



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA  
E INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
COMUNICACIONES**

**Tema:**

---

**PLAN DE ACCIÓN DE UN CANAL DE COMUNICACIÓN POR FIBRA ÓPTICA  
PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL FLUJO DE INFORMACIÓN EN EL SISTEMA  
DE SUB-TRANSMISIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO  
REGIONAL CENTRO NORTE S.A.**

---

Trabajo de Graduación. Modalidad: TEMI. Trabajo Estructurado de Manera Independiente, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

AUTOR: Carlos Aníbal Ortiz Ortiz

TUTOR: Ing. Julio Cuji

Ambato – Ecuador

Febrero 2012

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de (tutor) del trabajo de investigación sobre el tema: “**Plan de acción de un canal de comunicación por fibra óptica para la optimización del flujo de información en el sistema de sub-transmisión de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.**”, del señor Carlos Aníbal Ortiz Ortiz, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónico y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el Art. 16 del Capítulo II....., del Reglamento de Graduación para obtener el título terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Febrero 2012

EL TUTOR

-----  
Ing. Julio Cuji

## AUTORÍA

El presente trabajo de investigación titulado **“Plan de acción de un canal de comunicación por fibra óptica para la optimización del flujo de información en el sistema de sub-transmisión de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.”**

Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Febrero 2012

---

Carlos A. Ortiz Ortiz  
CC: 180401547-5

## APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Mario García e Ing. Luis Pomaquero, revisó y aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado **Plan de acción de un canal de comunicación por fibra óptica para la optimización del flujo de información en el sistema de sub-transmisión de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.**, presentado por el señor Carlos A. Ortiz Ortiz de acuerdo al Art. 17 del Reglamento de Graduación para obtener el título Terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Oswaldo Paredes Ochoa, M.SC.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Mario García  
DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Luis Pomaquero  
DOCENTE CALIFICADOR

## **DEDICATORIA:**

*El presente Proyecto se lo dedico con  
mucho cariño a mi familia porque fueron y  
son como un ángel sobre mi espalda  
también se lo dedico a la  
E.E.A.S.A. que me abrió sus puertas en  
este proceso tan importante de mi vida.*

*Carlos Anibal Ortiz Ortiz*

## **AGRADECIMIENTO:**

*Agradezco a la vida y a Dios por darme  
la oportunidad de vivir este momento,  
también quiero agradecer a la UTA  
Facultad FISEI, a mis padres Luis  
Ortiz y Nelly Ortiz de igual forma a mis  
hermanos y hermanas y a las personas que  
me rodean y me supieron ayudar de manera  
incondicional como Neyle Andrade y  
Valeria Andrade y a personas que  
lamentablemente ya no se encuentran  
conmigo pero son tan parte de mi vida como  
hoy y siempre.*

*Con gratitud quiero agradecer al Ing.  
Rene Terán quien fue mi tutor y me ayudo  
incondicionalmente en la EEASA y al  
Ing. Julio Cuji quien supo guiarme en el  
proyecto siendo mi tutor en la UTA.*

*Carlos Anibal Ortiz Ortiz*

## INDICE

<b>Contenido</b>	<b>Páginas</b>
<b>Capítulo I</b>	
<b>El Problema de Investigación</b>	
1.1 Tema .....	1
1.2 Planteamiento del Problema .....	1
1.2.1 Contextualización .....	1
1.2.2 Análisis Crítico .....	2
1.2.3 Prognosis.....	3
1.2.4 Formulación del Problema.....	3
1.2.5 Preguntas Directrices .....	3
1.2.6 Delimitación del Problema .....	4
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos .....	5
<b>Capítulo II</b>	
<b>Marco Teórico</b>	
2.1 Antecedentes Investigativos .....	6
2.2 Fundamentación Legal .....	6
Gráficas de Inclusión.....	9

2.3	Categoría Fundamental.....	10
2.3.1	Comunicaciones .....	10
	Transmisor.....	10
	Receptor.....	11
	Fuentes de Información: .....	11
	El Proceso de Modulación:.....	11
	Señales en Banda Base y Señales Paso Banda .....	11
2.3.2	Medios de Transmisión .....	11
	Alambre de Cobre.....	12
	Par Trenzado o par Telefónico.....	12
	Cable Coaxial.....	12
	Fibra Óptica .....	12
	Enlaces de Radiofrecuencia .....	13
2.3.3	Espectro Electromagnético .....	13
	Velocidad de la Luz.....	14
	Parámetros de las Ondas.....	14
	Atenuación en función de ( $\lambda$ ).....	15
	Ventanas.....	15
2.3.4	Fibra Óptica.....	16
	Normas para Identificar el Tipo de Fibra Óptica.....	18
2.3.5	Plan de Acción.....	18
2.3.6	Flujo de Información .....	19
2.3.7	Sistema Eléctrico de Potencia (SEP).....	20
2.3.8	Sub-estación de Distribución.....	20
2.3.9	Elementos Constitutivos de una Sub-estación de Distribución .....	21



Transformadores de Potencia.....	21
Cuchillas (Seccionadores).....	22
Fusibles.....	22
Pararrayos.....	22
Línea de Guardia.....	22
Transformadores de Instrumento.....	23
Transformadores de Corriente.....	23
Transformadores de Potencia.....	24
Interruptores.....	24
Relés.....	24
2.3.10 Sistema de Sub-transmisión .....	24
2.4 Hipótesis.....	25
2.5 Variables.....	25
2.5.1 Variable Independiente.....	25
2.5.2 Variable Dependiente .....	25

### **Capítulo III**

#### **Marco Metodológico**

3.1 Enfoque.....	26
3.2 Modalidad Básica de Investigación.....	26
3.2.1 Investigación de Campo.....	26
3.2.2 Investigación Documental-Bibliográfica .....	26

3.3 Nivel o Tipo de Investigación .....	27
3.4 Población y Muestra .....	27
3.4.1 Población .....	27
3.4.2 Muestra .....	27
3.5 Operacionalización de Variables .....	28
3.5.1 Variable Independiente .....	28
3.5.2 Variable Dependiente .....	30
3.6 Recolección de Información .....	32
3.6.1 Plan de Recolección de Información .....	32
3.6.2 Procesamiento y análisis de la información .....	32
3.6.3 Plan de Análisis e Interpretación de la información .....	32

## **Capítulo IV**

### **Análisis de los Resultados**

4.1 Interpretación de Datos .....	33
4.1.1 Entrevista Orientada a Técnicos e Ingenieros de los Departamentos de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. ....	33
Pregunta 1 .....	34
Pregunta 2 .....	35
Pregunta 3 .....	36
Pregunta 4 .....	37
Pregunta 5 .....	39
Pregunta 6 .....	40
Pregunta 7 .....	41
Pregunta 8 .....	41
Pregunta 9 .....	43

Pregunta 10.....	43
4.2 Verificación de la Hipótesis .....	44

## **Capítulo IV**

### **Recomendaciones y Conclusiones**

5.1 Conclusiones.....	45
5.2 Recomendaciones.....	46

## **Capítulo VI**

### **Propuesta**

6.1 Tema de la Propuesta.....	47
6.2 Datos Informativos .....	47
6.3 Antecedentes.....	47
6.4 Justificación.....	48
6.5 Objetivos.....	49
6.5.1 Objetivo General.....	49
6.5.2 Objetivos Específicos .....	49
6.6 Análisis de factibilidad .....	49
6.7 Metodología.....	50
a) Satisfacción a los clientes de la ciudad de Ambato (ISC) .....	50
6.7.1 Definición de las Subestaciones que intervienen en el enlace .....	51
a) Corrientes de Cortocircuito de las barras proveedoras.....	52
6.7.2 Especificaciones generales de las sub-estaciones .....	53
a) S/E Ambato SNI (Referencial) – Oriente.....	54

b)	S/E Ambato SNI (Referencial) - Samanga.....	54
c)	S/E Samanga (SNI) – Pillaro.....	55
d)	S/E Montalvo – Huachi.....	56
e)	S/E Oriente – Totoras SNI (Referencial) .....	57
f)	S/E Totoras SNI (Referencial) – Montalvo.....	59
g)	S/E Huachi-Atocha.....	60
h)	S/E Atocha – Samanga.....	61
i)	S/E Derivación Península-Loreto.....	62
6.7.3	Análisis de la comunicación actual de la Empresa Eléctrica Ambato S.A.....	63
6.7.3.1	Funcionamiento del sistema de comunicación (SCADA=supervisory control and data acquisition).....	66
a)	Características generales del sistema SCADA.....	67
b)	Protocolo de Comunicación del Sistema SCADA de la EEASA.....	68
c)	Componentes y Flujo de Información del sistema SCADA.....	69
d)	Funciones principales del sistema SCADA.....	71
e)	Ventajas del sistema SCADA.....	71
6.7.4	Entorno Físico.....	72
6.7.4.1	Características Ambientales del Área del Enlace.....	72
a)	Temperatura.....	72
b)	Humedad.....	72
c)	Meteorología en Ambato.....	72
d)	Criterio de entorno físico.....	74
6.7.5	Tipos de Cables.....	74
a)	Cable óptico subterráneo.....	74
b)	Completamente Dieléctrico ADSS.....	74
c)	Cable de guardia con Fibras Ópticas OPWG.....	74
6.7.5.1	Análisis de Tipos y Criterio de Selección Fibra Óptica .....	74

a)	El tipo Subterráneo.....	74
b)	Cable Óptico Dielectrico (ADSS).....	75
c)	Cable de Guardia con Fibras ópticas (OPWG).....	76
d)	Comparación Entre los Distintos Tipos de Fibra Óptica.....	78
e)	Selección de Fibra Óptica.....	78
f)	Selección de la Longitud de Onda.....	78
6.7.6	Distancias, ubicaciones y especificaciones de las sub-estaciones .....	79
6.7.7	Pérdidas en los Sistemas de Transmisión Ópticos.....	92
6.7.7.1	Atenuación.....	92
6.7.7.2	Pérdidas Intrínsecas a la Fibra Óptica.....	92
a)	Pérdidas Por Absorción.....	92
b)	Pérdidas por Dispersión de Rayleigh y Mie.....	92
6.7.7.3	Pérdidas Extrínsecas de la fibra óptica.....	93
a)	Pérdidas por Curvatura.....	93
b)	Curvatura Crítica.....	93
c)	Factor de Pérdida por Curvatura.....	93
d)	Pérdidas por Conectores.....	94
e)	Pérdidas Por Empalmes.....	93
f)	Reserva.....	94
g)	Atenuación Total.....	94
6.7.8	Ancho de Banda.....	95
6.7.9	Cálculo del Enlace.....	95
a)	Datos Generales del Enlace.....	95
b)	Distancias de las Subestaciones.....	96
6.7.9.1	Atenuación del Enlace.....	96

6.7.9.2	Ancho de Banda.....	106
6.7.9.3	Resumen del Cálculo del Enlace.....	108
6.7.9.4	Verificación de los Resultados.....	108
6.7.10	Influencias sobre Cables Ópticos .....	109
a)	Efectos de la Fuerza de Tracción.....	109
b)	Efectos de la Temperatura.....	110
c)	Efectos de Campos Electromagnéticos.....	110
d)	Efecto del Agua/Humedad .....	111
e)	Aspectos a Considerar.....	111
6.7.11	Requerimientos para el Diseño de la Red de Fibra Óptica en el Anillo 69kV de la EEASA.....	112
6.7.11.1	Parámetros de Diseño .....	112
a)	Cuantificación de la Información.....	112
b)	Calificación de la Información.....	113
c)	Tipos de Canales.....	114
6.7.11.2	Criterio de diseño.....	114
a)	Disponibilidad del Sistema Óptico.....	114
b)	Tasa de Error .....	115
6.7.12	Requerimientos Técnicos Generales de la Fibra.....	115
6.7.12.1	Accesorios y Fibra Óptica a Utilizar.....	120
6.7.12.2	Características Generales del Enlace Óptico.....	121
a)	Características de la Fibra Óptica para el Enlace.....	121
b)	Características y Referencias del Sistema de Transmisión Óptico...	122

6.7.12.3	Herrajes.....	122
a)	Cantidad de Herrajes de Suspensión y de Retención Necesarios.....	123
6.7.13	Diseño de la Red de Fibra Óptica entre las Subestaciones de la EEASA..	124
a)	Ubicación de las Subestaciones.....	124
b)	Diseño de la Ruta.....	124
c)	Diseño del Enlace.....	124
6.7.14	Conectores.....	125
a)	Selección de Conector.....	127
6.7.15	Emisores Ópticos.....	127
a)	Comparación LED - LASER.....	127
b)	Selección de Emisor.....	128
6.7.16	Convertidores Opto-Electronicos .....	128
6.7.16.1	Tipos de Convertidores.....	131
a)	Selección de Receptores para el Enlace de Fibra Óptica.....	133
b)	Combinación Emisor-Receptor recomendado para la EEASA.....	133
6.7.17	Características Técnicas de los Equipos de Red para la Puesta en Marcha del Sistema de Interconexión.....	133
6.8	Análisis Económico de la Propuesta.....	134
6.8.1	Análisis Económico referencial para el Proyecto.....	134
Tramo 1.....		135
Tramo 2.....		136
Tramo 3.....		137

Tramo 4.....	138
Tramo 5.....	139
Tramo 6.....	140
Tramo 7.....	141
6.8.2 Resumen de equipos y accesorios.....	142
6.9 Recomendaciones y conclusiones.....	144
6.9.1 Conclusiones.....	144
6.9.2 Recomendaciones.....	145
<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>146</b>
Libros.....	146
Información Interna.....	146
Internet.....	146

## **ANEXOS**

### **ANEXO I**

Líneas de SUBTRANSMISION a 69kV estructuras tipo RH1 y S-1-5

### **ANEXO II**

Diagrama Eléctrico Unifilar de la EEASA del sistema SCADA

### **ANEXO III**

Recorrido del Tendido de Fibra Óptica en Postes y Torres de las Subestaciones de la EEASA



## **ANEXO IV**

Características Técnicas de los equipos Activos del Enlace

## **ANEXO V**

Diseño de la Red de Fibra Óptica en el anillo 69kV de la EEASA

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

### CAPITULO II

<i>Figura 2.3.1 Elementos que forman la comunicación</i>	10
<i>Figura 2.3.2 Espectro Electromagnético</i>	14
<i>Figura 2.3.3 Diagrama de atenuación</i>	15
<i>Figura 2.3.3 Esquema general de un sistema eléctrico de potencia</i>	20
<i>Figura 2.3.5 Vista de una sub-estación de distribución de la EEASA</i>	21
<i>Figura 2.3.6 Tierra de Referencia</i>	23

### CAPITULO IV

<i>Figura 4.1: Pregunta 1</i>	34
<i>Figura 4.2: Pregunta 2</i>	36
<i>Figura 4.3: Pregunta 3</i>	37
<i>Figura 4.4: Pregunta 4</i>	38
<i>Figura 4.5: Pregunta 5</i>	39
<i>Figura 4.6: Pregunta 6</i>	40
<i>Figura 4.8: Pregunta 8</i>	42
<i>Figura 4.10: Pregunta 10</i>	44

### CAPITULO VI

<i>Figura 6.1. Antena de transmisión microondas de la Subestación Atocha del anillo 69kV de la EEASA.</i>	48
<i>Figura 6.2 ISC de la EEASA en Ambato</i>	50
<i>Figura 6.3 Diagrama de bloques de las interconexiones de las Sub-estaciones en anillo 69kV de la EEASA</i>	51
<i>Figura 6.4 Datos de Corriente en (kA)</i>	52
<i>Figura 6.5 Distribución de los cables en postes y torres de energía eléctrica de alta tensión</i>	53
<i>Figura 6.6 Red Inalámbrica Spread Spectrum + UHF + Sistema SCADA</i>	64
<i>Figura 6.7 Diagrama de bloques del sistema SCADA de la EEASA</i>	66
<i>Figura 6.8 Protocolos del sistema SCADA de la EEASA</i>	68
<i>Figura 6.9 Flujo de información en un sistema SCADA.</i>	70
<i>Figura 6.10 Meteorología Ambato Ecuador</i>	73
<i>Figura 6.11 Clima de Ambato</i>	73
<i>Figura 6.12 Atenuación por Efecto de la Fuerza de Tracción</i>	109
<i>Figura 6.13 Atenuación por efecto de la Temperatura</i>	110
<i>Figura 6.14 Campo Eléctrico sobre Cable Óptico</i>	110
<i>Figura 6.15 Mediciones de Campo Eléctrico sobre Cable Óptico Dieléctrico</i>	111
<i>Figura 6.16 Fibra óptica de tipo ADSS</i>	115
<i>Figura 6.17 Herrajes de suspensión para el tendido de cable ADSS</i>	123
<i>Figura 6.18 Herrajes de retención para el tendido de cable ADSS</i>	123
<i>Figura 6.19 ODF</i>	125
<i>Figura 6.20 Organizador de Cables</i>	125

<i>Figura 6.21 Tipos de conectores más usados en fibra óptica</i>	126
<i>Figura 6.22 Respuesta Espectral de Fotodetectores</i>	129
<i>Figura 6.23 Potencia Óptica Media Recibida</i>	130
<i>Figura 6.24 Potencia Óptica Media Recibida</i>	130
<i>Figura 6.25 Convertidores Opto-Electrónicos</i>	132

## INDICE DE TABLAS

### CAPITULO II

Tabla 2.3.1 Características de los medios de transmisión	13
Tabla 2.3.2 Transmisores y Receptores F.O.	17
Tabla 2.3.3 Ordenamiento de los hilos de fibra óptica según la norma ANSI/EIA/TIA 598A.	18
Tabla 2.3.4 Color de la cobertura exterior del cable de fibra según la norma ANSI/EIA/TIA 598A	18

### CAPITULO IV

Tabla 4.1 Pregunta 1	34
Tabla 4.2 Pregunta 2	35
Tabla 4.3 Pregunta 3	37
Tabla 4.4 Pregunta 4	38
Tabla 4.5 Pregunta 5	39
Tabla 4.6 Pregunta 6	40
Tabla 4.7 Pregunta 7	41
Tabla 4.8 Pregunta 8	42
Tabla 4.9 Pregunta 9	43
Tabla 4.10 Pregunta 10	43

### CAPITULO VI

Tabla 6.1 Resumen de disponibilidades de comunicaciones por estación automatizada - Sistema SCADA 2010	65
Tabla 6.2 Protocolos de Comunicación Scada	67
Tabla 6.3 Comparación entre cables ADSS, OPWG y Figura en 8	78
Tabla 6.4 Resumen de pérdidas y ancho de banda en las subestaciones	108
Tabla 6.5 Distancia de fibra óptica necesaria de las subestaciones	116
Tabla 6.6 Características de la fibra óptica monomodo (Recomendación UIT-T G.652D)	118
Tabla 6.7 Cantidad de fibra óptica requerida	120
Tabla 6.8 Cantidad de Tensor de Acero requerido	120
Tabla 6.9 Características y referencias del sistema de transmisión óptico	122
Tabla 6.10 herrajes de retención y suspensión	123
Tabla 6.11 Conectores en fibra optica	126
Tabla 6.12 Ventajas y desventajas de los emisores led y láser	128
Tabla 6.13 Características de Receptor Óptico	129
Tabla 6.14 Características de Emisor Óptico	131
Tabla 6.15 Comparación de los Emisores Ópticos	133
Tabla 6.16 Resumen de equipos y accesorios	143

## **Resumen Ejecutivo**

El presente proyecto inicio incentivado por la acogida de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. debido a un avance continuo en su labor para continuar dando un buen servicio de electricidad a sus clientes, por la gran importancia que las comunicaciones representan al momento de realizar un proceso o saber cómo se encuentran las subestaciones de distribución entre otros.

Al realizar un reconocimiento de las comunicaciones actuales que dispone la EEASA se pudo observar que en un tiempo corto la línea UHF 5.8 que dispone para la comunicación ya no iba a abastecer por lo que se planteó el estudio de nuevas formas de comunicación , después de realizar el estudio y comparación de los diferentes medios de comunicación existentes se llegó a la conclusión que la fibra óptica es la mejor solución en la actualidad de las comunicaciones de mediano y gran requerimientos.

Al investigar los diferentes recorridos y las formas de tender la fibra óptica para intercomunicar las subestaciones se verificaron y se compararon técnicamente para llegar a la elección tanto del tipo de fibra como la mejor elección de tendido teniendo en cuenta que el nivel de voltaje que circulan por las líneas eléctricas es de alta tensión.

Durante el estudio se pudo observar y obtener aspectos importantes como la elección de los equipos activos y pasivos de fibra óptica para conseguir los requerimientos actuales y futuros en duración y ancho de banda, también por el cruce del rio Ambato los vanos existentes en estos tramos se extendía demasiado por lo cual se debía encontrar la mejor solución económica y técnica.

En esta tesis se puede apreciar parámetros técnicos reales de las subestaciones del anillo 69kV y como se opera con el sistema SCADA. Este estudio también se lo puede considerar como una guía de estudios para fibra óptica se analiza las perdidas y como calcular el ancho de banda.

## INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El descubrimiento y desarrollo de dispositivos de transmisión para las comunicaciones a inicios del siglo XX era una realidad imparables, garantizar la satisfacción al hombre con la aparición de nuevos servicios de comunicación era la meta. La fibra óptica se constituye uno de los mejores medios de transmisión, con mayor fiabilidad, capacidad, velocidad y con mayores ventajas que otros medios de transmisión.

Con el desarrollo del láser y de la fibra óptica así como de la tecnología digital avanzada, se dio espacio a una revolución en las transmisiones, las señales eléctricas pueden ser convertidas en señales ópticas y conducirse, a través de fibras del espesor de un cabello en su mayoría de vidrio, a lo largo de grandes distancias, con lo que se ha logrado una nueva era en las telecomunicaciones, pasando progresivamente de la era del cable de cobre a la del cable de fibra óptica.

En demanda con la necesidad de la humanidad de mantenerse constantemente comunicado, el mundo de telecomunicaciones en los últimos años se ha logrado grandes avances tecnológicos, experimentando grandes cambios en los diferentes tipos de redes existentes, migrando hoy en día a las redes de fibra óptica que permiten transmisión de gran cantidad de datos y otros servicios múltiples por medio de protocolos(IP); servicios multimedia y videoconferencias, cumpliendo las expectativas creadas con un alto nivel de satisfacción por parte de los usuarios que ya es posible tener banda ancha.

Sin duda alguna en un futuro no muy lejano, las telecomunicaciones irán evolucionando increíblemente, aunque se mantendrán los principios básicos para establecer la comunicación, mejorando la tecnología. De forma que la comunicación será de fácil acceso y por supuesto con una mayor velocidad.

## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 Tema**

Plan de Acción de un Canal de Comunicación por Fibra Óptica para la Optimización del Flujo de Información en el Sistema Eléctrico de Sub-transmisión de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

#### **1.2 Planteamiento del Problema**

##### **1.2.1 Contextualización**

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 con alta resolución y transmisión de información de imágenes astronómicas de alta resolución entre otros.

En poco más de 10 años la fibra óptica se ha convertido en una de las tecnologías más avanzadas que se utilizan como medio de transmisión de información. Este novedoso material vino a revolucionar los procesos de las telecomunicaciones en todos los sentidos, desde lograr una mayor velocidad en la transmisión y disminuir casi en su totalidad los ruidos y las interferencias hasta multiplicar las formas de envío en comunicaciones. Ciertamente, en el curso de la digitalización de las redes se seguirán utilizando los cables de cobre, pero los nuevos enlaces de cable se migrarán a nivel mundial casi exclusivamente con cables de fibra óptica.

Desde el punto de vista práctico, es incuestionable en nuestro país el aspecto técnico tiene carencias por su baja aplicación, aunque en los últimos tiempos, se utiliza cada vez más como soporte físico en las redes locales y públicas. De todas formas su coste sigue siendo demasiado elevado para que se utilice de forma generalizada. En la provincia el desarrollo de nuevas tecnologías y la necesidad de nuevos proyectos en las comunicaciones, en Tungurahua las aplicaciones con fibra óptica van tomando prioridad, mejorando la calidad y brindando nuevos servicios.

En la **Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.**, el día miércoles 25 de Febrero del 2009, en reunión de comité técnico , se aprobó el acta de resolución #050-CT, No 2309, “EN BASES PARA ADQUISICIÓN MATERIALES L/T PUYO MUSHULLACTA CONSIDERAR CABLE DE GUARDIA CON FIBRA ÓPTICA, ASÍ COMO PARA NUEVOS PROYECTOS DE SUBTRANSMISIÓN”.

Debido a que la fibra óptica comienza a tomar un auge muy importante en el mundo de las comunicaciones actuales, la Empresa ha dado apertura al estudio de un canal óptico de transmisión de datos en el anillo 69kV de la Región Centro Norte, el enlace actual entre las sub-estaciones 69kV se la hace vía radiofrecuencia, el departamento encargado de las maniobras es el centro de control de carga CECON, su objetivo es supervisar la operación del sistema de distribución de energía, así como el monitoreo, operación y adquisición de datos, la comunicación se usa para abrir y cerrar contactos desde el punto central de monitoreo sin mayor dificultad, pero al igual que la tecnología avanza a pasos gigantescos las necesidades también y las ventajas que ofrece la fibra óptica a pesar de su costo de implementación son múltiples, sin contar que es el presente y el futuro de las comunicaciones.

### **1.2.2 Análisis Crítico**

Se debe considerar que la tecnología avanza a pasos gigantescos y que en poco tiempo la necesidad de comunicación en el anillo 69 kV de la EEASA será más exigente provocando saturación de sus redes, pérdida de datos, entre otras; disminuyendo la confianza y el sistema se tornara vulnerable.



Al continuar utilizando el enlace actual formado por vías de radio frecuencia las cuales limitan el ancho de banda, esto provocará que la red actual se sature a necesidades exigentes y precisas.

### **1.2.3 Prognosis**

Debido al aumento de usuarios en la ciudad de Ambato y a la importancia que la electricidad constituye en la vida cotidiana, se va a requerir mayor demanda de consumo e implementación de nuevas aplicaciones por lo que va a ser necesario tener un control más exigente, si no se toma medidas pertinentes a este tema en un tiempo determinado los enlaces existentes pueden saturarse y colapsar ocasionando dificultades de comunicación, por lo que podría suscitarse problemas en el control de sub-transmisiones de alta potencia, y ocasionar que se deje sin energía a uno o varios sectores controlados por las subestaciones.

Por lo que es prudente plantear una propuesta que va a optimizar el flujo de información en el sistema eléctrico de sub-transmisión de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

### **1.2.4 Formulación del Problema**

¿De qué forma el plan de acción de un canal de comunicación por fibra óptica aportaría a optimizar el flujo de información en el sistema eléctrico de sub-transmisión de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.?

### **1.2.5 Preguntas Directrices**

¿Cómo beneficiará la fibra óptica en el control del anillo 69kV de la empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.?

¿Qué aspectos técnicos son necesarios para la implementación de fibra óptica entre las subestaciones de la EEASA?

¿Cómo aportará un enlace de fibra óptica entre las sub-transmisiones de alta potencia de la EEASA para implementar nuevas aplicaciones?

### **1.2.6 Delimitación del Problema**

El estudio se realizara en las subestaciones y líneas de sub-transmisión de la Empresa Eléctrica Ambato Región Centro Norte S.A. ubicadas en el cantón Ambato que forman el anillo 69 kV.

La población con la que se trabajó corresponde a 8 personas de los distintos departamentos involucrados con el tema de investigación. El desarrollo del trabajo investigativo se realizó en 6 meses a partir de la fecha de aprobación del presente proyecto.

### **1.3 Justificación**

En demanda con la necesidad del hombre de mantenerse constantemente comunicado, el mundo de las telecomunicaciones se ha visto obligado a evolucionar de una manera rápida y efectiva por los grandes avances tecnológicos siendo hoy en día la fibra óptica la mejor opción en redes de comunicación cumpliendo de esa manera las grandes expectativas y necesidades de los usuarios que ya disponen de una verdadera banda ancha.

Como se va desarrollando a pasos gigantescos las nuevas tecnologías y la necesidad de nuevos proyectos en el área de comunicación, es urgente soluciones de posibles saturaciones no muy distantes. Cuando se necesitaba un medio de transmisión de exigencia se realizaba por medio de cables coaxiales o de radio enlaces de mayor capacidad. El radio enlace al aumentar la capacidad se traduce en el empleo de frecuencias más altas y mayor número de repetidores, la gran desventaja es la saturación del espectro electromagnético, por lo que se hace necesario efectuar un estudio previo del enlace actual entre las subestaciones del anillo 69 kV de la EEASA para proceder a realizar el diseño del enlace por medio de fibra óptica.

Para el diseño se necesita definir la ruta de tendido, la forma de tendido, protección de la fibra, la utilidad que se le va a dar al enlace entre otras y un backup. Al desarrollar este proyecto, contando con el apoyo y los recursos necesarios que tiene la empresa, el plan de acción de un canal de comunicación por fibra óptica para la optimización del

flujo de información en el sistema eléctrico de sub-transmisión de la empresa eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., es un proyecto factible a realizarse y consiguiente a implementarse por parte de la empresa.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Diseñar un plan de acción de un canal de comunicación por fibra óptica para la optimización del flujo de información en el sistema eléctrico de sub-transmisión de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

**1.4.2.1** Análisis del flujo de información del sistema de comunicación en el anillo 69kV de la E.E.A.S.A.

**1.4.2.2** Realizar un estudio de uso y aplicación de la fibra óptica en el flujo de información.

**1.4.2.3** Plantear una propuesta que permita optimizar el flujo de información en el anillo 69kV usando fibra óptica.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes Investigativos**

El presente proyecto no tiene antecedentes bibliográficos en el listado de temas de tesis y pasantías en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial de la U.T.A.

#### **2.2 Fundamentación Legal**

La EEASA, inicialmente como Empresa Eléctrica Ambato S.A., fue constituida el 29 de abril de 1959, con un capital social inicial de 97'070.000,00 de sucres, cambiando su denominación a Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S. A., mediante Escritura Pública de julio 2 de 1987.

Con Escritura Pública del 20 de diciembre del 2007 se reformaron los Estatutos de la EEASA, que estuvieron en vigencia desde el 28 de octubre del 2002; se incluyeron cuatro nuevos accionistas y se fijó el capital autorizado en US\$ 116'099.716,00. Sobre la base de esta reforma, con Escritura Pública del 17 de diciembre del 2009, se aumentó el capital social de US\$ 60'878.311 a US\$ 87'768.020,00.

El área de concesión de la EEASA, se circunscribe a gran parte de la zona central del País en una superficie de aproximadamente 40.805 Km<sup>2</sup> y 700.000 habitantes, que comprende las Provincias de Tungurahua y Pastaza, en su totalidad; los Cantones Palora, Huamboya y Pablo Sexto en la Provincia de Morona Santiago y la parte sur de la Provincia de Napo, que incluye su capital Tena y los Cantones Tena, Archidona y

Carlos Julio Arosemena Tola. La nueva área geográfica de concesión otorgada por el CONELEC se legalizó el 29 de diciembre del 2004, incorporando al ex-Sistema Eléctrico Tena que había sido expresamente excluido conforme lo dispuesto en la disposición transitoria de la cláusula octava del contrato de concesión del servicio público de distribución otorgada por el CONELEC, mediante escritura pública de fecha 31 de julio de 2001.

De acuerdo a la cláusula 2.2.1.5 de la disposición transitoria segunda de la Ley Orgánica de Empresas Públicas, en virtud de sus indicadores de gestión, varias empresas distribuidoras que funcionan como sociedades anónimas, entre ellas la EEASA, seguirán operando como tales, exclusivamente para los asuntos de orden societario hasta que se expida un nuevo marco jurídico para el sector eléctrico. Sobre esta base, los Estatutos vigentes establecen que el máximo organismo de gobierno es la Junta General de Accionistas y en el nivel administrativo se encuentra el Directorio, el Presidente del Directorio y el Presidente Ejecutivo, que es el representante legal de la Compañía, ejerciendo en esta condición la representación judicial y extrajudicial.

La estructura administrativa de la EEASA está determinada por el Manual Orgánico Funcional, en el que se establece la existencia de diez departamentos, a saber: Planificación (DP), Financiero (DF), Diseño y Construcción (DISCON), Operación y Mantenimiento (DOM), Comercial (DC), Relaciones Industriales (DRI), Zona Oriental Pastaza (DZOP), Zona Oriental Napo (DZON), Unidad de Auditoría Interna (AI) y Asesoría Jurídica (AJ).

Durante el año 2009, en virtud de las resoluciones N° 24-2005, N° 01-2007 y N° 07-2009 de la Junta General de Accionistas y de conformidad con los Estatutos de la Empresa, el suscrito, Ing. Jaime Astudillo Ramírez ha administrado la EEASA en su calidad de Presidente Ejecutivo, gestión que se inició el 29 de junio de 2005.

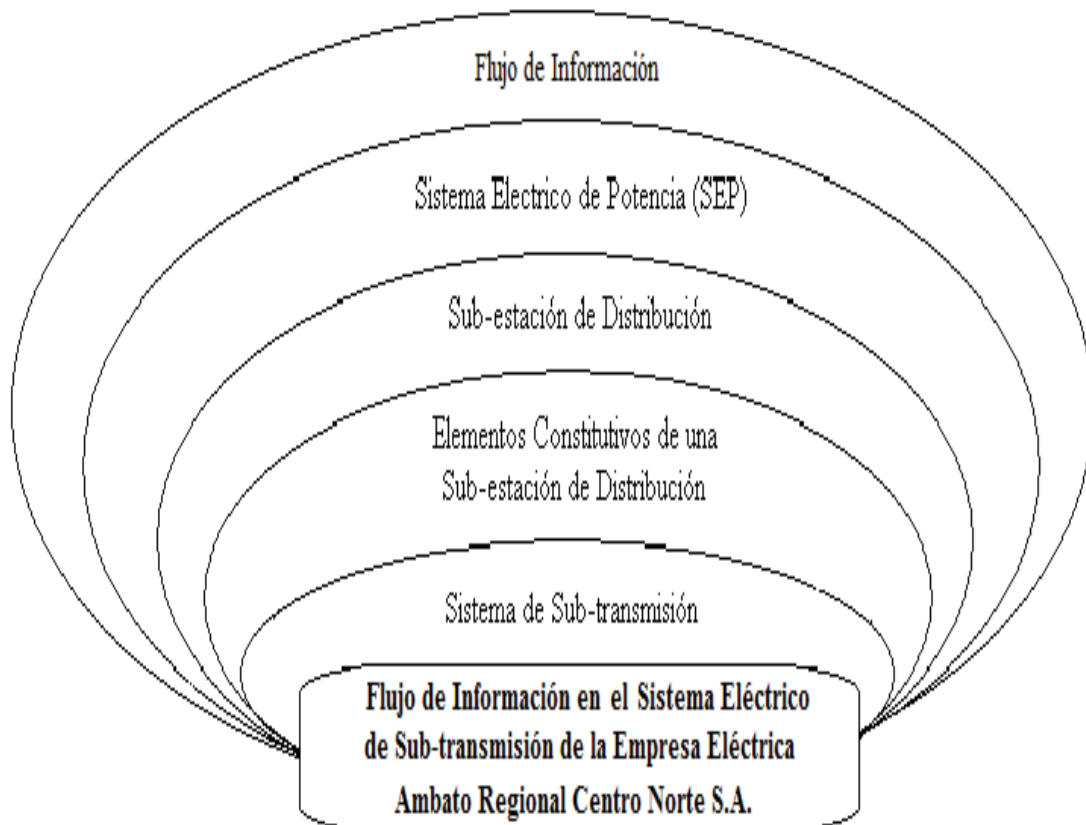
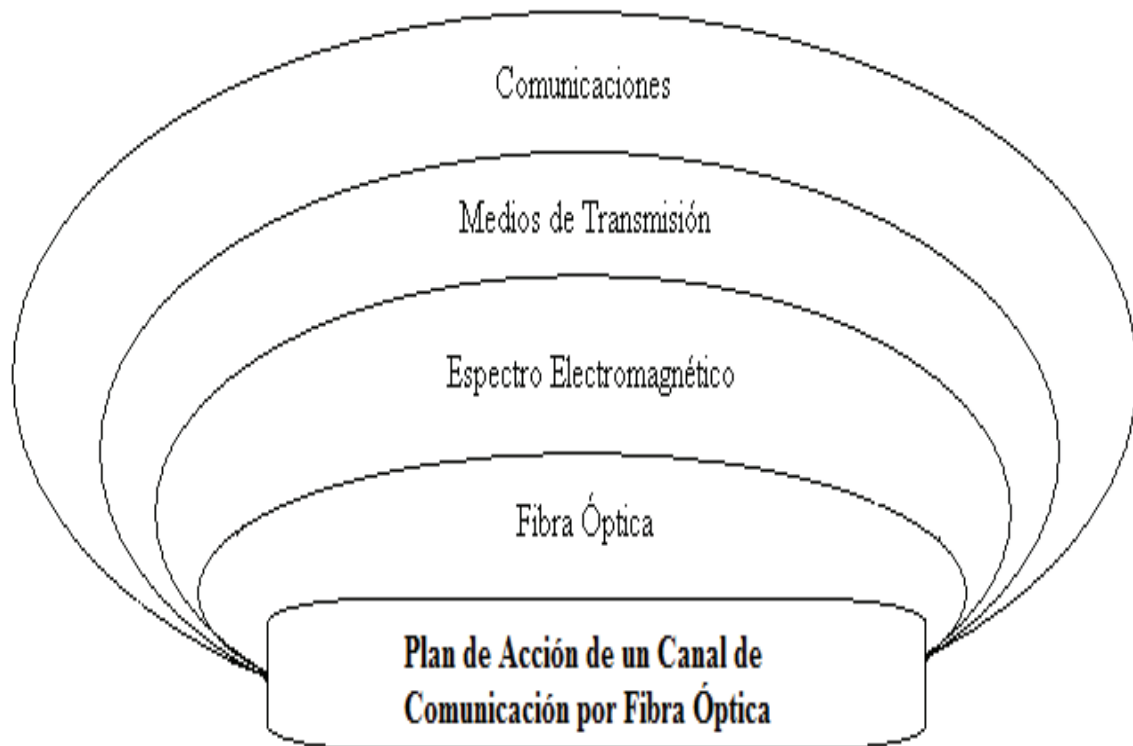
La EEASA se rige por la Ley Orgánica de Empresas Públicas, expedida el 16 de octubre del año 2009; la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, publicada en el Registro Oficial N° 43 del 10 de octubre de 1996 y sus reformas, la última de ellas publicada en el Registro Oficial N° 364 del 26 de septiembre de 2006, como consecuencia de lo cual, se expidió por parte del Ejecutivo, en el Registro Oficial N° 401 del 21 de noviembre de

2006, el Reglamento General a la Ley. A más de este marco legal al que está sujeto el sector eléctrico, la EEASA, en su calidad de sociedad anónima, debe responder a lo dispuesto en la Ley de Compañías y sus Estatutos Sociales; y, como agente distribuidor, al Contrato de Concesión.

Adicionalmente, la Compañía debe regirse conforme a los reglamentos que ha expedido el Ejecutivo para normar la aplicación de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, destacándose el de Tarifas, de Concesiones, de Funcionamiento del Mercado Eléctrico Mayorista y el de Suministro del Servicio de Electricidad, cuya versión sustitutiva se puso en vigencia en el mes de noviembre del año 2005 y que, en lo sustancial, norma las relaciones entre el consumidor, la EEASA y el ente de regulación y control del sector eléctrico, CONELEC.

Finalmente, en el aspecto legal, es importante anotar, por una parte, el Mandato Constituyente N° 15, expedido el 23 de julio de 2008, llamado también el Mandato Eléctrico, instrumento jurídico que en conjunto con las regulaciones 06/08, 13/08 y 04/09 expedidas por el CONELEC establecen un nuevo marco legal para el funcionamiento del mercado eléctrico y las tarifas; y por otra, la regulación 04/01 sobre la calidad del servicio en distribución que expidió el CONELEC en el año 2001. En base a ésta, la EEASA debe reportar su gestión en los aspectos de calidad del producto, calidad del servicio técnico y calidad del servicio comercial.

## Gráficas de Inclusión



## 2.3 Categoría Fundamental

### 2.3.1 Comunicaciones

“Comunicar es transmitir un mensaje para que alguien lo reciba; no tiene sentido enviar un mensaje si no hay receptor. De esta evidencia, podemos deducir que para que se produzca el hecho de la comunicación se necesita un emisor y un receptor. Además, es preciso que el mensaje que envía el emisor sea comprendido por el receptor, esto es, que el código que utilizan sea común a las dos partes. Por último, podemos decir que el medio que se emplea para la comunicación es primordial para poderla definir (sonido directo, visión, por ondas, por cables, etc.).”

<http://diegolevis.com.ar/consultora/secciones/corporativa/redaccion.pdf>

Como se cita, la comunicación tiene como objetivo enviar un mensaje para que alguien más lo reciba convirtiéndose en un transmisor el que envía el mensaje entendible y en receptor el que lo recibe logrando de esta forma la comunicación deseada.

En la Fig.2.3.1 se puede observar los elementos que forman el hecho de la comunicación.

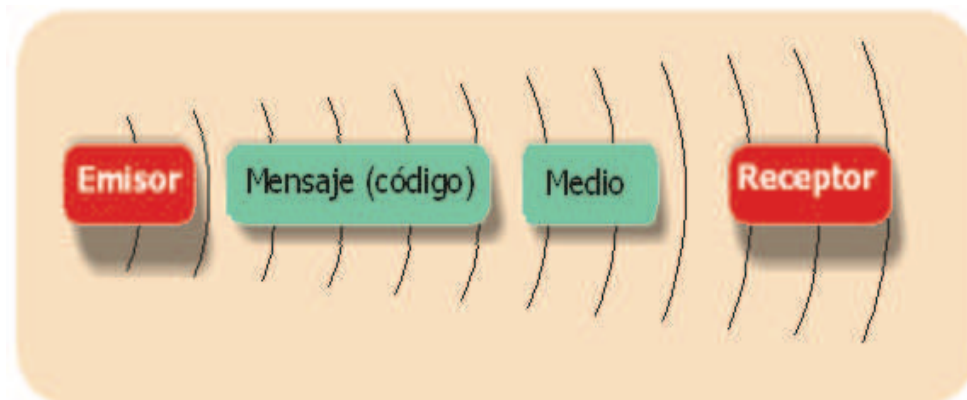


Fig.2.3.1 Elementos que forman la comunicación

#### Transmisor

Es el encargado de modificar la información original de tal manera que pueda ser adecuada para su transmisión.



## **Receptor**

Cumple con la tarea de convertir a su forma original la información recibida para posteriormente transferirla a su destino y donde será procesada. Dependiendo del tipo de información a transmitir, los sistemas de comunicación pueden ser clasificados en dos grandes grupos: analógicas y digitales. En un sistema de comunicación analógica, la energía se transmite y recibe como una señal que se encuentra variando continuamente. Por otro lado, cuando la energía se transmite y recibe como niveles discretos se trata de un sistema digital.

### **Fuentes de Información:**

- Voz
- Fax
- Televisión
- Ordenadores personales

### **El Proceso de Modulación:**

El proceso de modulación consiste en modificar la señal mensaje para que pueda ser transmitida por un canal. Este proceso se realiza en el dispositivo transmisor. Una onda portadora varía alguno de sus parámetros de acuerdo con la señal del mensaje.

El proceso de demodulación consiste en recuperar la señal mensaje a partir de la señal portadora degradada después de su transmisión por el canal. El proceso se realiza en el dispositivo receptor.

### **Señales en banda base y señales paso banda:**

**-Banda Base:** banda de frecuencias de la señal mensaje. Las señales en banda base pueden ser analógicas o digitales.

**-Paso Banda:** Mediante el proceso de modulación la señal se traslada a otra zona de frecuencias más adecuada para que pueda ser transmitida por un canal de comunicación.

## **2.3.2 Medios de Transmisión**

Es el camino entre el transmisor y el receptor.

- Alambre de cobre

- Par trenzado
- Cable coaxial
- Fibra de vidrio (fibra óptica)
- Radio
- Microondas

#### “Alambre de cobre

- Muchas redes de computadores usan el cobre como medio conductor de las señales eléctricas por razones de costo y conductividad.

#### Par trenzado o par telefónico

- El par trenzado o par telefónico es un par de conductores cubiertos de un material aislante de polietileno y es trenzado con el propósito de reducir las interferencias producidas por inducción de campo magnético.
- Generalmente se colocan varios pares de alambres trenzados en un envoltorio común. El paso de trenzado es diferente para cada par para así reducir las interferencias aún más.

#### Cable Coaxial

El cable coaxial ofrece un mayor ancho de banda y un mejor rechazo a interferencias que el par trenzado.

- El conductor central se rodea de un dieléctrico y sobre éste se ubica un blindaje metálico que elimina las interferencias de alta frecuencia en gran medida.
- $Z_0$  típicos: 50 [ $\Omega$ ] y 75 [ $\Omega$ ]
- El blindaje se usa a veces también en el par trenzado

#### Fibra Óptica

- La fibra de vidrio delgada, de diámetro inferior a 250  $\mu\text{m}$  se recubre de un forro plástico que la protege y permite doblarla sin romperla.
- Atenuaciones muy bajas ( $< 0,02$  dB/km)
- Sin interferencias electromagnéticas
- Multimodo (MM) para LAN (redes de área local), MAN (de área metropolitana)

- Mono modo (SM) para WAN (redes de área extendida)

### Enlaces de radiofrecuencia

- La ventaja del radioenlace es su bajo costo y la facilidad con que se pueden desplazar los nodos y terminales.
- La desventaja mayor es que el espectro radioeléctrico está muy ocupado.
- También, el canal
  - Es poco confiable
  - BW reducido
  - Retardos ~ 250 ms en enlaces satelitales”

<http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo322/1s02/lectures/MediosTransmision.ppt>

Como conclusión los medios de transmisión son el medio físico por donde se envía la información desde un origen hasta un destino, teniendo de esta forma varios medios, ejemplo el más novedoso la fibra óptica actualmente está masificando el mundo de las comunicaciones por su eficiencia, entre otros mencionados en la contextualización anterior así como sus distintas características técnicas que se detallan en la tabla 2.3.1.

Medio	Tasa de transmisión	Ancho de Banda	Repetidores
Par trenzado	4 Mbps	250 KHz	2-10 km
Cable coaxial	500 Mbps	350 MHz	1-10 km
Fibra óptica ~1994	2 Gbps	> 2GHz	10-100 km

Tabla. 2.3.1 Características medios de transmisión

### 2.3.3 Espectro Electromagnético

Es la dispersión o descomposición de una radiación electromagnética, que contiene radiaciones de distintas longitudes de onda, en sus radiaciones componentes. Es el

campo electromagnético en el cual se encuentran las señales radiales, telefónicas, microondas, infrarrojos y la luz visible. Para las altas frecuencias se utilizan la longitud de onda en lugar de frecuencia. Las fibras ópticas trabajan en la región del espectro en infrarrojo y luz visible, para las altas frecuencias se utilizan la longitud de onda en lugar de frecuencia.

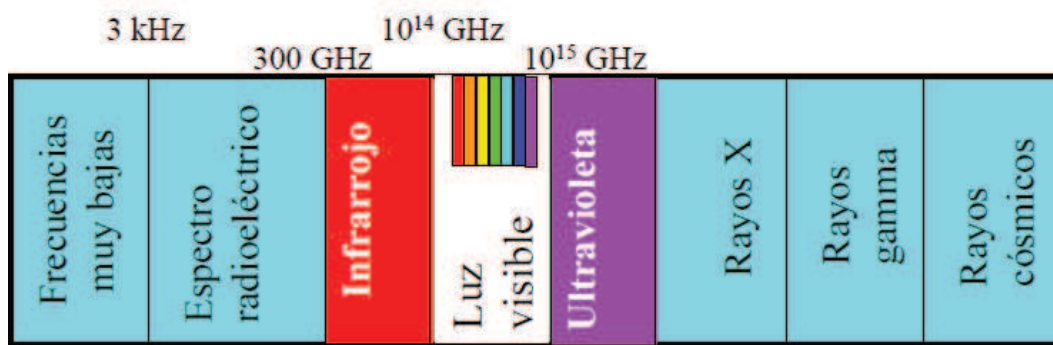


Fig.2.3.2 Espectro Electromagnético

### Velocidad de la Luz

Las ondas electromagnéticas se desplazan en el vacío a una velocidad de 300.000 km/s. La cual se denomina Velocidad de la Luz.

### Parametros de las Ondas

Todas las ondas independientes de su naturaleza tienen elementos que las caracterizan:

**Periodo (T):** Es el tiempo en que transcurre una oscilación completa.

**Frecuencia (F):** Es la cantidad de veces que se repite el ciclo de una señal eléctrica en un segundo.

**Longitud de onda( $\lambda$ ):** Es la distancia que recorre un ciclo de señal eléctrica de una frecuencia determinada durante el tiempo que transcurre desde que inicia hasta que termina, a la velocidad de la luz.

La relación entre la frecuencia( $f$ ), y la longitud de onda( $\lambda$ ) y la velocidad de propagación ( $c$ ) de onda es:

$$C=f.\lambda$$

### Atenuación en función de $\lambda$

Los sistemas de comunicación óptica utilizan la parte de la banda infrarroja más cercana al espectro visible. La selección de la longitud de onda se realiza teniendo en cuenta la disponibilidad de dispositivos adecuados (emisores, receptores,..) y fibras ópticas con bajas pérdidas.

La atenuación sufrida por una señal luminosa (en función de la longitud de onda) en el interior de una fibra óptica corresponde a la de la figura siguiente.

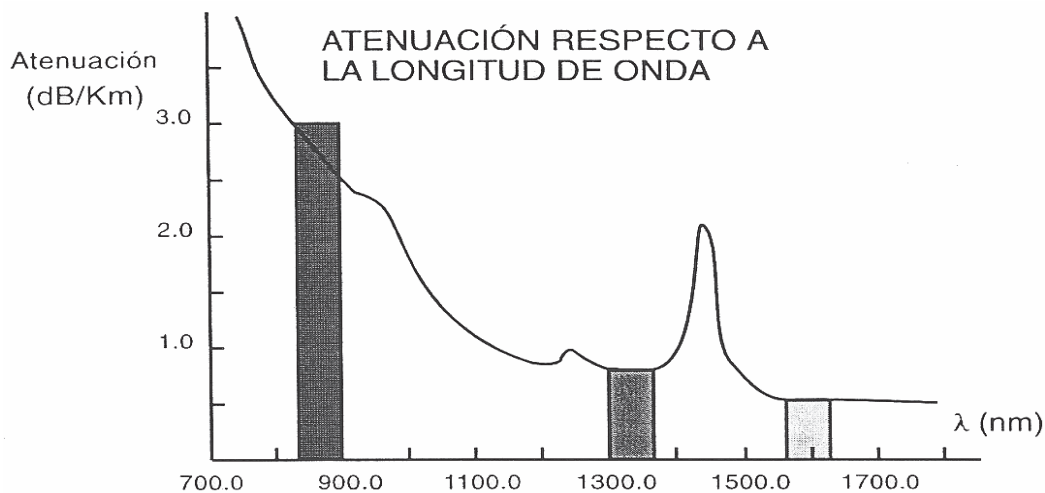


Fig. 2.3.3 Diagrama de atenuación

### Ventanas

Actualmente se trabaja en las tres bandas de frecuencia marcadas en la figura anterior, y que se conocen con el nombre de ventanas:

- Primera Ventana :  $\lambda = 850$  nm
- Segunda Ventana:  $\lambda = 1310$  nm
- Tercera Ventana :  $\lambda = 1550$  nm
- Cuarta Ventana :  $\lambda = 1625$  nm
- Quinta Ventana :  $\lambda = 1470$  nm

La quinta ventana de transmisión ha surgido a partir del desarrollo de fibras Zero Water Peak (ZWP) – ITU G652.C, en las cuales se ha logrado disminuir las pérdidas causadas por los picos de atenuación por iones hidroxilo, en base a procesos especializados de fabricación de las fibras.

### 2.3.4 Fibra Óptica

“La fibra óptica es un medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el interior de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total, en función de la ley de Snell. La fuente de luz puede ser láser o un LED.

Las fibras se utilizan ampliamente en telecomunicaciones, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a una gran distancia, con velocidades similares a las de radio o cable. Son el medio de transmisión por excelencia al ser inmune a las interferencias electromagnéticas, también se utilizan para redes locales, en donde se necesite aprovechar las ventajas de la fibra óptica sobre otros medios de transmisión.”

**[http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra\\_Optica](http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_Optica)**

Concluyendo de esta forma que la fibra óptica es por excelencia un medio que usa pulsos de luz que realmente pasan a través de ellos de un extremo a otro, donde quiera que el filamento vaya (incluyendo curvas y esquinas) sin interrupción para la transmisión de información a grandes escalas, logrando de esta manera una eficiente comunicación entre el emisor y el receptor. Los circuitos de fibra óptica son filamentos de vidrio flexibles, del espesor de un pelo.

#### **Elementos enlace de comunicaciones de fibra óptica**

Transmisor, receptor y guía de fibra.

El **transmisor** consiste de una interface analógica o digital, un conversor de voltaje a corriente, una fuente de luz y un adaptador de fuente de luz a fibra. La guía de fibra es un vidrio ultra puro o un cable plástico.

El **receptor** incluye un dispositivo conector detector de fibra a luz, un foto detector, un conversor de corriente a voltaje un amplificador de voltaje y una interface analógica o digital En un transmisor de fibra óptica la fuente de luz se puede modular por una señal

análoga o digital, acoplando impedancias y limitando la amplitud de la señal o en pulsos digitales.

El convertor de voltaje a corriente sirve como interface eléctrica entre los circuitos de entrada y la fuente de luz. La fuente de luz puede ser un diodo emisor de luz LED o un diodo de inyección láser ILD, la cantidad de luz emitida es proporcional a la corriente de excitación, por lo tanto el convertor voltaje a corriente convierte el voltaje de la señal de entrada en una corriente que se usa para dirigir la fuente de luz. La conexión de fuente a fibra es una interface mecánica cuya función es acoplar la fuente de luz al cable.

La **fibra óptica** consiste de un núcleo de fibra de vidrio o plástico, una cubierta y una capa protectora. El dispositivo de acoplamiento del detector de fibra a luz también es un acoplador mecánico.

El detector de luz generalmente es un diodo PIN o un APD (fotodiodo de avalancha). Ambos convierten la energía de luz en corriente. En consecuencia, se requiere un convertor corriente a voltaje que transforme los cambios en la corriente del detector a cambios de voltaje en la señal de salida.

<b>TRANSMISORES Y RECEPTORES</b>	
<b>Transmisores</b>	<b>Receptores</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>LED</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Light emitting diode</li> <li>✓ Barato, vida duradera gran rango de temperatura poco eficiente = tasas de información bajas</li> </ul> </li> <li>• <b>ILD</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Infection Laser Diode</li> <li>✓ Efecto láser, más eficiente</li> <li>✓ Tasas elevadas Gbps</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>PIN</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tiene una capa de material intrínseco entre las capas P y N de un diodo.</li> <li>✓ Barato y poco eficiente</li> </ul> </li> <li>• <b>APD</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Avalanche Photo Diode</li> <li>✓ Fotodiodo de avalancha</li> <li>✓ Más sensible que el PIN</li> </ul> </li> </ul>

**Tabla 2.3.2 Transmisores y Receptores F.O.**

### Normas para identificar el tipo de fibra óptica

Las normas internacionales para la correcta identificación de los hilos de fibra han determinado los colores de los mismos. La norma ANSI/EIA/TIA 598 A, determina que el ordenamiento de los hilos de fibra se debe regir según la TABLA 1.1.

1	Azul	7	Rojo
2	Naranja	8	Negro
3	Verde	9	Amarillo
4	Marrón	10	Violeta
5	Gris	11	Rosa
6	Blanco	12	Agua

Tabla 2.3.3 Ordenamiento de los hilos de fibra óptica según la norma ANSI/EIA/TIA 598A.

Para distinguir el tipo de fibra óptica según su cobertura exterior, la norma sigue la convención indicada en la TABLA 1.2.

Monomodo	Amarillo
Multimodo (50 $\mu\text{m}$ /125 $\mu\text{m}$ )	Naranja
Multimodo (62.5 $\mu\text{m}$ /125 $\mu\text{m}$ )	Gris
Multimodo (85 $\mu\text{m}$ /125 $\mu\text{m}$ )	Azul
Multimodo (100 $\mu\text{m}$ /140 $\mu\text{m}$ )	Verde

Tabla 2.3.4 Color de la cobertura exterior del cable de fibra según la norma ANSI/EIA/TIA 598A.

### 2.3. 5 Plan de Acción

Es un tipo de **plan** que prioriza las iniciativas más importantes para **cumplir con ciertos objetivos y metas**. De esta manera, un plan de acción se constituye como una especie de guía que brinda un marco o una estructura a la hora de llevar a cabo un **proyecto**.



Dentro de una **empresa**, un plan de acción puede involucrar a distintos departamentos y áreas. El plan establece quiénes serán los **responsables** que se encargarán de su cumplimiento en tiempo y forma. Por lo general, también incluye algún mecanismo o método de seguimiento y control, para que estos responsables puedan analizar si las acciones siguen el camino correcto.

“El plan de acción propone una forma de alcanzar los **objetivos estratégicos** que ya fueron establecidos con anterioridad. Supone el paso previo a la ejecución efectiva de una idea o propuesta. Estos planes no sólo deben incluir qué cosas quieren hacerse y cómo; también deben considerar las posibles restricciones, las consecuencias de las acciones y las futuras revisiones que puedan ser necesarias.

El **control** del plan de acción tiene que realizarse tanto durante su desarrollo como al final. Al realizar un control en medio del plan, el responsable tiene la oportunidad de corregir las cuestiones que no están saliendo de acuerdo a lo esperado. En cuanto al control tras su finalización, el objetivo es establecer un balance y confirmar si los objetivos planeados han sido cumplidos.”

**<http://definicion.de/plan-de-accion/>**

Como se menciona en el citado anterior un plan de acción permite priorizar lo más relevante para llegar a cumplir paso a paso los objetivos y metas planteadas con un sistema de seguimiento de las tareas programadas.

### **2.3.6 Flujo de Información**

Como una sucesión de eventos y procesos de mediación entre la generación de la información por una fuente emisora y su aceptación por la entidad receptora, conforma una de las bases de datos que se dice es la esencia de la ciencia de la información: la generación de conocimiento en el individuo y en su espacio de convivencia.

El flujo de información que interrelaciona al generador y al receptor, adiciona competencia en la transmisión, en una relación directa con las fases por las que pasó el desenvolvimiento del proceso de transferencia de la información hasta llegar al tiempo de la comunicación electrónica, que viabiliza con mayor intensidad la relación de

interacción que nos interesa observar. El propósito de la ciencia en la información es conocer y hacer que ocurra el sutil fenómeno de percepción de la información por la conciencia, percepción está dirigida a conocer el objeto percibido.

### 2.3.7 Sistema Eléctrico de Potencia (SEP)

“Es el conjunto de centrales generadoras, de líneas de transmisión interconectadas entre sí y de sistemas de distribución esenciales para el consumo de energía eléctrica.”

<http://html.rincondelvago.com/sistema-electrico-de-potencia.html>

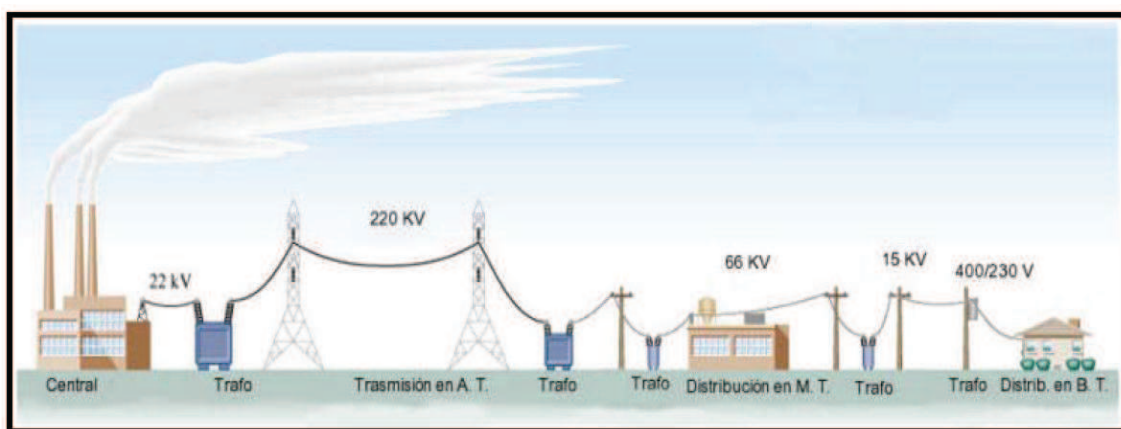


Fig. 2.3.3 Esquema general de un sistema eléctrico de potencia

Podemos concluir que un SEP tiene como objetivo principal, GENERAR electricidad en las cantidades suficientes y en los lugares adecuados, luego TRANSMITIR la energía eléctrica en grandes bloques hacia los centros de consumo y finalmente DISTRIBUIR la energía eléctrica a los consumidores finales (residencias e industrias) al menor costo posible, lo que implica tener un mínimo margen de pérdida en las etapas de transmisión y distribución, garantizando la calidad del servicio y respeto por el medio ambiente la Fig.2.3.3 representa las etapas de una SEP.

### 2.3.8 Sub-estación de Distribución

“Es un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos, que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica, permitiendo el control el flujo de energía, brindando seguridad para el sistema eléctrico, para los mismos equipos y para el personal de operación y mantenimiento.”

<http://www.mitecnologico.com/>



**Fig. 2.3.5 Vista de una sub-estación de distribución de la EEASA**

Entonces podemos mencionar que la sub-estación de distribución no es más que un conjunto de dispositivos interconectados entre sí que cumplen con un fin específico, en este caso permitir distribuir la energía eléctrica en forma modificada, más manejable y eficiente.

La fig. 2.3.5 presenta la configuración de una sub-estación de distribución tipo reducción, donde se reduce de 69kV a 13.8kV, y en la que podemos observar en manera general los elementos que la conforman, estos son: transformadores de potencia, disyuntores, cuchillas seccionadoras, elementos de medición, pararrayos líneas de guarda, entre otros.

### **2.3.9 Elementos Constitutivos de una Sub-estación de Distribución**

#### **Transformadores de Potencia**

Son el corazón de las sub-estación de distribución, los cumplen con la tarea principal básica, que es de reducir las tensiones desde un nivel de sub-transmisión a los niveles de distribución apropiado.

### **Cuchillas (Seccionadores)**

Conectan y desconectan diversas partes de un sistema eléctrico con el objeto de dar mantenimiento o realizar maniobras de operación. Estos equipos pueden desconectar a tensión nominal pero nunca cuando fluye corriente a través de ellas, esta es una gran diferencia con el interruptor, pues éste si abrir primero el interruptor correspondiente.

Existen algunas cuchillas que poseen una pequeña cámara de arqueo de SF<sub>6</sub> que le permite abrir solamente los valores nominales de corriente de la corriente del circuito.

### **Fusibles**

Cumplen la función de un interruptor, se utilizan en sitios donde no se justifica la colocación de interruptores en lo que respecta a costos. Interrumpen circuitos cuando se presenta una sobre-corriente, además soportan la tensión transitoria de recuperación que se produce posteriormente.

### **Pararrayos**

Las sobretensiones que se presentan en las instalaciones de un sistema pueden ser de 2 tipos:

- Sobretensiones de origen atmosférico
- Sobretensiones por fallas en el sistema

El pararrayo no es eliminar las ondas de sobretensión presentadas durante las descargas atmosféricas, sino limitar su magnitud a valores que no sean perjudiciales para las máquinas del sistema.

### **Líneas de Guarda**

Son cables sin tensión que se colocan en la parte más alta en las redes de alta tensión, se conectan a la misma estructura metálica en cada torre y sirven para varios motivos.

Uno es el generar un equipotencial de tierra en todo el trazado de la línea, rebajando al mínimo la resistencia de tierra ya que con el cable se unen todas las torres y por defecto todas las tomas de tierra del trazado. Otro motivo es para intentar captar el rayo durante las tormentas y conducirlo a tierra (cosa que no siempre sucede).

Por una parte lo primero es bueno para reducir el riesgo eléctrico a las personas que toquen una torre de alta tensión, y minimizar así las posibles tensiones de paso que pueden generarse. Por otra parte es perjudicial porque es sabido que esto facilita que el rayo encuentre un camino de resistencia baja en los puntos más altos, cuando el rayo impacta en la torre, aparecen en más o menos medida fugas de corriente de alta tensión por las estructuras, poniendo en riesgo a las personas que estén cerca de la torre en ese preciso instante.

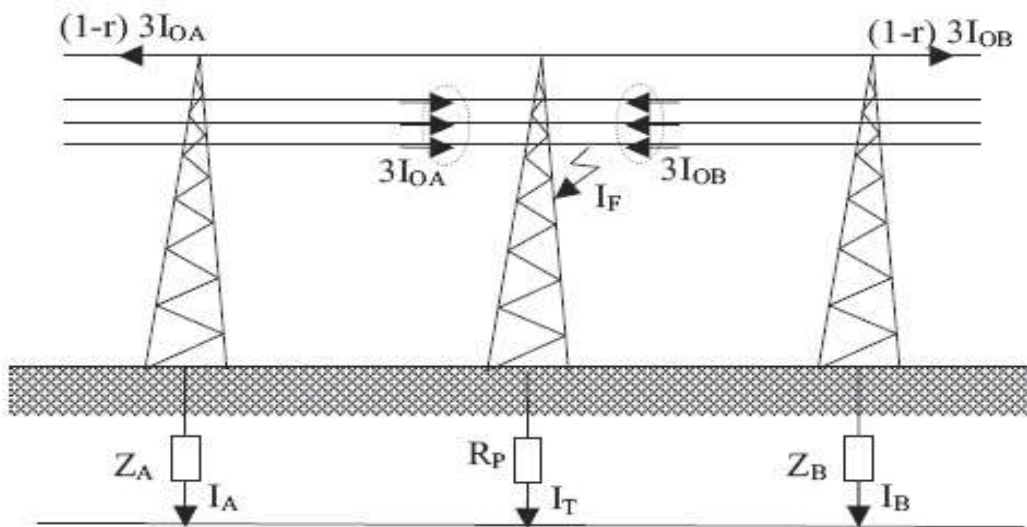


Fig. 2.3.6 Tierra de Referencia

### Transformadores de Instrumento

Son dispositivos electromagnéticos cuya función principal es reducir a escala, las magnitudes de tensión y corriente que se utilizan para protección y medición de los diferentes circuitos de una sub-estación, o sistema eléctrico de potencia. Se dividen en dos tipos:

- Transformadores de corriente.
- Transformadores de potencia.

### Transformadores de Corriente.

Son aparatos en que la corriente secundaria, dentro de las condiciones normales de operación, es prácticamente proporcional a la corriente primaria, aunque ligeramente desfasada. Su función es de transformar la corriente y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión.

## **Transformadores de Potencia**

Son aparatos en que la tensión secundaria, dentro de las condiciones normales de operación, es prácticamente proporcional a la tensión primaria, aunque ligeramente desfasada. Transformar la tensión, aíslan los instrumentos de protección y edición conectados a los circuitos de alta tensión.

## **Interruptores**

Es un dispositivo cuya función es interrumpir y restablecer la continuidad en un circuito eléctrico. Además debe interrumpir corrientes eléctricas de intensidad y factores de potencia diferentes.

El interruptor es un dispositivo que bajo operaciones de maniobra insertar o retirar elementos de un sistema eléctrico de potencia como: generadores, líneas de transmisión, líneas de sub-transmisión, transformadores, alimentadores y cargas. Su funcionamiento determina el grado de confiabilidad que se puede tener en un sistema eléctrico de potencia.

## **Relés**

Son equipos electromagnéticos o electrónicos que cumplen una función muy importante en el sistema de protección, ayudan a detectar la falla, desconectando automáticamente los interruptores cuando se presentan corrientes de cortocircuito, aislando de esta manera los elementos que han fallado.

### **2.3.10 Sistema de Sub-transmisión**

“Un sistema de sub-transmisión es un conglomerado integrado por líneas, sub-estaciones y grandes consumidores de energía eléctrica que manejan voltajes superiores a 34.5 kV menores a 220 kV, en caso del Ecuador estos voltajes oscilan entre 67kV y 69kV”.

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/284/3/Capitulo1.pdf>

Por lo tanto los sistemas de sub-transmisión se puede decir que es una etapa de alta potencia que permite la distribución eléctrica a los millones de consumidores.

Por lo que la etapa de sub-transmisión puede considerarse como un punto intermedio entre las etapas de transmisión y distribución de un SEP, debido al nivel de voltaje al que trabaja, y por lo tanto es de vital importancia monitorear continuamente este sistema para tomar las decisiones más acertadas que garanticen su correcto funcionamiento.

## **2.4 Hipótesis**

El diseño de un plan de acción de un canal de comunicación por fibra óptica permitirá la optimización del flujo de información en el sistema eléctrico de sub-transmisión 69kV de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

## **2.5 Variables**

### **2.5.1 Variable Independiente**

Plan de acción de un canal de comunicación por fibra óptica.

### **2.5.2 Variable Dependiente**

Flujo de información en el sistema eléctrico de sub-transmisión de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Enfoque**

El plan de acción de un canal de comunicación por fibra óptica para la optimización del flujo de información en el sistema eléctrico de sub-transmisión de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., la investigación está bajo el un enfoque cuali-cuantitativo, debido a que se consideró las opiniones de los ejecutivos e ingenieros de la los departamentos implicados para poder dar solución a la propuesta planteada y cumplir con los objetivos descritos anteriormente.

#### **3.2 Modalidad Básica de Investigación**

##### **3.2.1 Investigación de Campo**

La presente investigación se contextualizó en modalidad de campo para la cual fue necesario que se tenga contacto directo con el lugar de los hechos, lo cual permitió analizar detenidamente la mejor solución para enfocarse en los objetivos planteados y diseñar un sistema de excelente y constante funcionamiento.

##### **3.2.2 Investigación Documental-Bibliográfica**

En la presente investigación se utilizó la modalidad bibliográfica porque el objetivo es detectar, ampliar y profundizar mediante teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre el tema propuesto; además es imprescindible apoyarse en fuentes primarias y secundarias para explicar de manera teórica y científica el proceso de la



investigación planteada. Se enmarca en esta modalidad porque se desarrolló una propuesta de solución de modo directo.

### **3.3 Nivel o Tipo de Investigación**

La investigación inició con un nivel exploratorio permitiendo reconocer una aplicación en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., concluyendo de esta manera con un plan de acción de un canal de comunicación por fibra óptica para la optimización del flujo de información en el sistema eléctrico de sub-transmisión.

Luego se usó la descripción para detallar las ventajas y desventajas de la fibra óptica. Estableciendo relaciones de aplicación y tecnología. Llegando de esta manera al nivel explicativo con la comprobación de la hipótesis.

### **3.4 Población y Muestra**

#### **3.4.1 Población**

La población implicada en la investigación se conformó por 8 personas aproximadamente, entre ingenieros y técnicos de los distintos departamentos de las zonas de trabajo investigativo.

#### **3.4.2 Muestra**

Debido a que la población tiene poco número de personal implicado pasa a constituir la muestra.

### 3.5 Operacionalización de Variables

#### 3.5.1 Variable Independiente: Plan de acción de un canal de comunicación por fibra óptica.

Abstracto		Concreto		
Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Un canal de comunicación es el medio de transmisión por el que viajan las señales portadoras de la información emisor y receptor	Comunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Confiabilidad</li> <li>▶ Dificultad</li> <li>▶ Monitoreo</li> <li>▶ Seguridad</li> </ul>	<p>1.- ¿Qué tan confiable es el sistema actual de comunicaciones del anillo 69kV?</p> <p>Excelente ( ) Buena ( ) Regular ( ) Mala ( )</p> <p>2.- ¿Se ha presentado algún tipo de dificultades con el sistema actual de comunicación en el anillo?</p> <p>Si ( ) No ( ) Cual: _____</p>	<p>Entrevista y Observación.</p> <p>La misma que está orientada a ingenieros y técnicos de los departamentos de la Empresa Eléctrica Ambato, que dispongan de conocimientos e información técnica y geográfica del anillo 69kV de la Región Centro Norte.</p> <p>1.- I, T 2.- I, T 3.- I, T 4.- I, T 5.- I, T</p>
	Medios de Transmisión	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Fibra Óptica</li> <li>▶ Multipar</li> <li>▶ Coaxial</li> <li>▶ Radiofrecuencia</li> </ul>	<p>3.- ¿El monitoreo del anillo 69 kV de la EEASA cuenta con comunicación por fibra óptica total o parcial?</p> <p>Si ( ) No ( )</p>	

Abstracto		Concreto		
Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
	Fibra Óptica	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Ventajas</li> <li>▶ Desventajas</li> <li>▶ Costo</li> <li>▶ Aplicaciones</li> </ul>	<p>4.- ¿Las ventajas que ofrece el tendido de fibra óptica, ayudará a nuevas implementaciones novedosas para la EEASA y la ciudadanía ambateña?</p> <p style="text-align: center;">Si ( )      No ( )</p> <p>Porque:.....</p> <p>5.- ¿Las ventajas que ofrece la fibra óptica recompensa el coste de su implementación?</p> <p style="text-align: center;">Si ( )      No ( )</p> <p>Porque:_____</p>	

**3.5.2 Variable Dependiente:** Flujo de información en el sistema eléctrico de sub-transmisión de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

Abstracto		Concreto		
Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP), es el conjunto de centrales generadoras, de líneas de transmisión interconectadas entre sí y de sistemas de distribución esenciales para el consumo de energía eléctrica.	Sistema Eléctrico de Potencia (SEP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Aplicaciones</li> <li>▶ Servicios</li> <li>▶ Importancia</li> </ul>	<p><b>1.- ¿Cuán importante es el sistema de comunicaciones en el sistema eléctrico de potencia de la EEASA?</b></p> <p>Muy importante ( )  Poco importante ( )  Nada importante ( )  Porque:.....</p> <p><b>2.- ¿Qué tipos de servicio dispone La empresa actualmente?</b></p> <p>Transferencia de datos ( )  Videoconferencia ( )  Televisión Digital ( )  Auditorio Virtual ( )  Cámaras IP ( )  Otros:.....</p> <p><b>3.- ¿La fibra óptica ayudará a tener un sistema más fiable de control y seguridad en el anillo 69 kV?</b></p> <p>Si ( ) No ( )  Porque:.....</p>	<p>Entrevista y Observación.</p> <p>La misma que está orientada a ingenieros y técnicos de los departamentos de la Empresa Eléctrica Ambato, que dispongan de conocimientos e información técnica y geográficos del anillo 69kV de la Región Centro Norte.</p> <p>1.- I, T  2.- I, T  3.- I, T  4.- I, T  5.- I, T</p>
	Sub-estación de Distribución	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Control</li> <li>▶ Seguridad</li> <li>▶ Equipos</li> </ul>		

Abstracto		Concreto		
Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
	Elementos Constitutivos de una Sub-transmisión	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Infraestructura</li> <li>▶ Equipos</li> </ul>	<p>4.- ¿La infraestructura del edificio Centro Norte dispone de condiciones para migrar a fibra óptica? Si( ) No( )</p>	
	Sistema de Sub-transmisión	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Enlaces de comunicación</li> <li>▶ Tendido eléctrico</li> <li>▶ Conexiones a tierra</li> </ul>	<p>6.- ¿Cuál sería la mejor vía para el tendido de la fibra óptica en el tramo de la de las sub-transmisión 69kV?</p> <p>-Subterránea ( ) -Micro zanjado ( ) - Por los postes del tendido eléctrico ( ) -Línea de guarda ( ) -Por debajo de las líneas de alta tensión ( ) Otros:.....</p>	

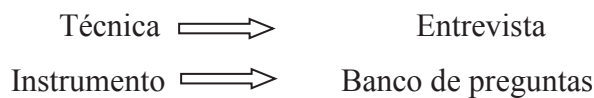
### **3.6 Recolección de Información**

La recolección de la información se realizó mediante la técnica de la entrevista, que ayudó a la recopilación de información técnica, también se realizó observaciones en la sub-transmisión del anillo 69kV de la Región Centro Norte el cual ayudó a detectar las posibles rutas del enlaces y definir el mejor acceso de llegada al punto central.

#### **3.6.1 Plan de Recolección de Información**

La recolección de información se realizó mediante la técnica de la entrevista, la misma que fue diseñada para aplicar a ingenieros y técnico que estén encargados del funcionamiento del anillo de transmisión 69kV de la EEASA, también se efectuó observaciones la que tiene cabida en el lugar de los hechos en este caso en el trayecto del anillo.

Para la ejecución de la entrevista, nos ayudamos con un banco de preguntas que se formula con anterioridad.



#### **3.6.2 Procesamiento y análisis de la información**

Una vez realizada la entrevista a los ingenieros de los diferentes departamentos se procedió a analizar los datos obtenidos en la entrevista usando el método estadístico lo que permitió obtener una respuesta eficiente de datos numéricos generales en cuadros tabulados que se los puede representar gráficamente a fin de interpretar los resultados.

#### **3.6.3 Plan de Análisis e Interpretación de la información**

El plan se sustenta en bases al análisis técnico-económico, apoyado de las respuestas de la entrevista.

## CAPITULO IV

### ANALISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.1 Interpretación de Datos

Los datos obtenidos, se analizaron e interpretaron como datos estadísticos indicando la relación numérico-matemática, entre las respuestas de cada pregunta con las variables investigativas.

La interpretación de resultados se sustentó en base al análisis matemático, apoyado en las respuestas de los entrevistados.

##### **4.1.1 Entrevista Orientada a Técnicos e Ingenieros de los Departamentos de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.**

La presente entrevista fue dirigida a técnicos e ingenieros de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., responsables del funcionamiento y monitoreo de las sub-estaciones, a fin de recolectar información necesaria sobre las comunicaciones del sistema eléctrico de sub-transmisión 69kV; para sustentar el trabajo investigativo y proporcionar la mejor propuesta de una mejora continua en la comunicación del anillo.

- ❖ Las Preguntas 1 y 2 fueron dirigidas a los departamentos CECON (centro de control de carga), sub-estaciones DOM (departamento de operación y mantenimiento).

- ❖ Las Preguntas 3, 4, 5, 6, 8 y 10 fueron realizadas a los departamentos CECON (Centro de Control de Carga), sub-estaciones DOM (Departamento de Operación y Mantenimiento) y Planificación.
- ❖ Las Preguntas 7 y 9 fueron efectuadas al Ingeniero René Terán, coordinador informático del Departamento de Planificación.

A continuación se detalla los resultados obtenidos en las entrevistas.

### Pregunta 1

¿Qué tan confiable es el sistema actual de comunicaciones del anillo 69 kV?

ALTERNATIVAS	RESPUESTAS	PORCENTAJE (%)
Excelente	0	0
Buena	2	66.66667
Regular	1	33.33333
Mala	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>100</b>

Tabla 4.1: Pregunta 1

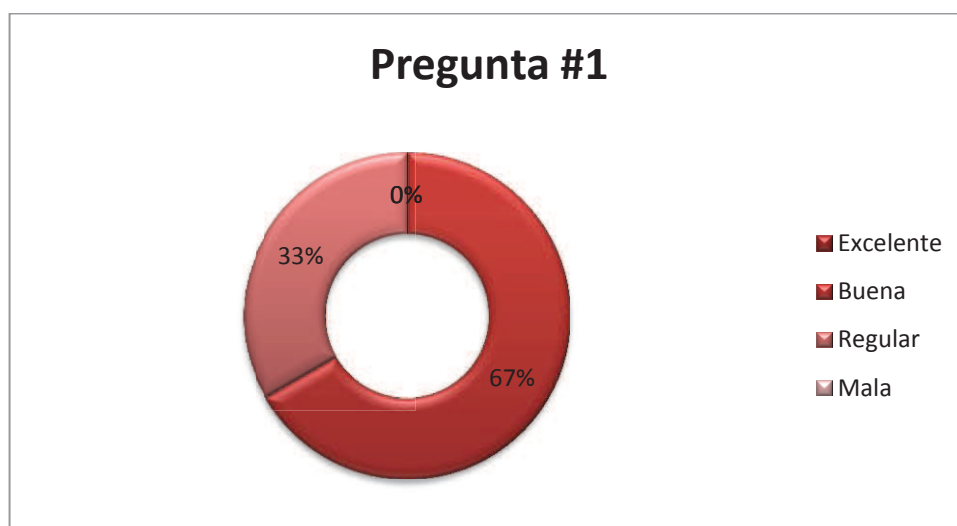


Fig. 4.1: Pregunta 1



En función de los datos obtenidos mostrados en la tabla 4.1, figura 4.1 el 67% de los entrevistados dijeron que el sistema actual de comunicaciones en el anillo 69 kV de la Empresa Eléctrica Ambato S.A. es bueno y un 33% mencionó que el sistema es regular.

En la entrevista realizada se mencionó que entre los problemas más relevantes son; falta un respaldos de los equipos en los puntos de repetición, además cuando existen cortes de energía no responden los UPS más allá de media hora por consiguiente se cae la comunicación.

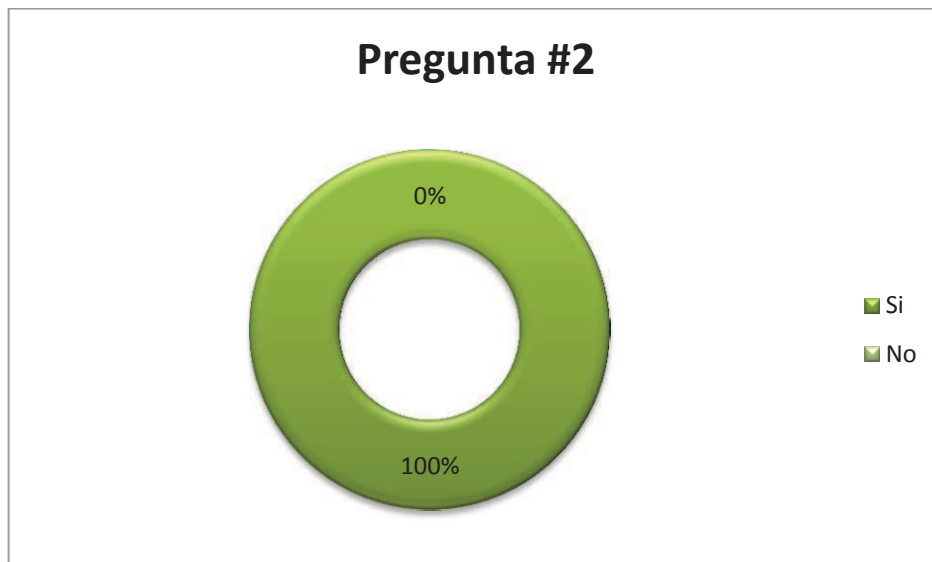
Para monitorear las sub-estaciones el centro de control usa el sistema SCADA, a pesar de que la comunicación funciona, siempre es necesario tratar de llegar a la excelencia, para una mejora continua, logrando a más de las aplicaciones existentes implementar nuevas; para la satisfacción de todas las necesidades y hacer más fácil y confiable el monitoreo.

## **Pregunta 2**

¿Se ha presentado algún tipo de dificultades, en el sistema actual de comunicación de la sub-transmisión 69kV?

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>RESPUESTAS</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
<b>Si</b>	3	100
<b>No</b>	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>100</b>

**Tabla 4.2: Pregunta 2**



**Fig.4.2: Pregunta 2**

En base a los antecedentes expuestos en la tabla 4.2, figura 4.2 se refleja que un 100% de los ingenieros y técnicos entrevistados, afirmaron que en el sistema actual de comunicación ha existido dificultades.

El sistema actual es bidireccional, es una red Ethernet que usa protocolo ISP. En la entrevista realizada se dijo, que cuando se pierde el monitoreo no existe comunicación por consiguiente hay que dirigirse físicamente para realizar las maniobras lo que significa peligro para los operadores y además en comparación con el tiempo de restablecimiento el sistema lo realiza en aproximadamente tres minutos, los operadores dependiendo de la disponibilidad de recursos pueden operar en aproximadamente una hora o mucho más lo que repercute en problemas para la empresa y para los usuarios.

### **Pregunta 3**

¿El monitoreo del anillo 69 kV de la EEASA cuenta con comunicación por fibra óptica total o parcial?

ALTERNATIVAS	RESPUESTAS	PORCENTAJE (%)
Si	0	0
No	3	100
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>100</b>

Tabla 4.3: Pregunta 3

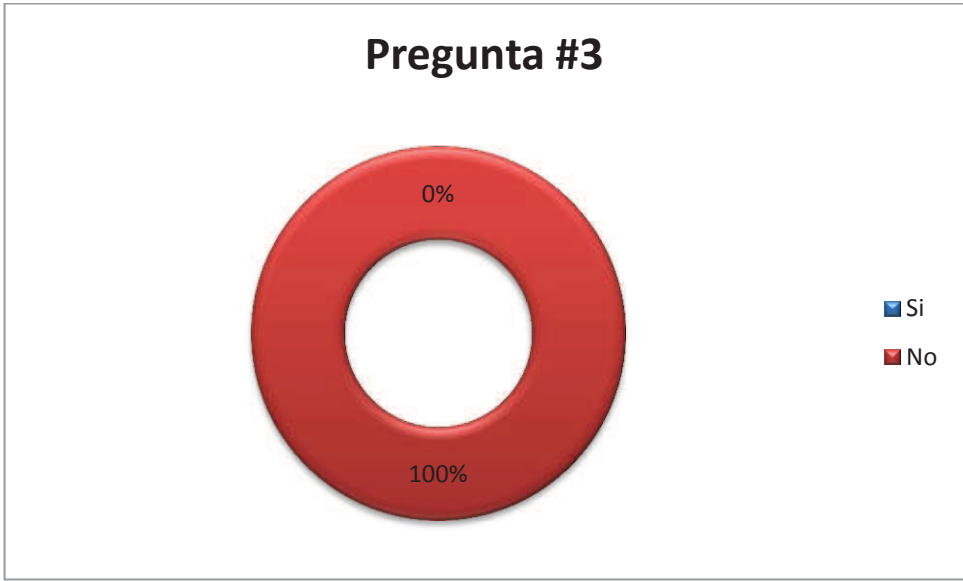


Fig.4.3: Pregunta 3

Los datos obtenidos y expuestos en la tabla 4.3, figura 4.3 se reflejan que un 100% de los ingenieros y técnicos entrevistadas, afirmaron que la sub-transmisión 69 kV no cuenta con comunicación por fibra óptica total o parcial debido a que la aprobación es reciente según lo expuesto en la resolución 2309 del día miércoles 25 de febrero del 2009 “EN BASES PARA ADQUISICIÓN MATERIALES L/T PUYO MUSHULLACTA CONSIDERAR CABLE DE GUARDIA CON FIBRA ÓPTICA, ASÍ COMO PARA NUEVOS PROYECTOS DE SUBTRANSMISIÓN”.

**Pregunta 4**

¿Las ventajas que ofrece el tendido de fibra óptica, creé que ayudará a nuevas implementaciones novedosas para la EEASA y la ciudadanía ambateña?

ALTERNATIVAS	RESPUESTAS	PORCENTAJE (%)
Si	3	100
No	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>100</b>

Tabla 4.4: Pregunta 4

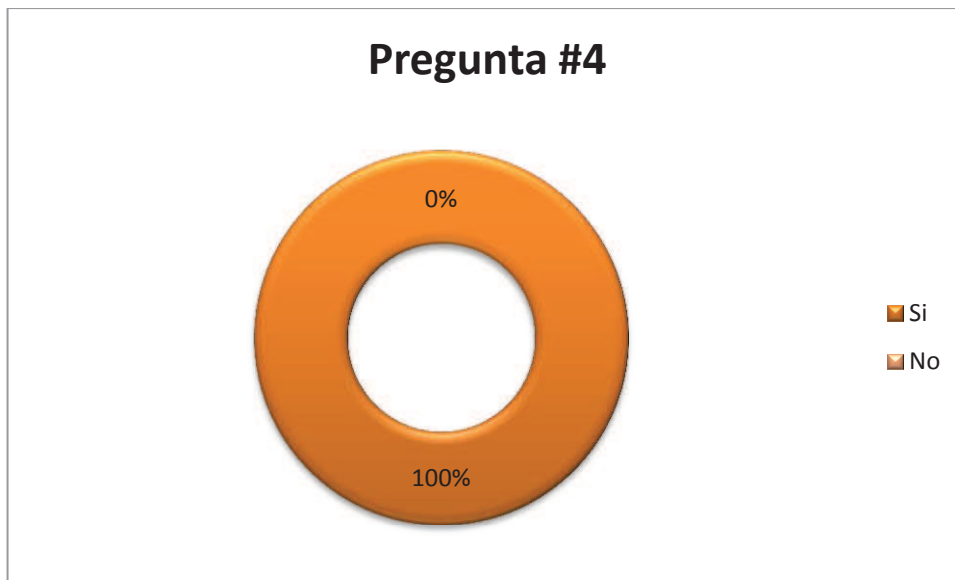


Fig.4.4: Pregunta 4

Mediante los testimonios obtenidos y expuestos en la tabla 4.4, figura 4.4 se refleja que un 100% de los ingenieros y técnicos entrevistados, están de acuerdo que la fibra óptica por las ventajas que ofrece ayudará a nuevas implementaciones novedosas para la EEASA y la ciudadanía ambateña.

De acuerdo a la entrevista se dijo que se enfoca a la resolución tomada y además ayudará en la:

- Capacidad de transmisión
- Mejora de los tiempos de respuesta en cuanto a la adquisición de datos.

Además se pueden implementar servicios de valor agregado como:

- Video vigilancia entre sub-estaciones
- Toma de datos en línea

- La amplificación y proyecciones
- Entre otras

### Pregunta 5

¿Las ventajas que ofrece la fibra óptica, creé que recompensa el coste de su implementación?

ALTERNATIVAS	RESPUESTAS	PORCENTAJE (%)
Si	3	75
No	1	25
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>100</b>

Tabla 4.5: Pregunta 5

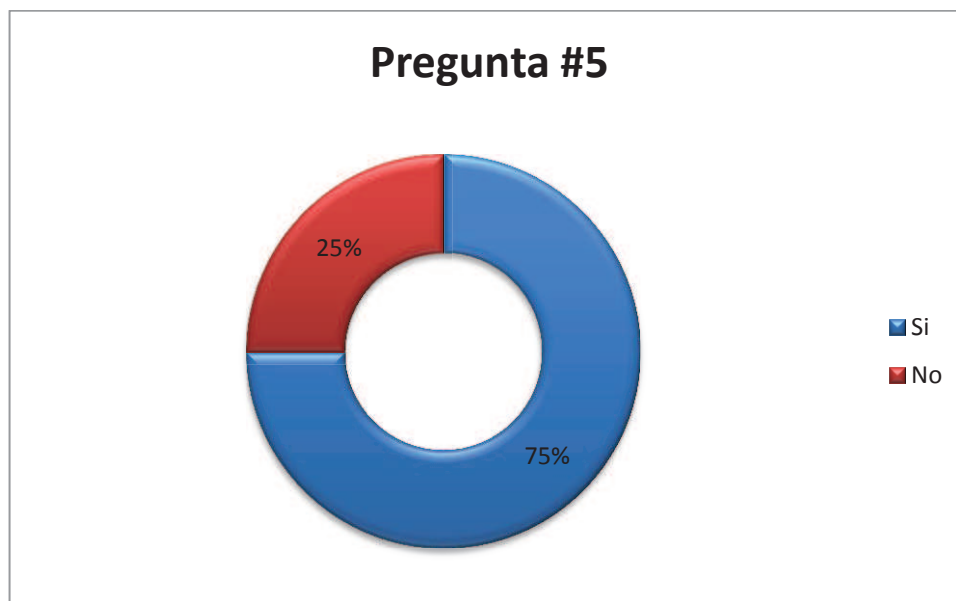


Fig.4.5: Pregunta 5

Mediante los datos obtenidos y expuestos en la tabla 4.5, figura 4.5 se refleja que un 75% de los ingenieros y técnicos entrevistada, están de acuerdo que la fibra óptica por ventajas recompensa el coste de su implementación y un 25% no está de acuerdo que así sea.

Durante la entrevista se mencionó, que todo depende de ¿Cuánto puede ganar la empresa?, depende del potencial de usuarios, además ayudará a aumentar la capacidad del sistema SCADA, y por último se dijo que la infraestructura actual brinda lo requerido para las actividades comunes pero con un plan de acción permitirá optimizar el coste beneficio e inversión.

### Pregunta 6

¿Cuán importante es el sistema de comunicaciones en el sistema eléctrico de potencia de la EEASA?

ALTERNATIVAS	RESPUESTAS	PORCENTAJE (%)
<b>Muy Importante</b>	4	100
<b>Poco Importante</b>	0	0
<b>Nada Importante</b>	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>100</b>

Tabla 4.6: Pregunta 6

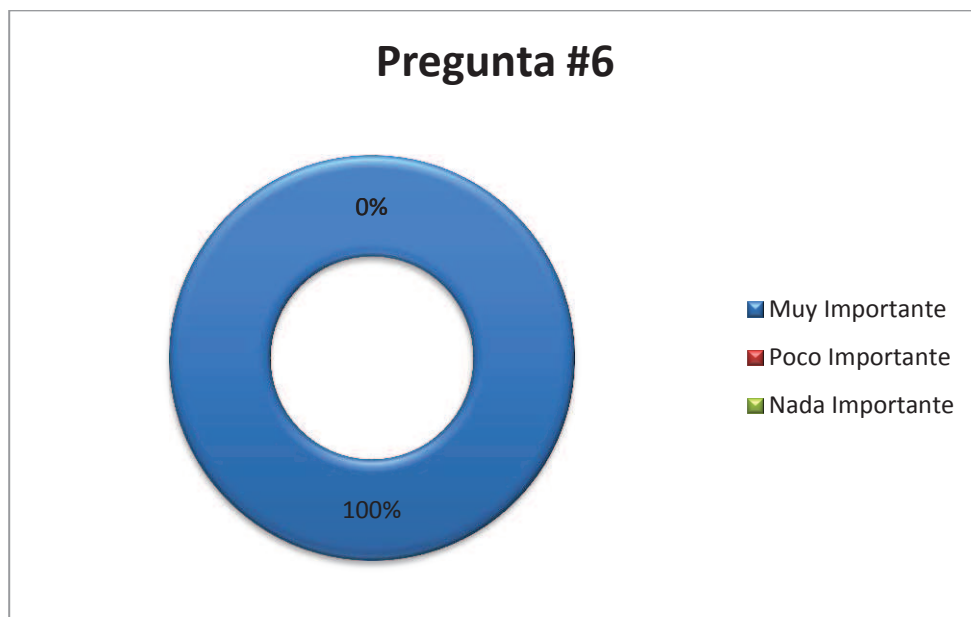


Fig.4.6: Pregunta 6

En base a los resultados obtenidos y expuestos en la tabla 4.6, figura 4.6 se refleja que un 100% de los ingenieros y técnicos entrevistados, están de acuerdo de forma contundente que el sistema de comunicaciones es muy importante para el sistema eléctrico de potencia de la EEASA.

Entre los aspectos importantes expuestos se dijeron que; el sistema de comunicaciones constituye parte muy importante en la empresa debido a que permite realizar maniobras en tiempo real sin trasladar personal a las sub-estaciones, entre otras aplicaciones de valor agregado.

### **Pregunta 7**

¿Qué tipos de servicio dispone la Empresa Eléctrica Ambato actualmente?

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>RESPUESTAS</b>
<b>Transferencia de Datos</b>	<b>X</b>
<b>Videoconferencia</b>	
<b>Televisión Digital</b>	
<b>Auditorio Virtual</b>	
<b>Cámaras IP</b>	<b>X</b>
<b>Otros</b>	

**Tabla 4.7: Pregunta 7**

Debido al contenido de la pregunta su respuesta no puede ser reflejada estadísticamente. La empresa transfiere datos del sistema comercial, sistema comercial en línea, internet sistema de control de comunicación, cámaras IP, seguridad en bodegas y agencia de recaudación de la EEASA. En Tungurahua la Empresa Eléctrica Ambato Regional centro Norte S.A. usa 5 Mb, 3Mb proporciona CNT y 2Mb Telconet, los mismos que son repartidos automáticamente a las distintas aplicaciones y actividades.

### **Pregunta 8**

¿La fibra óptica, creé que ayudará a tener un sistema más fiable de control y seguridad en el anillo 69 kV?

ALTERNATIVAS	RESPUESTAS	PORCENTAJE (%)
Si	3	75
No	1	25
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>100</b>

Tabla 4.8: Pregunta 8

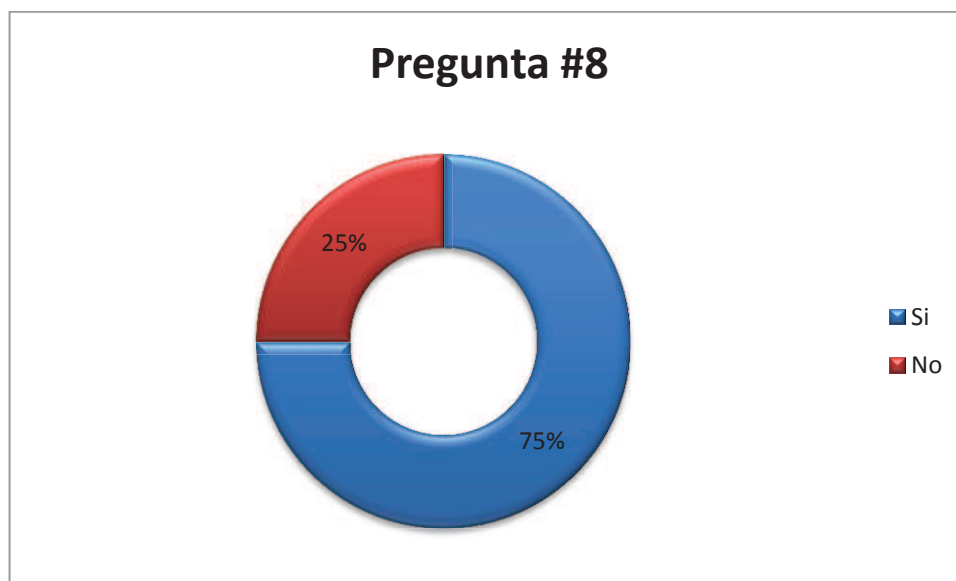


Fig.4.8: Pregunta 8

En función de los fundamentos obtenidos y expuestos en la tabla 4.8, figura 4.8 se refleja que un 75% de los ingenieros y técnicos entrevistadas, están de acuerdo que la fibra óptica ayudará a tener un sistema más fiable de control y seguridad en el anillo 69 kV y un 25% no está de acuerdo.

Según lo expuesto en la entrevista, la confiabilidad sería mayor en cada sub-estación además de que se podría implementar nuevos esquemas de protección en línea del anillo 69kV de la EEASA. Además se expresó que todo depende de la arquitectura y diseño establecido que se implementen, pero el sistema de comunicación con fibra óptica se hace más fiable.



### Pregunta 9

¿La infraestructura del edificio Centro Norte dispone de condiciones para implementar fibra óptica?

ALTERNATIVAS	RESPUESTAS
Si	X
No	

Tabla 4.9: Pregunta 9

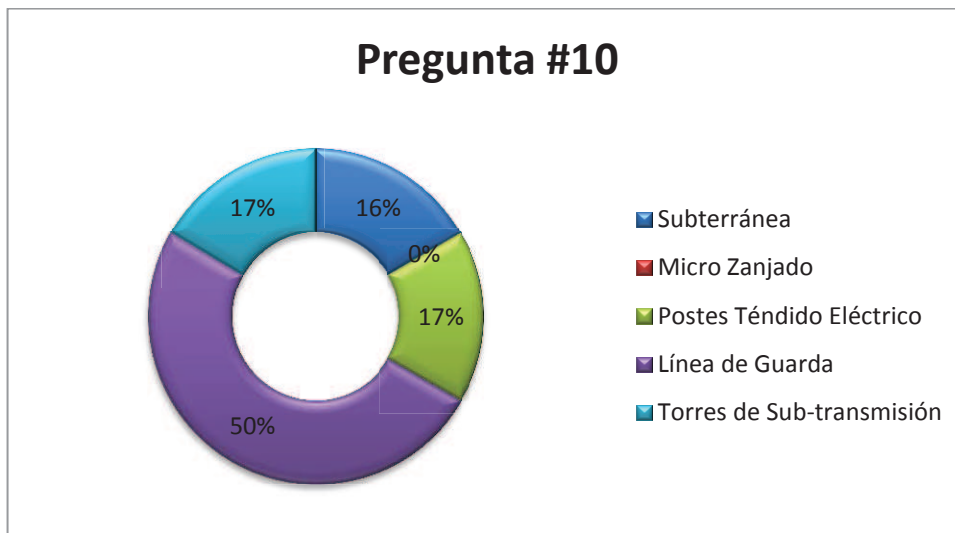
Por el contenido de la pregunta no se puede reflejar su respuesta en una figura estadística pero durante la entrevista se expuso que ciertamente la infraestructura del edificio Centro Norte dispone de condiciones para implementar fibra óptica, además ya existen tramos tanto mono-modo como multimodo. Hay un centro de cómputo con infraestructura de control interna y externa de incendios, red de comunicación, así como en el Puyo existen condiciones similares dispone espacio para la adecuación y llegada de fibra óptica en diferentes pisos. En el cuarto de equipos se manejan equipos Cisco en su mayoría y Tricom, convergen las dos y traban en conjuntos.

### Pregunta 10

¿Cuál creé que sería la mejor vía para el tendido de la fibra óptica en los tramos de la sub-transmisión 69kV?

ALTERNATIVAS	RESPUESTAS	PORCENTAJE (%)
Subterránea	1	16,66666667
Micro Zanjado	0	0
Postes Tendido Eléctrico	1	16.66666667
Línea de Guarda	3	50
Torres de Sub-transmisión	1	16.66666667
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>100</b>

Tabla 4.10: Pregunta 10



**Fig.4.10: Pregunta 10**

En medio de los resultados obtenidos y expuestos en la tabla 4.10, figura 4.10 se refleja que un 50% de los ingenieros y técnicos entrevistados, creen que la mejor vía para el tendido de la fibra óptica es por la línea de guarda, un 17% creó que sería mejor por postes del tendido eléctrico y torres de sub-transmisión y un 16% creó que sería por vía subterránea.

Durante la entrevista se expuso que el tendido por postes y torres sería óptimo para aprovechar la tecnología existente y de esa manera minimizar costos, pero la mejor ruta lo daría previo el estudio y conocimiento del diseño e infraestructura actual con sus ventajas y desventajas.

#### **4.2 Verificación de la Hipótesis**

Fundamentándose en los datos obtenidos de la entrevista realizada a los técnicos e ingenieros de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., responsables del funcionamiento y monitoreo de las sub-estaciones, se comprueba la hipótesis: “El diseño de Fibra Óptica en el anillo 69kV de la Empresa Eléctrica Ambato S.A. ayudará a implementar nuevos servicios de tiempo real acorde a la tecnología actual y futura optimizando el flujo de información a mediano y largo plazo”.

La afirmación anterior la sustentamos basándonos en los resultados que se observan en las entrevistas realizadas.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- ✓ La fibra óptica es propuesta como medio de transmisión debido a su enorme ancho de banda además de otras ventajas tales como: baja atenuación, inmunidad electromagnética característica que permite que la fibra y el cableado eléctrico puedan convivir juntos sin mayor dificultad.
- ✓ Las necesidades de una mejora continua a medida que crece la demanda eléctrica por ser un servicio trascendental hace que se necesiten nuevas aplicaciones y un control más exigente por lo cual el medio de transmisión de datos debe disponer de una red escalable, adaptable, confiable y de gran capacidad.
- ✓ Debido a la gran importancia que representan las sub estaciones del anillo 69kV para el control y distribución de energía a los hogares Ambateños, por lo que el presente proyecto permitirá optimizar el flujo de información a mediano o largo plazo.
- ✓ A pesar de que el sistema actual de comunicación entre el anillo 69kV para el control de subestaciones está funcionando sin mayor dificultad, pero el proyecto se hace viable tomando en consideración la expansión y que se podrían implementar aplicaciones de tiempo real como:
  - Telemedicina

- Telecontrol
- Video Vigilancia
- Telefonía IP
- Detectores de Humo
- Supervisión Telemétrica
- Comunicación entre sub-estaciones
- Entre otras

## 5.2 Recomendaciones

- ✓ En el diseño se recomienda tomar en cuenta las resoluciones tomadas acerca de los cortes de energía de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., los que influirán en la decisión del tendido de fibras ópticas durante su recorrido lo que está ligado directamente al tipo de estructura que tendrá el sistema.
- ✓ Se recomienda tomar en cuenta las características técnicas de los equipos, materiales e implementos necesarios a utilizar como son; router, switches, cable de fibra óptica, conectores, transeiver, etc. de los mismos que depende disponer o no de un enlace seguro, confiable y eficiente.
- ✓ Para el diseño y selección del tipo de cable de fibra óptica más apropiado a utilizarse es recomendable tener en cuenta la distancia del enlace y su ancho de banda.
- ✓ Para el diseño de la Red de Fibra Óptica ya sea subterránea o aérea se recomienda tomar en cuenta la exploración de la ruta por la cual se va a realizar el diseño y analizar las posibles ubicaciones de las cajas de distribución y control tomando en cuenta la expansión y servicios de valor agregado que puede brindar la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. a los clientes actuales y futuros.

## CAPITULO VI

### PROPUESTA

#### 6.1 Tema de la Propuesta

“Plan de Acción de un Canal de Comunicación por Fibra Óptica para la Optimización del Flujo de Información en el Sistema Eléctrico de Sub-transmisión de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.”

#### 6.2 Datos Informativos

- **Estudiante:** Carlos Aníbal Ortiz Ortiz
- **Tutor:** Ingeniero Julio Cuji
- **Decano:** Ingeniero M.Sc Oswaldo Paredes Ochoa
- **Tutor de la Empresa:** Ingeniero Rene Terán

#### 6.3 Antecedentes

La Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA) es una empresa proveedora de servicio eléctrico, su área de concesión se circunscribe a gran parte de la zona central del País en una superficie aproximada de 40.805 Km<sup>2</sup> y 700.000 habitantes, que comprende las Provincias de Tungurahua y Pastaza.

En la ciudad de Ambato la EEASA cuenta con su propia infraestructura de subtransmisión para la distribución eléctrica brindando así a sus clientes un servicio de alta calidad.

Realizado el recorrido de las subestaciones que forman el anillo 69kV de Tungurahua se pudo apreciar la situación actual de comunicación.



**Fig.6.1. Antena de transmisión microondas de la Subestación Atocha del anillo 69kV de la EEASA.**

Se constató que las comunicaciones de las subestaciones al centro de control se las realizan vía enlaces inalámbricos spread spectrum de 5.8 GHz con protocolo propietario del equipo para gestión y configuración (Ver figura 6.6) DNP 3.0 nivel 2 sobre TCP/IP para supervisión y telecontrol

El estudio del proyecto nace motivado por la necesidad de una mejora continua que permitirá a más de disminuir los tiempos de respuesta de los equipos de comunicación de las subestaciones, implementar nuevas aplicaciones de interés para la empresa que faciliten el servicio eléctrico y cuidado de las subestaciones.

#### **6.4 Justificación**

El funcionamiento y desempeño de los sistemas de comunicación con que cuenta la EEASA actualmente para el sistema SCADA no poseen una calidad de comunicación satisfactoria.

En base a varias alternativas de solución de dichas causas y efectos que involucran al anillo 69kV de la EEASA, una alternativa razonable y no siendo la única, es diseñar el tendido de red de fibra óptica por las ventajas que ofrece la misma, logrando de esta manera una optimización de flujo de información a mediano y largo plazo, con este proyecto también existe la posibilidad de realizar los respectivos estudios para lograr que la Empresa Eléctrica Ambato implemente nuevos esquemas de servicios a la comunidad con lo que se logra que tanto la empresa como sus clientes se beneficien.

## **6.5 Objetivos**

### **6.5.1 Objetivo General**

Diseñar un tendido de un canal de comunicación por fibra óptica para la optimización del flujo de información en el sistema eléctrico de sub-transmisión de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

### **6.5.2 Objetivos Específicos**

- Analizar el sistema de comunicación en el anillo 69kV de la E.E.A.S.A.
- Realizar un estudio de la fibra óptica y sus componentes.
- Diseñar el tendido de la red de fibra óptica en el anillo 69kV perteneciente a la Empresa Eléctrica Ambato en la provincia de Tungurahua.
- Plantear una propuesta que permita optimizar el flujo de información en el anillo 69kV usando fibra óptica.

## **6.6 Análisis de Factibilidad**

Este estudio y propuesta es posible gracias a que tiene la aceptación por parte de las autoridades de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA), puesto a medida que pasa el tiempo los usuarios se incrementan debido a la importancia que tiene la electricidad en nuestra vida cotidiana con lo cual se siente la necesidad de un control más exigente de subestaciones, por lo que se hace factible un estudio que permitirá tener continuidad en las comunicaciones migrando a fibra óptica por las bondades que la misma ofrece.

## 6.7 Metodología

La EEASA en la actualidad distribuye y satisface (Ver figura 6.3), el servicio de electricidad a los hogares Ambateños y sus alrededores a través de 8 subestaciones y derivaciones (acción de obtener una ramificación secundaria a partir de una primaria o principal), ubicadas estratégicamente y enlazadas entre si formando un “ANILLO”, a un nivel de voltaje 69kV.

### a) Satisfacción a los Clientes de la Ciudad de Ambato (ISC)

El índice de satisfacción del cliente (ISC), en la ciudad de Ambato llega al 86.7%. Los datos se obtuvieron de una muestra seleccionada aleatoriamente. Tamaño de la muestra, 678 casos distribuidos de la siguiente forma:

- Residenciales = 334
- Comerciales con demanda = 322
- Comerciales sin demanda = 10
- Industriales con demanda = 12

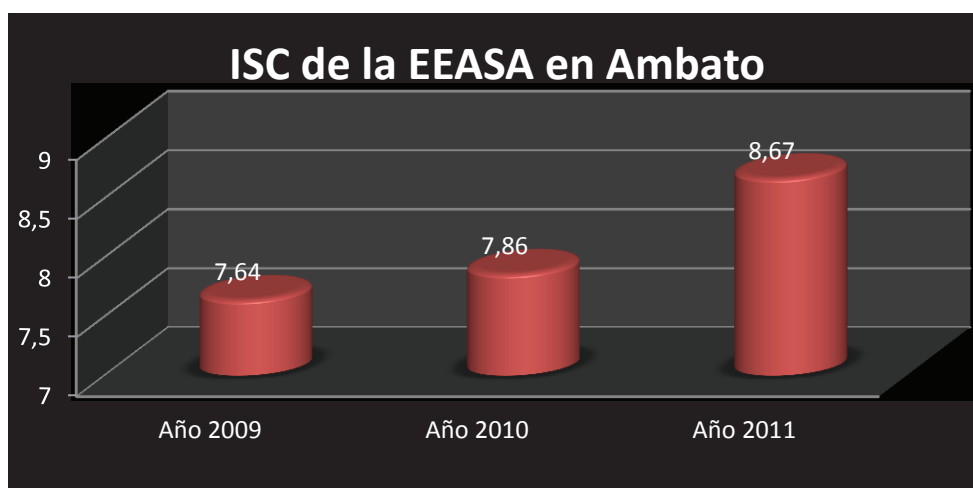


Fig. 6.2 ISC de la EEASA en Ambato

Índice de Satisfacción del Cliente		
2009	2010	2011
76.4%	78.6%	86,7%



### 6.7.1 Definición de las Subestaciones que Intervienen en el Enlace

Las Sub-estaciones que forman el anillo 69kV y sus derivaciones son:

- Subestación Ambato
- Subestación Samanga
- Subestación Píllaro, derivación radial del anillo
- Subestación Atocha
- Subestación Huachi
- Subestación Montalvo
- Subestación Totoras
- Subestación Oriente
- Subestación Loreto
- Loreto-Península, derivación radial del anillo

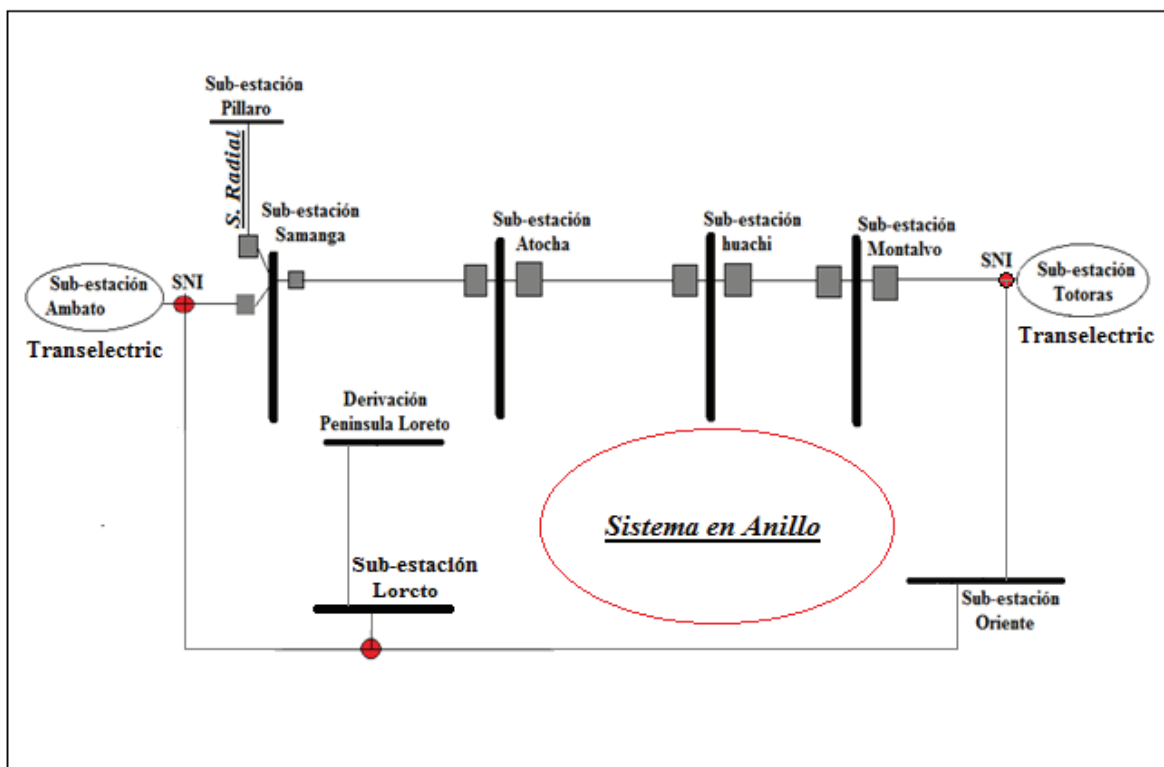


Fig.6.3 Diagrama de bloques de las interconexiones de las Sub-estaciones en anillo 69kV de la EEASA

Estas centrales de distribución eléctrica manejan un nivel de voltaje de 69 kilovoltios (kV) que se le denomina de alto voltaje y a través de transformadores (dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de

corriente alterna, manteniendo la frecuencia), disminuye a 13.8kV para la distribución que se le denomina de media tensión y por último un transformador reduce a un nivel de 110Voltios el cual se recibe los hogares y se le denomina de baja tensión.

Las sub-estaciones a 69kV que rodean a Ambato y sus alrededores de una salida a una entrada forman un sistema radial (ramificación con una salida y una única llegada a partir de una línea primaria) y su unión un sistema en anillo (intercomunicación entre sí de 2 o más subestaciones) como indica la fig.6.3

Cabe resaltar que las subestaciones de frontera Ambato y Totoras son privadas pertenecientes a la Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC-EP TRANSELECTRIC pero no así la infraestructura (postes y torres), motivo por el cual para el presente estudio se las tomara como puntos de referencia de trazado de fibra óptica pero no intervendrán como puntos centrales de llegada, se deberá tensar el cable entre las dos infraestructuras más cercanos que se encuentren fuera del cerramiento.

#### a) Corrientes de Cortocircuito de las Barras Proveedoras

Las sub-estaciones Totoras y Ambato se definen como barras proveedoras, a continuación se ilustra las corrientes de cortocircuito monofásico.

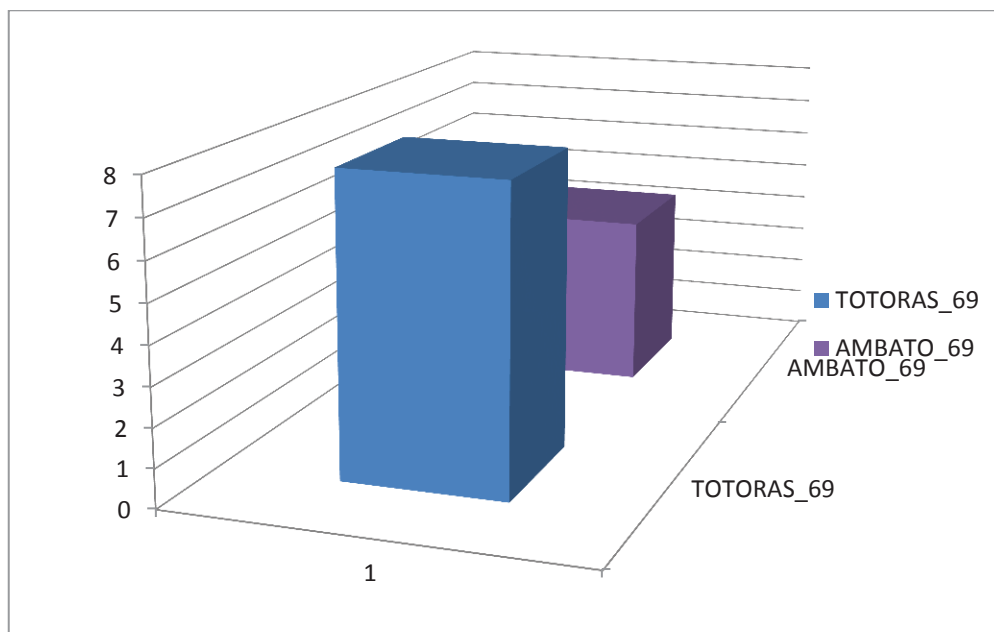


Fig.6.4 Datos de Corriente en (kA)

Los datos proporcionados por el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) a 69 kV muestran que en la barra de la subestación Totoras perteneciente a CELEC-EP TRANSELECTRIC se presenta el mayor nivel de cortocircuito en relación a los otros puntos frontera de la EEASA con el Sistema Nacional Interconectado (SIN).

### 6.7.2 Especificaciones Generales de las sub-estaciones

Los conductores se encuentran tendidos en postes y torres de similar forma:

- El conductor que se encuentra en el punto más alto se lo conoce como cable guardia y sirve de protección.
- Los otros tres cada uno independientemente y separados con una distancia prudente (Ver fig.6.5 y **Anexo 1**), es transmisor de energía eléctrica de alta tensión.



Fig.6.5 Distribución de los cables en postes y torres de energía eléctrica de alta tensión.

A continuación se especifican algunas características técnicas de las subestaciones de la EEASA, que intervienen en el estudio del enlace por fibra óptica.

**a) S/E Ambato SNI (Referencial) – Oriente**

Estructura							Conductor		Hilo de Guardia
TIPO		ALTU	ESF. HORIZ.	CODIGO POSTE TORRE	ESTRUCTURA		CALIBRE	AMORT.	CALIB
CANT.	ESPEC.	(m)	(kg)				(MCM)		
1	Torre	20.0	3500	T-20.0,3500	Retención	Tangencial	266,8		2x3/8 GALV.
1	Torre	22.0	4500	T-22.0,4500	Retención	Angular	266,8		3/8 GALV,
1	Torre	20.0	3500	T-20.0,3500	Retención	Tangencial	266,8	6	3/8 GALV,
1	Torre	20.0	3500	T-20.0,3500	Suspensión	Tangencial	266,8	6	3/8 GALV,
1	Torre	20.0	3500	T-20.0,3500	Retención	Angualr	266,8		3/8 GALV,
1	Torre	20.0	3500	T-20.0,3500	Suspensión	Tangencial	266,8	6	3/8 GALV,
1	Torre	22.0	4500	T-22.0,4500	Retención	Tangencial	266,8	9	3/8 GALV,
1	Torre	22.0	4500	T-22.0,4500	Retención	Angualr	266,8	6	3/8 GALV,

**b) S/E Ambato SNI (Referencial) - Samanga**

Estructura							Conductor		Hilo de Guardia
TIPO		ALTURA	ESF. HORIZ.	CODIGO POSTE TORRE	ESTRUCTURA		CALIB.	AMORT.	CALIB
CANT.	ESPEC.	(m)	(kg)				(MCM)		
2	Poste	18,5	1600	PH-18.5,1600	Retención	Angular	559,5		2x5/16 GALV.
2	Poste	18,5	1600	PH-18.5,1600	Retención	Angular	559,5	6	2x5/16 GALV.
2	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Retención	Angular	559,5	6	2x5/16 GALV.
2	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Retención	Angular	559,5	6	2x5/16 GALV.
2	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	559,5	6	2x5/16 GALV.
2	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Retención	Angular	559,5	6	2x5/16 GALV.
2	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Retención	Angular	559,5		2x5/16 GALV.
2	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	559,5	6	2x5/16 GALV.
2	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Retención	Angular	559,5	6	2x5/16 GALV.
2	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	559,5	6	2x5/16 GALV.
2	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	559,5	6	2x5/16 GALV.
2	Poste	16,5	1000	PH-16.5,1000	Suspensión	Tangencial	559,5	6	2x5/16 GALV.
2	Poste	16,5	1000	PH-16.5,1000	Suspensión	Tangencial	559,5	6	2x5/16 GALV.
2	Poste	16,5	1000	PH-16.5,1000	Retención	Angular	559,5	6	2x5/16 GALV.
2	Poste	16,5	1000	PH-16.5,1000	Retención	Tangencial	559,5	6	2x5/16 GALV.
2	Poste	16,5	1000	PH-16.5,1000	Suspensión	Tangencial	559,5	6	2x5/16 GALV.
2	Poste	16,5	1000	PH-16.5,1000	Retención	Angular	559,5	6	2x5/16 GALV.
2	Poste	16,5	1000	PH-16.5,1000	Suspensión	Tangencial	559,5	6	2x5/16 GALV.
1	Poste	16,5	1000	PH-16.5,1000	Suspensión	Tangencial	559,5		2x5/16 GALV.
2	Poste	16,5	1000	PH-16.5,1000	Retención	Tangencial	559,5	6	2x5/16 GALV.
2	Poste	16,5	1000	PH-16.5,1000	Suspensión	Tangencial	559,5	6	2x5/16 GALV.
2	Poste	12,5	500	PH-12.5,500	Suspensión	Tangencial	559,5		2x5/16 GALV.
2	Poste	16,5	1000	PH-16.5,1000	Retención	Angular	559,5	6	2x5/16 GALV.



Estructura							Conductor		Hilo de Guardia
TIPO		ALTURA	ESF. HORI.	CODIGO POSTE TORRE	ESTRUCTURA		CALIB.	AMORT.	CALIB
CANT.	ESPEC.	(m)	(kg)				(MCM)		
1	Poste	18.0	2400	PH-18.0,2400	Retención	Angular	266,8		3/8 GALV.
1	Poste	16.5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	266,8		3/8 GALV.
2	Poste	16.5	2400	PH-16.5,2400	Retención	Tangencial	266,8		3/8 GALV.
2	Poste	16.5	650	PH-16.5,650	Retención	Terminal	266,8		3/8 GALV.
1	Poste	16.5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	266,8		3/8 GALV.
1	Poste	16.5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	266,8		3/8 GALV.
4	Poste	16.5	650	PH-16.5,650	Retención	Derivación	266,8		3/8 GALV.
2	Poste	11.0	500	PH-11.0,500	Suspensión	Tangencial	266,8		3/8 GALV.

#### d) S/E Montalvo – Huachi

Estructura							Conductor		Hilo de Guardia
TIPO		ALTURA	ESF. HORI.	CODIGO POSTE TORRE	ESTRUCTURA		CALIB.	AMORT.	CALIB
CANT.	ESPEC.	(m)	(kg)				(MCM)		
1	Torre	26.9	3500	T-26.9,3500	Retención	Angular	477	3	2x5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Torre	26.9	3500	T-26.9,3500	Retención	Angular	477	3	5/16 GALV.
1	Torre	22.0	2800	T-22.0,2800	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Torre	22.0	2000	T-22.0,2000	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Torre	22.0	2800	T-22.0,2800	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Torre	26.9	3500	T-26.9,3500	Retención	Tangencial	477	6	5/16 GALV.
1	Torre	22.0	2000	T-22.0,2000	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Torre	26.9	3500	T-26.9,3500	Retención	Angular	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Torre	22.0	2800	T-22.0,2800	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Torre	22.0	2800	T-22.0,2800	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.

Estructura							Conductor		Hilo de Guardia
TIPO		ALTURA	ESF. HORI.	CODIGO POSTE TORRE	ESTRUCTURA		CALIB.	AMORT.	CALIB
CANT.	ESPEC.	(m)	(kg)				(MCM)		
1	Torre	26.9	3500	T-26.9,3500	Retención	Angular	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
6	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Retención	Angular	477	3	2x5/16 GALV.
2	Poste	11,5	400	PH-11,5-400	Retención	Tangencial	477		2x5/16 GALV.

**e) S/E Oriente – Totoras SNI (Referencial)**

Estructura							Conductor		Hilo de Guardia
TIPO		ALTU	ESF. HORIZ.	CODIGO POSTE TORRE	ESTRUCTURA		CALIBRE	AMORT.	CALIB
CANT.	ESPEC.	(m)	(kg)				(MCM)		
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Retención		300		3/8 GALV.
2	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Retención		300		3/8 GALV.
1	Poste	18,0	2400	PH-18.0,2400	Suspensión		300		3/8 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión		300	3	3/8 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión		300	3	3/8 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión		300	3	3/8 GALV.
1	Poste	18,0	4800	PH-18.0,4800	Retención		300		3/8 GALV.
1	Poste	18,0	2400	PH-18.0,2400	Suspensión		300		3/8 GALV.
1	Poste	18,0	4800	PH-18.0,4800	Suspensión		300		3/8 GALV.
1	Poste	18,0	2400	PH-18.0,2400	Suspensión		300	3	3/8 GALV.
2	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión		300		3/8 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión		300		3/8 GALV.
1	Poste	18,0	4800	PH-18.0,4800	Retención		300		3/8 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión		300		3/8 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión		300		3/8 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión		300		3/8 GALV.
1	Poste	18,0	2400	PH-18.0,2400	Suspensión		300		3/8 GALV.
1	Poste	18,0	2400	PH-18.0,2400	Suspensión		300	3	3/8 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión		300	3	3/8 GALV.
1	Poste	18,0	4800	PH-18.0,4800	Retención		300		3/8 GALV.

Estructura						Conductor		Hilo de Guardia	
TIPO		ALTU	ESF. HORIZ.	CODIGO POSTE TORRE	ESTRUCTURA		CALIBRE	AMORT.	CALIB
CANT.	ESPEC.	(m)	(kg)				(MCM)		
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión		300		3/8 GALV.
1	Poste	18,0	4800	PH-18.0,4800	Suspensión		300		3/8 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión		300		3/8 GALV.
2	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión		300		3/8 GALV.
1	Poste	18,0	4800	PH-18.0,4800	Retención		300		3/8 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión		300		3/8 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión		300		3/8 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión		300		3/8 GALV.
2	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión		300		3/8 GALV.
1	Poste	18,0	4800	PH-18.0,4800	Suspensión		300		3/8 GALV.
1	Poste	18,0	4800	PH-18.0,4800	Retención		300		3/8 GALV.
1	Poste	18,0	4800	PH-18.0,4800	Retención		300		3/8 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión		300		3/8 GALV.
2	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión		300	3	3/8 GALV.
1	Poste	18,0	4800	PH-18.0,4800	Retención		300		3/8 GALV.
1	Poste	18,0	4800	PH-18.0,4800	Retención		300		3/8 GALV.
1	Poste	18,0	4800	PH-18.0,4800	Suspensión		300		3/8 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión		300		3/8 GALV.
1	Poste	18,0	4800	PH-18.0,4800	Retención		300		3/8 GALV.
1	Poste	18,0	2400	PH-18.0,2400	Suspensión		300		3/8 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión		300		3/8 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión		300		3/8 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión		300		3/8 GALV.
1	Poste	18,0	4800	PH-18.0,4800	Suspensión		300		3/8 GALV.
2	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Retención	Tangencial	266,8	6	2x3/8 GALV.
2	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Retención	Tangencial	266,8	6	2x3/8 GALV.
2	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	266,8	6	3/8 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	266,8	3	3/8 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	266,8	3	3/8 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	266,8	3	3/8 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	266,8	6	3/8 GALV.
1	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Terminal	Angular	266,8	3	3/8 GALV.



Estructura							Conductor		Hilo de Guardia
TIPO		ALTU	ESF. HORIZ.	CODIGO POSTE TORRE	ESTRUCTURA		CALIBRE	AMORT.	CALIB
CANT.	ESPEC.	(m)	(kg)				(MCM)		
1	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	266,8	3	3/8 GALV.
1	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	266,8	3	3/8 GALV.
1	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	266,8	3	3/8 GALV.
1	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	266,8	3	3/8 GALV.
1	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	266,8	3	3/8 GALV.
1	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Retención	Angular	266,8	3	3/8 GALV.
2	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Retención	Angular	266,8	3	3/8 GALV.
2	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Retención	Angular	266,8	3	3/8 GALV.
2	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Retención	Angular	266,8	3	3/8 GALV.

**f) S/E Totoras SNI (Referencial) – Montalvo**

Estructura							Conductor		Hilo de Guardia
TIPO		ALTURA	ESF. HORIZ.	CODIGO POSTE TORRE	ESTRUCTURA		CALIB.	AMORT.	CALIB
CANT.	ESPEC.	(m)	(kg)				(MCM)		
2	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Retención	Angular	477		2x5/16 GALV.
2	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Retención	Angular	477	3	2x5/16 GALV.
1	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	477	3	5/16 GALV.
2	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	477	3	2x5/16 GALV.
2	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	477	3	2x5/16 GALV.
1	Poste	16,5	1600	PH-16.5,1600	Suspensión	Tangencial	477		5/16 GALV.
1	Torre	22.0	3500	T-22.0,3500	Retención	Tangencial	477	6	5/16 GALV.

Estructura							Conductor		Hilo de Guardia
TIPO		ALTURA	ESF. HORI.	CODIGO POSTE TORRE	ESTRUCTURA		CALIB.	AMORT.	CALIB
CANT.	ESPEC.	(m)	(kg)			(MCM)			
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477		5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477		5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477		5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477		5/16 GALV.
1	Poste	20,0	650	PH-20.0,650	Suspensión	Tangencial	477		5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477		5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477		5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477		5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477		5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477		5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477		5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477		5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477		5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477		5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477		5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477		5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477		5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477		5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477		5/16 GALV.
1	Torre	22.0	3500	T-22.0,3500	Retención	Tangencial	477	6	5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477		5/16 GALV.
1	Poste	16,5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477		5/16 GALV.
1	Torre	26.9	3500	T-26.9,3500	Retención	Angular	477		5/16 GALV.

**g) S/E Huachi-Atocha**

Estructura							Conductor		Hilo de Guardia
TIPO		ALTURA	ESF. HORI.	CODIGO POSTE TORRE	ESTRUCTURA		CALIB.	AMORT.	CALIB
CANT.	ESPEC.	(m)	TORRE	TORRE			(MCM)		
2	Poste	11.5	500	PH-11.5,500	Suspensión	Tangencial	477		5/8 GALV.
2	Poste	16.5	650	PH-16.5,650	Retención	Angular	477		5/8 GALV.
1	Poste	16.5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	3	5/8 GALV.
1	Poste	16.5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	3	5/8 GALV.
1	Poste	16.5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Angular	477		5/8 GALV.
1	Torre	26.9	3500	T-26.9,3500	Retención	Angular	477	3	5/8 GALV.
1	Poste	16.5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Angular	477	3	5/8 GALV.
1	Poste	16.5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	6	5/8 GALV.
1	Torre	26.9	3500	T-26.9,3500	Retención	Angular	477	3	5/8 GALV.
1	Torre	28.1	2000	T-28.1,2000	Suspensión	Tangencial	477	6	5/8 GALV.

Estructura							Conductor		Hilo de Guardia
TIPO		ALTURA	ESF. HORI.	CODIGO POSTE	ESTRUCTURA		CALIB.	AMORT.	CALIB
CANT.	ESPEC.	(m)	TORRE	TORRE			(MCM)		
1	Torre	26.9	3500	T-26.9,3500	Retención	Angular	477	9	5/8 GALV.
1	Torre	31.7	2800	T-31.7,2800	Retención	Tangencial	477	15	5/8 GALV.
1	Torre	26.9	3500	T-26.9,3500	Retención	Angular	477	18	5/8 GALV.
1	Torre	26.9	3500	T-26.9,3500	Retención	Angular	477	15	5/8 GALV.
1	Torre	26.9	3500	T-26.9,3500	Retención	Tangencial	477	6	5/8 GALV.
1	Torre	26.9	3500	T-26.9,3500	Retención	Tangencial	477	3	5/8 GALV.
1	Torre	26.9	3500	T-26.9,3500	Retención	Angular	477	6	5/8 GALV.
1	Torre	26.9	3500	T-26.9,3500	Retención	Tangencial	477	6	5/8 GALV.
1	Poste	16.5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Tangencial	477	6	5/8 GALV.
1	Torre	28.1	2000	T-28.1,2000	Suspensión	Tangencial	477	6	5/8 GALV.
1	Torre	31.7	2800	T-31.7,2800	Suspensión	Tangencial	477	9	5/8 GALV.
1	Torre	26.9	3500	T-26.9,3500	Retención	Angular	477	6	5/8 GALV.
1	Poste	16.5	650	PH-16.5,650	Suspensión	Angular	477	3	5/8 GALV.
1	Torre	26.9	3500	T-26.9,3500	Retención	Angular	477	9	5/8 GALV.
1	Torre	26.9	3500	T-26.9,3500	Retención	Angular	477	9	5/8 GALV.
1	Torre	31.7	2800	T-31.7,2800	Suspensión	Tangencial	477	9	5/8 GALV.
1	Torre	26.9	3500	T-26.9,3500	Retención	Angular	477	12	5/8 GALV.
1	Torre	26.9	3500	T-26.9,3500	Retención	Angular	477	9	5/8 GALV.
1	Torre	26.9	3500	T-26.9,3500	Retención	Angular	477	3	5/8 GALV.

## h) S/E Atocha – Samanga

Estructura							Conductor		Hilo de Guardia
TIPO		ALTURA	ESF. HORI.	CODI POSTE	ESTRUCTURA		CALIB.	AMORT.	CALIB
CANT.	ESPEC.	(m)	(kg)	TORRE			(MCM)		
2	Poste	16,5	800	PH-16.5,800	Retención	Tangencial	477	3	5/8 GALV.
2	Poste	16,5	800	PH-16.5,800	Suspensión	Tangencial	477	3	2x5/8 GALV.
2	Poste	16,5	800	PH-16.5,800	Retención	Tangencial	477	6	2x5/8 GALV.
1	Poste	16,5	800	PH-16.5,800	Suspensión	Tangencial	477		2x5/8 GALV.
2	Poste	16,5	800	PH-16.5,800	Suspensión	Tangencial	477	3	2x5/8 GALV.
2	Poste	16,5	800	PH-16.5,800	Retención	Tangencial	477	6	2x5/8 GALV.
2	Poste	16,5	800	PH-16.5,800	Suspensión	Tangencial	477	6	2x5/8 GALV.
1	Poste	16,5	800	PH-16.5,800	Suspensión	Tangencial	477	3	2x5/8 GALV.
2	Poste	16,5	800	PH-16.5,800	Retención	Angular	477	3	2x5/8 GALV.
2	Poste	16,5	800	PH-16.5,800	Suspensión	Tangencial	477	3	2x5/8 GALV.
2	Poste	16,5	800	PH-16.5,800	Retención	Tangencial	477	9	2x5/8 GALV.
2	Poste	16,5	800	PH-16.5,800	Retención	Tangencial	477	3	2x5/8 GALV.
1	Poste	16,5	800	PH-16.5,800	Suspensión	Tangencial	477	3	2x5/8 GALV.
1	Poste	16,5	800	PH-16.5,800	Suspensión	Tangencial	477	6	2x5/8 GALV.
2	Poste	16,5	800	PH-16.5,800	Retención	Tangencial	477	6	2x5/8 GALV.
2	Poste	16,5	800	PH-16.5,800	Suspensión	Tangencial	477	3	2x5/8 GALV.

Estructura							Conductor		Hilo de Guardia
TIPO		ALTURA	ESF. HORI.	CODI POSTE	ESTRUCTURA		CALIB.	AMORT.	CALIB
CANT.	ESPEC.	(m)	(kg)	TORRE			(MCM)		
2	Poste	16,5	800	PH-16.5,800	Retención	Angular	477	9	2x5/8 GALV.
2	Poste	16,5	800	PH-16.5,800	Retención	Angular	477	9	2x5/8 GALV.
2	Poste	16,5	800	PH-16.5,800	Suspensión	Tangencial	477	6	2x5/8 GALV.
2	Poste	16,5	800	PH-16.5,800	Suspensión	Tangencial	477	6	2x5/8 GALV.
2	Poste	16,5	800	PH-16.5,800	Suspensión	Tangencial	477	6	2x5/8 GALV.
2	Poste	16,5	800	PH-16.5,800	Retención	Angular	477	3	2x5/8 GALV.

### i) Derivación Península-Loreto

Estructura							Conductor		Hilo de Guardia
TIPO		ALTURA	ESF. HORI.	CODI POSTE	ESTRUCTURA		CALIB.	AMORT.	CALIB
CANT.	ESPEC.	(m)	(kg)	TORRE			(MCM)		
2	Poste	16.5	650	PH-16.5,650	Terminal	Derivación	300		5/16 GALV.
1	Poste	20.0	2400	PH-20.0,2400	Suspensión	Tangencial	300	3	5/16 GALV.
1	Poste	20.0	2400	PH-20.0,2400	Retención	Tangencial	300	3	5/16 GALV.
1	Poste	20.0	2400	PH-20.0,2400	Suspensión	Tangencial	300		5/16 GALV.
1	Torre	20.0	3500	T-20.0,3500	Retención	Angular	300	3	5/16 GALV.
1	Torre	20.0	3500	T-20.0,3500	Retención	Angular	300	3	5/16 GALV.
1	Torre	18.0	3500	T-18.0,3500	Suspensión	Tangencial	300	3	5/16 GALV.
1	Torre	22.0	3500	T-22.0,3500	Suspensión	Tangencial	300	12	5/16 GALV.
1	Torre	22.0	3500	T-22.0,3500	Suspensión	Tangencial	300	9	5/16 GALV.
2	Poste	18.0	2400	PH-18.0,2400	Terminal	Derivación	300	3	5/16 GALV.

### **6.7.3 Análisis de la comunicación actual de la Empresa Eléctrica Ambato S.A.**

La EEASA dispone de un Centro de Control de Carga (CECON), que es el encargado del monitoreo, control de las subestaciones, del buen funcionamiento y la prevención con datos estadísticos (Ver tabla 6.1), ayudados con el sistema SCADA (Supervisory Control and Data acquisition), ya sea para arreglo, mantenimiento o a su vez para ampliación o renovación de equipos o transformadores de las subestaciones (**Ver anexo 2**).

En la actualidad la EEASA solo dispone de monitoreo de las subestaciones con el sistema SCADA sin ninguna aplicación adicional de tiempo real u otra, enlazados vía spread spectrum 5.8 GHz (Ver figura 6.6).

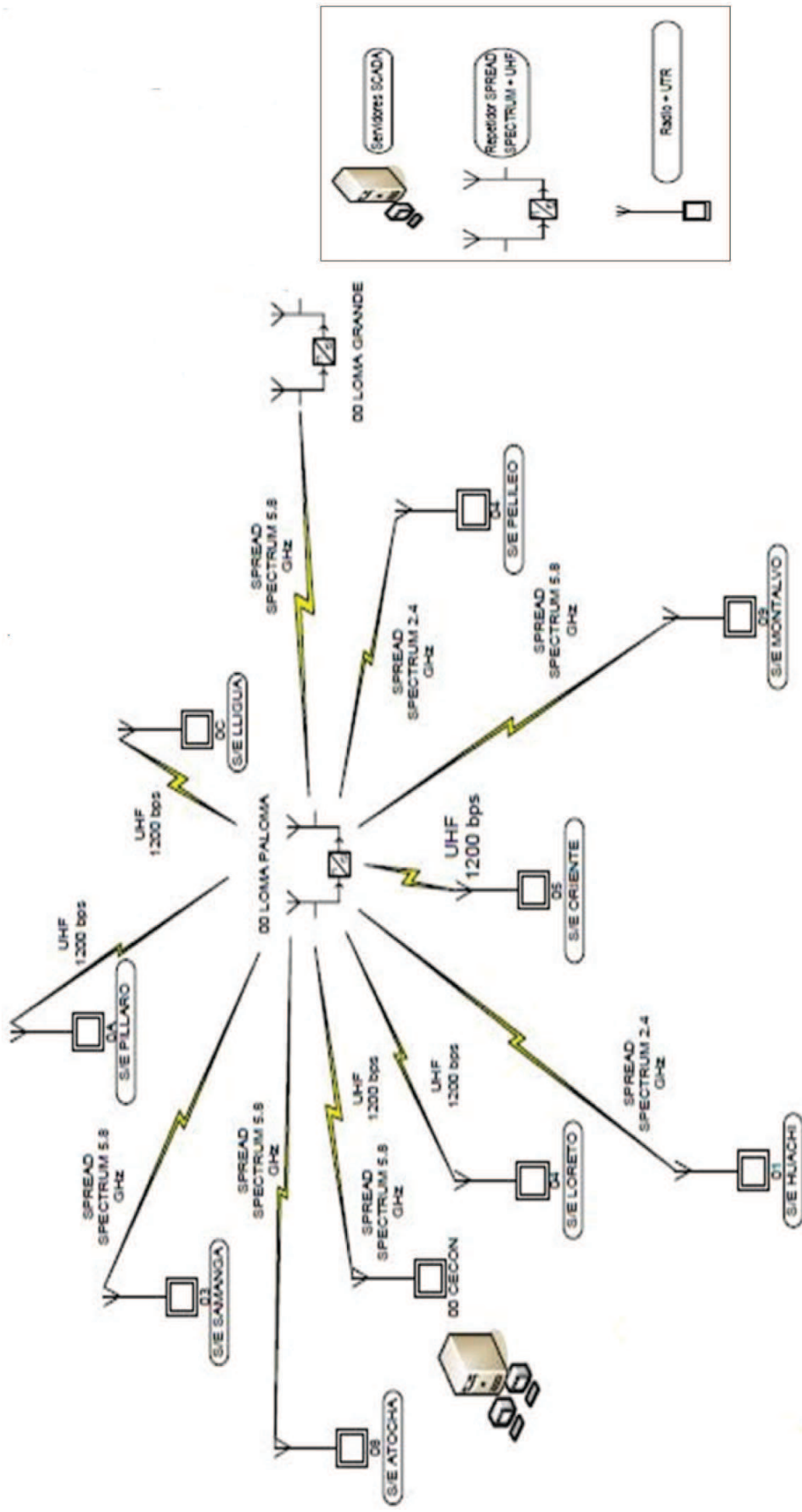


Fig. 6.6 Red Inalambrica Spread Spectrum + UHF + Sistema SCDA

Estación	Mes												Anual por estación
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Línea Gestel	100,0000	99,9994	99,9999	99,9915	99,9988	99,9997	69,0855	99,4933	99,9994	99,8708	99,9993	99,9997	97,3698
Línea IEC101 ABB	0,0000	0,0000	0,0000	97,2689	99,6310	99,8363	99,7897	99,8435	97,6267	99,9977	99,2414	99,0576	99,1436
Línea IEC101 ELIOP	99,7196	99,9955	99,8704	98,5365	99,3592	99,7385	99,6246	99,9155	97,6309	99,9988	99,1380	98,8182	99,3621
Línea IEC101 ABB2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	93,3226	99,0352	96,1789
S/E Atocha	99,9668	99,9948	99,9984	99,9809	99,9889	99,9985	69,0851	99,2887	99,9378	99,7873	99,9904	99,9954	97,3344
S/E Baños	99,9098	99,9954	99,9986	99,9209	99,7441	99,9760	69,0837	75,4994	92,7920	94,1870	55,5690	99,0351	90,4759
S/E Huachi	99,7195	99,9955	99,8674	98,5336	95,6815	99,7383	99,6244	99,8667	97,7212	99,9968	99,0246	97,3963	98,9305
S/E Ligua Península	100,0000	99,9962	99,9989	99,9799	99,9910	99,9989	69,0855	98,9749	99,8350	99,8178	99,9966	99,8654	97,2950
S/E Loreto	100,0000	99,9920	99,9990	99,9815	99,9937	99,9990	69,0833	99,4437	99,9853	99,8535	99,9973	99,9987	97,3606
S/E Montalvo	99,9314	99,9973	99,9992	99,9844	99,9946	99,9992	69,0846	99,1168	99,9643	99,8304	99,9980	99,9991	97,3249
S/E Oriente	99,9514	99,9979	99,9994	99,9865	99,9956	99,9994	69,0842	99,2086	99,9418	98,4173	99,9987	99,9976	97,2149
S/E Peñileo	100,0000	99,9983	99,6072	96,7346	99,0734	99,7262	82,6422	99,7050	97,6221	99,9977	99,2012	95,9855	97,5245
S/E Píllaro	100,0000	99,9989	99,9997	99,9808	99,9980	99,9997	69,0828	98,8523	99,9872	99,8559	99,9993	99,9972	97,3127
S/E Samanga	99,9727	99,9994	99,9999	99,3474	98,6634	99,6025	99,7807	99,4471	97,6068	99,9961	99,2114	99,0572	99,3904
S/E Tena	0,0000	0,0000	91,3010	91,6898	70,9120	0,0000	0,0000	27,8209	72,2562	97,0822	93,2204	73,9427	61,8225
<b>Global Sistema SCADA</b>	<b>99,9309</b>	<b>99,9967</b>	<b>99,2799</b>	<b>98,7084</b>	<b>97,3589</b>	<b>92,7580</b>	<b>73,8669</b>	<b>92,6055</b>	<b>96,6362</b>	<b>99,1921</b>	<b>95,8606</b>	<b>97,4787</b>	<b>95,3061</b>
<b>Horas disponibles</b>	743,48	671,99	738,64	710,7	724,35	667,85	549,56	698,94	695,77	737,97	690,19	725,24	<b>8354,68</b>
<b>Horas disponibles Anual</b>													<b>8760</b>
<b>Horas Perdidas</b>	0,52	0,01	5,36	9,3	19,65	52,15	194,44	45,06	24,23	6,03	29,81	18,76	<b>405,32</b>

Tabla 6.1 Resumen de disponibilidades de comunicaciones por estación automatizada - Sistema SCADA 2010

### 6.7.3.1 Funcionamiento del Sistema de Comunicación (SCADA=Supervisory Control and Data Acquisition)

El CECON utiliza el sistema SCADA para vigilar las subestaciones de voltajes 69kV y 13.8kV alta y media tensión respectivamente monitorea corrientes, potencia, voltajes y frecuencias, dentro de cada sub-estación.

El sistema SCADA forma parte importante de las aplicaciones de la empresa en la actualidad, ya que permiten adquirir información de una gran cantidad de variables físicas o lógicas producidas remotamente, y las presenta a un operador ya sea local o remoto en un entorno amigable (Ver figura 6.7 y Anexo 2).

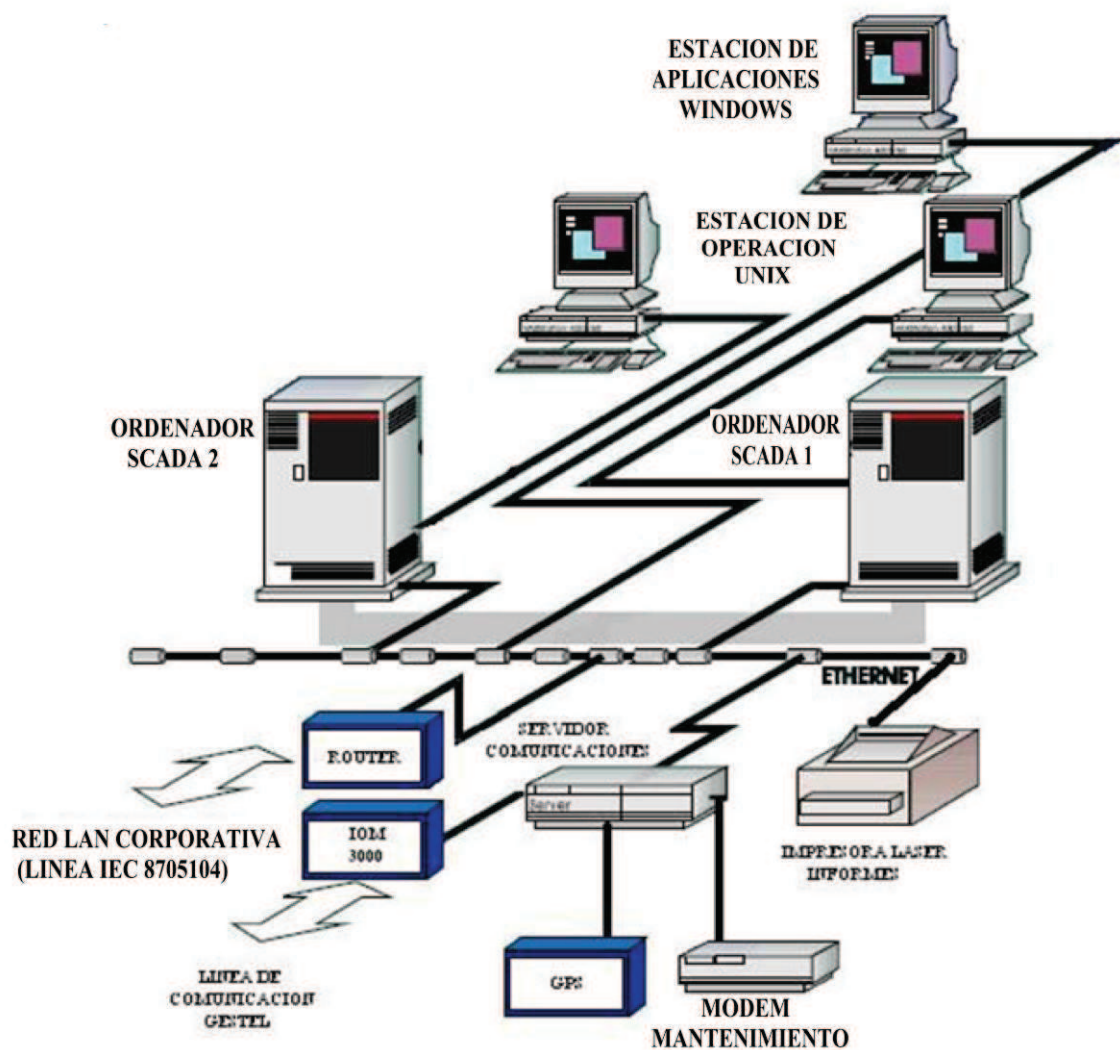


Fig. 6.7 Diagrama de bloques del sistema SCADA de la EEASA



El sistema SCADA constituye el software y el hardware necesarios para poder realizar todo el proceso de recopilación, proceso y transmisión de los datos generados remotamente a través de un sistema de comunicación con altos índices de confiabilidad y disponibilidad.

Dentro de los procesos de generación, transmisión y comercialización de energía eléctrica, es imperativo la inclusión de un sistema SCADA, mediante el cual se tenga acceso a las distintas variables eléctricas y lógicas producidas remotamente en cada una de las subestaciones y centrales de generación, ya que a través de dichas variables se pueden optimizar los procesos de producción, operación y mantenimiento de dichas instalaciones.

**a) Características Generales del Sistema SCADA**

- Tiene una arquitectura abierta, lo cual conlleva a características de flexibilidad y adaptación satisfactorias para requerimientos futuros de la empresa.
- Cuenta con un interfaz gráfico amigable (**Ver anexo 2**), desde el cual se pueda observar en tiempo real los procesos que se encuentra realizando la planta remota.
- Utiliza protocolos abiertos de comunicación que permitan trabajar sobre cualquier clase de equipos, tanto a nivel local como remoto.

<b>Protocolos de Comunicación Scada</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>•DNP 3.0 modo esclavo</li> <li>•DNP 3.0 modo maestro</li> <li>•DNP 3.0/TCP modo maestro</li> <li>•DNP 3.0/TCP modo esclavo</li> <li>•Servidor MMS-UCA</li> <li>•ACS modo maestro</li> <li>•ACS modo esclavo</li> <li>•<u>IEC 101</u></li> <li>•<u>IEC 60870-5-104</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•IEC 870</li> <li>•IEC 850</li> <li>•HARRIS 5000</li> <li>•HARRIS 6000</li> <li>•SCADA CONSULTANS</li> <li>•CONITEL 2020</li> <li>•INDACTIC 33</li> </ul>

**Tabla6.2 Protocolos de Comunicación Scada**

## b) Protocolo de Comunicación del Sistema SCADA de la EEASA

En la actualidad, el protocolo de comunicación DNP 3.0 es uno de los más difundidos para trabajar sobre prestaciones del Sistema SCADA y es el que usa CECON dentro de las subestaciones y el IEC 60870-5-104 para el monitoreo en el centro de control.

TCP/IP. La gestión de protecciones se la realiza a través de IEC61850 pero actualmente no se la hace a través del sistema SCADA.

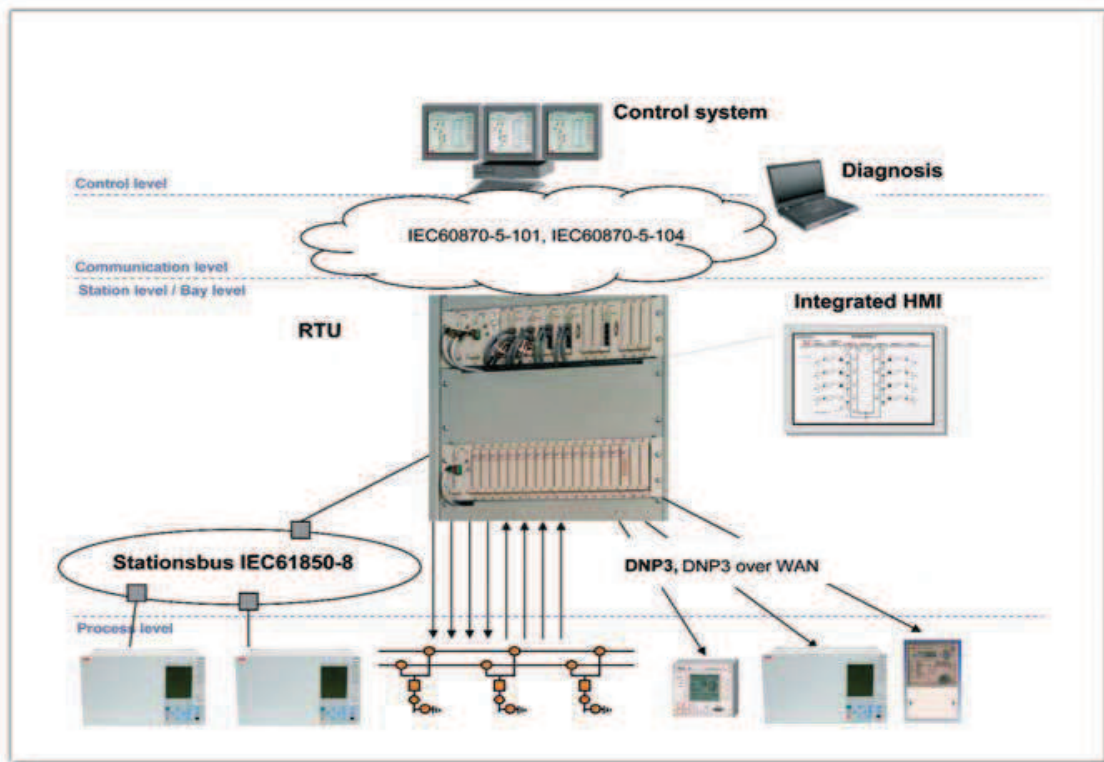


Fig. 6.8 Protocolos del sistema SCADA de la EEASA

- **DNP 3.0** fue propuesto por el IEC (*International Electrotechnical Commission*) “Comisión Internacional de Electrotecnia”.

Es un protocolo abierto, robusto, eficiente y de propiedad pública diseñado principalmente para lograr la comunicación interrelacionada entre los RTU, IED2. El protocolo DNP 3.0 es usado por el CENACE y las MTU.

La IEEE adoptó el protocolo DNP 3.0 como recomendación para la interconexión específica IED–RTU. Es un estándar concebido en base a la arquitectura de capas;

originalmente contenía tres capas, pero se ha agregado una cuarta capa que permite la fragmentación del mensaje.

- **IEC 60870-5-104 (IEC 104)**

Con las RTUs se utilizan el protocolo IEC 870-5-101/104 sobre TCP/IP (microonda y F.O.). Es una extensión del protocolo IEC 101 con cambios en los servicios de la capa de transporte, de la capa de red, de la capa de enlace y de la capa física para satisfacer la totalidad de accesos a la red. El estándar utiliza la interfaz de red TCP / IP para disponer de conectividad a la red LAN (Red de Área Local) con diferentes routers instalación (RDSI, X.25, Frame relay, etc) también se puede usar para conectarse a la WAN (Wide Area Network).

La capa de aplicación IEC 104 se conserva igual a la de IEC 101 con algunos de los tipos de datos y los servicios no utilizados. Existen dos capas de enlace definidas en la norma, que son adecuadas para la transferencia de datos a través de Ethernet o una línea serie (PPP - Point-to-Point Protocol).

### c) Componentes y Flujo de Información del Sistema SCADA

El sistema SCADA está estructurado con los siguientes elementos:

- **MTU** (*Master Terminal Unit*): unidad que concentra localmente todo el flujo de información que es enviado por una RTU. Es la que ejecuta las acciones de mando de acuerdo a las variables medidas en la estación remota. Se encarga también del almacenamiento y procesamiento de los datos adquiridos.
- **Disyuntores.**- equipos metálicos de mando eléctrico, manual y electrónico en el cual interviene el equipo inteligente IED.
- **IED** (*intelligent electronic device*), tiene la inteligencia de realizar la protección, procesamiento de datos, señales y comunicaciones se lo puede comparar con un computador dedicado, tiene comunicación con el RTU, los IED están colocados en cada alimentador en los transformadores y líneas de sub estaciones; en cada IED hay un disyuntor en la actualidad se están cambiando por electrónicos.

- **RTU (Remote Unit Terminal):** es el dispositivo ubicado en el sitio remoto que envía información al MTU. Cuenta con un microprocesador central e interfaces de entrada y salidas, tanto digitales como analógicas, los cuales toman los datos de los elementos transductores asociados directamente al proceso y los envían a través del sistema de comunicaciones. En caso de falla se abre el disyuntor se lo considera como un equipo inteligente.
- **HMI (Human – Machine Interface):** maneja el software con la aplicación visual en base a la cual, el operador de la estación remota puede interactuar con el sistema automatizado.
- **Sistema de comunicaciones:** se encarga de establecer el camino por el cual se transmitirán los datos desde la estación remota hacia la estación local. Se encuentra conformado por transmisores, receptores y el medio de transmisión utilizado.
- **Transductores:** son los dispositivos que convierten las variables físicas medidas en señales eléctricas, las cuales van a ser transmitidas por la red de comunicación.

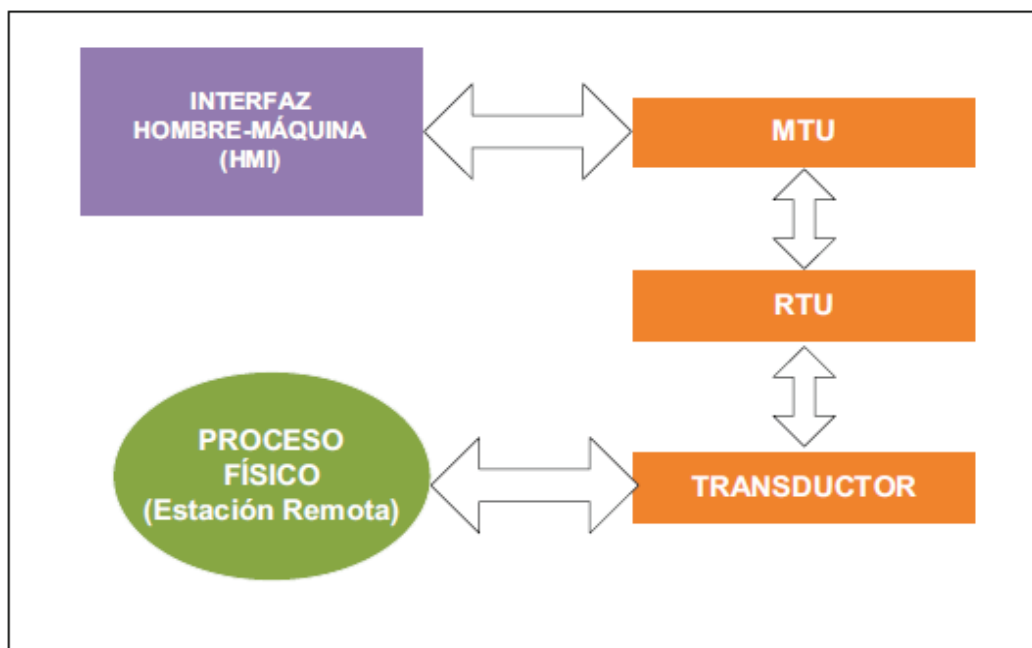


Fig.6.9 Flujo de información en un sistema SCADA.

En la figura 6.9, se puede observar la manera básica en que viaja la información desde el proceso físico en la estación remota hasta la unidad maestra.

#### **d) Funciones Principales del Sistema SCADA**

Las funciones principales de un sistema SCADA son las siguientes:

- **Monitoreo remoto:** permite conocer los niveles en los que se encuentren las variables medidas en la estación remota para así, evaluar el desempeño de los equipos.
- **Control remoto de equipos:** el sistema es capaz de activar o desactivar los equipos o instalaciones en la estación remota de manera automática.
- **Procesamiento de datos:** luego de recibir los datos de cada una de las estaciones remotas, el sistema realiza un proceso de validación y aceptación de los mismos de acuerdo a datos históricos almacenados en el sistema.
- **Entorno gráfico de visualización:** es la facilidad que brinda el sistema al operador para que, mediante imágenes pueda observar el comportamiento del proceso analizado remotamente, tal y como si estuviera ahí.
- **Creación de reportes:** el sistema tiene la facilidad de generar reportes estadísticos de acuerdo a los datos recibidos del proceso remoto.
- **Manejo de alarmas:** conjunto de señales que permiten alertar al operador ante comportamientos anormales o fallas en el proceso que está siendo objeto de la medición. Dichas alarmas pueden ser visuales o sonoras.

#### **e) Ventajas del sistema SCADA**

- Puede adaptarse para cualquier aplicación de monitoreo y control con los protocolos mencionados, es un sistema completo.
- Cuenta con los módulos y la robustez para poder monitorear cualquier equipo.

- Como unidad central maestra, es capaz de monitorear y controlar más de una subestación en forma remota.

## **6.7.4 Entorno Físico**

### **6.7.4.1 Características Ambientales del Área del Enlace**

Las características del medio que es necesario especificar, para el diseño apropiado de los equipos de comunicaciones:

#### **a) Temperatura**

Deberá conocerse la temperatura exterior a la que estarán sujetos los equipos y elementos, especialmente el cable óptico. Las variaciones de temperatura producen fisuras en el PVC e influyen en la velocidad de deterioro de las uniones.

Se considera:

- Temperatura máxima exterior.
- Temperatura mínima exterior.
- Temperatura media diaria anual.

Las salas para equipos de comunicaciones deben contar con acondicionamiento de aire para evitar la entrada de polvo y para mantener los equipos en la zona plana de la curva de fallas ( $\lambda$  constante), asegurando un funcionamiento estable durante todo el tiempo de uso.

#### **b) Humedad**

Es importante por su efecto en la corrosión de elementos metálicos.

En el interior de salas con aire acondicionado el porcentaje de humedad es reducido, evitándose la condensación sobre placas impresas, componentes, conectores, etc.

#### **c) Meteorología en Ambato:**

El clima de la ciudad de Ambato es un clima templado, debido a que se ubica en un estrecho valle andino; se divide en 3 zonas: sur, centro, y norte; Ambato generalmente tiene un clima templado con temperaturas desde los 12 a los 28 °C (Ver fig.6.11) según

lo expuesto en la página <http://es.wikipedia.org/wiki/Ambato> y meteorología de Ambato en la página <http://tiempoyhora.com>

### Meteorología en Ambato

**Humedad Relativa :** 43%  
**Visibilidad :** N/A km  
**Presión atmosférica :** 738.6mb.  
**Velocidad del viento :** 8 km/h  
**Ráfagas de viento :** N/A km/h  
**Dirección del viento en grados :** 160°  
**Dirección del viento :** SSE  
**Índice UV :** 4  
**Punto de rocío :** 8  
**Estado del cielo :** Parcialmente Nuboso

---

### Datos geográficos de Ambato

**Referencia tomada en :** Ambato, Ecuador  
**Latitud :** -1.24  
**Hora de salida del sol :** 6:15 AM  
**Hora de la puesta de sol :** 6:20 PM  
**Zona Horaria :** UTC-5

Fig.6.10 Meteorología Ambato Ecuador

<b>Parámetros climáticos promedio de Ambato</b>													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Temperatura máxima registrada (°C)</b>	29	28	28	28	26	24	24	26	29	33	33	32	28
<b>Temperatura diaria máxima (°C)</b>	22	21	22	19	17	17	16	19	22	25	25	26	21
<b>Temperatura diaria mínima (°C)</b>	13	12	12	12	10	9	8	10	14	13	12	13	12
<b>Temperatura mínima registrada (°C)</b>	2	2	2	2	3	-1	-2	2	2	2	2	4	2

Fig.6.11 Clima de Ambato

#### **d) Criterio del Entorno Físico**

- En esta área de Tungurahua no se registra capas de hielo por lo que no se considera debido a las estaciones climáticas que tenemos.
- Como podemos apreciar en las tablas meteorológicas (Ver figura 6.10 y 6.11) de la ciudad de Ambato, los parámetros de entorno físico están en rangos medios, por lo que la instalación de fibra óptica por el factor clima no va a ser un impedimento para su tendido, pero no significa que estos parámetros sean despreciados hay que tomar en consideración al momento de adquisición de la fibra óptica y vida útil de la misma.

#### **6.7.5 Tipos de Cables**

Los distintos tipos de cables disponibles, son los siguientes. Su elección dependerá de las características del terreno y de la línea:

- a) Cable óptico Subterráneo.**
- b) Completamente Dieléctrico ADSS=All Dielectric Self Supported (Cable Auto Soportado Completamente Dielectrico)**
- c) Cable de guardia con Fibras Ópticas OPWG=Optic Power Ground Wire**

Existen otras alternativas de instalación de los cables de fibras óptica tales como:

- Incorporado al “bundle” de conductores de fase.
- Enrollado en el hilo de guardia.

Estos tipos no son recomendables debido a que no están suficientemente experimentados hasta el presente.

##### **6.7.5.1 Análisis de Tipos y Criterio de Selección Fibra Óptica**

#### **a) El tipo Subterráneo**

En el ámbito de las Empresas de energía, se utiliza en:



- Distancias cortas.
- En áreas geográficas planas.
- Donde el suelo sea fácilmente excavable.
- En estos casos, los cables se instalan directamente enterrados.

Aspectos a considerar:

- La elección del trazado deberá tenerse presente la fragilidad de la fibra óptica.
- Deberán evitarse los quiebres bruscos, las curvaturas excesivas (Ver pérdidas por curvaturas) y los desniveles que puedan sobre-tensionar el material.
- La sismicidad también es un aspecto importante a tener en cuenta.

La protección mecánica podrá obtenerse:

- Utilizando un cable con malla de acero como armadura en el mismo cable,
- Cubriéndolo con medias cañas cuando está directamente enterrado,
- Instalándolo en ductos.

En los casos de instalaciones de comunicaciones que asisten a otra obra subterránea (por ejemplo una pipeline que no es más un ducto), los cables ópticos pueden ubicarse dentro de la misma zanja, en cuyo caso los costos de excavación serán marginales y compartiendo el medio de comunicación para las funciones de la línea eléctrica y el proceso.

### **b) Cable Óptico Dieléctrico (ADSS)**

Se aplica en distancias medias, largas y en zonas de terrenos quebrados, donde la excavación sea difícil. Este tipo de cable es más económico (según datos generales) que el OPWG y posee la ventaja de permitir su mantenimiento sin desenergizar el sistema de transporte eléctrico.

Especialmente cuando se trata de instalaciones eléctricas existentes, donde ya se encuentre tendido el hilo de guardia. Este tipo de cable es suficientemente estable respecto a vientos y efectos de deshielo, con lo cual no es necesario considerar el efecto galloping (es provocado por la acción del viento y la formación de hielo en los conductores y, de ser excesivo, puede provocar daños importantes).

Puede tenderse suspendido de las propias estructuras de la línea según dos variantes:

- Cable aéreo dieléctrico auto suspendido (ADSS).
- Cable aéreo dieléctrico suspendido de un tensor de acero.

En general, este tipo de cable puede instalarse en enlaces que cuenten con vanos menores a los 600 metros, pero a medida que se incrementa el largo del vano, comienza a resultar más económico suspenderlo de un tensor, bajo dos posibilidades:

- Suspendido de tensor de acero independiente y sujetado mediante grapas a él.
- Suspendido de un tensor de acero incluido en cable tipo ocho.

### **c) Cable de Guardia con Fibras Ópticas (OPWG)**

Es la mejor solución técnica para la transmisión digital dadas la buena protección del cable y la alta disponibilidad del sistema que puede obtenerse. En virtud de lo expuesto su utilización se recomienda cuando se trate de una línea eléctrica nueva, dado que la diferencia de valor con un hilo de guardia convencional radica solamente en el costo diferencial de la provisión del material.

Se aconseja como reemplazo del hilo de guardia existente, cuando deban preverse cortes de línea de cierto lapso de tiempo, o se prevean grados de dificultad en las obras que hagan útil la independencia de las comunicaciones, teleprotección y otros. Las necesidades de comunicación de las empresas del área eléctrica son normalmente satisfechas con un solo cable de fibra óptica, pudiendo usarse como segundo hilo de guardia el de acero convencional. Sin embargo, dada la conveniencia antes mencionada de compartir servicios interurbanos de transmisión de voz y/o datos y/o videos, con otros carriers, se recomienda la conveniencia de considerar la instalación de sendos OPWG.

Tanto en el caso de reemplazar el hilo de guardia existente por un OPWG, así como en el caso de instalar uno nuevo, debe analizarse el efecto sobre las estructuras soporte de la línea, dadas las diferencias de peso, tiro y efectos agregados que trae aparejadas (situación ésta que no es crítica en un hilo de guardia tradicional).

Se debe considerar:

- Nuevas tensiones de tiro axial.
- Nuevos esfuerzos sobre torres.
- Vibraciones por efecto del viento.
- Mayor carga por hielo.
- Vibraciones por deshielo.

El tendido de un cable de OPWG debe requerir cuidado para reducir al máximo los efectos negativos de:

- La torsión en el cable y en las fibras.
- El doblado del cable.
- La compresión y la tracción.
- La pérdida de estanqueidad durante el proceso de instalación que no es más que la posibilidad de que acceda agua al interior del material.

Deben fijarse mayores exigencias para la amortiguación de vibraciones mediante stockbridges (son dispositivos que se han usado ampliamente en líneas eléctricas para reducir la amplitud de vibración causada por el viento, evitando con esto el riesgo de fatiga en la línea), pues el cable de fibra óptica es mucho más sensible a las consecuencias de las vibraciones por las microcurvaturas que sufren las fibras durante las oscilaciones.

Debe efectuarse un modelado y estudio de las vibraciones para limitar los valores máximos y fijar las condiciones de amortiguación. Deberán fijarse las condiciones para la medición de las vibraciones luego de la puesta en servicio, (típicamente cada dos años) para comprobación de los cálculos realizados y luego durante el servicio para mantener protegida las condiciones de trabajo de las fibras.

#### d) Comparación entre los Distintos tipos de Fibra Óptica

Características	ADSS	OPWG	Figura 8
Confiabilidad	ALTA	ALTA	ALTA
Sobrecarga estructural	PEQUEÑA	CONSIDERABLE	CONSIDERABLE
Inmunidad ante caída de rayos	TOTAL	NINGUNA	TOTAL (con guía dieléctrico)
Instalación en ema nuevo	SIMPLE	SIMPLE	SIMPLE
Instalación sobre sistema existente	SIMPLE	COMPLEJO	SIMPLE
Facilidad de mantenimiento	FÁCIL	DIFÍCIL	FÁCIL
Costo del cable	BAJO	ALTO	MEDIO
Costo de instalación	BAJO	ALTO	BAJO
Costo total del Sistema	BAJO	ALTO	MEDIO
Acceso a fibras ópticas	FÁCIL	DIFÍCIL	FÁCIL

Tabla6.3 Comparación entre cables ADSS, OPWG y Figura en 8

#### e) Selección de Fibra Óptica

Debido a las características y especificaciones anteriores se recomienda se utilice cable autosoportado ADSS y cable soportado con un tensor de acero sujetado con grapas para los tramos de aquellas sub-estaciones cuyos vanos son muy extensos no se recomienda utilizar cable OPWG debido a que las estructuras son de difícil acceso y el voltaje 69kV se impone peligrosamente para los operarios sin ser una solución prever cortes de energía eléctrica por dar cumplimiento a la ISO 9001 y calidad de servicio, a pesar de ser una muy buena solución en la actualidad para la transmisión de datos es recomendado su instalación en estructuras nuevas de sub-transmisión.

#### f) Selección de la Longitud de Onda

La longitud de onda de trabajo tiene que ver directamente con la atenuación que se presentará en la transmisión, y por ende en la distancia máxima para el enlace. Las

distancias para los enlaces de fibra óptica requeridos por la empresa son cortos y medios, por lo que si bien para las transmisiones en 1310 nm se presenta una atenuación relativamente mayor a la presentada en los 1550 nm, serán suficientes para satisfacer las necesidades del presente proyecto. Por la misma razón, no será necesaria la inclusión de amplificadores ópticos intermedios los cuales operan en su mayoría en la tercera ventana, lo que obligaría a que la transmisión se realice sobre dicha ventana.

### 6.7.6 Distancias, Ubicaciones y Especificaciones de las Subestaciones

A continuación se indicaran las distancias totales y parciales de estructura a estructura (vanos), del anillo de las subestaciones que intervienen en el estudio del enlace.

Las siguientes distancias se obtuvieron mediante la ayuda de un GPS, por lo cual es prudente mencionar que las distancias obtenidas pueden tener cierto porcentaje de error no calculado.

#### a) Ambato SIN (referencial) – Oriente

NUM.	POSICIÓN		DISTANCIAS (m)	ESPEC.
	X UTM	Y UTM		
67	767.032,40	9.863.549,90	0	Torre fuera de cerramiento de S/E Ambato
68	767.035,60	9.863.489,90	60,08527274	Torre ubicada en terreno privado
69	766.669,94	9.863.109,08	527,9521032	Torre Derivación línea Oriente - Loreto
70	766.456,00	9.862.888,90	306,9987336	Torre ubicada en terreno privado
71	766.313,10	9.862.748,90	200,0510185	Torre ubicada en terreno privado
72	766.226,20	9.862.522,11	242,8689237	Torre ubicado en terreno privado
73	766.108,06	9.862.205,17	338,2425508	Torre cruce rio Ambato
74	765.750,24	9.861.353,41	923,8670088	Torre en la S/E Oriente
<b>TOTAL</b>			<b>2600,065611</b>	
<b>Km</b>			<b>2,600065611</b>	

**b) Ambato SNI (Referencial) – Samanga**

NUM.	POSICIÓN		DISTANCIAS (m)	ESPEC.
	X	Y		
	UTM	UTM		
1	767.012,00	9.863.535,40	25	Poste Salida S/E Ambato
2	766.969,40	9.863.532,20	42,72001873	Poste
3	766.874,50	9.863.575,50	104,3115526	Poste
4	766.874,50	9.863.671,10	95,6	Poste
5	766.825,70	9.863.802,20	139,8879909	Poste
6	766.826,70	9.863.937,70	135,50369	Poste
7	766.805,10	9.864.156,30	219,6645625	Poste
8	766.772,80	9.864.335,90	182,4813689	Poste entorno cerrado por producto privado
9	766.747,60	9.864.494,70	160,7870642	Poste
10	766.835,40	9.864.615,60	149,4177031	Poste
11	767.018,20	9.864.871,20	314,2406721	Poste
12	767.091,40	9.864.977,60	129,1479771	Poste
13	767.144,90	9.865.054,30	93,51545327	Poste
14	767.314,20	9.865.296,20	295,2593775	Poste
15	767.378,67	9.865.387,90	112,0949192	Poste
16	767.423,90	9.865.581,90	199,2027934	Poste
17	767.463,30	9.865.756,40	178,8927332	Poste
18	767.519,40	9.865.982,70	233,1499517	Poste
19	767.512,50	9.866.172,30	189,7255123	Poste
20	767.504,00	9.866.324,70	152,6368566	Poste
21	767.497,00	9.866.530,20	205,6191868	Poste
22	767.502,90	9.866.813,60	283,4614083	Poste
23	767.507,50	9.866.908,00	94,51200982	Poste
24	767.508,90	9.867.004,30	96,31017599	Poste

NUM.	POSICIÓN		DISTANCIAS (m)	ESPEC.
	X	Y		
	UTM	UTM		
25	767.534,50	9.867.105,10	104	Poste
26	767.619,80	9.867.441,10	346,658463	Poste
27	767.641,60	9.867.541,60	102,8372014	Poste
28	767.710,50	9.867.648,60	127,2643312	Poste Entrada S/E Samanga
<b>TOTAL</b>			<b>4513,902974</b>	
<b>Km</b>			<b>4,513902974</b>	
<b>Total enlace: Oriente - Samanga</b>		<b>Km</b>	<b>7.113968585</b>	

**c) Oriente SIN (Referencial) – Totoras**

NUM.	POSICIÓN		DISTANCIAS (m)	ESPEC.
	X	Y		
	UTM	UTM		
75	765675,76	9861273,95	0	Poste Estructura en S/E Oriente
76	765681,76	9861274,95	6,08276253	Poste en vereda cerramiento Colegio Guayaquil
77	765704,66	9861196,97	81,27626559	Poste en parterr Av. Bolivariana, con protección
78	765736,65	9861099,94	102,1664772	Poste en parterr Av. Bolivariana, con protección
79	765771,39	9861005,59	100,5400094	Poste en parterr Av. Bolivariana, con protección
80	765807,29	9860918,55	94,15291605	Poste en parterr Av. Bolivariana, con protección
81	765844,77	9860804,07	120,4576185	Poste en parterr Av. Bolivariana, con protección
82	765876,41	9860714,83	94,68688481	Poste en parterr Av. Bolivariana, con protección
83	765913,88	9860681,01	50,47511803	Poste en Av. Bolivariana
84	765976,89	9860623,07	85,59973038	Poste en Av. Tangaichi
85	766032,41	9860548,88	92,66285353	Poste en Av. Tangaichi
86	766096,41	9860457,09	111,904077	Poste en Av. Tangaichi
87	766155,59	9860383,24	94,6380524	Poste en Av. Tangaichi
88	766215,22	9860303,75	99,36300041	Poste en Av. Tangaichi
89	766268,06	9860253,69	72,79142846	Poste en Av. Tangaichi
90	766334,95	9860189,61	92,63111854	Poste en Av. Tangaichi

NUM.	POSICIÓN		DISTANCIAS (m)	ESPEC.
	X	Y		
	UTM	UTM		
91	766398,27	9860126,92	89,10220379	Poste en Av. Tangaichi
92	766459,22	9860066,28	85,97880357	Poste en Av. Tangaichi, cruce puente
93	766576,96	9859954,54	162,3216305	Poste en Av. Tangaichi, aserradero
94	766647,26	9859875,09	106,0881332	Poste en Av. Tangaichi
95	766700,06	9859813,67	80,99660715	Poste en Av. Tangaichi
96	766749,19	9859739,26	89,16259196	Poste en Av. Tangaichi
97	766801,90	9859661,22	94,17460092	Poste en Av. Tangaichi
98	766866,21	9859595,54	91,91908696	Poste en Av. Tangaichi
99	766930,92	9859531,54	91,0130521	Poste en Av. Tangaichi
100	766982,66	9859474,11	77,30357075	Poste en Av. Tangaichi
101	767019,40	9859406,25	77,16333079	Poste en Av. Tangaichi
102	767054,64	9859337,05	77,6611879	Poste en Av. Tangaichi
103	767088,36	9859270,51	74,59632568	Poste en Av. Tangaichi
104	767130,12	9859191,82	89,07947562	Poste en Av. Tangaichi
105	767166,54	9859130,54	71,29002472	Poste en Av. Tangaichi
106	767215,42	9859066,85	80,28286704	Poste en Av. Tangaichi
107	767161,75	9858995,65	89,15807241	Poste en Av. Platón
108	767082,31	9858962,90	85,92419986	Poste en Av. Platón
109	766996,27	9858928,09	92,81514179	Poste en Av. Platón
110	766900,97	9858895,48	100,7229909	Poste en Av. Platón
111	766834,70	9858900,54	66,46787509	Poste en Av. Platón
112	766778,57	9858863,91	67,01656718	Poste en Av. Platón
113	766707,87	9858828,61	79,02847114	Poste en Av. Platón
114	766634,08	9858790,99	82,82587836	Poste en Av. Platón
115	766668,65	9858721,44	77,66870398	Poste en calle Aristotes
116	766701,27	9858637,73	89,84273933	Poste en calle Aristotes
117	766734,64	9858559,79	84,77629811	Poste en calle Aristotes
118	766768,47	9858484,90	82,18207951	Poste en calle Aristotes
119	766805,58	9858418,40	76,15293232	Poste en calle Aristotes
120	766915,91	9858140,73	298,7845709	Poste Estruc. en el cementerio Santa Cruz
121	767008,90	9857937,90	223,1303408	Poste
122	767073,64	9857799,75	152,567002	Poste
123	767136,70	9857664,40	149,3190748	Poste
124	767212,30	9857504,14	177,196579	Poste
125	767279,57	9857373,40	147,0312909	Poste
126	767337,75	9857234,80	150,3159087	Poste
127	767409,17	9857073,94	176,0021477	Poste
128	767352,57	9856996,21	96,15359016	Poste Abierto un terminal
129	767291,34	9856908,10	107,2962488	Poste



NUM.	POSICIÓN		DISTANCIAS (m)	ESPEC.
	X	Y		
	UTM	UTM		
130	767245,30	9856834,10	87,15320763	Poste
131	767196,97	9856760,77	87,82412994	Poste
132	767143,41	9856686,38	91,66540078	Poste
133	767077,10	9856591,28	115,9354394	Poste
134	767092,10	9856542,90	50,65199305	Poste
135	767189,83	9856560,51	99,30032034	Poste
136	767196,70	9856554,10	9,400298932	Poste Estruct. fuera de cerramiento S/E Totoras
<b>TOTAL</b>			<b>6031,871299</b>	
<b>Km</b>			<b>6,031871299</b>	

**d) Totoras SIN (referencial) – Montalvo**

NUM.	POSICIÓN		DISTANCIAS (m)	ESPEC.
	X	Y		
	UTM	UTM		
137	767.206,90	9.856.542,10	15.7492857	Poste Estruct. Fuera de S/E Totoras
138	767.073,10	9.856.517,40	136,0607585	Poste
139	766.937,10	9.856.522,90	136,1111678	Poste
140	766.798,10	9.856.528,90	139,1294361	Poste
141	766.632,70	9.856.537,50	165,6234283	Poste
142	766.478,10	9.856.543,20	154,7050419	Poste
143	766.325,20	9.856.551,90	153,1473147	Poste
144	766.175,30	9.856.560,10	150,1241153	Poste
145	766.034,70	9.856.566,50	140,7455861	Poste
146	765.877,80	9.856.570,10	156,9412948	Poste
147	765.750,40	9.856.584,10	128,1669224	Poste
148	765.597,60	9.856.595,90	153,254951	Poste
149	765.450,90	9.856.606,70	147,0970088	Poste
150	765.319,20	9.856.612,90	131,845857	Poste
151	765.193,90	9.856.625,40	125,92196	Poste

NUM.	POSICIÓN		DISTANCIAS (m)	ESPEC.
	X	Y		
	UTM	UTM		
152	765.045,90	9.856.635,50	148,3442281	Poste
153	764.841,70	9.856.649,80	204,7000977	Poste
154	764.779,90	9.856.555,30	112,9136396	Poste
155	764.655,80	9.856.359,10	232,1535053	Torre
156	764.560,50	9.856.185,60	197,9503473	Poste
157	764.501,60	9.856.076,90	123,6321156	Poste
158	764.449,70	9.855.984,50	105,9781581	Poste
159	764.380,20	9.855.862,10	140,755142	Poste
160	764.318,50	9.855.744,70	132,6259778	Poste
161	764.425,10	9.855.625,60	159,8385748	Poste
162	764.184,50	9.855.503,60	269,7635261	Poste
163	764.115,70	9.855.379,10	142,2451757	Poste
164	764.045,50	9.855.252,90	144,4108029	Poste
165	763.970,40	9.855.121,10	151,6945945	Poste
166	763.901,40	9.854.994,40	144,2701979	Poste
167	763.840,10	9.854.860,70	147,0829018	Poste
168	763.740,20	9.854.702,10	187,4405773	Poste
169	763.673,20	9.854.579,10	140,064271	Poste
170	763.610,80	9.854.467,40	127,9478409	Poste
171	763.551,90	9.854.360,30	122,2277383	Poste
172	763.486,80	9.854.241,10	135,818445	Poste
173	763.438,40	9.854.154,20	99,46944254	Poste
174	763.378,70	9.854.052,70	117,7554245	Poste
175	763.234,10	9.853.861,70	239,5624345	Torre
176	763.192,60	9.853.708,10	159,1075422	Poste

NUM.	POSICIÓN		DISTANCIAS (m)	ESPEC.
	X	Y		
	UTM	UTM		
177	763.124,20	9.853.587,10	138,99482	Poste
178	763.060,10	9.853.474,70	129,3930833	Torre en patio de la S/E Montalvo
		<b>TOTAL</b>	<b>6190,764733</b>	
		<b>Km</b>	<b>6,190764733</b>	
<b>Total enlace: Oriente-Montalvo</b>		<b>Km</b>	<b>12.22263603</b>	

e) Samanga – Pillaro

NUM.	POSICIÓN		DISTANCIAS (m)	ESPEC.
	X	Y		
	UTM	UTM		
66	772.346,10	9.869.787,90	0	Poste Entrada a S/E Pillaro Fuera a cerramiento
65	772.298,50	9.869.831,90	64,82098426	Poste la cadena de aisladores es de tipo S/E
64	772.241,80	9.869.885,40	77,95601324	Poste
63	772.155,20	9.869.820,10	108,4603614	Poste
62	772.059,70	9.869.742,90	122,8010179	Poste
61	771.970,60	9.869.677,20	110,7036585	Torre
60	771.884,70	9.869.635,10	95,66200918	Poste
59	771.796,10	9.869.591,30	98,8352164	Poste
58	771.675,10	9.869.529,10	136,0508728	Poste
57	771.557,10	9.869.466,70	133,4831825	Poste
56	771.443,70	9.869.406,10	128,5765142	Poste
55	771.326,60	9.869.332,10	138,5222365	Poste
54	771.211,00	9.869.261,50	135,4537559	Poste
53	771.086,60	9.869.182,10	147,5795379	Poste
52	770.964,50	9.869.106,50	143,6097838	Poste
51	770.897,00	9.869.066,40	78,5128015	Torre en Pillaro cruce río Culapachán

NUM.	POSICIÓN		DISTANCIAS (m)	ESPEC.
	X	Y		
	UTM	UTM		
50	770.169,10	9.868.630,10	848,6436826	Torre
49	769.499,10	9.868.158,50	819,332997	Torre
48	769.330,10	9.868.037,60	207,7927092	Torre
47	769.084,60	9.867.796,10	344,372618	Poste
46	768.976,90	9.867.777,10	109,3631108	Poste
45	768.878,40	9.867.760,10	99,95624043	Poste
44	768.859,80	9.867.745,10	23,8947693	Torre
43	768.586,50	9.867.740,60	273,3370447	Poste
42	768.491,60	9.867.749,90	95,35460136	Poste
41	768.423,50	9.867.757,60	68,5339332	Poste
40	768.384,20	9.867.770,20	41,27044948	Poste
39	768.226,90	9.867.779,10	157,5515789	Poste
38	768.121,80	9.867.800,90	107,3370859	Poste
37	768.025,20	9.867.815,90	97,75765955	Poste
36	767.955,60	9.867.877,10	92,68009495	Poste
35	767.879,50	9.867.891,70	77,48787002	Poste
34	767.803,50	9.867.906,10	77,35218161	Poste
33	767.790,20	9.867.896,20	16,58010856	Poste
32	767.771,30	9.867.820,50	78,02371434	Poste
31	767.748,30	9.867.725,80	97,45301432	Poste
30	767.729,00	9.867.632,40	95,37321427	Poste Estruct. especial entrada S/E Samanga
29	767.712,30	9.867.650,70	24,77458375	Poste en el patio de la S/E Samanga
		<b>TOTAL</b>	<b>5575,251208</b>	
		<b>Km</b>	<b>5,575251208</b>	

**f) Montalvo – Huachi**

NUM.	POSICIÓN		DISTANCIAS (m)	ESPEC.
	X UTM	Y UTM		
179	763.018,10	9.853.508,80	0	Torre salida S/E Montalvo a S/E Huachi
180	762.960,70	9.853.631,70	135,6435402	Poste
181	762.921,20	9.853.717,40	94,36492993	Poste Cruce carretera Ambato-Riobamba
182	762.836,50	9.853.904,10	205,0145848	Poste
183	762.749,30	9.854.101,70	215,9851847	Poste
184	762.691,40	9.854.222,40	133,8689658	Torre
185	762.571,10	9.854.559,60	358,0166616	Torre
186	762.503,90	9.854.747,70	199,7434605	Poste
187	762.430,10	9.854.949,50	214,8713103	Poste
188	762.396,40	9.855.042,80	99,19969758	Poste
189	762.306,40	9.855.291,70	264,6718912	Torre
190	762.246,50	9.855.455,90	174,7845817	Poste
191	762.158,70	9.855.694,60	254,3354674	Poste
192	762.112,40	9.855.824,60	137,9988768	Poste
193	762.046,70	9.856.010,70	197,3567835	Torre
194	761.907,77	9.856.410,50	423,2512078	Torre
195	761.783,50	9.856.748,10	359,7454557	Torre
196	761.755,48	9.856.828,70	85,33159087	Torre
197	761.803,50	9.857.033,30	210,1596546	Poste
198	761.870,60	9.857.311,10	285,7888206	Poste
199	761.927,50	9.857.544,70	240,429969	Poste
200	761.968,22	9.857.688,90	149,8391084	Poste
201	762.006,80	9.857.847,90	163,6136192	Poste
202	762.054,40	9.858.034,60	192,6723903	Poste

NUM.	POSICIÓN		DISTANCIAS (m)	ESPEC.
	X	Y		
	UTM	UTM		
203	762.090,70	9.858.169,80	139,9883209	Torre
204	762.170,40	9.858.489,00	328,9995897	Torre
205	762.290,30	9.858.849,40	379,8212343	Torre
206	762.432,10	9.859.006,50	211,6309287	Poste
207	762.594,70	9.859.156,30	221,0855038	Poste
208	762.755,10	9.859.304,10	218,1123564	Poste
209	762.897,80	9.859.435,90	194,2537773	Poste Estruct. Fuera de la S/E Huachi
210	762.911,10	9.859.479,20	45,29657824	Poste Estruct. en patio de S/E Huachi
		<b>TOTAL</b>	<b>6535,876042</b>	
		<b>Km</b>	<b>6,535876042</b>	

**g) Huachi – Atocha**

NUM.	POSICIÓN		DISTANCIAS (m)	ESPEC.
	X	Y		
	UTM	UTM		
211	762.912,10	9.859.487,00	0	Poste Estruct. en S/E Huachi a S/E Atocha
212	762.915,20	9.859.496,40	9,897979592	Poste Estruct. en vereda de S/E Huachi
213	762.794,60	9.859.522,90	123,4771639	Poste
214	762.678,70	9.859.546,60	118,2983516	Poste
215	762.614,20	9.859.557,20	65,36520481	Poste
216	762.506,90	9.859.588,70	111,8281718	Torre
217	762.449,70	9.859.704,80	129,4258475	Poste
218	762.363,90	9.859.842,60	162,3283093	Poste
219	762.290,10	9.859.934,40	117,7865867	Torre
220	762.278,80	9.860.196,90	262,7431065	Torre

NUM.	POSICIÓN		DISTANCIAS (m)	ESPEC.
	X	Y		
	UTM	UTM		
221	762.244,30	9.860.534,90	339,7561626	Torre
222	762.092,80	9.860.895,90	391,5012771	Torre
223	761.713,60	9.861.807,30	987,1385921	Torre
224	761.621,50	9.862.713,36	910,7289024	Torre
225	761.869,30	9.863.104,60	463,112921	Torre
226	761.943,10	9.863.221,20	137,9927534	Torre
227	761.976,20	9.863.291,60	77,79312309	Torre
228	762.041,10	9.863.667,80	381,7570563	Torre
229	762.056,60	9.863.836,10	169,0122481	Poste
230	762.065,70	9.864.033,60	197,7095344	Torre
231	762.086,20	9.864.364,10	331,1351688	Torre
232	762.116,40	9.864.842,80	479,6516757	Torre
233	762.226,20	9.864.956,40	157,990506	Poste
234	762.306,90	9.864.999,90	91,67736907	Torre
235	762.895,40	9.865.180,90	615,7054897	Torre
236	763.099,70	9.865.149,50	206,6989357	Torre
237	763.469,10	9.865.094,50	373,4720338	Torre
238	763.832,50	9.864.741,40	506,6943556	Torre
239	763.954,80	9.864.443,50	322,0274833	Torre Estruct. Fuera de cerramiento S/E Atocha
<b>TOTAL</b>			<b>8242,70631</b>	
<b>Km</b>			<b>8,24270631</b>	

## h) Atocha – Samanga

NUM.	POSICIÓN		DISTANCIAS (m)	ESPEC.
	X	Y		
	UTM	UTM		
261	764.030,68	9.864.580,01	0	Poste Estruct. Fuera de S/E Samanga
260	764.055,50	9.864.648,80	73,12974033	Poste
259	764.085,40	9.864.751,70	107,1560544	Poste
258	764.245,70	9.865.284,90	556,7749366	Poste
257	764.264,30	9.865.342,00	60,05305987	Poste
256	764.553,40	9.865.827,20	564,7989465	Poste
255	764.810,10	9.865.955,00	286,7537794	Poste
254	765.040,40	9.866.067,53	256,3222404	Poste
253	765.255,90	9.866.180,70	243,4085021	Poste
252	765.451,90	9.866.271,10	215,8429058	Poste
251	765.629,80	9.866.362,30	199,9146068	Poste
250	765.931,30	9.866.512,90	337,0201923	Poste
249	766.224,00	9.866.661,10	328,0800664	Poste
248	766.327,40	9.866.712,30	115,3819743	Poste
247	766.440,10	9.866.793,10	138,6720231	Poste
246	766.610,40	9.866.915,90	209,9569718	Poste
245	766.811,60	9.867.056,90	245,6876879	Poste
244	767.093,80	9.867.259,10	347,1623251	Poste
243	767.189,80	9.867.328,10	118,224363	Poste
242	767.315,30	9.867.415,20	152,7634118	Poste
241	767.514,40	9.867.559,20	245,7169306	Poste
240	767.654,10	9.867.661,40	173,0922586	Poste Estruct. fuera de S/E Atocha
<b>TOTAL</b>			<b>4975,912977</b>	
<b>Km</b>			<b>4,975912977</b>	



**i) Derivación Península-Loreto**

NUM.	POSICION		DISTANCIAS (m)	ESPEC.
	X UTM	Y UTM		
262	764.922,60	9.862.848,30	0	Poste; Estruct. dentro de S/E Loreto
263	765.040,20	9.862.856,90	117,9140365	Poste
264	765.125,70	9.862.854,60	85,53093008	Poste
265	765.200,30	9.862.866,20	75,49648998	Poste
266	765.293,10	9.862.866,50	92,80048491	Torre
267	765.378,50	9.862.929,70	106,2421762	Torre
268	765.511,10	9.862.943,30	133,2956113	Torre
269	765.683,20	9.862.960,30	172,9375899	Torre; Aislada en La Cumaná
270	766.530,50	9.863.093,20	857,6594312	Torre; Aislada en La Península
271	766.632,70	9.863.112,70	104,0436927	Poste; Estruct. En la Península
<b>TOTAL</b>			<b>1745,920443</b>	
<b>Km</b>			<b>1,745920443</b>	

### 6.7.7 Pérdidas en los Sistemas de Transmisión Ópticos

Se considera las pérdidas típicas que se presentan en los enlaces ópticos y son:

#### 6.7.7.1 Atenuación ( $\alpha$ )

Se define en función de las potencias lumínicas de entrada y de salida de la fibra, y es expresada en decibelios (dB). La atenuación es calculada para una determinada longitud de onda ( $\lambda$ ) y se obtiene a partir de la siguiente relación:

$$\alpha(\lambda)_{dB} = 10 \log \left( \frac{P_{out}}{P_{in}} \right)$$

Dónde:

$\alpha$  = Atenuación

$\lambda$  = Longitud de onda

$P_{out}$  = Potencia lumínica de salida.

$P_{in}$  = Potencia lumínica de entrada.

#### 6.7.7.2 Pérdidas Intrínsecas a la Fibra Óptica

Entre las pérdidas más importantes a tomar en cuenta se puede mencionar las siguientes:

##### a) Pérdidas por Absorción

- Son aquellas que se deben a las impurezas presentes en el vidrio.

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$\alpha_{ABS} = 7.81 \times 10^{-11} \times e^{(-48.48/\lambda)}$$

Dónde:

$\lambda$  = longitud de onda de la fibra óptica

##### b) Pérdidas por Dispersión de Rayleigh y Mie

- Son pérdidas causadas por las imperfecciones presentes en el material con el que se encuentra construida la fibra.

Se obtienen mediante la fórmula matemática:

$$\alpha_R = \frac{8\pi^3}{3(\lambda)^4} \times (n_1^2 - 1) K T \beta$$

Donde tenemos:

$\lambda$  = longitud de onda de la fibra óptica

$n_1$  = índice de refracción del núcleo.

$n_2$  = índice de refracción del manto.

$K$  = constante de Boltzman  $1.38 \times 10^{23}$  J/K

$T$  = temperatura del medio expresada en grados kelvin

$\beta$  = Factor de compresibilidad  $\approx 1$

### 6.7.7.3 Pérdidas Extrínsecas de la Fibra Óptica

#### a) Pérdidas por Curvaturas

Son ocasionadas por curvaturas al momento de tendido o instalación.

#### b) Curvatura Crítica

Generalmente este radio de curvatura crítico corresponde a diez o doce veces el diámetro exterior del cable y puede calcularse a partir de la siguiente expresión:

$$R_C = \frac{3n^2\lambda}{\pi(n_1^2 - n_2^2)^{3/2}}$$

$$R_C = \frac{3n^2\lambda}{\pi(n_1^2 - n_2^2)^{3/2}}$$

Dónde:

$R_C$  = Radio crítico

$\lambda$  = longitud de onda de la fibra óptica

$n_1$  = índice de refracción del núcleo.

$n_2$  = índice de refracción del manto.

#### c) Factor de Pérdida por Curvatura

Se calcula con la siguiente fórmula matemática:

$$\alpha_C = e^{-R_C}$$

En su mayoría, las pérdidas por curvaturas se presentan en longitudes de onda alrededor de los 1500 nanómetros.

#### d) Pérdidas por Conectores

Para los extremos del enlace se usarán conectores SC (Ver selección de conectores), los cuales nominalmente introducen pérdidas de 0,4 dB cada uno.

#### e) Pérdida por Empalmes

Se utiliza la técnica de fusión, la cual incluye pérdidas que se encuentran en el rango de 0.01 a 0.2 dB.

#### f) Reserva

El margen de reserva para los equipos por envejecimiento y condiciones ambientales está en el orden de 0,1 a 0,6 [dB/Km]. Se tomará como referencia para el cálculo el valor de 0,6[dB/Km] para el margen de reserva que constituye el peor caso.

#### g) Atenuación Total

Para calcular la atenuación total de las diferentes pérdidas consideradas en el enlace óptico se aplica la siguiente formula:

$$\alpha_{Total} = \alpha_{conec} + \alpha_{empal} + N(\alpha_{Curva} \times d) + (\alpha_{dB}) + (\alpha_{ABS} + \alpha_{Raileigh}) \times d + \alpha_{reserva} \times d$$

Dónde:

$\alpha_{conec}$  = Pérdida por conectores

$\alpha_{empal}$  = Pérdida por empalmes

$N$  = numero de curvaturas se considera cada postes y torres

$\alpha_{Curva}$  = perdidas por curvatura

$d$  = Disatancia del enlace

$\alpha_{dB}$  = perdidas por atenuación

$\alpha_{ABS} = \text{perdidas por absorción}$

$\alpha_{Raileigh} = \text{perdidas de raileigh}$

### 6.7.8 Ancho de Banda

$$AB = \frac{0.5}{D * WC * \Delta \lambda}$$

Dónde:

D = Distancia del enlace [Km]

WC = Coeficiente de dispersión cromática de la fibra óptica [ps/nm.Km].

$\Delta \lambda$  = Ancho espectral del láser [nm].

Para las fibras ópticas que operan en el rango de los 1310 nm de longitud de onda, el coeficiente de dispersión cromática posee valores de 4 o 5 [ps/nm.Km]. De acuerdo a la norma G.652D, el máximo valor para el coeficiente de dispersión cromática es de 5,3 [ps/nm.Km], y al ser el peor caso se tomará en cuenta éste valor para el cálculo.

De acuerdo a la recomendación UIT-T G.959.1 sugiere la utilización de fuentes láser que con anchos espectrales mínimos (0,1 nm) que logran aumentar considerablemente el ancho de banda del enlace; pero, debido a la distancia de los tramos es suficiente la utilización de fuentes láser estándar cuyo ancho espectral varía entre 1 y 5 nm.

Se tomarán como referencia para el cálculo de ancho de banda en el enlace los valores más críticos.

### 6.7.9 Cálculo del Enlace

#### a) Datos Generales del Enlace:

- Vidrio:  $n_1 = 1.52$
- Polietileno:  $n_2 = 1.51$
- $B = 1 \times 10^{13}$
- Temperatura: 28 °C
- $T = 28 \text{ °C} + 273 = 301 \text{ °K}$

- Longitud de onda (segunda ventana): 1310 nm.
- $S/R = \frac{50}{49,999}$  Valor Referencial
- Pérdidas por empalmes: 0.2dB
- Pérdidas por conectores tipo SC: 0.4dB
- $K = 1.38 \times 10^{-23}$

#### b) Distancias de la Subestaciones:

- ▶ Tramo 1: Oriente ----- Samanga = 7.11 Km.
- ▶ Tramo 2: Oriente ----- Montalvo = 12.22 Km.
- ▶ Tramo 3: Samanga ----- Pillaro = 5.57 Km.
- ▶ Tramo 4: Montalvo ----- Huachi = 6.53 Km.
- ▶ Tramo 5: Huachi ----- Atocha = 8.24 Km
- ▶ Tramo 6: Atocha ----- Samanga = 4.97 Km
- ▶ Tramo7: Derivación Península----- Loreto = 1.74 km

#### 6.7.9.1 Atenuación del Enlace

**Tramo 1: Oriente -----Samanga**

Número de Torres: 8

Número de Postes: 28

#### Perdidas por absorción:

$$\alpha_{ABS} = 7.81 \times 10^{-11} \times e^{(-48.48/\lambda)}$$

$$\alpha_{ABS} = 7.81 \times 10^{-11} \times e^{(-48.48/1310)}$$

$$\alpha_{ABS} = 7.526 \times 10^{-11} \text{ dB/Km}$$

### Pérdidas de Raileigh:

$$\alpha_R = \frac{8\pi^3}{3(\lambda)^4} \times (n_1^2 - 1) K T \beta$$

$$\alpha_R = \frac{8\pi^3}{3(1310)^4} \times (1.52^2 - 1)^2 (1.38 \times 10^{-23}) (301) (1)$$

$$\alpha_R = 2.0025 \times 10^{-31} \text{ dB/Km}$$

### Pérdidas por curvatura:

$$R_C = \frac{3n_1^2 \lambda}{\pi(n_1^2 - n_2^2)^{3/2}}$$

$$R_C = \frac{3(1.52)^2 (1310)}{\pi(1.52^2 - 1.51^2)^{3/2}}$$

$$R_C = 547981.5176 \text{ [m]}$$

$$R_C = 547.9815 \text{ [km]}$$

$$\alpha_{C=0} = e^{-R_C} = e^{-547.9815}$$

$$\alpha_{C=0} \text{ dB/km}$$

### Pérdidas por atenuación:

$$\alpha_{dB} = 10 \log(S/R) = 10 \log(50/49.999)$$

$$\alpha_{dB} = 8.687 \times 10^{-4} \text{ dB}$$

### Atenuación total:

$$\alpha_{Total} =$$

$$\alpha_{conec} + \alpha_{empal} + N(\alpha_{Curva} \times d) + (\alpha_{dB}) + (\alpha_{ABS} + \alpha_{Raileigh}) \times d +$$

$$\alpha_{reserva} \times d$$

$$\alpha_{Total} = (0.4) * 6 + 1(0.2) + 28x(0)(7.11) + (8.687 x 10^{-4}) \\ + (7.526 x 10^{-11} + 2.0025x 10^{-31} )(7.11) + 0.6 * 7.11$$

$$\alpha_{Total} = 6.8668 d_B$$

**Tramo 2: Oriente-----Montalvo**

Número de Torres: 3

Número de Postes: 101

**Perdidas por Absorción:**

$$\alpha_{ABS} = 7.81 x 10^{-11} x e^{(-48.48/\lambda)}$$

$$\alpha_{ABS} = 7.526 x 10^{-11} d_B/Km$$

**Pérdidas de Raileigh:**

$$\alpha_R = \frac{8\pi^3}{3(\lambda)^4} x (n_1^2 - 1) K T \beta$$

$$\alpha_R = 2.0025x 10^{-31} d_B/Km$$

**Pérdidas por curvatura:**

$$R_C = \frac{3n_1^2\lambda}{\pi(n_1^2 - n_2^2)^{3/2}}$$

$$R_C = 547.9815 [km]$$

$$\alpha_{C=e^{-R_C}} = e^{-547.9815}$$

$$\alpha_{C=0} = 0 d_B/km$$



### **Pérdidas por atenuación:**

$$\alpha_{dB} = 10 \log(S/R) = 10 \log(50/49.999)$$

$$\alpha_{dB} = 8.687 \times 10^{-4} d_B$$

### **Atenuación total:**

$$\alpha_{Total} =$$

$$\alpha_{conec} + \alpha_{empal} + N(\alpha_{Curva} \times d) + (\alpha_{dB}) + (\alpha_{ABS} + \alpha_{Raileigh}) \times d + \alpha_{reserva} \times d$$

$$\alpha_{Total} = (0.4) \times 6 + 0 + 104 \times (0)(12.22) + (8.687 \times 10^{-4}) + (7.526 \times 10^{-11} + 2.0025 \times 10^{-31})(12.22) + 0.6 \times 12.22$$

$$\alpha_{Total} = 9.7329 d_B$$

**Tramo 3: Samanga ----- Pillaro**

Número de Torres: 6

Número de Postes: 32

### **Pérdidas por Absorción:**

$$\alpha_{ABS} = 7.81 \times 10^{-11} \times e^{(-48.48/\lambda)}$$

$$\alpha_{ABS} = 7.526 \times 10^{-11} d_B / Km$$

### **Pérdidas de Raileigh:**

$$\alpha_R = \frac{8\pi^3}{3(\lambda)^4} \times (n^2 - 1) K T \beta$$

$$\alpha_R = 2.0025 \times 10^{-31} d_B / Km$$

**Pérdidas por curvatura:**

$$R_C = \frac{3n_1^2 \lambda}{\pi(n_1^2 - n_2^2)^{3/2}}$$

$$R_C = 547.9815 \text{ [km]}$$

$$\alpha_{C=0} = e^{-R_C} = e^{-547.9815}$$

$$\alpha_{C=0} \text{ dB/km}$$

**Pérdidas por atenuación:**

$$\alpha_{dB} = 10 \log(S/R) = 10 \log(50/49.999)$$

$$\alpha_{dB} = 8.687 \times 10^{-4} d_B$$

**Atenuación total:**

$$\alpha_{Total} =$$

$$\alpha_{conec} + \alpha_{empal} + N(\alpha_{Curva} \times d) + (\alpha_{dB}) + (\alpha_{ABS} + \alpha_{Raileigh}) \times d +$$

$$\alpha_{reserva}$$

$$\alpha_{Total} = (0.4) * 6 + 0 + 38 \times (0)(5.57) + (8.687 \times 10^{-4}) +$$

$$(7.526 \times 10^{-11} + 2.0025 \times 10^{-31}) (5.57) + 0.6 * 5.57$$

$$\alpha_{Total} = 5.7428 d_B$$

**Tramo 4: Montalvo ----- Huachi**

Número de Torres: 11

Número de Postes: 21

**Perdidas por Absorción:**

$$\alpha_{ABS} = 7.81 \times 10^{-11} \times e^{(-48.48/\lambda)}$$

$$\alpha_{ABS} = 7.526 \times 10^{-11} d_B / Km$$

**Pérdidas de Raileigh:**

$$\alpha_R = \frac{8\pi^3}{3(\lambda)^4} \times (n_1^2 - 1) K T \beta$$

$$\alpha_R = 2.0025 \times 10^{-31} d_B / Km$$

**Pérdidas por curvatura:**

$$R_C = \frac{3n_1^2 \lambda}{\pi(n_1^2 - n_2^2)^{3/2}}$$

$$R_C = 547.9815 [km]$$

$$\alpha_{C=0} = e^{-R_C} = e^{-547.9815}$$

$$\alpha_{C=0} d_B / km$$

**Pérdidas por atenuación:**

$$\alpha_{dB} = 10 \log(S/R) = 10 \log(50/49.999)$$

$$\alpha_{dB} = 8.687 \times 10^{-4} d_B$$

**Atenuación total:**

$$\alpha_{Total} =$$

$$\alpha_{conec} + \alpha_{empal} + N(\alpha_{Curva} \times d) + (\alpha_{dB}) + (\alpha_{ABS} + \alpha_{Raileigh}) \times d +$$

$$\alpha_{reserva}$$

$$\alpha_{Total} = (0.4) * 6 + 0 + 32 \times (0)(6.53) + (8.687 \times 10^{-4}) +$$

$$(7.526 \times 10^{-11} + 2.0025 \times 10^{-31}) (6.53) + 0.6 * 6.53$$

$$\alpha_{Total} = 6.318 d_B$$

**Tramo 5:        Huachi ----- Atocha**

Número de Torres: 20

Número de Postes: 9

**Perdidas por Absorción:**

$$\alpha_{ABS} = 7.81 \times 10^{-11} \times e^{(-48.48/\lambda)}$$

$$\alpha_{ABS} = 7.526 \times 10^{-11} \text{ dB/Km}$$

**Pérdidas de Raileigh:**

$$\alpha_R = \frac{8\pi^3}{3(\lambda)^4} \times (n_1^2 - 1) K T \beta$$

$$\alpha_R = 2.0025 \times 10^{-31} \text{ dB/Km}$$

**Pérdidas por curvatura:**

$$R_C = \frac{3n_1^2\lambda}{\pi(n_1^2 - n_2^2)^{3/2}}$$

$$R_C = 547.9815 \text{ [km]}$$

$$\alpha_{C=0} = e^{-R_C} = e^{-547.9815}$$

$$\alpha_{C=0} \text{ dB/km}$$

**Pérdidas por atenuación:**

$$\alpha_{dB} = 10 \log(S/R) = 10 \log(50/49.999)$$

$$\alpha_{dB} = 8.687 \times 10^{-4} \text{ dB}$$

**Atenuación total:**

$$\alpha_{Total} =$$

$$\alpha_{conec} + \alpha_{empal} + N(\alpha_{Curva} \times d) + (\alpha_{dB}) + (\alpha_{ABS} + \alpha_{Raileigh}) \times d + \alpha_{reserva}$$

$$\alpha_{Total} = (0.4) * 6 + 0 + 29x(0)8(8.24) + (8.687 \times 10^{-4}) + (7.526 \times 10^{-11} + 2.0025 \times 10^{-31}) (8.24) + 0.6 * 8.24$$

$$\alpha_{Total} = 7.3448d_B$$

**Tramo 6: Atocha ----- Samanga**

Número de Torres: 0

Número de Postes: 22

**Perdidas por Absorción:**

$$\alpha_{ABS} = 7.81 \times 10^{-11} \times e^{(-48.48/\lambda)}$$

$$\alpha_{ABS} = 7.526 \times 10^{-11} d_B / Km$$

**Pérdidas de Raileigh:**

$$\alpha_R = \frac{8\pi^3}{3(\lambda)^4} \times (n_1^2 - 1) K T \beta$$

$$\alpha_R = 2.0025 \times 10^{-31} d_B / Km$$

**Pérdidas por curvatura:**

$$R_C = \frac{3n_1^2 \lambda}{\pi(n_1^2 - n_2^2)^{3/2}}$$

$$R_C = 547.9815 [km]$$

$$\alpha_C = e^{-R_C} = e^{-547.9815}$$

$$\alpha_{C=0} = d_B / km$$

**Pérdidas por atenuación:**

$$\alpha_{d_B} = 10 \log(S/R) = 10 \log(50/49.999)$$

$$\alpha_{d_B} = 8.687 \times 10^{-4} d_B$$

**Atenuación total:**

$$\alpha_{Total} =$$

$$\alpha_{conec} + \alpha_{empal} + N(\alpha_{curva} \times d) + (\alpha_{d_B}) + (\alpha_{ABS} + \alpha_{Raileigh}) \times d +$$

$$\alpha_{reserva}$$

$$\alpha_{Total} = (0.4) * 6 + 0 + 22 \times (0)(4.97) + (8.687 \times 10^{-4}) + (7.526 \times 10^{-11} + 2.0025 \times 10^{-31})(4.97) + 0.6 * 4.97$$

$$\alpha_{Total} = 5.382 d_B$$

**Tramo 7: Derivación Península ----- Loreto**

Número de Torres: 4

Número de Postes: 5

**Perdidas por Absorción:**

$$\alpha_{ABS} = 7.81 \times 10^{-11} \times e^{(-48.48/\lambda)}$$

$$\alpha_{ABS} = 7.526 \times 10^{-11} d_B / Km$$

**Pérdidas de Raileigh:**

$$\alpha_R = \frac{8\pi^3}{3(\lambda)^4} x (n_1^2 - 1) K T \beta$$

$$\alpha_R = 2.0025x 10^{-31} d_B / Km$$

**Pérdidas por curvatura:**

$$R_C = \frac{3n_1^2 \lambda}{\pi(n_1^2 - n_2^2)^{3/2}}$$

$$R_C = 547.9815 [km]$$

$$\alpha_C = e^{-R_C} = e^{-547.9815}$$

$$\alpha_{C=0} = 0 \text{ dB/km}$$

**Pérdidas por atenuación:**

$$\alpha_{dB} = 10 \log(S/R) = 10 \log(50/49.999)$$

$$\alpha_{dB} = 8.687 x 10^{-4} d_B$$

**Atenuación total:**

$$\alpha_{Total} =$$

$$\alpha_{conec} + \alpha_{empal} + N(\alpha_{Curva} x d) + (\alpha_{dB}) + (\alpha_{ABS} + \alpha_{Raileigh}) x d +$$

$$\alpha_{reserva}$$

$$\alpha_{Total} = (0.4) * 6 + 0.2 + 5x(0)(1.74) + (8.687 x 10^{-4}) +$$

$$(7.526 x 10^{-11} + 2.0025x 10^{-31}) (1.74) + 0.6 * 1.74$$

$$\alpha_{Total} = 3.6448 d_B$$

### 6.7.9.2 Ancho de Banda

**Tramo 1: Oriente ----- Samanga**

$$AB = \frac{0.5}{D * Wc * \Delta \lambda}$$

$$AB = \frac{0.5}{2.6 * 5.3 * 5}$$

$$AB=2652.22 \text{ [MHz]}$$

$$AB=2.59 \text{ [GHz]}$$

**Tramo 2: Oriente (SNI) ----- Montalvo**

$$AB = \frac{0.5}{D * Wc * \Delta \lambda}$$

$$AB = \frac{0.5}{12.22 * 5.3 * 5}$$

$$AB=1544.02 \text{ [MHz]}$$

$$AB=1.508 \text{ [GHz]}$$

**Tramo 3: Samanga (SNI) ----- Pillaro**

$$AB = \frac{0.5}{D * Wc * \Delta \lambda}$$

$$AB = \frac{0.5}{5.57 * 5.3 * 5}$$

$$AB=3387.43 \text{ [MHz]}$$

$$AB=3.3080 \text{ [GHz]}$$



**Tramo 4: Montalvo ----- Huachi**

$$AB = \frac{0.5}{D * Wc * \Delta \lambda}$$

$$AB = \frac{0.5}{6.53 * 5.3 * 5}$$

$$AB=2889.43 \text{ [MHz]}$$

$$AB=2.8217 \text{ [GHz]}$$

**Tramo 5: Huachi ----- Atocha**

$$AB = \frac{0.5}{D * Wc * \Delta \lambda}$$

$$AB = \frac{0.5}{8.24 * 5.3 * 5}$$

$$AB=2289.79 \text{ [MHz]}$$

$$AB=2.2361 \text{ [GHz]}$$

**Tramo 6: Atocha ----- Samanga**

$$AB = \frac{0.5}{D * Wc * \Delta \lambda}$$

$$AB = \frac{0.5}{4.97 * 5.3 * 5}$$

$$AB=3796.363 \text{ [MHz]}$$

$$AB=3.7073 \text{ [GHz]}$$

### Tramo 7: Derivación Península----- Loreto

$$AB = \frac{0.5}{D * Wc * \Delta \lambda}$$

$$AB = \frac{0.5}{1.74 * 5.3 * 5}$$

$$AB=10843.83 \text{ [MHz]}$$

$$AB= 10.5896 \text{ [GHz]}$$

#### 6.7.9.3 Resumen del Cálculo del Enlace

# Tramo	Subestación	Pérdida Total(dB)	Ancho de banda disponible (GHz)
1	Oriente - Samanga	10.11	2.59
2	Oriente - Montalvo	15.62	1.508
3	Samanga-Píllaro	8.37	3.308
4	Montalvo-Huachi	9.53	2.821
5	Huachi-Atocha	11.44	2.2361
6	Atocha-Samanga	7.77	3.7073
7	Derivación Península-Loreto	4.14	10.5896

Tabla 6.4 Resumen de pérdidas y ancho de banda en las subestaciones

#### 6.7.9.4 Verificación de los Resultados de Atenuación

- Las pérdidas ocasionan una disminución en el ancho de banda de la transmisión, y por ende de la eficiencia y de la capacidad total del sistema de comunicación óptico.
- Los enlaces más cortos disponen de un mayor ancho de banda con respecto a los enlaces que presentan mayores distancias.
- Cabe señalar que el cálculo efectuado tiene que ver con el ancho de banda que se dispondrá en cada enlace, y no con el requerido.
- Las pérdidas obtenidas en el enlace están en los límites aceptables (Ver tabla 6.9), por lo que se considerará un enlace adecuado.

- Los cálculos son confiables debido a que se tomaron valores reales de F.O. de distancias y temperatura.
- Se concluye que a mayor distancia existe mayor atenuación en el enlace.
- Se utilizó los valores de la longitud de onda dados sin su factor multiplicativo para obtener exactitud en el momento de encontrar los diferentes tipos de pérdida.

### 6.7.10 Influencias sobre Cables Ópticos

Para asegurar un funcionamiento confiable deberán considerarse ciertos efectos sobre los cables ópticos:

#### a) Efecto de la Fuerza de Tracción

La atenuación varía en función de la fuerza de tracción ejercida sobre la fibra. Un cable óptico bajo tracción no incrementa su atenuación en tanto y cuanto la protección secundaria permanezca sin tensión. En general se considera que hasta con un 0,5 % de alargamiento de la fibra no se aprecian variaciones en la atenuación.

Por encima de ese valor se producen micro curvaturas de la fibra, aún dentro del tubo protector, lo que hace incrementar rápidamente la atenuación. En la Figura 6.12 se describe, típicamente, la forma de variación de la atenuación.

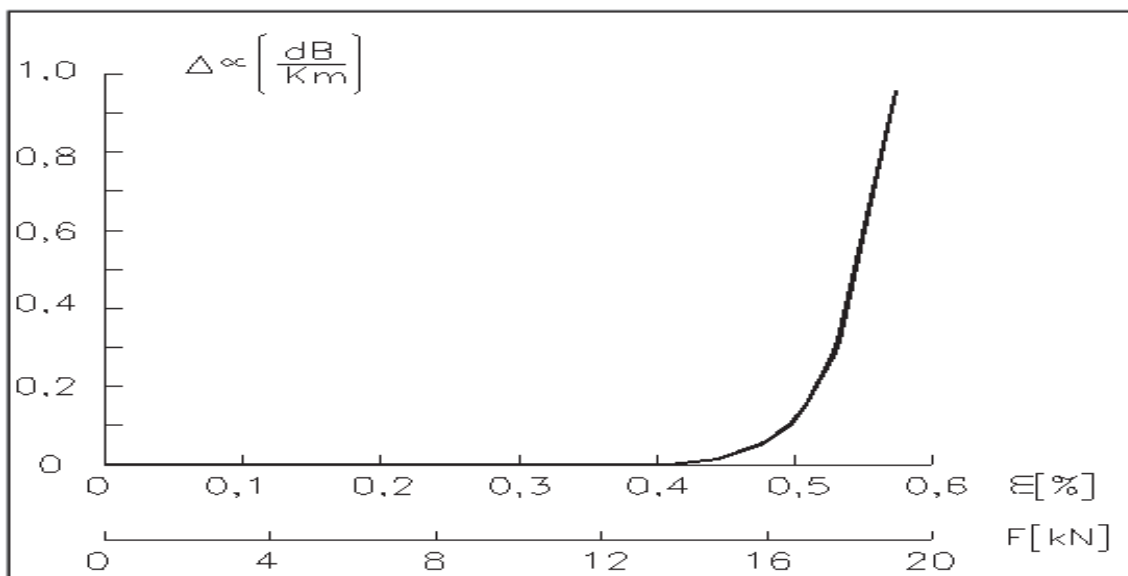
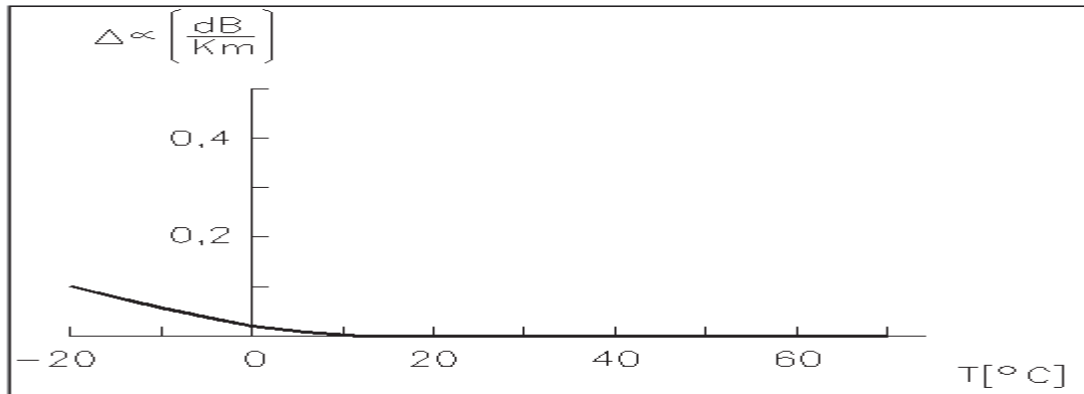


FIG. 6.12 Atenuación por Efecto de la Fuerza de Tracción

Asimismo, influyen los esfuerzos radiales, el curvado y la torsión, los cuales producen micro fracturas y consecuentemente, el incremento de la atenuación. Por ello, deben tomarse precauciones al elegir los recorridos y los métodos de tendido.

**b) Efecto de la Temperatura**

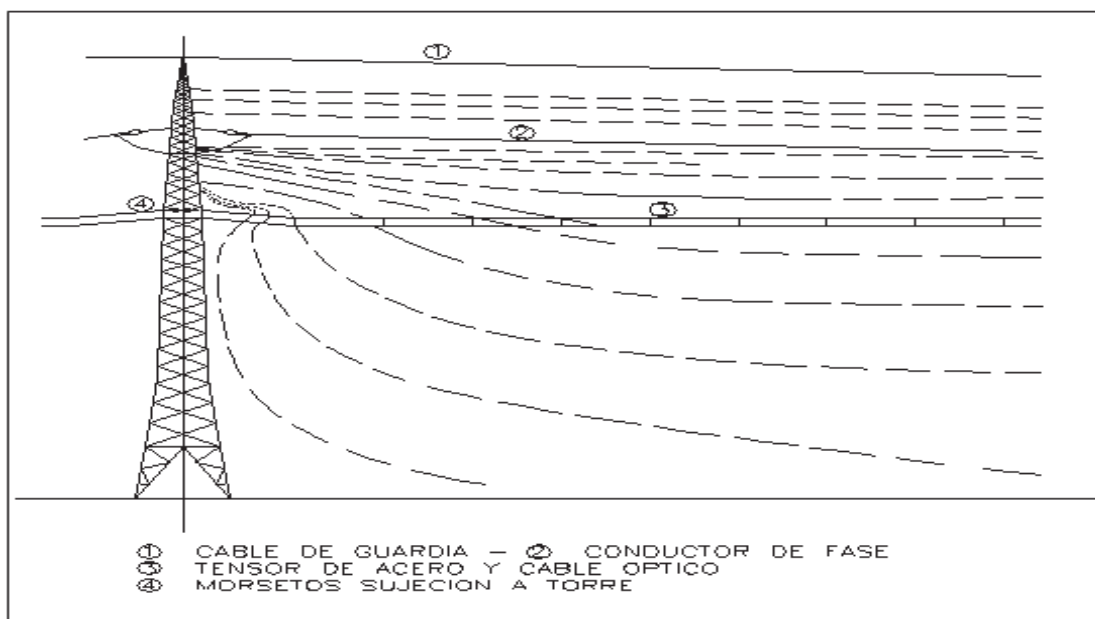
La temperatura influye en la atenuación de la fibra según puede apreciarse en la Fig. 6.13



**FIG. 6.13 Atenuación por efecto de la Temperatura**

**c) Efecto de Campos Electromagnéticos**

Cuando el cable es totalmente dieléctrico, en sus partes superficiales próximas a herrajes puestos a tierra, se producen tensiones dieléctricas debidas al campo eléctrico de los conductores de fase. Estas tensiones dieléctricas generan corriente de descarga.



**FIG. 6.14 Campo Eléctrico sobre Cable Óptico**

En la Figura 6.14 se describen los efectos del campo electromagnético en una torre con cable óptico dieléctrico suspendido.

A medida que la distancia es menor a 0,5 metros el efecto del campo eléctrico sobre la cubierta es mucho más importante. En la Figura 6.15 se indica el efecto de variación del campo eléctrico en las proximidades de la torre.

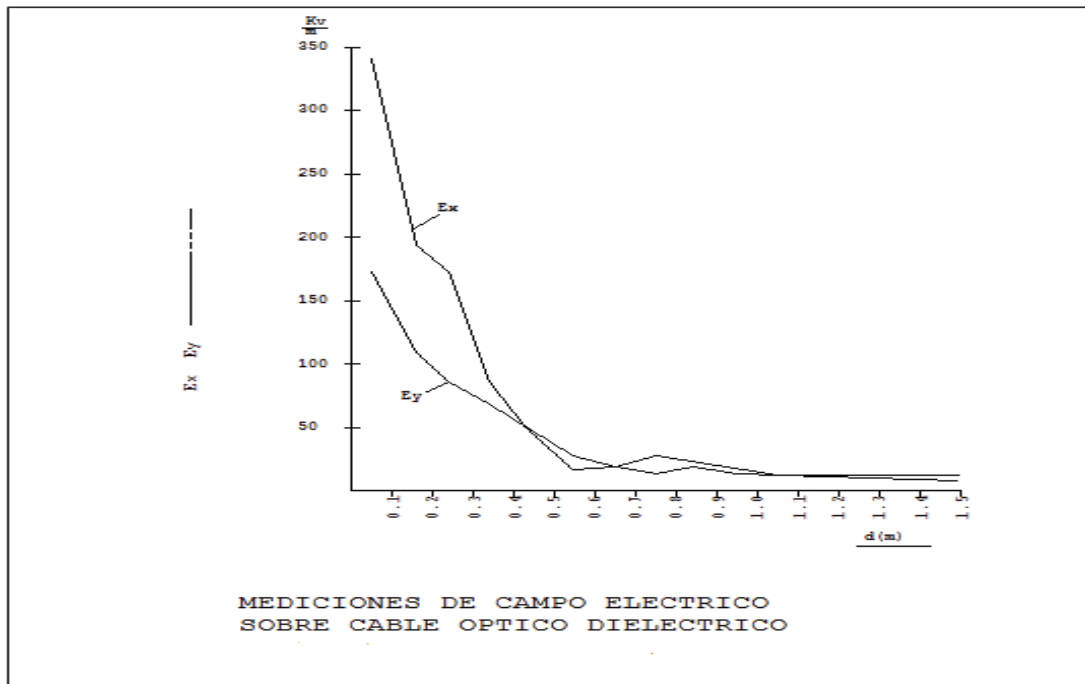


Fig. 6.15 Mediciones de Campo Eléctrico sobre Cable Óptico Dieléctrico

#### d) Efecto del Agua/Humedad

El agua influye de dos formas en la fibra:

- La presencia de humedad sobre la superficie de vidrio incrementa las fisuras y grietas sobre la superficie.

La velocidad de aumento de las fisuras depende de la tensión mecánica y de la cantidad de agua presente.

#### e) Aspectos a Considerar

- Se debe considerar que la tensión sobre la fibra de diseño sea menor que la de ensayo.
- Es aconsejable trabajar con valores inferiores, en un 20%, a los fijados por el fabricante, de manera de asegurar la vida útil de la fibra.

### **6.7.11 Requerimientos para el Diseño de la Red de Fibra Óptica en el Anillo 69kV de la EEASA.**

Los requerimientos que se presentan para el diseño de la red mediante fibra óptica para el anillo 69kV son los siguientes:

- Se requiere un modelo de red escalable, flexible y redundante de manera que se pueda ir incrementando la capacidad de la red sin la necesidad de aumentar nuevos equipos y fibra óptica.
- La red debe ser capaz de manejar cualquier tipo de servicio, entre ellos tenemos: Ethernet, Gigabit Ethernet, SONET/SDH, TDM, ATM, FDDI (norma ANSI X3T9.5) (Fiber Distributed Data Interface - Interfaz de Datos Distribuida por Fibra).
- La red propuesta debe ser capaz de soportar la mayor cantidad de aplicaciones actuales y futuras como: datos, voz, video, servicios de vpn, video conferencia, Ipv6, entre otras, logrando así un sistema muy estable y eficiente.
- Los enlaces deben estar diseñados para soportar las necesidades actuales y futuras de tráfico como ancho de banda y velocidad.
- Para el trazado y tendido de la red de fibra debe aprovecharse de la infraestructura existente entre las sub-estaciones.

#### **6.7.11.1 Parámetros de Diseño**

A fin de optimizar los canales y la red de comunicaciones, se propondrá con la mayor exactitud posible la cantidad y características de la información que la EEASA puede transmitir a través de la fibra óptica.

##### **a) Cuantificación de la Información**

Las señales e información a transmitir que la EEASA puede implementar para sacar el mayor provecho de los canales de fibra óptica provienen de:

- Troncales de voz para vinculación entre centrales telefónicas (digitales o analógicas)

- Transmisión de órdenes de protección
- Transmisión de datos en baja, media y alta velocidad
- Transmisión de datos para la Operación en Tiempo Real (SOTR)
- Transmisión de datos para la Desconexión Automática de Generadores (DAG)
- Transmisión de órdenes para la DAG
- Transmisión de imágenes
- Vinculación a redes Ethernet
- Alquiler de las fibras ópticas desocupadas para aplicaciones de interés de otras empresas.
- Entre otras, según las necesidades y requerimiento del Sistema.

Se estimará la cantidad de información a transmitir de forma general, provenientes de los sistemas o centrales que conforman la red de comunicaciones, y se adicionarán los crecimientos futuros previstos más sobresalientes.

<b>Tipo de Datos</b>	<b>V<sub>tx</sub> [Kbps]</b>
Sistema SCADA	1200
Voz IP	64
Video-Vigilancia	1500
<b>TOTAL</b>	<b>2.764</b>

**Requerimientos generales de capacidad de canal**

Tomando como referencia general las necesidades de la EEASA en la actualidad es la transmisión de datos por el sistema SCADA y que a futuro se implemente aplicaciones de tiempo real como video vigilancia, telecontrol. El requerimiento de velocidad a ser transmitida es pequeño en comparación a lo proporcionado por la fibra óptica, pero debido a que se pueden aplicar nuevos servicios tanto para la empresa como para sus clientes esto demandaría más consumo de canal por lo que se justifica el uso de fibra monomodo de gran capacidad.

#### **b) Calificación de la Información**

Paralelamente a la identificación y estimación de la cantidad de señales e información a transmitir, son necesarias las características mínimas para su definición:

- Troncales de voz a dos o cuatro hilos.
- Órdenes de protección, para vinculación analógica y su interfaz respectiva.
- Órdenes de protección, para vinculación digital.
- Indicar la cantidad de órdenes de disparo independientes y simultáneas que se desea transmitir.
- La frecuencia central, el ancho de banda y las tolerancias de las señales, referenciadas a las normas ITU-T:
  - Baja velocidad (hasta 9600 bps),
  - Velocidad media (< 64 Mbps),
  - Alta velocidad (>64 Mbps).

Las funciones de operación en tiempo real del sistema de transmisión de datos para el SOTR, así como sus requerimientos y características, deberá dedicarse un canal para el envío de información en el caso de que a futuro se necesite mayor capacidad por nuevas aplicaciones se podrá implementar con las fibras ópticas sobrantes.

### **c) Tipos de Canales**

El Sistema de FO puede abastecer un gran número de canales a través de multiplexores ligados a cada estación. Los canales para las aplicaciones de seguridad y servicio del sistema, deberán ser totalmente dedicados a cada una de las funciones antes descritas u otras según las necesidades.

## **6.7.11.2 Criterio de Diseño**

### **a) Disponibilidad del Sistema Óptico**

El sistema digital de comunicaciones de alta disponibilidad deberá poseer una tasa de error que no supere valores de  $BER = 10^{-6}$ , aunque en la práctica se pueden lograr valores de  $BER = 10^{-10}$ . El Sistema de Comunicaciones se degrada por las fallas en los equipos y por los errores de la información transmitida. Dada la inexistencia de “fading”, los sistemas ópticos son más estables que los radioenlaces.

Un sistema óptico presenta una mayor seguridad en la transmisión de información, pero ante un daño o una falla, requiere un tiempo de reparación y normalización mucho mayor.



## b) Tasa de Error

Las influencias externas tales como descargas, rayos, etc., no afectan a la transmisión óptica, pero pueden incidir sobre los equipos e introducir errores aleatorios en la información que se transmite. De allí que los Sistemas de Comunicación deben poseer alta inmunidad a las interferencias electromagnéticas (EMI), la que se logra verificando la conformación de las cajas y gabinetes, así como su puesta a tierra.

La calidad del Sistema de Transmisión Digital será ponderada por su tasa de errores BER:

- Sistemas muy buenos:  $BER = 10^{-9}$  a  $10^{-10}$ .
- Sistemas buenos:  $BER = 10^{-6}$ .
- Sistemas degradados:  $BER = 10^{-3}$  a  $10^{-5}$ .
- Sistemas dañados:  $BER > 10^{-3}$ .

### 6.7.12 Requerimientos Técnicos Generales de la Fibra Óptica

- 1) El cable de fibra óptica ofertada deberá ser del tipo auto soportada ADSS (All-Dielectric, Self-Supporting fiber optic Cable), monomodo de 12 y 24 hilos ópticos, para la interconexión de las Centrales.

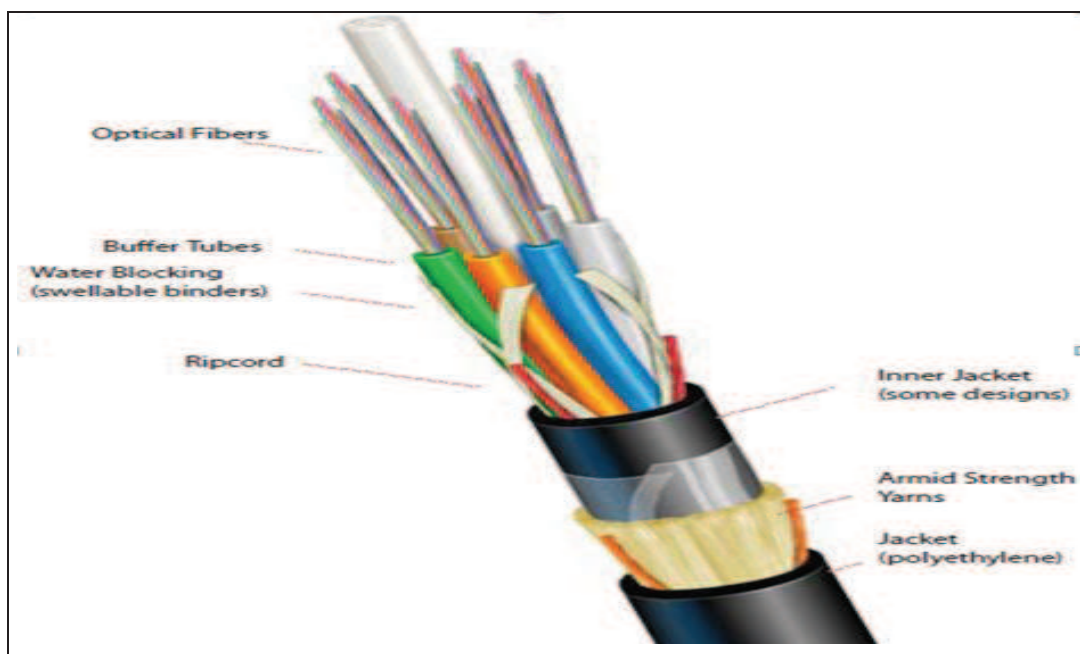


Fig.6.16 Fibra óptica de tipo ADSS

- 2) Para las sub-estaciones con vanos muy extensos deberá ofertarse un tensor de acero independiente conectado a tierra y sujetado la fibra óptica con grapas.
- 3) El cable de fibra óptica deberá soportar las tensiones y su propio peso en vanos de:
- Hasta 346 metros entre estructura y estructura de soporte para las Centrales Oriente-Samanga y un tensor de acero para soporte de 527 y 923 metros.
  - Vano de 298 metros para el enlace Oriente - Montalvo
  - Distancia de estructura a estructura de 344 metros de soporte entre las sub-estaciones Samanga - Pillaro y tensor de acero para vanos de 848 metros.
  - Hasta 423 metros de tensión de soporte a soporte para las centrales de Montalvo-Huachi.
  - Hasta vano de 391 metros de estructura a estructura de las sub-estaciones Huachi-atocha y tensor de acero para 987 metros, 507 metros y 616 metros.
  - Distancia de estructura a estructura de 348 metros de tensión entre las sub-estaciones Atocha-Samanga y tensor de acero para vanos de un máximo de 565 metros.
  - Vanos de 172 metros para la derivación Península-Loreto y tensor de acero para vano de 858m.
- 4) Detalle general de las distancias de la fibra óptica de cada sub-estación.

Nombre S/E	Vano máx. (m)	Vano máx. Tensor Acero (m)	F.o. (km)	Tensor de Acero (km)
Oriente-Samanga	346	924 y 528	7,2	0,924 ; 0,528
Oriente-Montalvo	298	0	12,3	0
Samanga-Pillaro	344	848	5,57	1,667
Montalvo-Huachi	423	850	7,2	0,85
Huachi-Atocha	479	507; 616; 987	8,24	0,5;0,61;1,9
Atocha-Samanga	348	565	4,97	1,12
Derivación Península-Loreto	172	858	2,1	0.858

Tabla 6.5 Distancia de fibra óptica necesaria de las subestaciones

- 5) El cable de fibra óptica será instalada en las estructuras de las líneas de 69 kV, a dos o tres metros de la línea, pero mínimo de 7 a 8 metros de altura sobre el piso.
- 6) El cable de fibra óptica debe cumplir con la norma internacional de telecomunicaciones G.652

La Unión Internacional de Telecomunicaciones en el sector de normalización (UIT-T) ha publicado dos recomendaciones para tendidos aéreos de fibra óptica monomodo que son:

**a) G.652: Características de las fibras y cables ópticos monomodo**

La recomendación G.652 describe las características geométricas, mecánicas y de transmisión de un cable monomodo diseñado para transmitir en la región de los 1310 nm de longitud de onda en donde se tiene dispersión nula. Es ideal para transmitir en altas velocidades en distancias medias y largas.

Cuenta con cuatro variaciones de la norma, las cuales se detallan a continuación:

- **G.652.A:** presenta los atributos y valores recomendados para el soporte de aplicaciones que corren sobre sistemas de hasta STM3
- **G.652B:** contiene las características y valores recomendados para el soporte de aplicaciones de velocidades binarias de hasta STM-64.
- **G.652C:** es semejante a la G.652.A, con la variación que permite transmisiones sobre un rango de longitudes de onda que va desde los 1360 nm hasta los 1530 nm.
- **G.652D:** es semejante a la G.652.B, pero permite transmisiones sobre un rango de longitudes de onda que va desde los 1360 nm hasta los 1530 nm.

Atributos de la fibra G.652.D		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro del campo modal <sup>1</sup>	Longitud de onda	1310 nm
	Gama de valores nominales	8,6 – 9,5 $\mu\text{m}$
	Tolerancia	$\pm 0,6 \mu\text{m}$
Diámetro del manto	Nominal	125,0 $\mu\text{m}$
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0,6 $\mu\text{m}$
No circularidad del revestimiento	Máximo	1,0 %
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1625 $\mu\text{m}$	0,1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0,69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{\text{omin}}$	1300 nm
	$\lambda_{\text{omax}}$	1324 nm
	$S_{\text{omax}}$	0,092 ps/nm <sup>2</sup> .Km
Atributos del cable		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo de 1310 a 1625 nm	0,4 dB/Km
	Máximo de 1383 nm $\pm 3$ nm	$\leq 0,4$ dB/Km
	Máximo a 1550 nm	0,3 dB/Km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0,01 %
	PMD <sub>C</sub> máximo	0,20 ps / $\sqrt{\text{Km}}$

Tabla 6.6 Características de la fibra óptica monomodo (Recomendación UIT-T G.652D)

**b) G.655: Características de Fibras y Cables Ópticos monomodo con dispersión desplazada no nula (Non Zero Dispersion Shifted Fiber, NZDSF)**

La recomendación G.655 describe a las fibras monomodo en las cuales el punto de dispersión cromática nula es desplazado a longitudes de onda por encima o por debajo de los 1550 nm. Para éstas longitudes de onda la dispersión cromática, si bien no se anula, es notoriamente baja.

Se comporta efectivamente en transmisiones de múltiples longitudes de onda a través de la misma fibra, específicamente para sistemas que utilizan la multiplexación por división en longitud de onda densa (DWDM, dense wavelenght division multiplexing) y sistemas que utilizan la multiplexación por división de longitud de onda gruesa (CDWM, coarse wavelenght division multiplexing). Son recomendadas para enlaces de larga distancia. Las características de transmisión de la norma G.655 tiene mejores prestaciones la capacidad requerida para los enlaces a diseñar a corto y a largo plazo no justifica la inclusión de este tipo de cable.

Los enlaces de fibra óptica requeridos por la EEASA son de distancias cortas y medias, con lo cual sería suficiente la utilización de un cable monomodo que cumpla con la recomendación G.652 siendo la más utilizada la G.652D, debido principalmente a que sobre la misma se soportan altas tasas binarias de transmisión de datos, y permite además transmisiones en un rango amplio de longitudes de onda adicionales que va desde los 1360 nm hasta los 1530 nm. Esta fibra se la conoce también como de pico de agua cero (*ZWP, Zero Water Peak*) ya que los picos de atenuación causados por iones hidroxilo se eliminan casi en su totalidad gracias a procesos de fabricación que evitan toda posible fuente de agua, lo cual desemboca en un aumento de aproximadamente del 33% de capacidad extra.

- 7) El cable de fibra óptica debe ser fabricado de acuerdo a las normas de los sistemas de calidad ISO 9001.
- 8) El proveedor se encargará de instalar, realizar las pruebas del cable y dejar listo para funcionamiento el cable de fibra óptica.
- 9) Los materiales de instalación que comprende los herrajes de suspensión, herrajes de retención y amortiguadores de viento, deben ser definidos de acuerdo a las características de cada enlace.
- 10) La propuesta económica del cable de fibra óptica, accesorios, materiales de instalación, tendido, fusión y pruebas del sistema de fibra óptica; se debe indicar los valores parciales de cada enlace entre Central de Generación y Central de Generación.

- 11) Se deberá entregar un cronograma de instalación y entrega de materiales; así como también un cronograma y plazos de instalación del cable de fibra óptica.

### 6.7.12.1 Accesorios y Fibra Óptica a Utilizar

Tomando en consideración los parámetros expuestos anteriormente en la sección influencia sobre cables ópticos se deduce que es aconsejable usar valores inferiores a un 20% de los fijados por el fabricante, motivo por el cual en la siguiente tabla se adecuaron los valores de la mejor forma tanto económica como técnica, rigiéndose a lo disponibilidad de los fabricantes.

# de	$\lambda$	Span F.O.(Dual Jacket)		Cantidad F.O.	Cantidad Total + (20%)
		Fibras	nm		
12	1310	1000	305	12,56	15,072
12	1310	1200	366	17,94	21,528
12	1310	1600	488	15,44	18,528
24	1310	600	183	2.1	2.52

Tabla 6.7 Cantidad de fibra óptica requerida

Vano Tensor de Acero		cantidad T.A.		Cantidad Total + (20%)
ft	m	Km	Km	
1732,2	528	1,03	1,236	
2020,9	616	1,73	2,076	
2814,97	858	3.368	4,041	
3238,2	987	2,82	3,384	

Tabla 6.8 Cantidad de Tensor de Acero requerido

Las fibras ópticas requeridas serán entregadas en una sola vez y en una bobina separada cada tipo.

El 20% que se adiciona se justifica mediante los siguientes parámetros:

- ✓ Las distancias obtenidas se realizaron vía GPS por lo que cabe un cierto rango de error por el difícil acceso a todos los puntos de ubicación de torres y postes.
- ✓ La distancia total obtenida está contemplada radialmente sin ningún tipo de curvaturas.

- ✓ Mientras más grande es la distancia entre los vanos de las sub-estaciones es inevitable que se produzca cierta curvatura en la fibra óptica.
- ✓ En las tablas expuestas la distancia de entrada a los cuartos de equipos no está considerada debido a que las torres o postes de llegada a las sub-estaciones están cerca de los puntos de monitoreo de cada una.
- ✓ En la distancia del tensor de acero es prudente conectar a tierra y el 20% adicional permitirá moverse hacia donde se requiera el tensor en las diferentes conexiones.
- ✓ Es recomendable que la fibra óptica y el tensor de acero no falte al momento de la instalación.

### **6.7.12.2 Características Generales del Enlace Óptico**

#### **a) Características de la Fibra Óptica para el Enlace**

- La cubierta del cable debe ser de polietileno dado que posee mayor resistencia a las corrientes de fuga que se producen como consecuencia de la capacidad entre la superficie del cable y las partes puestas a tierra.
- Se recomienda que estos cables posean debajo de la cubierta exterior, una capa de hilos Kevlar (es una poliamida sintetizada se usan típicamente como refuerzo en tiras por sus buenas propiedades mecánicas), impregnados en sustancia conductora, que permita la circulación de corriente inducida por el campo eléctrico, con lo cual se reduce en forma importante los efectos sobre la cubierta exterior.
- Las medidas para mejorar las condiciones se complementan con la instalación de electrodos de control (anillos o espirales) en la proximidad de los herrajes de sujeción a las estructuras metálicas.
- En zonas con condiciones de vandalismo se debe agregar al cable una camisa dieléctrica resistente a disparos, golpes, etc.

## b) Características y Referencias del Sistema de Transmisión Óptico

Velocidad de Transmisión	Mbit/s	140
Tipo de Fibra		Fibra Monomodo
		1310 nm
<b>Transmisor Óptico</b>		
Diodo Láser		
Long. de Onda	nm	1285-1330
Ancho Espectral	nm	<5
Potencia Transmitida (detrás del conector)	dBm	-5
<b>Receptor Óptico</b>		
Potencia Recibida	dBm	-38
Atenuación máxima permitida entre extremos, incluyendo margen de 3 dB	dB	30
Coeficiente de Atenuación de la fibra	dB/km	0.4
Pérdidas Medias por Empalme	dB/empalme	0.1-0.05
Pérdida por Empalme por unidad de longitud	dB/km	0.1-0.025
Margen de Reparación	dB/km	0.2-0
Coeficiente de Atenuación de los Cables	dB/km	0.7-0.425

Tabla 6.9 Características y referencias del sistema de transmisión óptico

### 6.7.12.3 Herrajes

Para el tendido aéreo del cable de fibra óptica seleccionado se requieren los herrajes de suspensión (Ver fig.6.17) y retención (Ver fig.6.18), los cuales se dispondrá en cada uno de los postes de hormigón o torres dependiendo del trayecto. Se los utiliza de manera que cuando se tiene un trayecto recto se colocan herrajes de suspensión; mientras que, cuando se presenta un camino irregular se colocan herrajes de retención. Además, debido a que existen rectas extensas en el trayecto, se acostumbra la inclusión de herrajes de retención cada dos o tres tramos en los que se deben utilizar herrajes de suspensión. El número y naturaleza de los herrajes necesarios para cada uno de los enlaces están especificados a continuación (Ver tabla 6.10)





Fig. 6.17 Herrajes de suspensión para el tendido de cable ADSS



Fig. 6.18 Herrajes de retención para el tendido de cable ADSS

a) Cantidad de Herrajes de Suspensión y de Retención Necesarios

# Tramo	Subestación	Postes y torres		Herrajes	
		Postes	Torres	Suspensión	Retención
1	Oriente-Samanga	28	8	17	19
2	Oriente-Montalvo	101	3	51	53
3	Samanga-Píllaro	32	6	18	20
4	Montalvo-Huachi	21	11	15	17
5	Huachi-Atocha	9	20	13	16
6	Atocha-Samanga	22	0	10	12
7	Derivación Península- Loreto	5	4	3	6
<b>Total</b>				<b>127</b>	<b>143</b>

Tabla6.10 herrajes de retención y suspensión

### **6.7.13 Diseño de la Red de Fibra Óptica entre las Subestaciones de la Empresa Eléctrica Ambato S.A.**

La presente propuesta de diseño de la red de fibra óptica tiene como objetivo cubrir el anillo 69kV de la EEASA para ello el nodo principal de este proyecto está ubicado en la subestación Loreto. Por este nodo atraviesa actualmente una fibra óptica monomodo de 24 hilos de tipo subterráneo, que sale del cuarto de equipos del segundo piso del edificio central hacia la subestación Loreto y llegando al Carrier ubicado en la misma posición.

Internamente la EEASA a partir del nodo mencionado distribuye hacia los departamentos y edificios para la recepción y transmisión de información con fibra multimodo. La elaboración del diseño de la red de Fibra Óptica está realizada en AUTOCAD y contempla los siguientes aspectos:

#### **a) Ubicación de las Subestaciones**

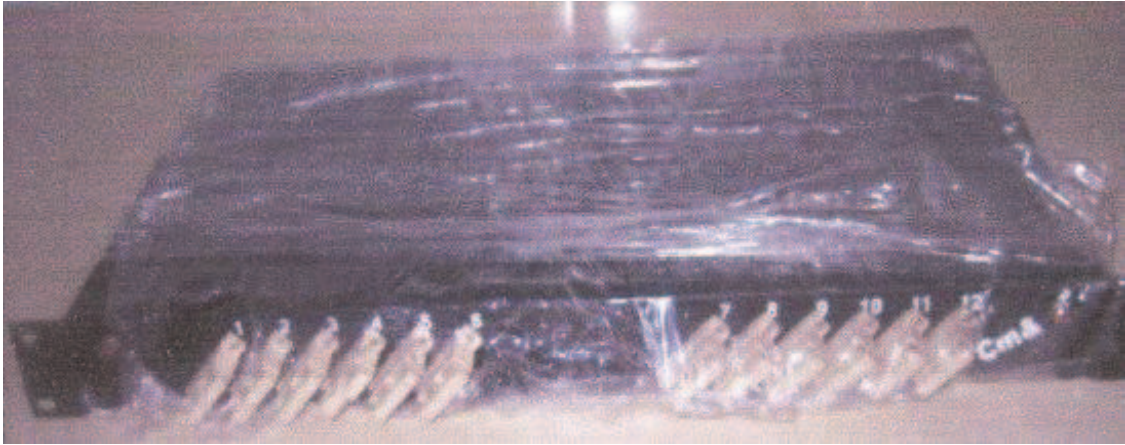
Para las ubicaciones de las subestaciones que competen a este estudio se tomó en cuenta cada poste y torre de los recorridos de las líneas de subtransmisión (**Ver anexo 3**).

#### **b) Diseño de la Ruta**

Para el diseño de la ruta se tomó en cuenta los requerimientos expuestos anteriormente. Para el tendido de fibra óptica se aprovechará la infraestructura existente por tal motivo debe recorrer por todos los postes y torres del anillo 69kV de subestación a subestación (**Ver anexo 3**).

#### **c) Diseño del Enlace**

A los cuartos de equipos existentes en las subestaciones llegará el cable de fibra óptica de tendido aéreo, dentro de los mismos se colocará un rack al cual se empotrará un convertidor de fibra óptica a patch cord, un Switch, ODF de 24 puertos SC con su respectivo organizador de cables (**Ver anexo 4**), como se observa en las figuras 6.19 y 6.20 además se ubicará una regleta de energía.



**Fig. 6.19 ODF**



**Fig. 6.20 Organizador de Cables**

#### **6.7.14 Conectores**

Estos elementos se encargan de conectar las líneas de fibra a un elemento, ya puede ser un transmisor o un receptor. Los tipos de conectores disponibles son muy variados, los más frecuentes se relacionan en la tabla siguiente:

<b>Conectores</b>	<b>Acoplamiento</b>	<b>Tipo de fibra óptica</b>	<b>Pérdidas Conectores</b>
ST (Straight Tip)	Bayoneta	SM y MM	0.30 SM – 0.40 MM
SMA (SubMiniature version A)	Rosca	MM	0.60 MM

Conectores	Acoplamiento	Tipo de fibra óptica	Pérdidas Conectores
FC/PC (Fiber Connector)	Guía+Rosca	SM Y MM	0.20 SM – 0.15 MM
SC (Subscriber Connector o Standard Connecto)	Push-Pull	SM y MM	0.20 SM – 0.15 MM

**Tabla 6.11 Conectores en fibra óptica**



**Fig. 6.21 Tipos de conectores más usados en fibra óptica**

- FC, se usa en la transmisión de datos y en las telecomunicaciones.
- FDDI, se usa para redes de fibra óptica.

- LC y MT-Array, se utilizan en transmisiones de alta densidad de datos.
- SC y SC-Dúplex se utilizan para la transmisión de datos.
- ST o BFOC se usa en redes de edificios y en sistemas de seguridad.

#### a) Selección de Conector:

Es aconsejable utilizar el conector 568SC pues este mantiene la polaridad, la posición correspondiente a los dos conectores del 568SC en su adaptador, se denominan como A y B. Esto ayuda a mantener la polaridad correcta en el sistema de cableado y permite al adaptador a implementar polaridad inversa acertada de pares entre los conectores, motivo por el que últimamente lo prefieren y está siendo muy utilizado.

### 6.7.15 Emisores Ópticos

Estos dispositivos se encargan de convertir la señal eléctrica en señal luminosa, emitiendo el haz de luz que permite la transmisión de datos, estos emisores pueden ser de dos tipos:

- **LEDs.-** Utilizan una corriente de 50 a 100 mA, su velocidad es lenta, solo se puede usar en fibras multimodo, su uso es sencillo.
- **Lasers.-** Este tipo de emisor usa una corriente de 5 a 40 mA, son muy rápidos, se puede usar con los dos tipos de fibra, monomodo y multimodo, pero por el contrario su uso es difícil.

#### b) Comparación LED – LASER

Orientativamente podemos realizar la siguiente comparación entre emisores LED y Láser, tomando en consideración que la fibra elegida va a trabajar en segunda ventana:

$$\frac{\text{Potencia Laser}}{\text{Potencia LED}} = 0\text{dBm} - (-15\text{ dBm}) = 15\text{ dB aprox. } 32\text{ veces}$$

$$\frac{\text{Ancho Espectral LED}}{\text{Ancho Espectral Laser}} = \frac{80\text{ nm}}{1\text{ nm}} \quad \text{aprox. } 80\text{ veces}$$

$$\frac{\text{Vida Util LED}}{\text{Vida Util Laser}} = \frac{10^6}{10^5} \quad \text{aprox. } 10\text{ veces}$$

### c) Selección de Emisor

Los emisores ópticos deberán poseer algunas cualidades mínimas como son:

- Poseer una larga vida útil.
- Utilizar la emisión óptica en el área espectral que mejor se adecue a la fibra específica para lograr baja absorción y dispersión.
- Poseer un alto rendimiento de acoplamiento “emisor óptico-fibra”.

A continuación se muestra las principales ventajas e inconvenientes de los emisores para tener un criterio más amplio de selección:

	<b>Emisor LED</b>	<b>Emisor Láser</b>
<b>VENTAJAS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Larga vida</li><li>• Bajo consumo</li><li>• Disposición simple</li><li>• Precio bajo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Potencia emitida alta</li><li>• Emisión direccional</li><li>• Tiempo de respuesta bajo (menor que 1 nseg.)</li></ul>
<b>INCONVENIENTES</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Potencia emitida baja</li><li>▪ Tiempo de respuesta lento (orden de 100 nseg.)</li><li>▪ No apto para fibras SM</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Sensible a temperatura</li><li>▪ Precio alto</li><li>▪ Vida útil menor</li></ul>

Tabla 6.12 Ventajas y desventajas de los emisores led y láser

Para el enlace de fibra óptica entre las sub-estaciones de la EEASA es una buena opción utilizar emisor láser por las características anteriormente detalladas a más de que la fibra que vamos a utilizar es de tipo monomodo.

#### 6.7.16 Convertidores Opto-Electrónicos

Al momento de escoger un convertidor apropiado para que cumpla las funciones requeridas con la fibra óptica hay que tener en cuenta lo siguiente:

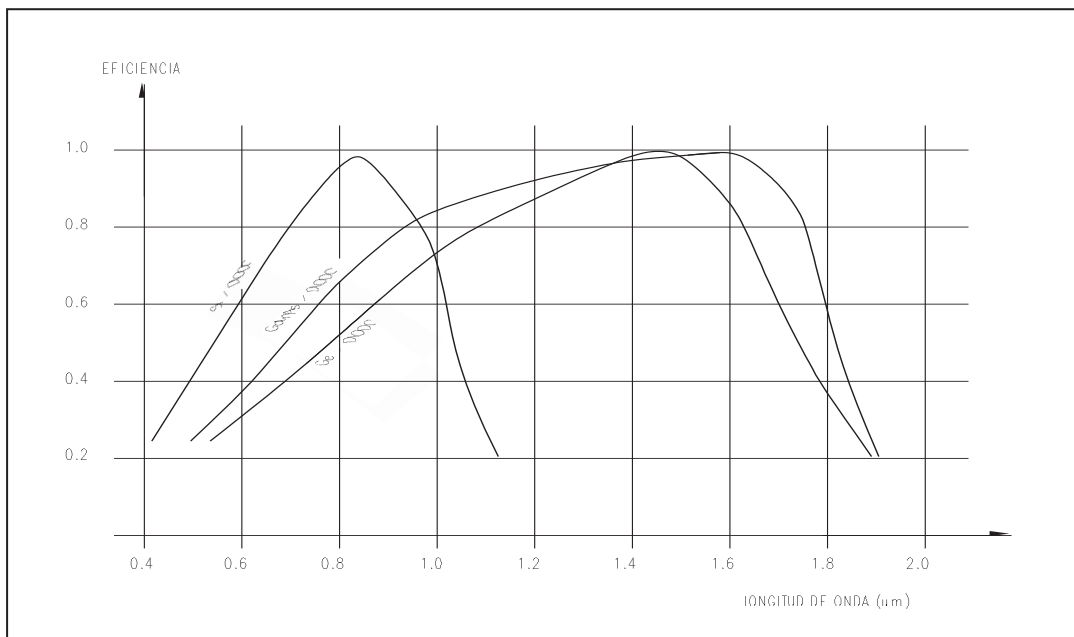
La obtención de una potencia lumínica pequeña que sea detectable con una tasa de error

(BER) determinada se logra con convertidores que posean bajo ruido y una sensibilidad determinada en el área espectral deseada.

Dispositivo	Si	Ge	InGaAs	
Long. de onda (nm)	600:900	1100:1500	1200:1600	
Ventana	1era	<u>2da</u>	2da	3ra
Sensibilidad típica del receptor (dBm) (para un BER= $10^{-9}$ (a velocidad de 34 Mbps)	-51	-45	-45	1

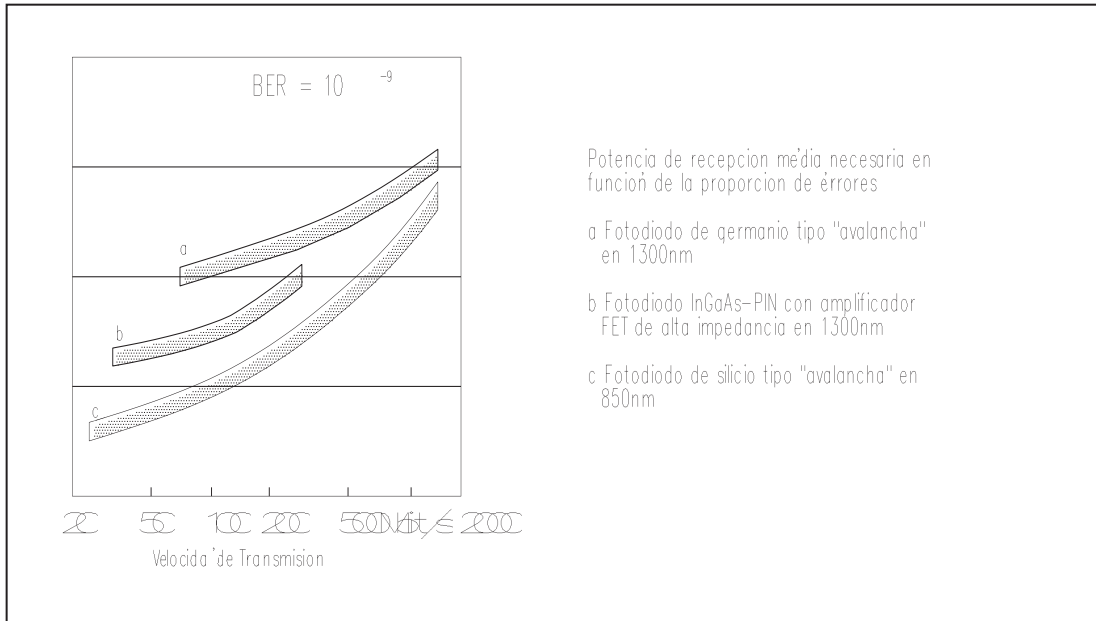
**Tabla 6.13 Características de Receptor Óptico**

Tal sensibilidad está constituida por la potencia óptica mínima que es capaz de recibir, garantizando una tasa de error BER determinada (típicamente de valor  $10^{-9}$  y  $10^{-10}$ ).



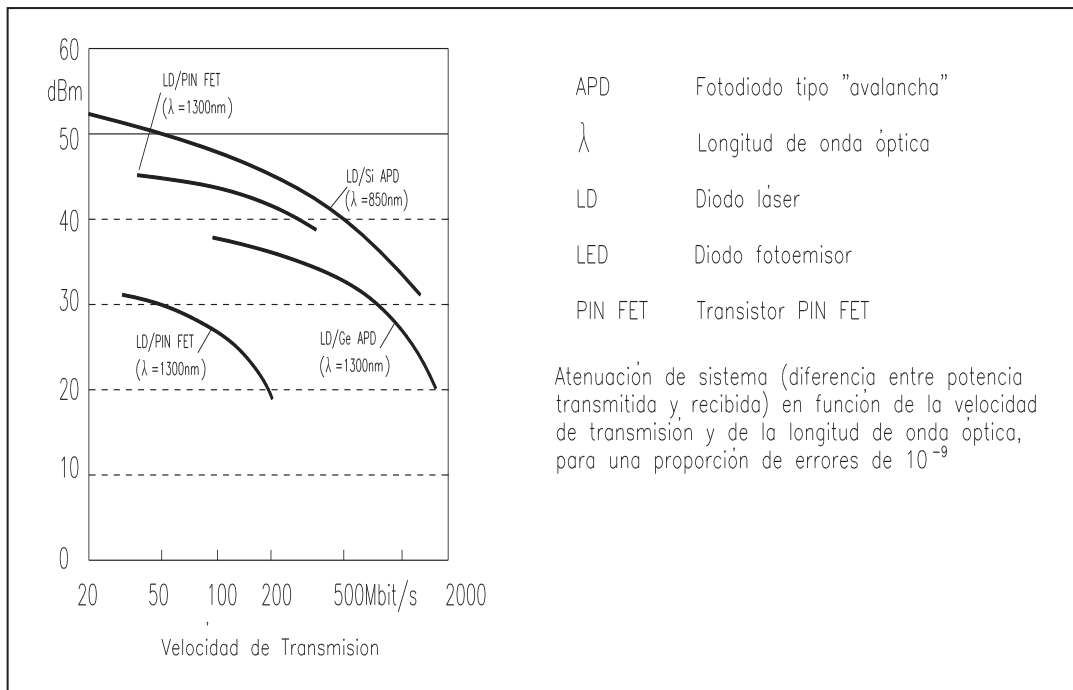
**Fig. 6.22 Respuesta Espectral de Fotodetectores**

De allí que la distancia entre el emisor y el receptor ópticos está determinada por el ancho de banda a transmitir y por el valor medio de la potencia de recepción óptica que es necesario disponer para obtener una tasa de BER= $10^{-9}$  a temperatura normalizada (20° C típico en Tungurahua-Ambato).



**Fig. 6.23 Potencia Óptica Media Recibida**

En la Fig. 6.24 se muestran la comparativa de enlaces y la atenuación máxima permitida para diferentes velocidades de reacción muy grande.



**Fig. 6.24 Potencia Óptica Media Recibida**

Para velocidades de transmisión altos, el dispositivo deberá poseer una velocidad de reacción muy grande.



### 6.7.16.1 Tipos de Convertidores

Este tipo de dispositivos convierten las señales luminosas que proceden de la fibra óptica en señales eléctricas. Las condiciones que debe cumplir un fotodetector para su utilización en el campo de las comunicaciones, son las siguientes:

- La corriente inversa (en ausencia de luz) debe ser muy pequeña, para así poder detectar señales ópticas muy débiles (alta sensibilidad).
- Rapidez de respuesta (gran ancho de banda).
- El nivel de ruido generado por el propio dispositivo ha de ser mínimo.

#### Los Principales Tipos de Receptores son:

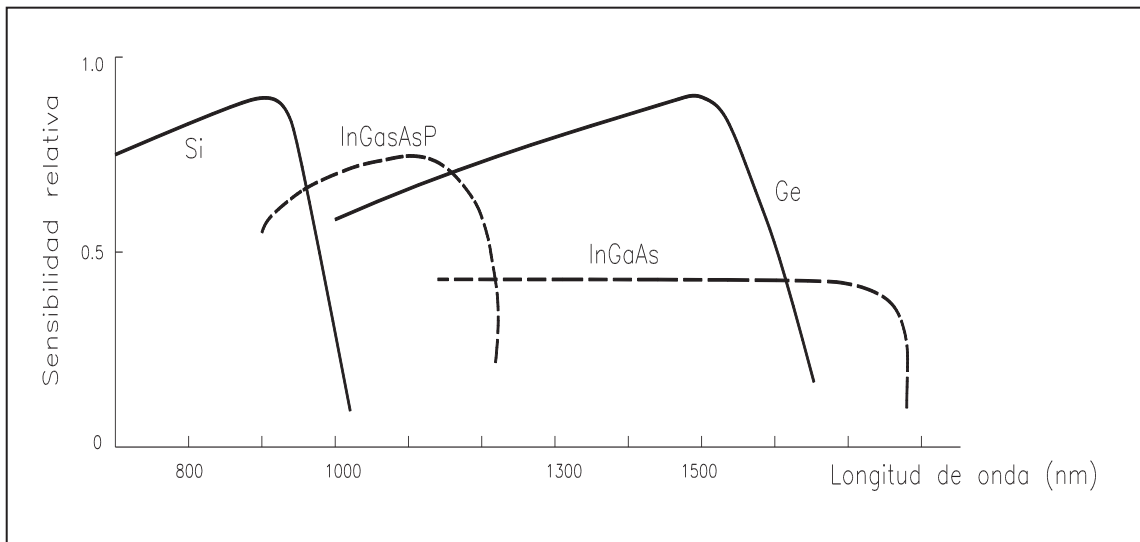
- Fotodiodos PIN.
- Fotodiodos PIN con preamplificadores FET.
- Fotodiodos de avalancha APD.

Los fotodiodos PIN de silicio se utilizan como receptores ópticos en las longitudes de onda entre 0,8 y 1µm. Para aumentar la sensibilidad del PIN se utiliza fotodiodos PIN con preamplificador FET que poseen un ancho de banda amplio, pudiendo ser utilizados para diferentes longitudes de onda y diferentes tipos de fibras. Su constitución le permite obtener señales ópticas de hasta el nanowatt y asegurar la precisión en la detección.

Los fototipos de InGaAs son más convenientes para combinar con emisores Láser y trabajan en segunda y tercera ventana (Ver tabla 6.13 y la figura 6.25).

Fuente	Fibra Multimodo				Fibra Monomodo		
	LED		LASER		LED	LASER	
Ventana	1era	2da	1era	2da	1era	2da	3RA
Máxima Potencia Acoplada (dBm)	-10	-10	3	3	-24	0	0
Ancho Espectral (nm)	60	100	3	5	100	5	0.1

Tabla6.14 Características de Emisor Óptico



**Fig.6.25 Convertidores Opto-Electrónicos**

Otra posibilidad es la de utilizar fotodiodos APD. Estos son mucho más sensibles y de mayor velocidad de respuesta pero requieren de una tensión de polarización estabilizada térmicamente. Por esta razón son utilizados para sistemas de gran ancho de banda (operación en 140 Mbps).

Su constitución les permite detectar señales por debajo del nanowatt (décimas) y con anchos de banda hasta Ghz.

Estos fotodiodos APD pueden elegirse entre diferentes modelos y tipos, como:

- APD de silicio (longitudes de onda de hasta 1100 nm).
- APD de InGaAs/InP (longitudes de onda para 1300 nm).
- APD de germanio (para 1300 nm).
- APD de InGaAs/InP con GaAs-FET (para 1300 nm).

El siguiente cuadro comparativo permite orientar la elección:

RECEPTOR	NIVEL DE SENSIBILIDAD	VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	LONGITUD DE ONDA
PIN	-34 dBm	2 a 34 Mbps	1 <sup>a</sup> y 2 <sup>a</sup> ventana
PIN-FET	-53 dBm -47 dBm	2 Mbps 34 Mbps	2 <sup>a</sup> y 3 <sup>a</sup> ventana

RECEPTOR	NIVEL DE SENSIBILIDAD	VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	LONGITUD DE ONDA
APD	-56dBm	2 Mbps	2 <sup>a</sup> y 3 <sup>a</sup> ventana
	-50 dBm	34 Mbps	

Tabla 6.15 Comparación de los Emisores Ópticos

#### a) Selección de Receptores para el Enlace de Fibra Óptica

- A mayor velocidad de transmisión, la sensibilidad será menor.
- Los receptores APD deben ser utilizados para enlaces largos y los PIN-FET para enlaces medios.
- Para el enlace es una buena opción utilizar los convertidores opto electrónicos PIN-FET porque se adecuan por sus características de mejor forma a la fibra anteriormente seleccionada.

#### b) Combinación Emisor-Receptor Recomendado para la EEASA

Para Lambda 1300 nm, hay que tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Fibra monomodo.
- Emisores Láser (GaInAsP).
- Receptores PIN-FET de InGaAs.

### 6.7.17 Características Técnicas de los Equipos de Red para la Puesta en Marcha del Sistema de Interconexión

Los *switches* ubicados en las dependencias a enlazar deben cumplir con los requerimientos para soportar el tráfico prioritario a transmitir en la actualidad que es el del sistema SCADA, tanto de las centrales de generación, como de las subestaciones.

Cuando la empresa presente a futuro la necesidad de la inclusión de aplicaciones, deberá realizar la evaluación acerca de si los equipos de red utilizados podrán soportar dichas aplicaciones.

Debido al tipo de tráfico a transmitir, los equipos de red deben soportar gestiones de administración tales como:

- Ethernet para prestaciones en altas velocidades: 802.3i, 802.3u, 802.3z.

- Protocolo *Spanning Tree* (802.1d).
- Manejo de prioridades en la transmisión de datos para las aplicaciones de audio y video sobre IP (802.1p).
- Configuración de redes VLAN (802.1q).

## **6.8 Análisis Económico de la Propuesta**

En base a las características técnicas de selección de equipos y requerimientos del sistema analizados anteriormente para poner en marcha el proyecto, es necesario realizar una investigación de mercado en nuestro país con las empresas dedicadas al negocio de fibra óptica, equipos y accesorios.

Se realizó consultas con empresas que cumplen con los requerimientos técnicos y tienen la experiencia necesaria y el aval de haber implementado proyectos similares en nuestro país, además se mantuvo reuniones con proveedores de Fibra Óptica y accesorios.

### **6.8.1 Análisis Económico Referencial para el Proyecto**

A continuación se presenta la oferta promedio y el detalle de las características técnicas de los equipos activos (**Anexo 5**).

A continuación se analizará el costo referencial de cada tramo del enlace:

**Tramo 1: Oriente ----- Samanga**

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Cable de fibra óptica ADSS New link 12-Fiber ADSS Single mode Span	8.537 m	1,3	11.098,10
2	Cable de fibra óptica ADSS Newlink 24-Fiber ADSS Single mode Span	100	2.15	215,00
3	Accesorios de suspensión para F.O. ADSS	17	25,00	425,00
4	Accesorios retención de para F.O. ADSS	19	27,00	513,00
5	ODF FMD1	3	220,00	660,00
6	Módulo Catalys 3560X C3KX-NM-1G	4	400,00	1.600,00
7	GBIC Tansiever	4	250,00	1.000,00
8	Switch capa 3 WS-C3560X-48T-S Catalyst 3560X 24 Port Data IP Base con soporte OSPF	4	2.500,00	10.000,00
9	Patch Cord de fibra óptica SC/SC de dos metros	6	54,00	324,00
10	Rack de piso	2	500,00	1.000,00
11	Fusiones	96	25,00	2.400,00
12	Tendido de fibra, pruebas con OTDR y puesta en marcha del sistema y material adicional	1	4.500,00	4.500,00
13	Caja de empalmes de 48	1	350,00	350,00
14	Tensor reforzado con acero AWG 2	1.742 m	0,971	1.691,87
15	Regleta multitoma con supresor de picos	1	80,00	80,00
<b>Subtotal</b>				<b>35.856,97</b>
<b>IVA 12%</b>				<b>4.302,83</b>
<b>TOTAL</b>				<b>40.159,80</b>

**Tramo 2: Oriente ----- Montalvo**

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
1	Cable de fibra óptica ADSS New link 12-Fiber ADSS Single mode Span	14667 m	1,3	19.067,10
2	Accesorios de suspensión para F.O. ADSS	51	25,00	1.275,00
3	Accesorios retención de para F.O. ADSS	53	27,00	1.431,00
4	ODF FMD1	1	220,00	220,00
5	Módulo Catalys 3560X C3KX-NM-1G	2	400,00	800,00
6	GBIC Tansaiver	2	250,00	500,00
7	Switch capa 3 WS-C3560X-48T-S Catalyst 3560X 24 Port Data IP Base con soporte OSPF	2	2.500,00	5.000,00
8	Patch Cord de fibra óptica SC/SC de dos metros	3	54,00	162,00
9	Rack de piso	1	500,00	500,00
10	Fusiones	24	25,00	600,00
11	Tendido de fibra, pruebas con OTDR y puesta en marcha del sistema y material adicional	1	4.500,00	4.500,00
12	Regleta multitoma con supresor de picos	1	80,00	80,00
<b>Subtotal</b>				<b>34.135,00</b>
<b>IVA 12%</b>				<b>4.096,20</b>
<b>TOTAL</b>				<b>38.4231,20</b>

**Tramo 3: Samanga ----- Pillaro**

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
1	Cable de fibra óptica ADSS New link 12-Fiber ADSS Single mode Span	6690 m	1,3	8.697,00
2	Accesorios de suspensión para F.O. ADSS	18	25,00	450,00
3	Accesorios retención de para F.O. ADSS	20	27,00	540,00
4	ODF FMD1	1	220,00	220,00
5	Módulo Catalys 3560X C3KX-NM-1G	2	400,00	800,00
6	GBIC Tanseiver	2	250,00	500,00
7	Switch capa 3 WS-C3560X-48T-S Catalyst 3560X 24 Port Data IP Base con soporte OSPF	2	2.500,00	5.000,00
8	Patch Cord de fibra óptica SC/SC de dos metros	3	54,00	162,00
9	Rack de piso	1	500,00	500,00
10	Fusiones	24	25,00	600,00
11	Tendido de fibra, pruebas con OTDR y puesta en marcha del sistema y material adicional	1	4.500,00	4.500,00
12	Tensor reforzado con acero	2.000,4 m	0,971	1.940,38
13	Regleta multitoma con supresor de picos	1	80,00	80,00
<b>Subtotal</b>				<b>23.989,38</b>
<b>IVA 12%</b>				<b>2.878,72</b>
<b>TOTAL</b>				<b>26.868,11</b>

**Tramo 4: Montalvo ----- Huachi**

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
1	Cable de fibra óptica ADSS New link 12-Fiber ADSS Single mode Span	7843 m	1,3	10.195,00
2	Accesorios de suspensión para F.O. ADSS	15	25,00	375,00
3	Accesorios retención de para F.O. ADSS	17	27,00	459,00
4	ODF FMD1	1	220,00	220,00
5	Módulo Catalys 3560X C3KX-NM-1G	2	400,00	800,00
6	GBIC Tansaiver	2	250,00	500,00
7	Switch capa 3 WS-C3560X-48T-S Catalyst 3560X 24 Port Data IP Base con soporte OSPF	2	2.500,00	5.000,00
8	Patch Cord de fibra óptica SC/SC de dos metros	3	54,00	162,00
9	Rack de piso	1	500,00	500,00
10	Fusiones	24	25,00	600,00
11	Tendido de fibra, pruebas con OTDR y puesta en marcha del sistema y material adicional	1	4.500,00	4.500,00
12	Tensor reforzado con acero	1.020 m	0,971	990,42
13	Regleta multitoma con supresor de picos	1	80,00	80,00
<b>Subtotal</b>				<b>24.381,00</b>
<b>IVA 12%</b>				<b>2.925,72</b>
<b>TOTAL</b>				<b>27.306.72</b>



**Tramo 5: Huachi ----- Atocha = 8.24 Km**

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Cable de fibra óptica ADSS New link 12-Fiber ADSS Single mode Span	9891 m	1,3	12.858,30
2	Accesorios de suspensión para F.O. ADSS	13	25,00	325,00
3	Accesorios retención de para F.O. ADSS	16	27,00	432,00
4	ODF FMD1	1	220,00	220,00
5	Módulo Catalys 3560X C3KX-NM-1G	2	400,00	800,00
6	GBIC Tansaiver	2	250,00	500,00
7	Switch capa 3 WS-C3560X-48T-S Catalyst 3560X 24 Port Data IP Base con soporte OSPF	2	2.500,00	5.000,00
8	Patch Cord de fibra óptica SC/SC de dos metros	3	54,00	162,00
9	Rack de piso	1	500,00	500,00
10	Fusiones	24	25,00	600,00
11	Tendido de fibra, pruebas con OTDR y puesta en marcha del sistema y material adicional	1	4,500,00	4.500,00
12	Tensor reforzado con acero	3.612 m	0,971	3.507,252
13	Regleta multitoma con supresor de picos	1	80,00	80,00
<b>Subtotal</b>				<b>29.484,55</b>
<b>IVA 12%</b>				<b>3.538,14</b>
<b>TOTAL</b>				<b>33.022,69</b>

**Tramo 6: Atocha ----- Samanga = 4.97 Km**

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
1	Cable de fibra óptica ADSS New link 12-Fiber ADSS Single mode Span	5.971 m	1,3	7.762,30
2	Accesorios de suspensión para F.O. ADSS	10	25,00	250,00
3	Accesorios retención de para F.O. ADSS	12	27,00	324,00
4	ODF FMD1	0	220,00	0,00
5	Módulo Catalys 3560X C3KX-NM-1G	0	400,00	0,00
6	GBIC Tansaiver	0	250,00	0,00
7	Switch capa 3 WS-C3560X-48T-S Catalyst 3560X 24 Port Data IP Base con soporte OSPF	0	2.500,00	0,00
8	Patch Cord de fibra óptica SC/SC de dos metros	0	54,00	0,00
9	Rack de piso	0	500,00	0,00
10	Fusiones	24	25,00	600,00
11	Tendido de fibra, pruebas con OTDR y puesta en marcha del sistema y material adicional	1	4.500,00	4.500,00
12	Tensor reforzado con acero	1.214,4 m	0,971	1.179,18
13	Regleta multitoma con supresor de picos	1	80,00	80,00
<b>Subtotal</b>				<b>14.695,48</b>
<b>IVA 12%</b>				<b>1.763,45</b>
<b>TOTAL</b>				<b>16.458,93</b>

**Tramo7: Derivación Península----- Loreto**

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Cable de fibra óptica ADSS New link 12-Fiber ADSS Single mode Span	2095 m	1,3	2.723,5
2	Accesorios de suspensión para F.O. ADSS	3	25,00	75,00
3	Accesorios retención de para F.O. ADSS	6	27,00	162,00
4	ODF FMD1	3	220,00	660,00
5	Módulo Catalys 3560X C3KX-NM-1G	4	400,00	1.600,00
6	GBIC Tansaiver	4	250,00	1.000,00
7	Switch capa 3 WS-C3560X-48T-S Catalyst 3560X 24 Port Data IP Base con soporte OSPF	4	2.500,00	10.000,00
8	Patch Cord de fibra óptica SC/SC de dos metros	6	54,00	324,00
9	Rack de piso	1	500,00	500,00
10	Fusiones	36	25,00	900,00
11	Tendido de fibra, pruebas con OTDR y puesta en marcha del sistema y material adicional	1	4.500,00	4.500,00
12	Tensor reforzado con acero	858 m	0,971	833,11
13	Regleta multitoma con supresor de picos	1	80,00	80,00
<b>Subtotal</b>				<b>23.357,61</b>
<b>IVA 12%</b>				<b>2,802,91</b>
<b>TOTAL</b>				<b>26.160,53</b>

De lo expuesto en el análisis económico, el costo total de la implementación de un canal de comunicación por fibra óptica en las subestaciones que conforman el anillo 69kV de la EEASA, es aproximadamente:

# Tramo	Subestación	Costo referencial de Implementación
1	Oriente-Samanga	40.159,80
2	Oriente-Montalvo	38.231,20
3	Samanga-Píllaro	26.868,11
4	Montalvo-Huachi	27.306,72
5	Huachi-Atocha	33.022,69
6	Atocha-Samanga	16.458,93
7	Derivación Península- Loreto	26.160,53
<b>TOTAL</b>		<b>208.208,01</b>

### 6.8.2 Resumen de equipos y accesorios

Equipo	Cantidad	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	IVA 12%
Cable de fibra óptica ADSS New link 12-Fiber ADSS Single mode Span	55694 m	1,3	72.402,2	8.688,264
Cable de fibra óptica ADSS Newlink 24-Fiber ADSS Single mode Span	100	2,15	215,00	25,8
Accesorios de suspensión para F.O. ADSS	127	25,00	3.175,00	381,00
Accesorios retención de para F.O. ADSS	143	27,00	3.861,00	463,32
ODF FMD1	10	220,00	2.200,00	264,00

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>	<b>IVA 12%</b>
Módulo Catalys 3560X C3KX-NM-1G	16	400,00	6.400,00	768,00
GBIC Tansaiver	16	250,00	4.000,00	480,00
Switch capa 3 WS-C3560X-48T-S Catalyst 3560X 24 Port Data IP Base con soporte OSPF	16	2500,00	40.000,00	4,800
Patch Cord de fibra óptica SC/SC de dos metros	24	54,00	1.296,00	155,52
Rack de piso	7	500,00	3.500,00	420,00
Fusiones	252	25,00	6.300,00	756,00
Tendido de fibra, pruebas con OTDR y puesta en marcha del sistema y material adicional	7	4.500,00	31.500,00	3.780,00
Caja de empalmes de 48	1	350,00	350,00	42,00
Tensor reforzado con acero	10446.8	0,971	10.143,00	1217,00
Regleta multitoma con supresor de picos	7	80,00	560,00	67,2
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>185.902,2</b>
				<b>22.305,81</b>
<b>TOTAL = Subtotal (Precio Total + Iva)</b>			<b>208.208,012</b>	

Tabla 6.16 Resumen de equipos y accesorios

## 6.8 Conclusiones y Recomendaciones

### 6.9.1 Conclusiones

- Al analizar el sistema actual de comunicación que dispone la EEASA para el control de las subestaciones que forman el anillo y sus derivaciones a 69Kv se pudo obtener un panorama general de estudio del nuevo sistema de comunicación mediante fibra óptica.
- Al definir las subestaciones que conforman parte del estudio del proyecto se pudo constatar que las subestaciones Ambato y Totoras pertenecen a propiedad privada de CELEC-EP TRANSELECTRIC, motivo por lo que solo se las tomó como puntos referenciales del enlace.
- Al comparar los diferentes medios de comunicación disponibles en la actualidad se concluyó que la fibra óptica es la mejor solución por sus características y prestaciones.
- La EEASA dispone de su propia infraestructura de postes y torres entre subestación a subestación para la comunicación eléctrica entre ellas por lo que se planteó como línea de tendido de la fibra óptica reduciendo considerablemente los costos de implementación del proyecto.
- Por el difícil acceso a las diferentes subestaciones, siendo por terrenos quebrados y privados la mejor solución en la actualidad en tendido de fibra óptica aérea para empresas proveedoras de energía eléctrica es de tipo OPWG pero debido al alto voltaje que circula por las líneas de transmisión y que las subestaciones no son nuevas, motivos por lo que se debería contratar personal altamente calificado y proveer de cortes de energía, no fue una buena solución proponer este tipo de tendido de cable óptico, siendo la mejor solución el cable ADSS que además de ser totalmente dieléctrico las tensiones en la infraestructura es mínima.
- Se propone en el diseño del enlace una comunicación redundante con lo cual se lograra tener mayor fiabilidad y fortaleza del sistema, constituyendo este punto un plan de acción en el canal de comunicación.
- En la actualidad en la EEASA el proyecto tuvo una acogida favorable y está siendo motivo de estudio de implementación.

## 6.9.2 Recomendaciones

- Los elementos activos y pasivos necesarios para el enlace deberán cumplir como mínimo las normas establecidas en la propuesta.
- Debido a que la fibra óptica es un enlace guiado, motivo por la cual está sujeto a eventuales rupturas o daños es recomendable tener como backup el enlace existente con lo que se asegura la disponibilidad de las comunicaciones entre las subestaciones.
- En el trayecto del enlace existente hay tramos con vanos extensos debido al cruce del río Ambato en donde se recomienda se tense un hilo de acero con sus respectivas seguridades y sujetado a él la fibra óptica, reduciendo considerablemente el costo de comprar cable óptico ADSS para vanos extensos que aumenta aproximadamente un 300% del valor normal de la fibra óptica.
- Cuando el proyecto sea ejecutado se deberán cumplir los requerimientos expuestos con anterioridad en el punto 6.7.11 y realizar las mediciones respectivas de transmisión (TX) y recepción (RX) del enlace con los equipos necesarios.
- Se recomienda al elegir entre una u otra empresa valorar su experiencia en el mercado, las garantías para el proyecto entre otras, como se hizo en el análisis económico de la propuesta

## Referencias Bibliográficas:

### Libros

- ✚ MARTINEZ, Baltasar, Introducción a la Ingeniería de la Fibra Óptica, Primera Edición RA-MA 2000, Editorial Addison\_Wesley Iberoamerica, Buenos Aires Argentina.
- ✚ CHOMYCZ, Bob Instalación de fibra óptica Fundamentos, Técnicas y Aplicaciones, Editorial Mc Graw-Hill Interamericana de España, Madrid 200.
- ✚ TOMASI, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. Cuarta Edición.
- ✚ Guías de Diseño para Estaciones Transformadoras, TRANSENER SA.

### Información Interna

EEASA, Departamento de Planificación (DP)

EEASA, Departamento CECON.

EEASA, Departamentos Subestaciones.

Información entregada por EEASA. Departamento de diseño y Construcción (DISCON).

EEASA Departamento Operación y Mantenimiento (DOM).

Información entregada por EEASA. Respuesta-Cuestionario EEASA.

### Internet

<http://diegolevis.com.ar/consultora/secciones/corporativa/redaccion.pdf>

<http://profesores.elo.utfsm.cl/.ppt>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra\\_Optica](http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_Optica)

<http://www.mitecnologico.com/>

<http://dsspace.ups.edu.ec/bistream/Capitulo1.pdf>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Ambato>

<http://tiempoyhora.com>

<http://www.enre.gov.ar/web/bibliotd.nsf.doc>

<http://www.elforolatino.com>

<http://www.monografias.com/trabajos/fibropt/fibropt.shtml>

<http://www.cisco.com/>

<http://www.alsurtecnologias.com.ar/fibra-optica.php>

<http://es.scribd.com/doc/Ppt-Fibra-Optica-1>

<http://www.google.com.eccaracteristicasfibropticamonomodo.ppt>

[www.ecyfo.com/](http://www.ecyfo.com/)

[www.telconet.net](http://www.telconet.net)



# ANEXO I

**Líneas de SUBTRANSMISION a 69kV estructuras tipo RH1  
y S-1-5**

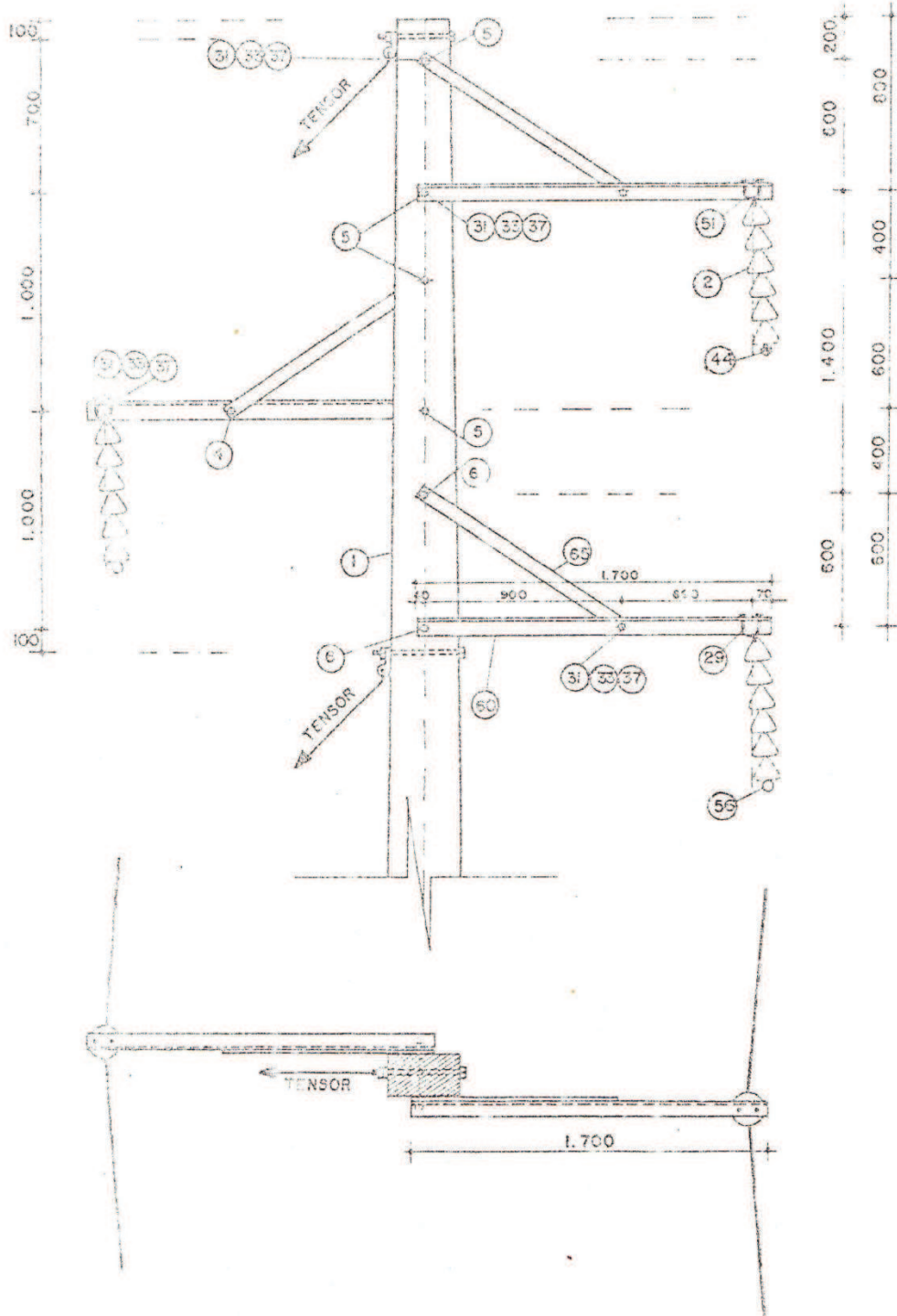


LINEAS DE SUBTRANSMISION A 69 KV

INECEL

ESTRUCTURA TIPO S-1-5°

C. 1. 2.



# ANEXO II

Diagrama Eléctrico Unifilar de la EEASA del sistema  
SCADA



# ANEXO III

**Recorrido del Tendido de Fibra Óptica en Postes y Torres  
de las Subestaciones de la EEASA**



# ANEXO IV

**Características Técnicas de los equipos Activos del  
Enlace**



## Cisco Catalyst 3750-X and 3560-X Series Switches

Combining 10/100/1000 and Power over Ethernet Plus (PoE+) or GE SFP configurations with four optional uplinks, the Cisco Catalyst 3750-X and 3560-X Series Switches enhance worker productivity by enabling applications such as encryption, IP telephony, wireless, and video.

The Cisco Catalyst 3750-X and 3560-X Series Switches are built on the existing Cisco Catalyst 3750-E and 3560-E Series Switches, using the same port application-specific integrated circuit (ASIC), switch fabric, and Cisco IOS Software feature sets.

**Table 1.** Cisco IOS Software Feature Set Differences

Table 1 shows the differences between Cisco IOS Software Feature Sets.

Functions	LAN Base	IP Base	IP Services
Layer 2+	Enterprise access Layer 2 Wide range of Layer 2 access features for enterprise deployments	Complete Access Layer 2 Supports all Cisco Catalyst 2000 and Cisco Catalyst 3000 Layer 2 features, including hot standby protocols; supports Cisco StackPower™ technology (Cisco Catalyst 3750-X)	
Layer 3	Static IP routing support Support for SVI	Enterprise access Layer 3 RIP, static and stub PIM, and EIGRP stub OSPF for routed access	Complete access Layer 3 OSPF, EIGRP, BGP, IS-IS VRF-lite, WCCP, and PBR
Manageability	Basic manageability Support for a wide range of MIBs, IP SLA Responder, and RSPAN	Enterprise access Layer 3 EEM, Gold-Lite and Smart Install Director	Complete access Layer 3
Security	Enterprise access security DHCP Snooping, IPSG, DAI, PACLs, Cisco Identity 4.0, NAC and 802.1x features	Complete access security Router and VLAN ACLs, private VLANs, complete identity and security, TrustSec SXP, and IEEE 802.1AE (Cisco Catalyst 3560-X and Cisco Catalyst 3750-X)	
QoS	Enterprise access QoS Ingress policing, Trust Boundary, AutoQoS, and DSCP mapping	Complete access QoS Support for all Cisco Catalyst 2000 and Cisco Catalyst 3000 QoS features, including per-VLAN policies	

**Table 2.** Cisco Catalyst 3750-X and 3560-X Series Models

Table 2 shows the SKUs that have been created for the LAN Base and IP Base models. The IP Base models have the option, at the time of ordering, to select IP Services as a feature set. All switch models are shipped from the factory with the proper feature set license installed.

Switch Type	Feature Set	Models	Port Type and Density	Default Power Supply
Stackable	LAN Base	WS-C3750X-24T-L	24 Ethernet 10/100/1000 ports	350W AC
		WS-C3750X-48T-L	48 Ethernet 10/100/1000 ports	
		WS-C3750X-24P-L	24 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports	715W AC
		WS-C3750X-48P-L	48 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports	
	IP Base	WS-C3750X-48PF-L	48 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports	1100W AC
		WS-C3750X-24T-S	24 Ethernet 10/100/1000 ports	350W AC
		WS-C3750X-48T-S	48 Ethernet 10/100/1000 ports	
		WS-C3750X-12S-S	12 GE SFP Ethernet ports	
		WS-C3750X-24S-S	24 GE SFP Ethernet ports	
		WS-C3750X-24P-S	24 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports	715W AC
		WS-C3750X-48P-S	48 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports	
		WS-C3750X-48PF-S	48 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports	1100W AC
	IP Services	WS-C3750X-12S-E	12 GE SFP Ethernet ports	350W AC
		WS-C3750X-24S-E	24 GE SFP Ethernet	
Standalone	LAN Base	WS-C3560X-24T-L	24 Ethernet 10/100/1000 ports	350W AC
		WS-C3560X-48T-L	48 Ethernet 10/100/1000 ports	
		WS-C3560X-24P-L	24 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports	715W AC
		WS-C3560X-48P-L	48 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports	
	IP Base	WS-C3560X-48PF-L	48 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports	1100W AC
		WS-C3560X-24T-S	24 Ethernet 10/100/1000 ports	350W AC
		WS-C3560X-48T-S	48 Ethernet 10/100/1000 ports	
		WS-C3560X-24P-S	24 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports	715W AC
		WS-C3560X-48P-S	48 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports	
		WS-C3560X-48PF-S	48 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports	1100W AC

**Table 3.** Comparison of the Cisco Catalyst 3750 and 3560 Switches

Table 3 shows a comparison of the various Cisco Catalyst 3750 and 3560 switch models.

Feature	Cisco Catalyst 3750-X and 3560-X	Cisco Catalyst 3750-E and 3560-E	Cisco Catalyst 3750G and 3560G
FRU Network Module	Yes	No	No
Redundant PS	Yes	No	No
FRU Power Supplies	Yes, Dual PS	Yes	No
Encryption	Yes (Downlink)	No	No
PoE+ 30W/port	Yes	No	No
Management Options	Console RJ45, USB console, and Out of band Ethernet	Console RJ45, and Out of band Ethernet	Console RJ45
StackPower	Yes	No	No
RPS/XPS	XPS	RPS	RPS
Zero-Footprint RPS	Yes	No	No
EnergyWise	Monitor, report actual power use System & PoE	Monitor actual power use	Monitor budgeted power

## Switch Architecture

**Table 4.** Cisco USB Flash Memory Devices

Product ID	Description
MEMUSB-64FT	64MB USB Flash Token
MEMUSB-128FT	128MB USB Flash Token
MEMUSB-256FT	256MB USB Flash Token
MEMUSB-1024FT	1GV USB Flash Token

**Table 5.** Uplink Ports on the 10 Gigabit Network Module

Network Module	Interface Options	
	10GbE SFP+ Ports	GbE SFP Ports
1GbE	0	4
10GbE Network Module	2	0
	0	4
	1	2
10GB-T	2 (RJ-45)	0
Service Module	2	0
	1	1
	0	2

**Table 6.** Power Supply Options for the Cisco Catalyst 3750-X and 3560-X Series Switches

Product ID	Description
C3KX-PWR-350WAC	350W AC power supply
C3KX-PWR-715WAC	715W AC power supply
C3KX-PWR-1100WAC	1100W AC power supply
C3KX-PWR-440WDC	440W DC power supply

**Table 7.** Supported SFP+ Transceivers for Cisco Catalyst 3750-X and 3560-X Series Switches

SFP+ Transceivers for Cisco Catalyst 3750-X and 3560-X Series	
Product ID	Description
SFP-10G-LR=	10GBASE-LR SFP+ module
SFP-10G-SR=	10GBASE-SR SFP+ module
SFP-10G-LRM=	10GBASE-LRM SFP+ module
SFP-H10GB-CU1M=	10GBASE-CX1 SFP module
SFP-H10GB-CU3M=	10GBASE-CX3 SFP module
SFP-H10GB-CU5M=	10GBASE-CX5 SFP module

## Licensing and Warranty

**Table 8.** Service and warranty information for Cisco Catalyst 3750-X and 3560-X Series Switches

Table 10 shows the service options for the Cisco Catalyst 3750-X and 3560-X Series Switches.

Service Element	Warranty	Cisco® Smart Foundation	Cisco SMARTnet® Service
Duration of Coverage	As long as the original End User continues to own or use the Product, provided that: fan and power supply warranty is limited to five (5) years	Renewable 1-, 3-, and 5-year contracts	Renewable 1 year and multi-year contracts depending on product family
Cisco Technical Assistance Center (TAC) Support	LLW: Not included E-LLW: Business hours access for 90 days	Business hours access to SMB TAC (access levels vary by region)	24x7 coverage
Online Support/Web Access	Unregistered access only	Available through Smart Foundation Portal	Direct 24x7 registered access
Advance Hardware Replacement	LLW: 10 business days <sup>*</sup> E-LLW: Next business day <sup>**</sup>	Next business day as available, otherwise same day ship	Next business day, 8x5x4, 24x7x4, 24x7x2 delivery options as available
On-site Support	No	No	SMARTnet Onsite service options available

## Gigabit Ethernet Media Converter (SC, single-mode)

### Spotlight:

- Complies with IEEE 802.3ab and IEEE 802.3z
- Provides switch configuration of Force /Auto transfer mode for FX port.
- Extends fiber distance up to 15km



### Product Description:

The MC210CS is a media converter designed to convert 1000BASE-LX/LH fiber to 1000Base-T copper media or vice versa. Designed under IEEE802.3ab 1000Base-T and IEEE802.3z 1000Base-LX/LH standards, the MC210CS is designed for use with single-mode fiber cable utilizing the SC-Type connector. The MC210CS supports longwave (LX) laser specification at a full wire speed forwarding rate. It works at 1310nm on both transmitting and receiving data.

Other features of this module include the ability to be used as a stand alone device (no chassis required) or with TP-LINK's 19" system chassis, Auto MDI/MDI-X for TX port, and front panel status LEDs. The MC210CS will transmit at extended fiber optic distances utilizing single-mode fiber up to 15 kilometers.

### Product Features:

Works at 1000Mbps in Full-Duplex mode for both TX port and FX port

Supports auto MID/MID-X for TX port Provides switch configuration of Force /Auto transfer mode for FX port.

Extends fiber distance up to 15km

Easy-to-view LED indicators provide status to monitor network activity easily

External power supply

Product Specifications:

Standards and Protocols		IEEE 802.3ab, IEEE 802.3z, IEEE 802.3x
Basic Function		Full Duplex Flow Control (IEEE 802.3x)
		Extends fiber distance up to 15km
Ports		1 1000M SC port
		1 1000M RJ45 port (Auto MDI/MDIX)
Network Media	1000BASE-T	UTP category 5, 5e cable (maximum 100m) EIA/TIA-568 100Ω STP (maximum 100m)
	1000BASE-FX	Single-mode Fiber
LED Indicators		PWR, LINK, RX
Safety & Emission		FCC, CE
Dimensions (W*D*H)		3.7*2.9*1.1 in. (94.5*73.0*27.0 mm)
Environment		Operating Temperature: 0°C~40°C (32°F~104°F) Storage Temperature: -40°C~70°C (-40°F~158°F) Operating Humidity: 10%~90% non-condensing Storage Humidity: 5%~90% non-condensing
Power Supply		External Power Adapter

More information of the 1000M series Media Converter

Model NO.	Interface	Transmission Distance	Transmission Media	Output Center Wavelength
MC200CM	RJ45-SC	0.55km(50/125um), 0.22km(62.5/125um)	Multi-mode Fiber, TP	850nm
MC210CS	RJ45-SC	15km	Single-mode Fiber, TP	1310nm
MC220L	RJ45-LC	0.55km /10km	Multi/Single-mode Fiber, TP	850nm/1310nm

# ANEXO V

Diseño de la Red de Fibra Óptica en el anillo 69kV de la  
EEASA

