SOCORRO – OIBA – VADO REAL	636.293.447	126.281.036	762.574.482

TABLA 33

4.6.2 Beneficios Sociales

4.6.2.1 Costo por Habitante Beneficiado

Es el valor presente de los costos para la fase de inversión y la fase de operación del proyecto, con relación al número de habitante de la zona de influencia proyecto, por cuanto sólo tiene sentido referirse a los costos totales en que se incurre para prestar el servicio durante la vida útil del proyecto (Quince años)

Se calcula como la razón entre el valor presente de los costos (VPC) y el valor presente de los habitantes (VPH), o sea: VPC/VPH

Se determina el valor presente del número de habitantes, en razón de que éste no es constante en el horizonte del proyecto.

$$CHB = \frac{VPC}{VPH}$$

$$VPC = \sum \frac{Ct}{(1 + r)^t}$$

$$VPH = \sum \frac{Ht}{(1 + r)^t}$$

H_t = Habitantes correspondientes al momento t , considerados todos los de la zona de influencia.

Este indicador se utiliza para la toma de decisiones en la priorización de proyectos de inversión, cuando todos tienen la misma importancia y los fondos para invertir son limitados, en el sentido que no alcanzan para financiar todos los proyectos con valor presente neto positivo.

Se toma el costo por habitante beneficiado, más bajo, teniendo en cuenta que el servicio se le presta a la mayor cantidad de habitantes, con los mismos fondos invertidos.

En la tabla 34 -35 se encuentran los valores de los costos por habitante generados por cada una de las líneas, de igual forma se hallan especificados los datos demográficos de cada una de las ciudades beneficiadas por las líneas, este dato fue suministrado por el DANE.

La evaluación socioeconómica presenta las orientaciones acerca de la conveniencia o rechazo que pueda tener el proyecto dentro del medio, y sobretodo el valor agregado que recibirá la comunidad.

Desde el punto de vista cuantitativo, la comunidad será beneficiada durante la ejecución del proyecto con muchos empleos directos, e igualmente con la reactivación del

mercado de la zona, ya que se buscara que sean los comerciantes del sector los principales proveedores, sin embargo, estos son valores agregados momentáneos, las principales utilidades, corresponden a las ventajas que traerá para la comunidad el poder contar con una red de comunicaciones que acelerará el progreso de una región.

Con el cambio de siglo más de mil millones de personas están conectadas a Internet. Esta nada despreciable cifra será posible gracias a las tres grandes revoluciones que ha vivido el sector de las telecomunicaciones: la aparición de Internet, la metodología educativa recientemente implantada y las nuevas tecnologías. La utilización del OPGW en la infraestructura existente permitirán la transmisión de datos a velocidades hasta la fecha impensables para la zona.

El éxito se ha convertido en fracaso. La masificación convierte la red en una herramienta lenta. Por ello se está produciendo la tercera gran revolución: la fibra óptica una infraestructura necesaria para cualquier sociedad que quiera avanzar en educación, cultura, información, trabajo y ocio.

COSTO POR HABITANTE 115 KV

LINEA 115	OBRAS FISICAS Y MATERIALES	MANO DE OBRA	TOTAL
PALENQUE - TERMOBARRANCA	91.897	20.706	112.603
BUCARAMANGA SAN GIL	3.606	978	4.584
BARBOSA - CIMITARRA	42.038	10.942	52.980
LIZAMA - SABANA	63.468	21.132	84.600
SAN GIL - MALAGA	26.599	7.131	33.731

Habitantes Palenque- Termobarranca	24.264
Habitantes Bucaramanga- SanGil	449.488
Habitantes Barbosa-Cimitarra	40.174
Habitantes Lizama-Sabana	17.831
Habitantes Sangil-Malaga	52.837

T ABLA 34

LINEA 34.5 KV	OBRAS FISICAS Y MATERIALES	MANO DE OBRA	TOTAL
TERMOBARRANCA - PUERTO WILCHES	28.510	8.662	37.172
ZAPATOCA - SAN VICENTE	43.893	10.306	54.199
PALOS - MATANZA	217.914	49.425	267.339
BARBOSA - VELEZ - SUCRE	32.666	7.563	40.229
OIBA - GUADALUPE - CONTRATACION	66.462	13.382	79.843
SAN GIL - SOCORRO	20.391	4.361	24.752
PALENQUE - ZAPATOCA	155.000	36.854	191.854
SOCORRO - OIBA - VADO REAL	71.213	14.133	85.346

T ABLA 35

Habitantes Termobarranca-Puerto Wilches	50.750
Habitantes Zapatoca-Sanvicente	30.467
Habitantes Palos-Matanza	6.353
Habitantes Barbosa-Velez-Sucre	49.824
Habitantes Oiba-Guadalupe-Contratacion	18.772
Habitantes Sangil - Socorro	57.598
Habitantes Palenque-Zapatoca	10.224
Habitantes Socorro-Oiba-Vado Real	31.104

4.6.2.2 Una fuente, múltiples servicios

El montaje del OPGW ofrece la comodidad de tener una infraestructura ya existente, la cual disminuye costos, genera empleo, acorta distancias entre las regiones en un avance tecnológico, todo ello integrado en una misma fuente: el cable.

Ello supone una mayor comodidad, fiabilidad y mejores costos para los usuarios.

A través de este montaje, los usuarios de esta zona podrán disfrutar de una amplia gama de servicios de imágenes, voz y transmisión de datos que se traducen en la posibilidad de acceder a:

- TV por cable, analógica y digital
- TV Interactivo
- Telefonía: servicios avanzados con calidad digital
- Internet a alta velocidad: multiplica la velocidad actual
- Música digital
- Telecompra
- Telebanca
- Teletramitación
- Prensa electrónica.
- Teleducación.
- Telemedicina, televigilancia, etc.

Por lo tanto, las principales ventajas y diferencias de esta red frente a otras infraestructuras son: la hipercapacidad, la interactividad y la integración de todos los servicios en una sola fuente, el cable.

Pero no se acaban aquí las oportunidades para el usuario de una red de cable. Los servicios son un punto clave ya que el cliente de una red de cable OPGW dispondrá de una amplia gama de servicios multimedia hasta ahora impensables a través de los sistemas tradicionales o, en el mejor de los casos, con niveles de rendimiento extremadamente bajos.

Videoconferencia

La intercomunicación personal o múltiple es una realidad para los usuarios de una red de cable.

Hoy día, cualquier usuario de una red de cable puede realizar videoconferencias en tiempo real dotando, simplemente, a su ordenador de una mini cámara y el software correspondiente a unos costos muy bajos.

Presentar un medio alternativo con menos probabilidad de falla que el tradicional, el cual permanentemente tiene caídas por el medio utilizado y la ventaja de contar con las redes de distribución que llegan a prácticamente todo Santander

Videojuegos on-line

Los videojuegos on-line multiusuario han adquirido gran popularidad entre los usuarios diarios y frecuentes que se encuentran en Internet.

Fabricantes de productos lúdicos han visto en este tipo de juegos una buena fuente de negocio y trabajan para hacer posible que los propietarios de videoconsolas Nintendo, Sega Sony etc. puedan jugar on-line contra otros. Pero de nuevo, nos encontramos con la capacidad y velocidad de transmisión.

Los diseños actuales de videojuegos con imágenes de alta calidad en 3D y sofisticados efectos sonoros precisan de un ancho de banda que sólo puede proporcionar una red OPGW

Tele Educación

Hoy día, las más importantes universidades de Estados Unidos y Europa, ofrecen programas de educación a distancia que se han masificado por la oportunidad brindada a comunidades ante las cuales antes era imposible llegar.

Hasta hace poco, estos programas carecían de interactividad. El alumno se limitaba a

recibir una lección en formato vídeo y sus sugerencias o preguntas se realizaban por otros medios como el teléfono o el correo.

La capacidad y configuración de una red de cable permite la intercomunicación entre profesor y alumno, principal handicap que sufría este tipo de enseñanza y que ahora se superará gracias a la tecnología del cable.

Ya es posible el Campus Virtual en el que se puede acceder a clases, chats o videoconferencias entre varios alumnos y profesores.

Tele Banca

El principal problema de las transacciones económicas en Internet es el de la seguridad.

La singularidad del cable (un dispositivo que integra diversos recursos técnicos) permite que las transacciones económicas a través de una red de cable se realicen con la máxima garantía.

Teletrabajo

En Canadá y Norteamérica se calcula que cerca de 40 millones de personas controlan su negocio en parte o totalmente desde su casa.

Este tipo de actividad se denomina teletrabajo (WAH: Work At Home) o pequeña oficina (SOHO: Small Office/ Home Office).

La tecnología de las redes permite que este tipo de teletrabajo sea absolutamente accesible en cuanto a costes.

Telemedicina

El concepto de telemedicina es amplio. Por telemedicina se entiende la comunicación entre médico-paciente, el acceso e intercambio de información médica, el diagnóstico remoto o la vertiente educativa.

La utilización de la telemedicina tiene dos aspectos significativos: diagnóstico más rápido y fiable y reducción de costos.

En el mundo, el gasto sanitario ha subido más de un 10% en la última década, según la Conferencia para la Administración y Financiación de la Salud Pública de la ONU. Este fuerte incremento puede ser paliado por el uso de la telemedicina.

Un estudio realizado por "Arthur D. Little Inc." Señala que la utilización de la telemedicina puede reducir en 36.000 millones de dólares el gasto médico en Norteamérica.

Por lo que respecta a la diagnosis, el diagnóstico precoz y remoto puede salvar muchas vidas al multiplicar la capacidad de diagnóstico de los especialistas.

Imaginemos a un equipo médico de urgencias que asiste a un enfermo. Le realiza un electrocardiograma, un encefalograma. Estamos ante una situación crítica y el equipo desplazado no consigue llegar a un diagnóstico. La vida de una persona depende del acierto en el diagnóstico y la rapidez con la que se realice. Las pruebas se envían instantáneamente a un centro hospitalario. El especialista o equipo de especialistas o si es preciso, otro equipo de otro centro diferente, diagnostica y da las primeras instrucciones al equipo desplazado. El enfermo recibe la atención precisa por que virtualmente lo ha visitado el mejor y más experto equipo de doctores. Y, no lo olvidemos, se ha salvado una vida.

Hemos visto una pequeña serie de aplicaciones que ya son factibles y son buenas prestaciones a través de una red de cable OPGW .

¿Dónde está el límite? El límite es el de la imaginación humana .

CONCLUSIONES

- De acuerdo al análisis de la estructura del cable OPGW Monocorona se destaca la compatibilidad de la función óptica con la eléctrica y mecánica lo cual garantiza el perfecto funcionamiento como cable de fibra óptica y cable de tierra tradicional, avalando las dos funciones básicas para las que ha sido diseñado para satisfacer las expectativas de uso en Telecomunicaciones e Ingeniería.
- Mediante la consecución de información por parte de la electrificadora de Santander se logro tener una visión global de la interconexión del departamento en sus líneas de 230, 115 y 34.5 kV, con la cual se pudo trazar una red que una a los principales municipios y poblaciones cercanas que serán los directamente beneficiados con la realización del proyecto.
- El departamento de Santander posee la infraestructura adecuada y suficiente para realizar el montaje del OPGW a través de sus redes de alta tensión teniendo como principal característica que todas cuentan con cable de guarda. El Montaje del cable óptico se ve favorecido por la disposición ya existente de las estructuras metálicas que permiten economizar costos de conexión y derechos de paso.
- Desde el punto de vista cualitativo, la comunidad tendrá beneficios directos durante la ejecución del proyecto con empleos directos, sin embargo, estos son

valores agregados momentáneos, las principales utilidades, corresponden a las ventajas que traerá para la comunidad el poder contar con una red de comunicaciones que acelerará el progreso de una región.

- Con el cambio de siglo más de mil millones de personas están conectadas a Internet. El OPGW debido a su gran capacidad de transmisión (Mayor a 10 Gbit/Seg), la hipercapacidad, la interactividad y la integración de todos los servicios en una sola fuente, hace que el impacto dentro de las economías del departamento se vea afectado positivamente debido a la ventajas que presenta el acceso a las tecnologías de punta en regiones donde hasta ahora ha sido impensables a través de los sistemas tradicionales o, en el mejor de los casos, con niveles de rendimiento extremadamente bajos.
- De acuerdo a la delicadas características físicas de la fibra, la instalación del OPGW debe efectuarse con cuidados especiales, el someterla a tracción excesiva, a torsiones innecesarias o a vibraciones no adecuadas causaría daños irreparables en la misma acortando el periodo de vida y no dando las calidades de funcionamiento que esta posee. Cuando se realiza la instalación de un cable OPGW, se requieren dos dispositivos antitorsionales para compensar el efecto inherente de giro del cable OPGW. Estos dispositivos consisten en dos contrapesos iguales fijados al cable OPGW, que compensan el giro de éste.
- El análisis del indicador de los costos por habitante beneficiado refleja que la inversión se debe priorizar para las zonas donde se beneficie el más alto valor

poblacional posible buscando la mayor redistribución de los recursos. La línea Bucaramanga – San Gil para 115 KV presenta el menor costo por habitante, debido a que posee el mayor índice poblacional.

- Por medio del análisis de los costos generados por la instalación del cable OPGW en las líneas de 115 y 34.5 kV se encuentra que la inversión necesaria para este proyecto es alrededor de Treinta Mil Millones de pesos (\$ 30.000.000.000). Los alcances de los indicadores de evaluación no permiten establecer la viabilidad del proyecto con exactitud, sin embargo se reasalta el beneficio social de establecer este sistema de telecomunicación para los municipios mas alejados del departamento.

OBSERVACIONES

- La fibra es inmune al ruido y a las interferencias por ser un medio dieléctrico; Esta es una característica positiva en muchas aplicaciones, sobre todo cuando el cable debe pasar por zonas donde hay instalaciones de alta tensión.
- La fibra óptica hace posible navegar por Internet a una velocidad de dos millones de bps, facilitando además un acceso ilimitado y continuo las 24 horas del día, sin congestiones, siendo alternativa en la presentación de video y sonido en tiempo real.
- Por medio de la sección metálica se asegura la mínima sección de aluminio y acero para que en caso de corto circuito sobre el cable OPGW el ascenso de la temperatura por efecto del paso de la corriente no afecte a la integridad y buen funcionamiento del enlace de fibras ópticas
- En el proceso de selección del OPGW Monocorona se tuvo en cuenta que en la composición del núcleo óptico se presenta una estructura de fibras de alta calidad como lo son las fibras monomodo, esta se destaca debido a sus características de mínima dispersión, gran ancho de banda y su alta capacidad de distancias de transmisión.

- En el proceso de selección de las líneas de alta tensión de Santander se incluyeron los municipios de San Gil, Socorro, Velez, Malaga, Barranca y Bucaramanga, contemplando su relevancia como municipios capitales dentro de las seis provincias del departamento
- Debido a la topografía de nuestro departamento se resalta la existencia de gran cantidad de estructuras de retención, lo que aumenta los valores económicos en el cuadro de costos de las líneas de transmisión.
- Debido al auge que tiene el sistema de cableado OPGW en el mundo, es indispensable tener en cuenta el futuro que tiene para las empresas eléctricas tanto departamentales como regionales la implantación de este sistema como una forma más de auto soportarse, ampliando su cobertura y ofreciendo un servicio a empresas de comunicaciones, por lo que es importante que un estudio de tal magnitud sea continuado a niveles de evaluación

BIBLIOGRAFIA

- CASTRO RODRÍGUEZ, Raúl. MOKATE, Karen Marie. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL DE PROYECTOS DE INVERSIÓN. EDICIONES UNIANDES, INC.
- CHAIN, Nassir Sapag. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS. Como medir la rentabilidad de las Inversiones. MC GRAW HILL
- BALTAZAR, Rubio Martínez. Introducción a la Ingeniería De la Fibra Óptica. RAMA
- CHECA, Luis Maria. LÍNEAS DE TRANSPORTE DE ENERGÍA. MARCOMBO BOIXAREU EDITORES
- MARTIN, José Raúl. DISEÑO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS. MC GRAW HILL.
- [http:// www.arturosoria.com/fisica/art/fibra.asp](http://www.arturosoria.com/fisica/art/fibra.asp)
- [http:// www.usuarios.lycos.es/fibra _óptica/](http://www.usuarios.lycos.es/fibra_óptica/)
- [http:// www.pirelli.com](http://www.pirelli.com)
- http://www.condumex.com.mx/cables/cables_casos_exito.html
- [http:// www.ofi.met.gob.pe/energía/evasocproy.htm](http://www.ofi.met.gob.pe/energía/evasocproy.htm)
- [http:// www.isa.com.co](http://www.isa.com.co)
- [http:// www.udec.cl.com](http://www.udec.cl.com)

- Documento LA ALIANZA FASE I, red de Fibra Óptica Bogota - Medellín – Cali, Unión Temporal Cables Pirelli S.A. – Eléctricas de Medellín LTDA.
- MIRANDA, Juan José. EVALUACIÓN DE PROYECTOS. Capítulo Diez.