

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

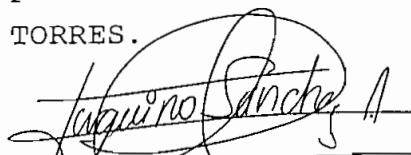
DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSMISION POR
FIBRA OPTICA ENTRE LAS CIUDADES DE QUITO
Y GUAYAQUIL

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO EN ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES.

ARNOLDO SALVADOR VIDAL TORRES

Quito, Abril de 1993

Certifico que el presente trabajo de
Tesis ha sido realizado en forma total
por el Señor: ARNOLDO SALVADOR VIDAL
TORRES.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Tarquino Sanchez A.", written over a horizontal line.

Ing. TARQUINO SANCHEZ A.
DIRECTOR DE TESIS.

DEDICATORIA:

A mis queridos padres, y hermanos
por su valiosa colaboración para la
obtención del título profesional.

A G R A D E C I M I E N T O

Mi sincero agradecimiento al Ing. TARQUINO SANCHEZ por su acertada dirección y al Ing. LEONARDO CAJAS por su valiosa ayuda y consejos para el desarrollo de la tesis, y a cada una de las personas que de una u otra manera colaboraron desinteresadamente en la realización de este trabajo.

INDICE GENERAL

NUMERAL	DESCRIPCION	Pág.
I	INTRODUCCION	
	CAPITULO I	
	CAPITULO I: FUNDAMENTOS TEORICOS.	
1.1	Características generales de las fibras ópticas	1
1.1.1	Espectro electromagnético	3
1.1.2	Apertura numérica (AN)	4
1.1.3	Ancho de banda en las fibras ópticas	6
1.1.3.1	Dispersión modal	7
1.1.3.2	Dispersión crómica	9
1.1.4	Atenuación espectral en las fibras ópticas	12
1.2	Configuración de un sistema de comunicación por fibra óptica	15
1.2.1	Elementos constitutivos del sistema por fibra óptica	15
1.2.1.1	Convertidores optoeléctricos	16
1.2.2	Equipos terminales de línea	24
1.2.2.1	Transmisión.	26
1.2.2.2	Recepción.	29
1.3	Tipos de fibras de acuerdo al CCITT.	31
1.3.1	Fibras multimodo	31
1.3.2	Fibras monomodo	34
1.3.3	Uniones en las fibras ópticas	37
1.3.3.1	Empalmes por el método de fusión	40
1.4	Terminales de línea de fibra óptica	41
1.4.1	Equipo terminal de 2 y 8 Mbit/s.	42
1.4.1.1	Características principales	42

1.4.3	Equipo terminal de 34 Mbit/s	43
1.4.4	Equipo terminal de 140 Mbit/s	46
1.4.5	Equipo terminal a 565 Mbit/s	50
1.5	Equipos multiplex	53
1.5.1	Características de equipos multiplex MIC primarios.	53
1.5.2	Especificaciones técnicas para equipos multiplex digital de segundo orden	54
1.5.3	Especificaciones técnicas para equipos multiplex digitales de tercer orden	57
1.5.4	Especificaciones técnicas para equipos multiplex de cuarto orden	60
1.5.5	Características generales para todos los equipos multiplexores	63

CAPITULO II

CAPITULO 2 : DISEÑO DE LA RED DE ALTA CAPACIDAD.

2.1	Descripción general del sistema	68
2.1.1	Situación actual del enlace Quito-Guayaquil	69
2.2	Recomendaciones del CCITT para sistemas interurbanos	70
2.3	Parametros que determinan la intensidad de tráfico entre las ciudades de Quito - Guayaquil	78
2.3.1	Matriz de tráfico telefónico nacional	79
2.3.1.1	Determinación de la matriz de tráfico inicial.	81
2.3.2	Proyección de la matriz de tráfico de larga distancia nacional.	83
2.3.2.1	Métodos utilizados para proyectar la matriz de tráfico.	90
2.3.3	Proceso iterativo para proyectar la matriz de trafico telefónico.	96

2.3.4	Análisis de la topología de la red de larga distancia.	112
2.3.5	Determinación del número de circuitos por centrales de tránsito.	121
2.3.6	Selección del equipo terminal de línea.	122
2.4	Análisis de las rutas alternativas	124
2.4.1	Análisis de la ruta por el sistema nacional interconectado reemplazando el hilo de guardia	129
2.4.2	Análisis de la ruta por el sistema nacional interconectado con un cable de fibra óptica completamente dieléctrico	132
2.4.2.1	Instalación en conductos y canalizaciones.	136
2.4.1.2	Instalación de cables aéreos	138
2.4.3	Instalación paralela a la línea férrea	139
2.4.2.2	Determinación de la ruta alternativa.	142
2.5	Calculo del enlace considerando el equipo terminal	143
2.5.1	Características de los cables de fibras ópticas	143
2.5.2	Parametros del equipo terminal de línea y regeneradores	147
2.5.3	Cálculo de la atenuación óptica total.	150
2.5.4	Cálculo del enlace por tramos de la ruta seleccionada.	152
2.6	Equipo multiplex	154
2.7	Características técnicas del sistema óptico interurbano a implantarse.	154

CAPITULO III

CAPITULO III: CONSIDERACIONES ECONOMICAS

3.1	Análisis de costos.	157
3.1.1	Costos iniciales.	158

3.1.2	Cargas anuales.	158
3.2	Descripción de la ruta del sistema Quito - Guayaquil.	161
3.2.1	Convenio EMETEL - INECEL (propuesta).	163
3.2.2	Descripción completa de la ruta.	164
3.3	Descripción detallada del costo del equipo.	170
3.3.1	Costos totales del cable de fibras ópticas.	170
3.3.1.1	Análisis de costos para la instalación del cable óptico enterrado.	171
3.3.2	Costo total del equipo	171
3.3.3	Inversión total del sistema	178
3.3.4	Análisis económico financiero del sistema de fibra óptica entre las ciudades de Quito y Guayaquil.	181
3.4	Comparación de costos entre el sistema de fibra óptica y el sistema de radio digital.	188
3.4.1	Descripción del sistema de radio enlace digital.	189
3.4.2	Comparación de costos entre las tres alternativas que existen al momento	195

CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXOS.

A	CODIGOS DE LINEA
B	CALCULOS DE LA FLECHA Y LISTADO DE LAS ESTRUCTURAS DE LA RUTA QUITO GUAYAQUIL.
C	CARACTERISTICAS DEL CABLE OPT-GW PARA LA INSTALACION
D	CARACTERISTICAS DE EQUIPOS PARA LA IMPLANTACION DEL ENLACE
E	PRINCIPALES CARACTERISTICAS DEL PROGRAMA DEL EMETEL UTILIZADO.

INTRODUCCION

Las comunicaciones de larga distancia nacional constituyen un factor determinante en la estructura de un país, de tal manera que la mayoría de las administraciones dan prioridad a éste servicio,

La demanda cada vez más creciente por nuevos servicios, mayor calidad y flexibilidad en los mismos, hacen necesario que se lleve adelante el proyecto establecido en esta tesis, con la finalidad de ofrecer los servicios que el usuario requiere en el campo de las telecomunicaciones, y en especial para los usuarios de banda ancha.

El estudio de la demanda telefónica del país se calculó en base a métodos de crecimiento de la densidad telefónica recomendadas por el CCITT para los países en desarrollo. La proyección de la demanda telefónica se realiza utilizando una matriz de tráfico inicial desarrollada en el Departamento de Planificación de la Presidencia Ejecutiva de EMETEL para el año 1995.

En el presente proyecto se desarrolla un sistema de enlace digital acorde al avance tecnológico que se presenta en el campo de las telecomunicaciones, con el uso de enlaces por fibra óptica con un nivel de jerarquía superior al del radio digital existente en el país. La utilización de fibra óptica en enlaces entre centrales telefónicas es lo más práctico y económico que representa grandes ventajas a las empresas de telecomunicaciones.

En esta tesis se presenta el primer sistema troncal interurbano de alta capacidad para interconectar las dos principales ciudades del país, considerando el gran incremento del flujo de tráfico telefónico entre las ciudades de Quito y Guayaquil.

El sistema de fibra óptica prioritariamente debe atender las necesidades de tráfico interurbano y permitir la integración mediante radio-enlaces de todas las poblaciones aledañas a la ruta del sistema óptico.

El sistema ha diseñarse deberá permitir una ampliación muy grande en todo su trayecto y que la red óptica se distribuya a todas las centrales de tránsito del país.

Se realizó un estudio de varias rutas alternativas considerando toda la infraestructura que existe en el país. Siendo seleccionada la ruta que reemplaza al hilo de guardia ya que presenta grandes ventajas respecto a las otras rutas.

Se realizó un análisis de costos por canal para realizar una comparación con las otras alternativas de sistemas interurbanos como son: Radio Digital y las comunicaciones por satélite.

CAPITULO I

FUNDAMENTOS TEORICOS

- 1.1 CARACTERISTICAS GENERALES
- 1.2 CONFIGURACION DE UN SISTEMA DE COMUNICACION POR FIBRA OPTICA.
- 1.3 TIPOS DE FIBRAS OPTICAS
- 1.4 TERMINALES DE LINEA DE FIBRAS OPTICAS
- 1.5 EQUIPO MULTIPLEX

CAPITULO I

FUNDAMENTOS TEORICOS

1.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS FIBRAS OPTICAS

La transmisión por fibra óptica es uno de los más recientes avances tecnológicos que se ha producido hasta la actualidad. Las empresas fabricantes de fibras ópticas se han esforzado a fin de conseguir los mínimos valores de atenuación en la fabricación de las fibras ópticas, de tal manera que en los años 1983 y 1984 se obtuvieron valores muy próximos a los teóricos, con valores de atenuación para la II ventana < 0.45 dB/Km y en la III ventana < 0.25 dB/Km.

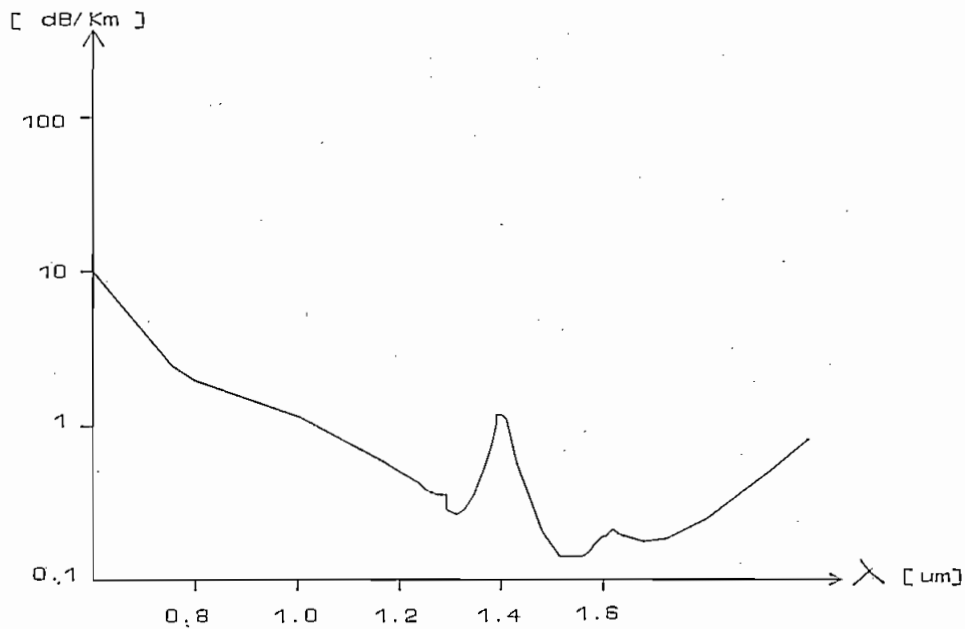
A partir de ese instante hasta la actualidad lo que se ha conseguido es mejorar los equipos terminales de línea y abaratar los costos de los cables de fibras ópticas; adicionalmente se están realizando experimentos con otros materiales para la fabricación de fibras ópticas como son los calcogenuros y los fluoruros.

Se espera que para el año 2000 tener fibras ópticas con flúor con una atenuación de 0.001 dB/Km como se muestra en la Fig. 1.1¹

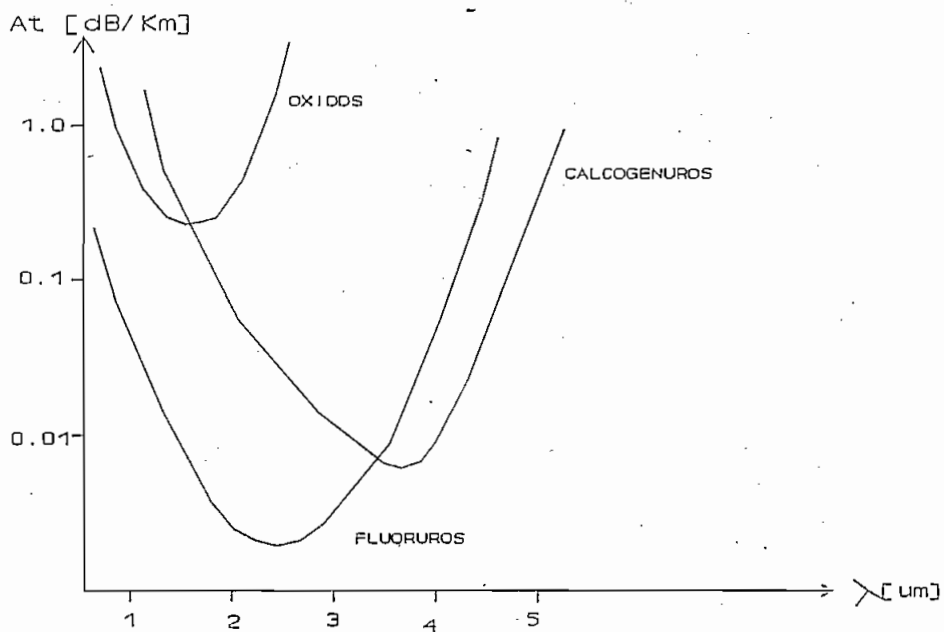
La tecnología en fibras ópticas ha experimentado un gran desarrollo, que hace que las comunicaciones se orienten hacia este nuevo soporte de transmisión, lo cual presenta grandes ventajas respecto a los medios de transmisión convencionales como son: cables multipar, cable coaxial y radioenlace.

Las principales ventajas son:

¹ Arcs Roberto, "SISTEMAS DE TRANSMISION DIGITAL", Vol. 2, Noviembre de 1990



VARIACION DE LA ATENUACION EN FUNCION DE LA LONGITUD DE ONDA



NUEVOS DESARROLLOS EN MATERIALES PARA FIBRA OPTICA MONOMODO

Fig. 1.1

- No ocupa el espectro electromagnético.
- Baja atenuación, lo que permite grandes distancias entre repetidores.
- Gran ancho de banda, lo que supone una capacidad potencial muy grande de transmisión.
- Los cables de fibras ópticas son delgados y ligeros, lo que facilita su instalación.
- Inmunidad frente a fenómenos electromagnéticos, por ejemplo a descargas eléctricas.
- Los cables de fibras ópticas pueden hacerse sin ningún componente metálico (cables completamente dieléctricos).
- No existe diafonía entre diferentes fibras del mismo cable.
- Es prácticamente imposible interceptar una comunicación por un cable óptico.
- Bajo costo potencial por canal.

1.1.1 ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

Las ondas electromagnéticas se utilizan en la transmisión de información por cuanto tienen la virtud de propagarse no solo a través de un conductor eléctrico, sino también en el vacío o en un medio dieléctrico.

El espectro electromagnético abarca las zonas de baja frecuencia, alta frecuencia, microondas, radiación infrarroja, luz visible y radiación ultravioleta. La luz visible ocupa una zona reducida que va desde los 380 nm (violeta) hasta los 780 nm (rojo).

En las telecomunicaciones por fibra óptica se utilizan las longitudes de onda de infrarrojo cercano, de 800 a 1600 nm siendo preferidos los valores de 850, 1300 y 1550 nm.

1.1.2 APERTURA NUMERICA (AN)

Apertura numérica se la define como el seno del máximo ángulo de acoplamiento posible a la entrada de la fibra óptica, el valor de AN se encuentra normalizado en 0.2 para fibra óptica multimodo de índice gradual 50/125 μm^2 en la recomendación G.651 del CCITT. Para las fibras monomodo no se recomienda un valor de la AN, sin embargo se encuentra entre 0.25 y 0.3 con el propósito de tener un mejor acoplamiento entre el semiconductor y la fibra óptica. La apertura numérica es equivalente a la impedancia característica de una línea de transmisión.

Analizando a la fibra óptica como un cilindro con dos capas concéntricas de material altamente transparente. Donde a la capa interior se la denomina núcleo y a la capa exterior revestimiento, los índices de refracción son n_1 y n_2 respectivamente, siendo el índice n_1 ligeramente mayor que n_2 . Según la ley de Snell se cumple que:

$$n_1 \cdot \text{sen } \angle i = n_2 \cdot \text{sen } \angle r_c \quad ; \quad \angle i = \angle r_x \quad (1)$$

Donde i es el ángulo de incidencia, r_x es el de reflexión, y r_c es el ángulo de refracción, como se indica en la Fig. 1.2.

Se tiene entonces que para un valor determinado de i , el ángulo de refracción es 90° lo que produce una reflexión total de la energía incidente. Todos los rayos de luz que inciden sobre la interfaz núcleo-revestimiento con ángulo superior al límite (cuando $r_c = 90^\circ$) se reflejan y se encontrarán guiados dentro del núcleo gracias a múltiples reflexiones.

Considerando a $n_1 = 1.48$ y $n_2 = 1.47$ para que

² Nota: La relación 50/125 μm sirve para denotar a la fibra óptica de 50 μm de núcleo y 125 μm del revestimiento.

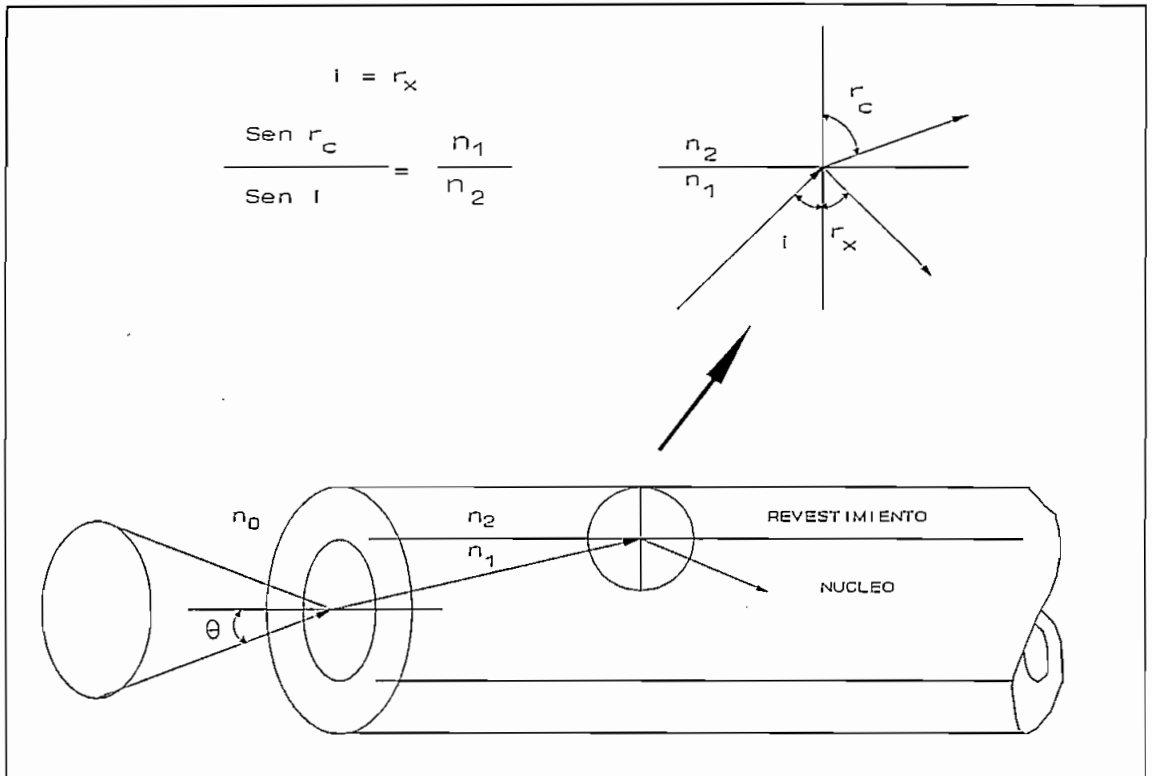


Fig. 1.2

$r_c = 90^\circ$ el valor de i será de 83° , éste sería el ángulo límite. Si desplazamos el ángulo límite fuera de la fibra óptica, se tiene un caso similar al anterior con un ángulo de incidencia θ en el aire ($n_0 = 1$) y con un ángulo de refracción r_c en el núcleo ($n_1 = 1.48$) aplicando la ley de Snell se tiene que $r_c = 7^\circ$ y se obtiene un ángulo $\theta = 10^\circ$.

Debido a la simetría circular se cumple que, todos los rayos de luz que inciden dentro del cono con ángulo θ tendrán un ángulo mayor al crítico y por tanto serán guiados dentro del núcleo sin refracción. Los que estén fuera del cono sufrirán sucesivas refracciones y se atenuarán paulatinamente en los primeros metros de fibra óptica, incluso en pequeñas curvaturas cambiarán las condiciones de reflexión y existirá refracción parcial introduciendo una atenuación sobre la energía propagada.

La ecuación (2) nos permite calcular la apertura numérica en una fibra óptica.

$$AN = \text{sen } \theta = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2)$$

Una elevada apertura numérica permite un mejor acoplamiento (mayor recepción de luz en el núcleo), pero incrementa la atenuación. Si dos fibras ópticas tienen igual apertura numérica se tiene que el ángulo de emisión de luz es igual al de aceptación de la siguiente y por lo tanto se produce un acoplamiento de luz perfecto. En las líneas de transmisión lo que determina una condición semejante es la impedancia de la línea, si dos líneas tienen igual impedancia el acoplamiento de energía es completo y no existe onda reflejada. Por lo tanto se suele comparar la característica de apertura numérica de las fibras ópticas con la impedancia característica de las líneas o guías de onda.

1.1.3 ANCHO DE BANDA EN LAS FIBRAS OPTICAS

Se define como el ancho de banda a la frecuencia de corte donde la función de transferencia de una fibra óptica cae 3 dB respecto del valor a frecuencia cero de modulación (emisión continua no modulada).

Uno de los parámetros más importantes que determinan las características de transmisión en un conductor de fibra óptica es el ancho de banda, que constituye una medida de su comportamiento dispersivo. Un conductor de fibra óptica se comporta como un filtro pasa bajos.

Para definir el ancho de banda se describe dos factores importantes como son: la dispersión modal y la dispersión cromática.

1.1.3.1 DISPERSION MODAL

La dispersión modal se origina debido a que cada uno de los modos que se propagan por el guíaondas puede seguir una trayectoria distinta en el interior del núcleo. Como la velocidad de propagación en cada punto depende del índice de refracción, los modos de propagación sufren retardos relativos que dan lugar a un ensanchamiento de los impulsos de luz. Si inyectamos a un mismo tiempo un número determinado de fotones (partícula asociada a la energía electromagnética) en la salida se identificarán en el tiempo debido a los diferentes recorridos.

En la práctica la identificación de cada fotón requiere de un instrumento de detección de muy alta velocidad de respuesta (gran ancho de banda), como el contador de fotones. Con instrumentos de detección más simples se obtiene una medida que es la integración de la energía recibida y se asocia generalmente a un pulso de forma gaussiana. A ésta apertura del impulso de ingreso se le denomina dispersión modal. La definición de la dispersión modal se realiza en base a pulsos gaussianos de entrada y salida, así:

$$W_m = \sqrt{W_s^2 - W_e^2} \quad (3)$$

Siendo: W_m es la dispersión modal y W_e es la apertura del impulso de entrada a mitad de altura y W_s la apertura del impulso de salida a mitad de altura. La dispersión modal resulta ser el ensanchamiento adicional del pulso de entrada. En la Fig. 1.3 se ilustra este comportamiento.

Considerando el pulso en el tiempo como una forma de onda gaussiana se puede escribir como:

$$S(t) = e^{-2.77 \left(\frac{t}{W_m}\right)^2} \quad (4)$$

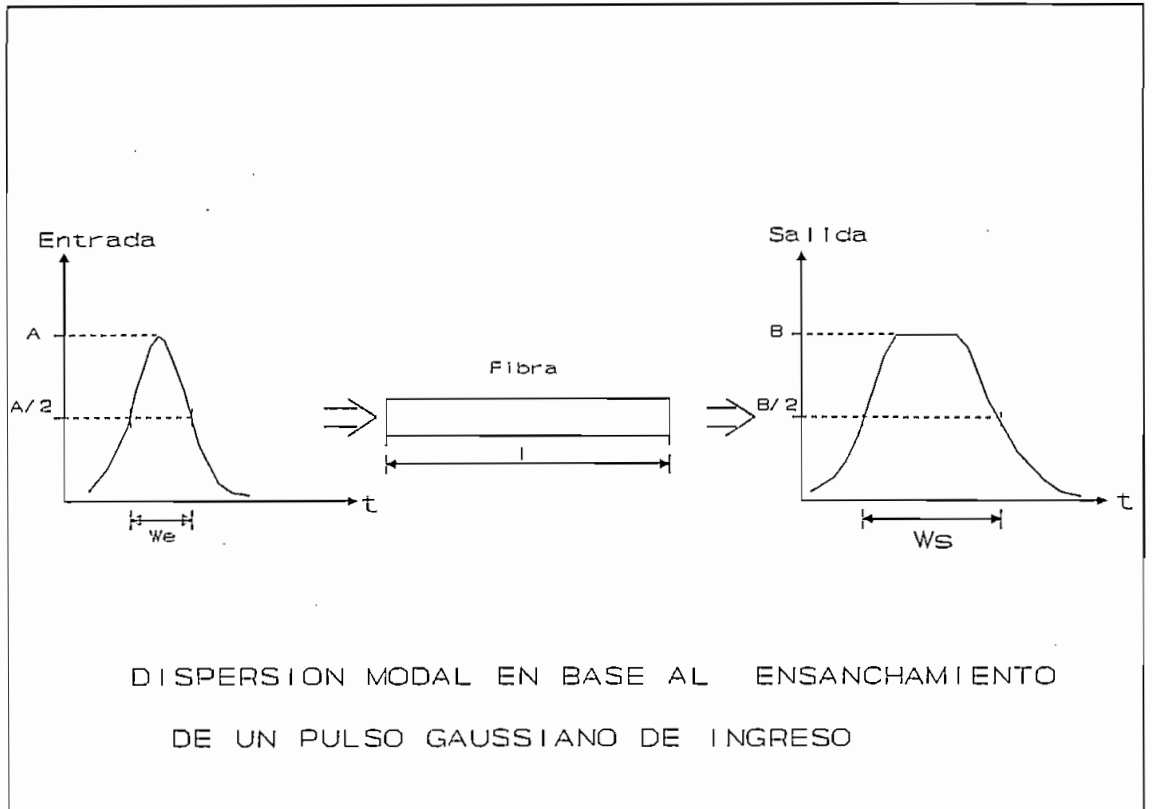


Fig.1.3

Para conocer las características de transferencia de la fibra óptica se encuentra la transformada de fourier de $S(t)$:

$$S(f) = 0.17 * W_m * e^{(-3.56 * f^2 + W_m^2)} \quad (5)$$

De esta forma se obtiene que el ancho de banda definido a 3 dB de atenuación de potencia óptica respecto de la frecuencia de 0 Hz será:

$$AB = \frac{0.44}{W_m} \quad (6)$$

De lo que se deduce que el ancho de banda es inversamente proporcional a la dispersión modal $[W_m]$. Este valor se expresa por unidad de longitud en $[\text{nseg/Km}]$. El ancho de banda AB disminuye con el incremento de la longitud del enlace y se expresa en unidades de $[\text{MHz/Km}]$.

Existen dos formas de reducir la dispersión modal para incrementar el ancho de banda disponible de la fibra óptica.

Produciendo una variación gradual del perfil del índice de refracción y permitiendo la propagación de un solo modo.

1.1.3.2 DISPERSION CROMATICA

Si la dispersión modal es nula el ancho de banda será infinito, pero esto no ocurre debido a que existe la dispersión cromática o intermodal que es de magnitud inferior que la dispersión modal y por ello permanece enmascarada en las fibras ópticas multimodo, la dispersión modal es despreciable para las fibras monomodo ya que presentan un sólo modo de propagación mejorando de esta forma el ancho de banda en éstas fibras.

La dispersión cromática es la suma de la dispersión del material y la dispersión de guíaonda³, producida por el ensanchamiento temporal de los impulsos en la fibra, la dispersión cromática tiene su raíz en la dependencia del índice de refracción del núcleo con la longitud de onda, y la anchura espectral de las fuentes ópticas. Para nuestro análisis se define el índice de grupo n_g :

$$n_g = \frac{c}{v_g} \quad (7)$$

Donde "c" es la velocidad de la luz en el vacío y v_g es la velocidad de propagación de grupo.

El tiempo de propagación de las distintas longitudes de onda es distinto, existe una dispersión a la salida del modo de propagación debido a que las longitudes de onda que lo componen tienen velocidades diferentes.

Se define como dispersión del material $M(\lambda)$ a la variación diferencial del índice de refracción de grupo con

³ Nota: FIBRA OPTICA.- Guíaonda en forma de filamento, hecho de material dieléctrico, capaz de guiar potencia óptica.

respecto a la variación diferencial de λ , como se muestra en la Fig. 1.4.

$$M(\lambda) = -\left(\frac{1}{c}\right) * \frac{\partial n_g}{\partial \lambda} = \left(\frac{\lambda}{c}\right) * \frac{\partial^2 n}{\partial^2 \lambda} \quad (8)$$

De la ecuación (8) se observa que si n disminuye la velocidad aumenta y el tiempo de propagación es menor. Existe un valor de longitud de onda cercana a $1.3 \mu\text{m}$ donde la dispersión del material es nula, además cerca de éste valor los tiempos de propagación de las distintas longitudes de onda tienden a ser iguales (Según la recomendación G.652 del CCITT).

El valor de la longitud de onda para el cual $M(\lambda) = 0$ se denomina longitud de onda de dispersión cromática nula y depende del material. El valor aumenta con el incremento de la concentración de GeO_2 (óxido de germanio) y disminuye con el incremento de B_2O_3 (óxido bórico).

El ancho de banda resultante será función inversa de la dispersión cromática y la anchura espectral de la fuente emisora (láser) se expresa como:⁴

$$AB = \frac{0.44}{L * W_c * \Delta \lambda} \quad (9)$$

Siendo:

$\Delta \lambda$ en [nm] es el ancho espectral de la fuente en el punto de media potencia óptica emitida. Se puede observar que el ancho de banda se reduce cuando la fuente de luz tiene un ancho espectral grande, por lo que se busca reducir dicho valor utilizando emisores Láser.

W_c se define como dispersión cromática, en las fibras ópticas monomodo su valor será menor a $6 \text{ pS}/(\text{Km.nm})$ medida entre 1.28 y $1.32 \mu\text{m}$ de longitud de onda de acuerdo a la Rec.

⁴ NOKIA, "Optical fiber system", Suecia, 1991, pág 22

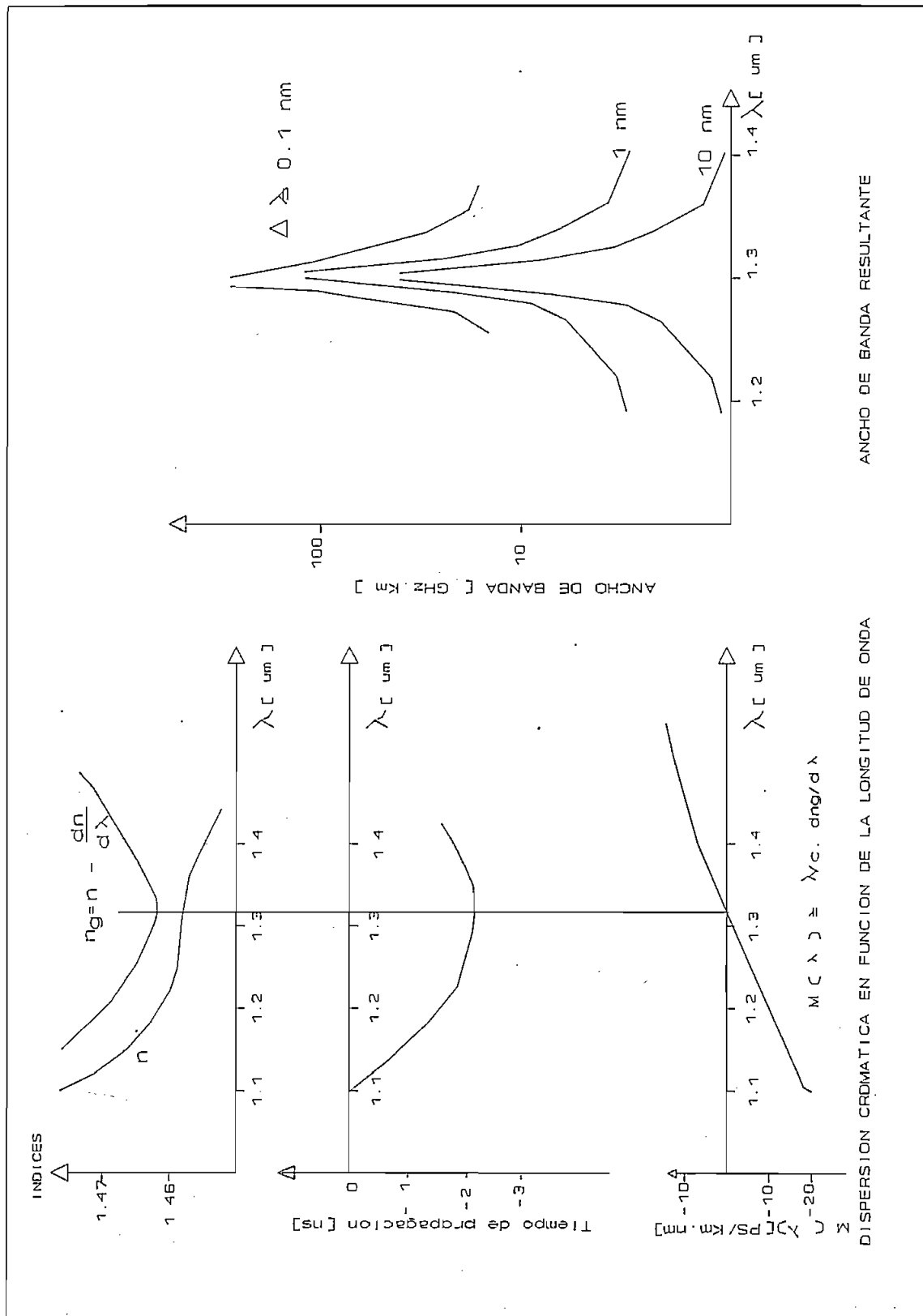


Fig. 1.4

G.652 del CCITT.

L es la longitud del enlace.

La dispersión cromática es uno de los parámetros a ser considerados cuando se determina el ancho de banda para los sistemas de fibra óptica monomodo, la dispersión cromática determina el ancho de banda en función de la distancia como se observa en la ecuación (9).

Es por éstas razones que en lo posterior únicamente se emplea a las fibras monomodo que presentan menor atenuación y mayor ancho de banda, aplicable para los sistemas interurbanos. En la Fig. 1.5 se presenta la variación de la dispersión cromática en función de la longitud de onda.

1.1.4 ATENUACION ESPECTRAL EN LAS FIBRAS OPTICAS

Una característica de las fibras ópticas es la atenuación que éstas presentan y se la puede definir como el valor de atenuación para una frecuencia modulante nula. Existen diversos mecanismos que contribuyen a la atenuación de las fibras ópticas como se muestra en la Fig. 1.6, entre ellos tenemos: reflexión, dispersión, absorción y la presencia de impurezas.

- La atenuación por reflexión, conocida como reflexión de Fresnell se produce en los extremos de las fibras ópticas debido al salto de índice de refracción entre el medio y el núcleo. Este valor se escribe como:

$$R_f = \left(\frac{n_1 - n_0}{n_1 + n_0} \right)^2 \quad (10)$$

Donde: $n_1 = 1.48$ (núcleo) y $n_0 = 1$ (aire)

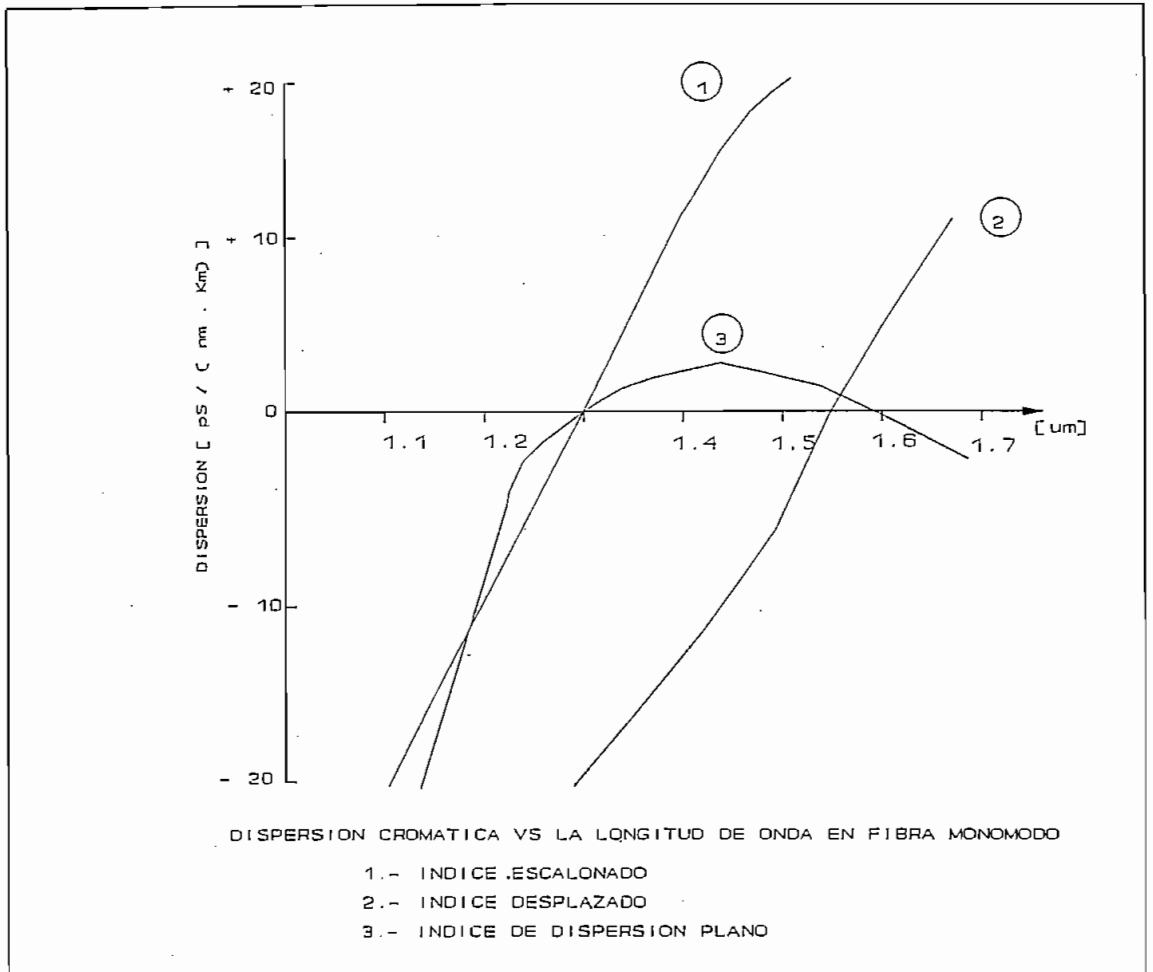


Fig. 1:5

Para disminuir esta reflexión se suele colocar un líquido adaptador de índice, que impide la presencia de aire entre el emisor de luz y la fibra óptica o entre fibras ópticas, muchas veces se usa material epoxi de idénticas características para unir sólidamente los elementos.

- El esparcimiento o la dispersión de Rayleigh, se debe a fluctuaciones de concentración y densidad, burbujas en el material, inhomogeneidades, fisuras o imperfecciones de la guionda, por irregularidades interfaciales del núcleo y revestimiento.

En este caso se produce la dispersión de la onda

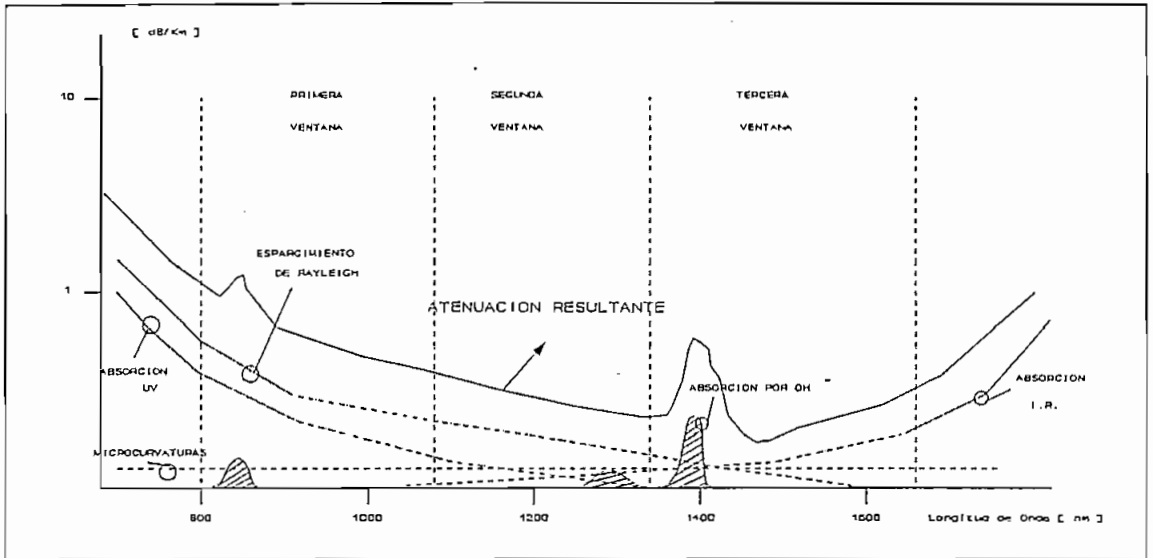


Fig. 1.6

electromagnética (como en el caso de las gotas de agua chocando un obstáculo) que se traduce en la atenuación de la onda incidente.

$$A_r = \frac{K}{\lambda^4} \quad (11)$$

Donde:

K es una constante que depende de $\delta = (n_1 - n_2) / n_1$ y A_r es la atenuación por esparcimiento en dB/Km.

- **La absorción**, que produce el dióxido de silicio (SiO_2) es una absorción natural con un mínimo en $1.55 \mu\text{m}$, al incidir energía sobre el núcleo, éste absorbe parte de la energía que produce una vibración y se calienta, esto representa una atenuación hacia el infrarrojo y otra hacia el ultravioleta.

- **La atenuación debida a impurezas**, se debe principalmente al proceso de fabricación y las principales impurezas es el agua el radical OH^- que se puede encontrar dentro de la fabricación de la fibra óptica.

1.2 CONFIGURACION DE UN SISTEMA DE COMUNICACION POR FIBRA OPTICA

1.2.1 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL SISTEMA POR FIBRA OPTICA

Los elementos básicos constitutivos de un sistema de comunicación por fibra óptica se los describe en la Fig. 1.7.

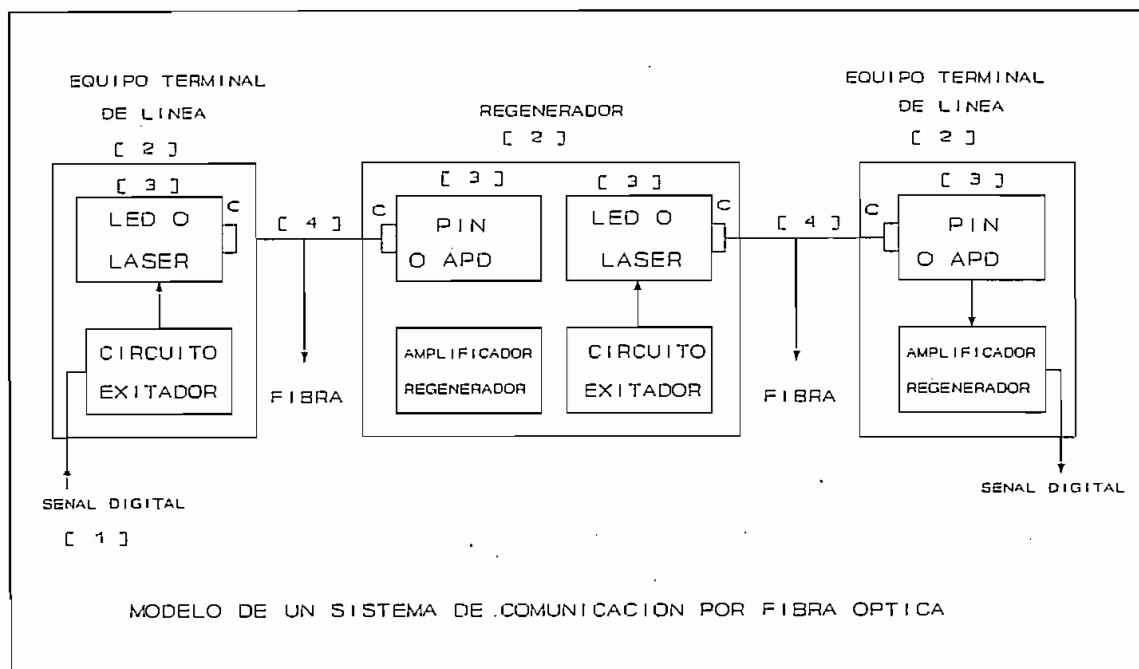
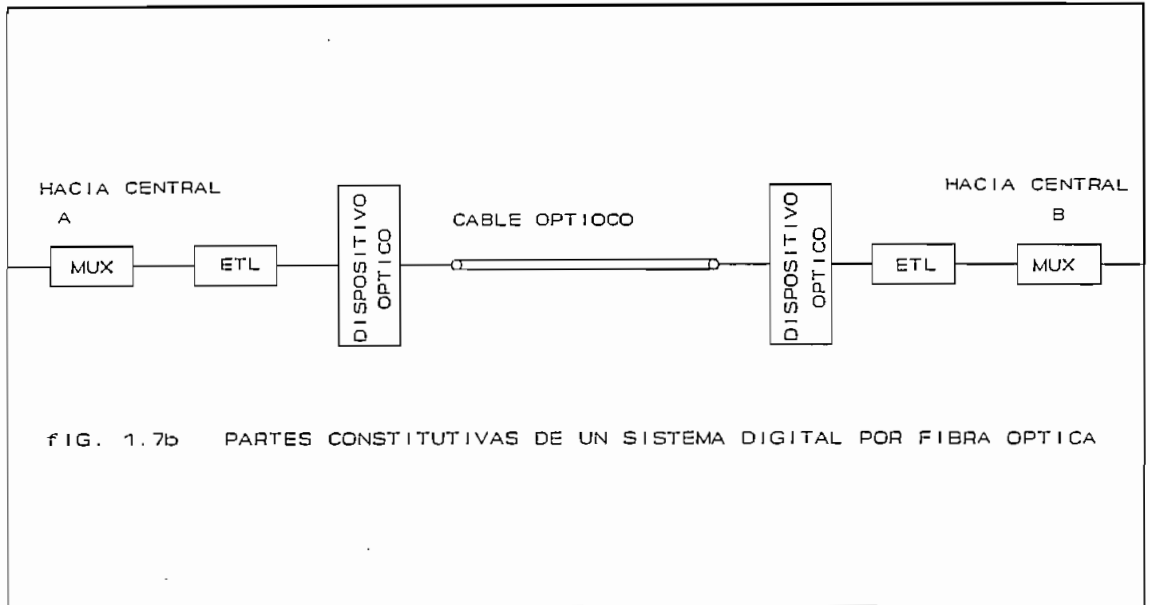


Fig. 1.7

- [1] Punto de interconexión eléctrico de acuerdo a Rec. G.703 del CCITT.
- [2] Regenerador
- [3] Conversor E/O y O/E
- [4] Conductor de fibra óptica

Otro modelo esquemático por fibra óptica se denota en la fig. 1.7b.

Los principales componentes que interviene en un sistema de comunicación por fibra óptica que se muestran en las Fig. 1.7 y son los siguientes:



1.2.1.1 CONVERSORES OPTOELECTRICOS

Transmisores ópticos (E/O).

Los transmisores o fuentes ópticas se requieren para convertir las señales eléctricas en ópticas y actúan como transductores ópticos; las fuentes ópticas adecuadas deben ser pequeñas y de bajo consumo, pero capaces de ser moduladas a altas velocidades, con buena estabilidad con la temperatura y factibles de generar la mayor potencia posible. Las fuentes más usadas en comunicaciones ópticas son los diodos electroluminiscentes (LED) y los láser (LD).

Los elementos emisores irradian fotones mediante emisión espontánea o estimulada, para lo cual es necesario inyectar portadores de carga en exceso electrones o huecos, en una juntura (PN) fuertemente polarizada en directo.

Diodo emisor de luz (LED).

El semiconductor que emite luz por emisión espontánea se denomina diodo emisor de luz (LED). La emisión espontánea se

produce cuando en la banda de conducción de un semiconductor se encuentran un exceso de electrones, los que con la emisión de un fotón, ocupan espontáneamente lugares libres de la banda de valencia; la radiación resultante no es coherente. Los conversores electroópticos se fabrican en base a combinaciones de elementos químicos de la III-IV y V familia de la tabla periódica.

Se tiene dos tipos de LED: los de emisión por superficie y los de emisión por esquina.

Los LED de emisión por superficie, también llamados del tipo Burrus, logran su alta radiación restringiendo la emisión a una pequeña área del empaquetado, con la ayuda de un pequeño contacto de tipo p.

El rendimiento del acoplamiento a la fibra depende del área de radiación del LED, del diámetro y perfil del índice de refracción del núcleo y del grado de alineamiento entre la fibra y el LED.

En las fibras multimodo, la apertura numérica es mayor en el eje de la fibra, por lo tanto el rendimiento de acoplamiento es mayor mientras menor es la superficie de emisión del LED o en la superficie de la fibra.

Las configuraciones Burrus son sencillas ofrecen una superficie de emisión con unos 50 μm de diámetro, compatibles con fibras multimodo de 50 μm de diámetro del núcleo.

Los diodos electroluminiscentes de esquina (ELED), incrementan la luz emitida en la unión con la ayuda del efecto guía que es producido por la doble heteroestructura (DH), que es una secuencia de capas en donde la capa semiconductor activa está limitada por dos capas de recubrimiento.

Los ELED, son LED que emiten desde una o más esquinas del substrato semiconductor y disponen de un contacto ranurado.

La señal radiada por los ELED, es mas direccional que para el otro caso, por lo que las pérdidas de acoplamiento a la fibra son menores.

El ancho espectral en los ELED ($\Delta\lambda$), es menor, de tal manera que los anchos espectrales de radiación de un LED de estructura simple están en el campo de 30 - 50 nm para radiaciones a 850 nm, y de 70-110 nm para radiaciones a 1300 nm; para los ELED de AsGa se han obtenido ($\Delta\lambda$) inferiores a 10 nm.

Estos tipos de emisores ópticos son utilizados para transmisión en distancias cortas debido a su baja potencia de emisión.

DIODOS LASER (LD).

Los diodos láser son los que emiten radiaciones coherentes y que utilizan la emisión estimulada, ésta se produce cuando los fotones existentes en un semiconductor excitan a los portadores de carga en exceso para efectuar una recombinación radiante, es decir emitir otros fotones. La luz emitida tiene la misma longitud de onda y fase que la luz incidente, por lo tanto la emisión es coherente.

En el diodo láser una corriente grande provoca un exceso de portadores de carga en la banda de conducción, que posibilita una fuerte emisión estimulada. Este efecto amplificador producido por una avalancha de fotones es apoyado por un resonador óptico, que en general, está formado por dos espejos planos paralelos semitransparentes. En el diodo láser, las dos superficies son naturales de cristal que se forman al dividirse el cristal semiconductor y son

recubiertas con una capa protectora adicional.

La estructura del láser es similar a la de un LED y bajo ciertas condiciones actúa como un LED. La curva característica de potencia luminosa vs corriente eléctrica

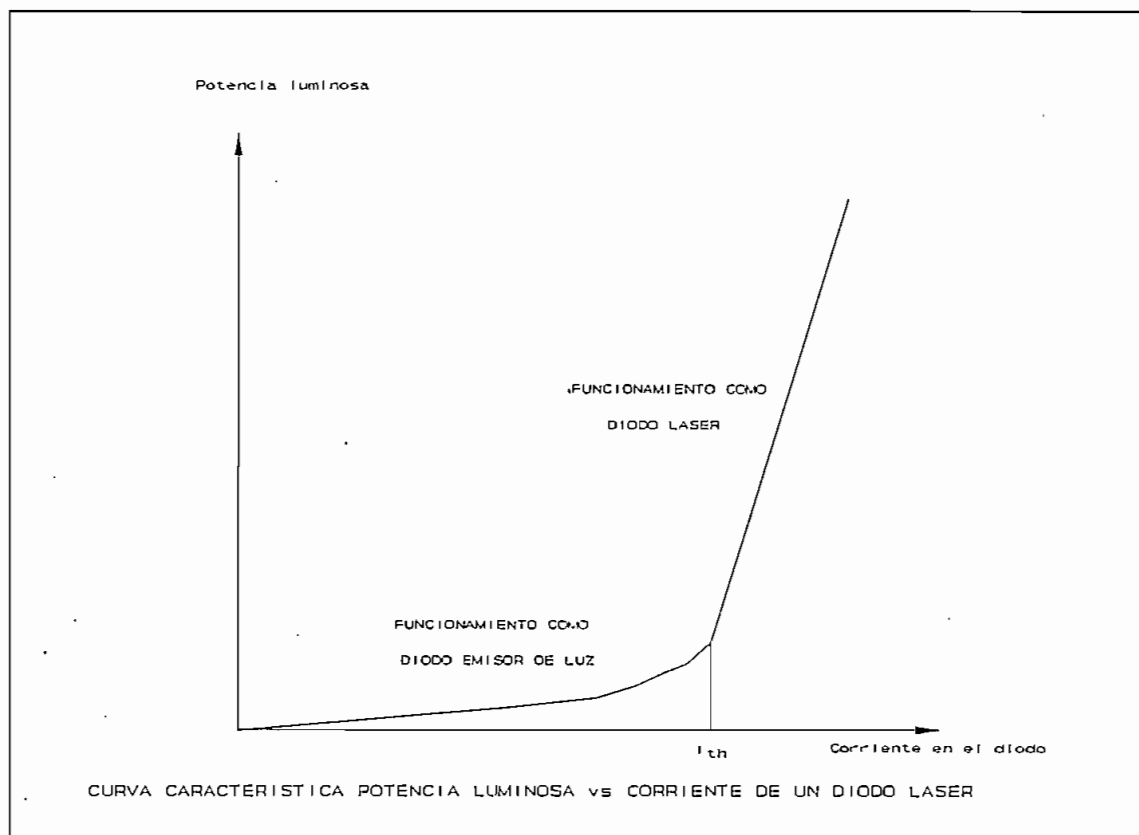


Fig. 1.8

de un diodo láser se la observa en la fig. 1.8.

El funcionamiento del láser consta de dos zonas:

- Con una corriente inferior a la del umbral se comporta como un LED, emitiendo luz incoherente.
- Por encima de la corriente de umbral la emisión es coherente y crece rápidamente, lo que significa ciertas ventajas con respecto a los LED y a la vez pone de manifiesto su comportamiento crítico en su funcionamiento.

Por otra parte la ventaja de un láser frente a un LED, es que tiene un ancho espectral ($\Delta\lambda$) muy reducido (aproximadamente 0.1 nm), en contraposición a la amplia distribución espectral del diodo emisor (aproximadamente 50 nm).

Existe una variedad de láser, siendo los más utilizados en comunicaciones por fibra óptica los láser de doble heteroestructura (DH) y de geometría ranurada.

LASER DE DOBLE HETEROESTRUCTURA (DH).

Estos láser son los más idóneos para operación en modo continuo y son muy usados en comunicaciones ópticas. No pueden generar picos de alta potencia, pero si trabajar de modo continuo, generando niveles en el orden de los milivatios.

LASER CON GEOMETRIA RANURADA

Estos son una subcategoría de los láser DH, en los cuales la emisión se confina en una estrecha ranura a lo largo del láser. La ranura de la zona activa es de 1 - 10 μm , frente a los 50 μm o más de los láser DH convencionales, ésta característica es aprovechable para acoplar las fibras ópticas monomodo.

Para limitar el ancho de la zona activa, se recurre a estructuras del tipo "gain guided" o heteroestructura (DH). Como se indica en la Fig. 1.9.

Uno de los principales problemas que presentan los láser es su dependencia del nivel de potencia luminosa en función de la temperatura, como se muestra en la Fig. 1.10, para una misma corriente de polarización del diodo, al

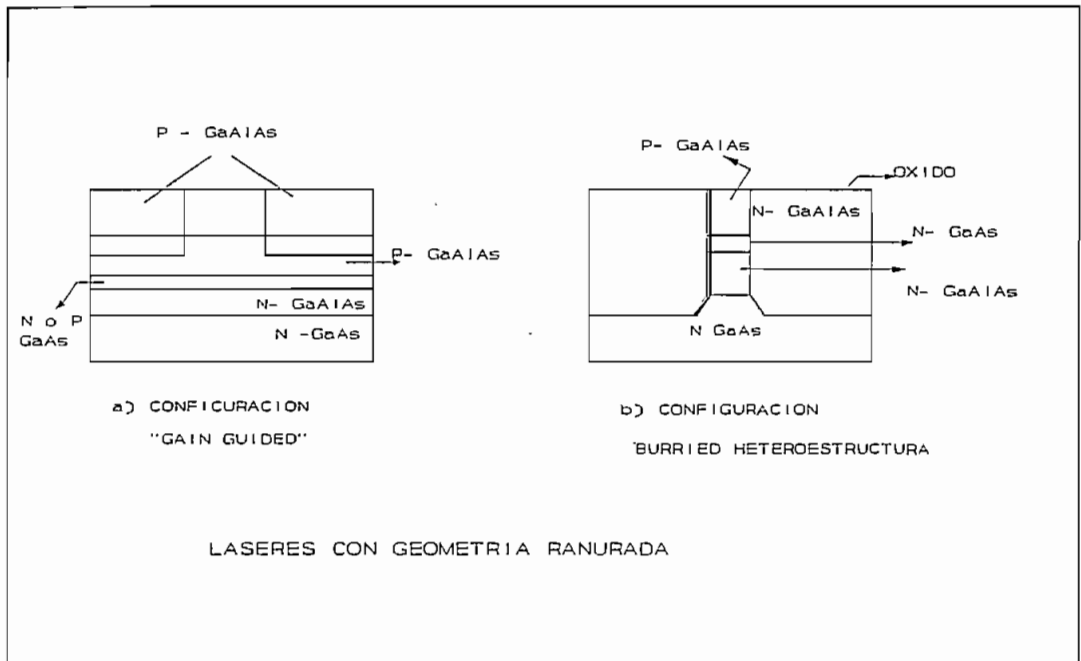


Fig. 1.9

aumentar la temperatura decrece el nivel de potencia emitido; por esta razón es conveniente añadir al láser un circuito que varíe la corriente de polarización en función de la temperatura, para mantener constante el nivel medio de potencia óptica, o bien mantener el láser en un ambiente de temperatura estabilizada.

Receptores ópticos (O/E)

Los receptores ópticos denominados fotodiodos aprovechan el efecto de la absorción de radiación luminosa de un semiconductor; el proceso para generar corriente se produce cuando fotones que inciden sobre el semiconductor ceden su energía a electrones en la banda de valencia, estos incrementan su energía y pasan a la banda de conducción de mayor energía, dejando huecos en la banda de valencia.

Para la fabricación de éstos receptores se utiliza principalmente el Silicio, Germanio o compuestos de los grupos III, IV y V de la tabla periódica. El silicio es apto

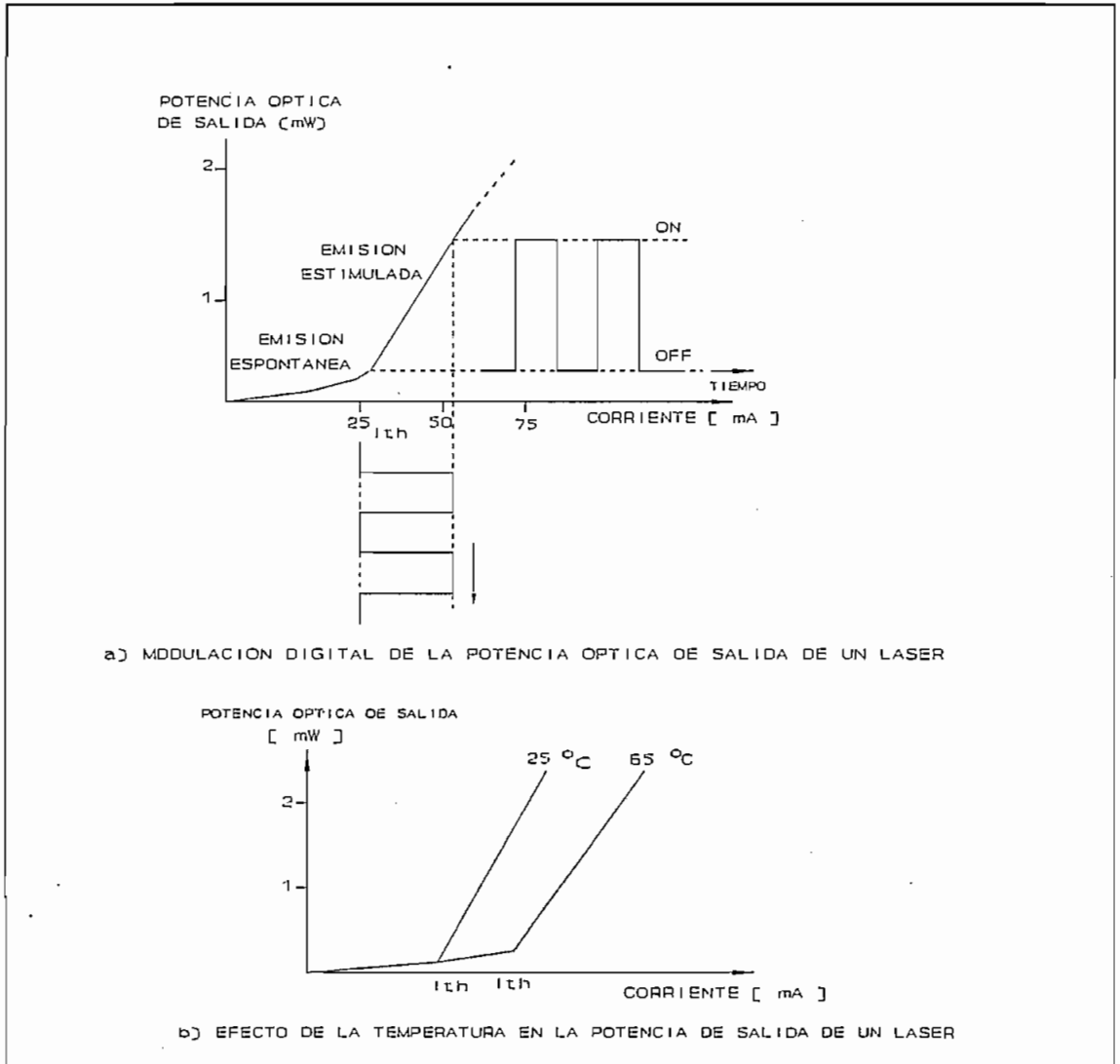


Fig. 1.10

por debajo de 1000 nm; para longitudes de onda de 1300 nm (segunda ventana) y 1550 nm (tercera ventana) se usan fotodiodos de germanio y compuestos como InGaAs o de InAsGaP.

FOTODIODOS DE AVALANCHA (APD)

Cuando la tensión de polarización inversa, está próxima a la ruptura, los portadores mayoritarios pueden obtener

suficiente energía en presencia de un campo eléctrico, para crear nuevos pares de portadores por impactos de ionización a este mecanismo se le denomina multiplicación por avalancha. La fotocorriente multiplicada (I_m) puede expresarse como.

$$I_m = M * I_p$$

Siendo M la ganancia media del fotomultiplicador.

Estos fotodiodos que aprovechan el efecto de avalancha se les conocen como (APD), o fotodiodos de avalancha y existen APD de silicio, germanio y de compuestos de la III y V familia de los elementos de la tabla periódica.

Los APD de silicio trabajan en la región de los 800 - 900 nm; presentan bajo ruido y requieren altos voltajes de polarización inversa (200 a 300 V). El valor de ganancia (M) es alto de 50 a 150.

La sensibilidad de los receptores es por definición, la corriente suministrada, cuando incide una potencia óptica de un vatio. En los receptores APD es del orden de 80 (A/W) y en los receptores PIN es de 0.6 (A/W).

Los APD de Germanio trabajan en la región de 1000 - 1600 nm, pero son más ruidosos y de menor sensibilidad que los APD de silicio. El factor de multiplicación es de 5 a 20 y requiere de bajos voltajes de polarización inversa, en el orden de 15 voltios.

Los APD de los compuestos de la III y V familia como InGaAsP, pueden cubrir la banda de 960 - 1600 nm y son mucho más sensibles que los APD de germanio.

FOTODIODO PIN

La estructura de un fotodiodo PIN es simple, consiste en una unión PN, formada en un semiconductor y con una banda energética más estrecha que la correspondiente a la energía

de un fotón de la señal que se desea detectar. Los fotones absorbidos crean pares electrón-hueco que se desplazan en sentido contrario dentro del campo del semiconductor y originan una corriente I_p en un circuito exterior.

Estos fotodiodos tienen estructura PIN, en la cual la región intrínseca I, escasamente dopada, se ubica entre dos regiones dopadas P y N. El dispositivo opera normalmente con polarización inversa.

Cuando no hay luz incidente, el fotodetector origina una cierta corriente parásita, denominada corriente de oscuridad, la cual se debe a difusión de portadores minoritarios generados térmicamente, o por el paso de electrones de la banda de valencia a la de conducción por efecto túnel.

RECEPTORES PIN/FET.

Están compuestos por fotodiodos PIN seguidos de un preamplificador de bajo ruido (FET). Presentan mejor sensibilidad, y otras ventajas con respecto a los APD, baja tensión de alimentación, menos ruido y poca dependencia con la temperatura. En la Fig. 1.11 se muestran estas dos configuraciones.

Los receptores PIN/FET que trabajan a 850 nm usan fotodiodos de silicio, mientras que para 1300 y 1550 nm se han fabricado PIN/FET basados en InGaAs. En la práctica vienen usándose configuraciones con circuitos de alta impedancia o de trasimpedancia.

1.2.2 EQUIPOS TERMINALES DE LINEA

La función del equipo terminal de línea consiste en transmitir entre dos puntos distantes una estructura de trama con canales de información, multiplexados en el tiempo o en

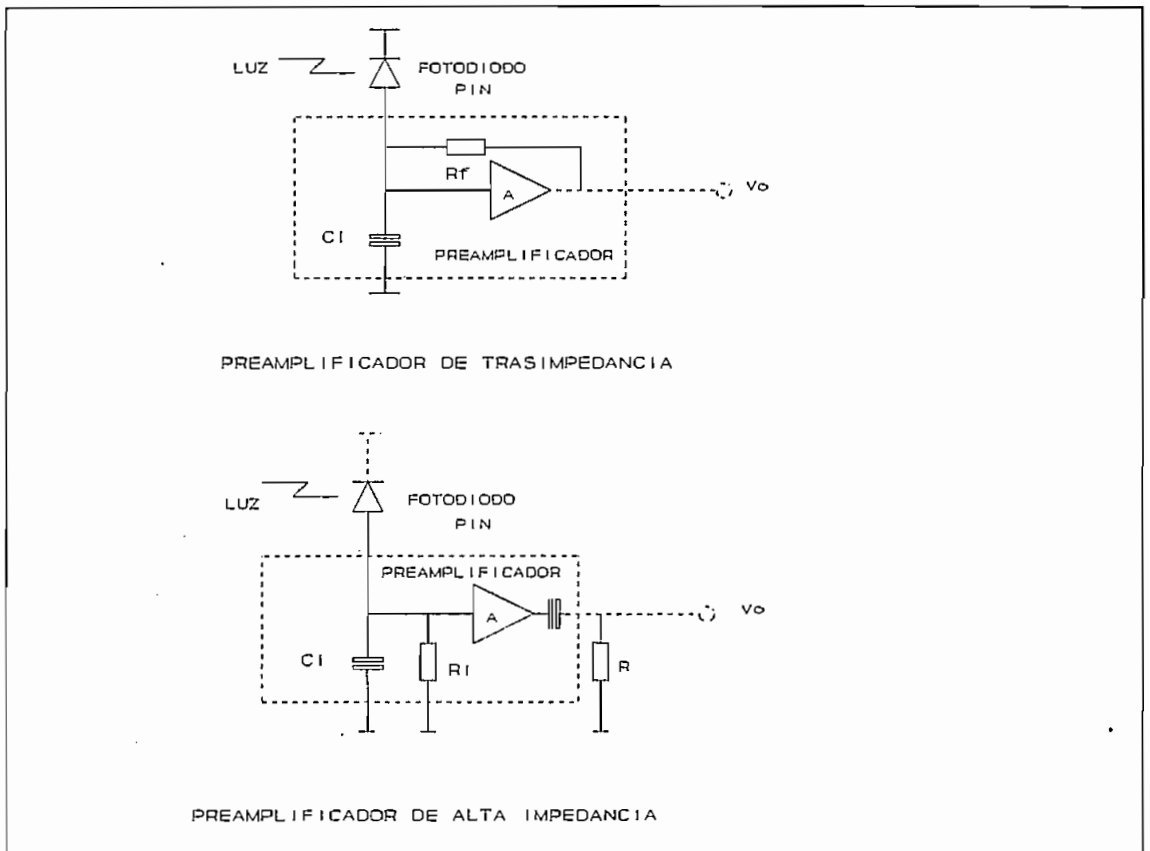


Fig. 1.11

frecuencia y con formato analógico o digital.

Además las funciones auxiliares del equipo terminal de línea es la de incluir un sistema de supervisión que permita monitorear la calidad de los repetidores auxiliares y del propio repetidor terminal, como también un canal de servicio en las estaciones regeneradoras y estaciones terminales.

Dentro de los equipos terminales de línea, se encuentran los repetidores intermedios que se intercalan entre los terminales de línea cuando sean necesarios.

En la Fig 1.12, se denotan los principales bloques funcionales del equipo terminal de línea.

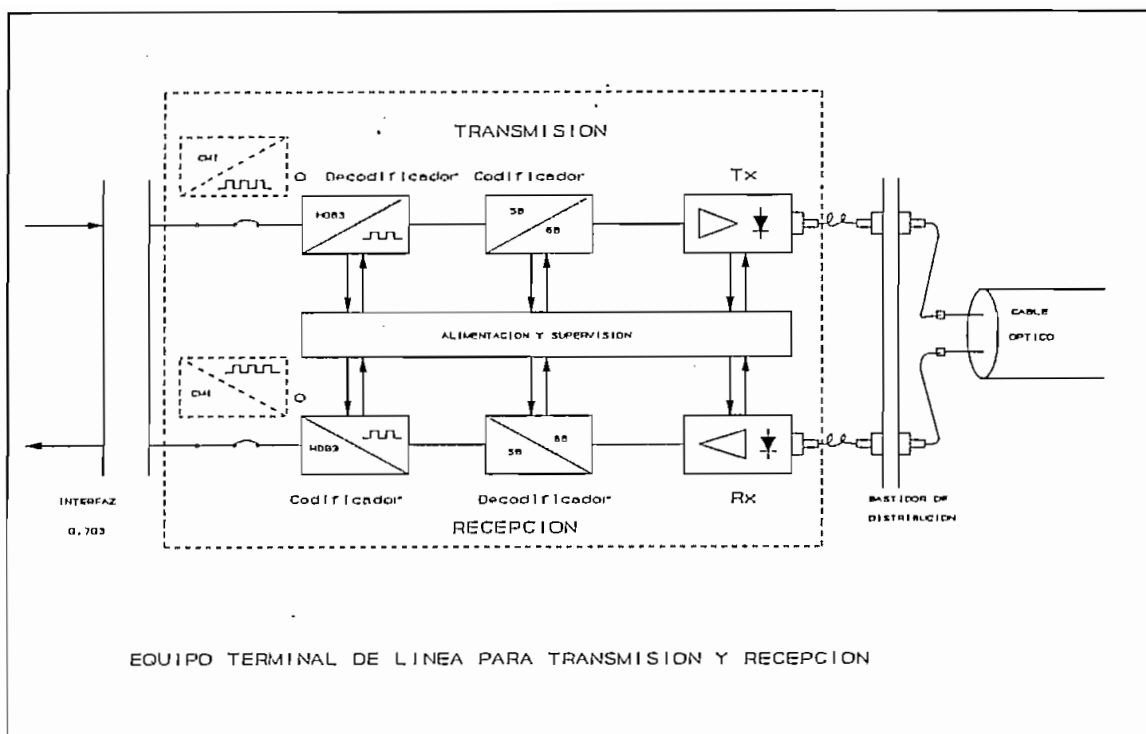


Fig. 1.12

1.2.2.1 TRANSMISION.

a) Decodificador

Su función específica es la de convertir el código de la señal procedente del multiplex HDB3, o CMI en sistemas a 34 o 140 Mbit/s respectivamente, en una señal binaria. El decodificador está diseñado para admitir la señal digital de acuerdo con las especificaciones del interfaz G.703 del CITT.

b) Codificador

Convierte la señal binaria al código de línea por fibra óptica, un código muy usado es el 5B 6B. También es frecuente que antes del codificador se intercale un aleatorizador, a fin de asegurar la transparencia del sistema al código binario y facilitar la extracción de la temporización en los regeneradores, y la sincronización de bloques para la decodificación del código de línea.

La señal binaria convertida al código 5B 6B sufre una conversión serie - paralelo, formándose bloques de 5 bits que son luego codificados en bloques de 6 bits, el sincronismo de ésta operación se obtiene dividiendo por 5 la frecuencia de la señal entrante. Los bloques de 6 bits en paralelo se convierten en un tren de impulsos en serie, leyéndolos a una frecuencia de 6/5 de la señal entrante, la señal así codificada se entrega al transmisor electroóptico (convertor eléctrico-óptico).

c) Transmisor óptico.

Al modular la señal codificada la corriente de polarización de un diodo láser o led se convierte en impulsos ópticos.

Los diodos láser presentan una mayor potencia óptica de salida y baja atenuación de acoplamiento a la fibra óptica respecto de los Led. Los láser se utilizan con fibras ópticas monomodo por el reducido ancho espectral, lo cual tiene relación con la dispersión cromática y por ello con el ancho de banda del sistema. Si modulamos el láser con una señal digital cuya corriente de excitación, tiene la máxima variación (desde cero al máximo en la zona de linealidad) se tiene que el emisor pasa de la emisión espontánea a la emisión estimulada. Para evitar este período transitorio debe usarse el láser con corrientes superiores al umbral I_u .

Para el diodo emisor láser, es necesario un circuito para estabilizar y compensar la polarización frente a los cambios que la temperatura y el envejecimiento que introducen en las características (corriente-potencia óptica) del láser. Para ello el fotodiodo lleva asociado un pin o un APD que toma una parte de la señal óptica emitida, para a su vez modificar automáticamente la polarización del láser. Como se muestra en la Fig. 1.13.

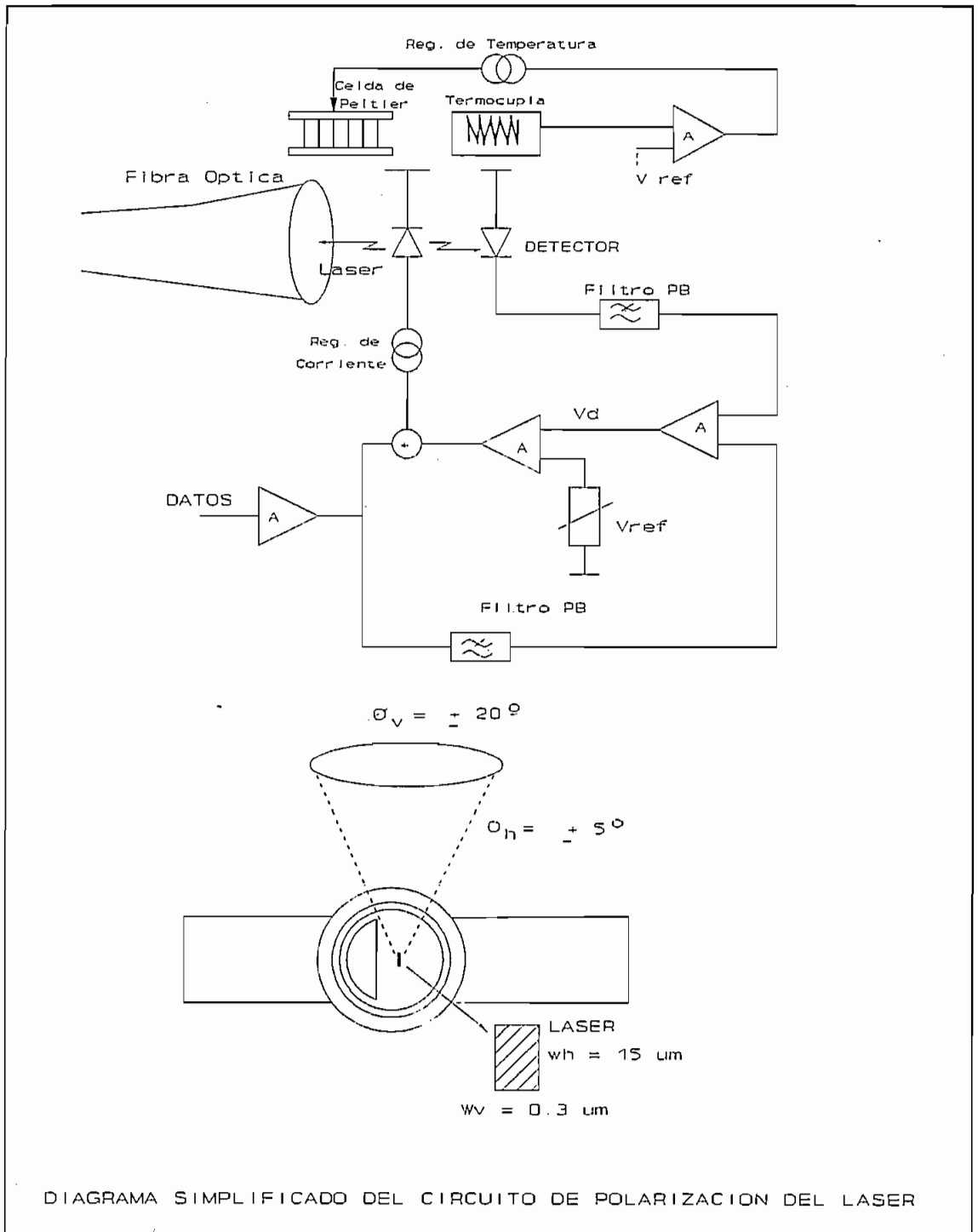


Fig. 1.13

Un detector de luz APD o PIN se coloca en la cara trasera del láser de tal forma que permita obtener una parte de la energía de salida. Esta señal detectada por el APD es

promediada (filtro pasabajos) y comparada con el promedio a largo plazo de la señal digital. De esta forma se realiza un control sobre la potencia de salida modificando la corriente de polarización del láser a fin de mantener la potencia óptica constante. Por otro lado las variaciones a corto plazo de la potencia óptica debida a la señal digital transmitida se elimina con el filtrado. Por último se tiene un ajuste manual de la corriente de polarización. El circuito de realimentación es negativo incrementando la corriente cuando baja la potencia óptica;

en la medida que el láser envejece se incrementa la corriente de polarización y se obtiene una alarma previa a la degradación definitiva.

Se utiliza la conexión con Pig tail muy común hoy en día, ya que el láser se une a la fibra óptica mediante una lente esférica y se tiene un termistor para controlar la temperatura, el mismo que actúa sobre una celda peltier termoeléctrica. El enfriador peltier consiste en un evaporador, un compresor, y un condensador como las heladeras (sistema refrigerante).

1.2.2.2 RECEPCION.

a) Receptor óptico.

El receptor óptico está compuesto de un fotodetector seguido de un preamplificador ecualizador y un control automático de ganancia, a fin de mantener una señal de amplitud constante a la entrada del regenerador. Si el fotodetector es un APD, resulta preciso un conversor CC/CC a fin de obtener la tensión necesaria para su polarización, que es del orden de 200 V.

En el circuito del receptor se tiene dos tipos básicos de circuitos: las etapas con entrada de trasimpedancia y con alta impedancia. Ver la Fig. 1.11

La etapa de transimpedancia se utiliza para los detectores láser APD. La resistencia de realimentación R_f mantiene la tensión de entrada baja y minimiza los efectos de la capacidad de ingreso. En los receptores con gran ancho de banda el ruido derivado de R_f produce pérdida en la sensibilidad, es decir que incrementa el ruido del receptor, especialmente si se usa con detectores PIN. Se usa con APD debido a que esta configuración admite señales grandes.

Para los detectores PIN se selecciona la etapa de alta impedancia, donde R_1 debe ser grande para minimizar el ruido térmico. Sin embargo la combinación R_1 con C_i produce una integración de la señal lo que exige emplear una red diferenciadora para ecualizar la salida.

En el caso del circuito del APD se requiere un control de la tensión de la polarización ya que variaciones de ésta producen modificaciones en la ganancia M . Cuando M varía debido a la temperatura debe ajustarse la polarización mediante un control automático de ganancia (AGC) para que permanezca constante.

b) Decodificador de línea.

El decodificador contiene circuitos totalmente similares a los del codificador de la etapa de transmisión pero complementarios. Además suele incorporar circuitos para detectar errores de código, así como también los circuitos necesarios para sincronismo con los bloques de código procedentes del equipo terminal de línea.

c) Codificador.

Debe convertir la señal binaria procedente del decodificador de línea, en una señal según el código del interfaz con el multiplex, según la Rec. G. 703 del CCITT.

En la Fig. 1.14 se indica las diferentes fuentes de emisión y recepción ópticas, de acuerdo a sus componentes y la longitud de onda de trabajo.

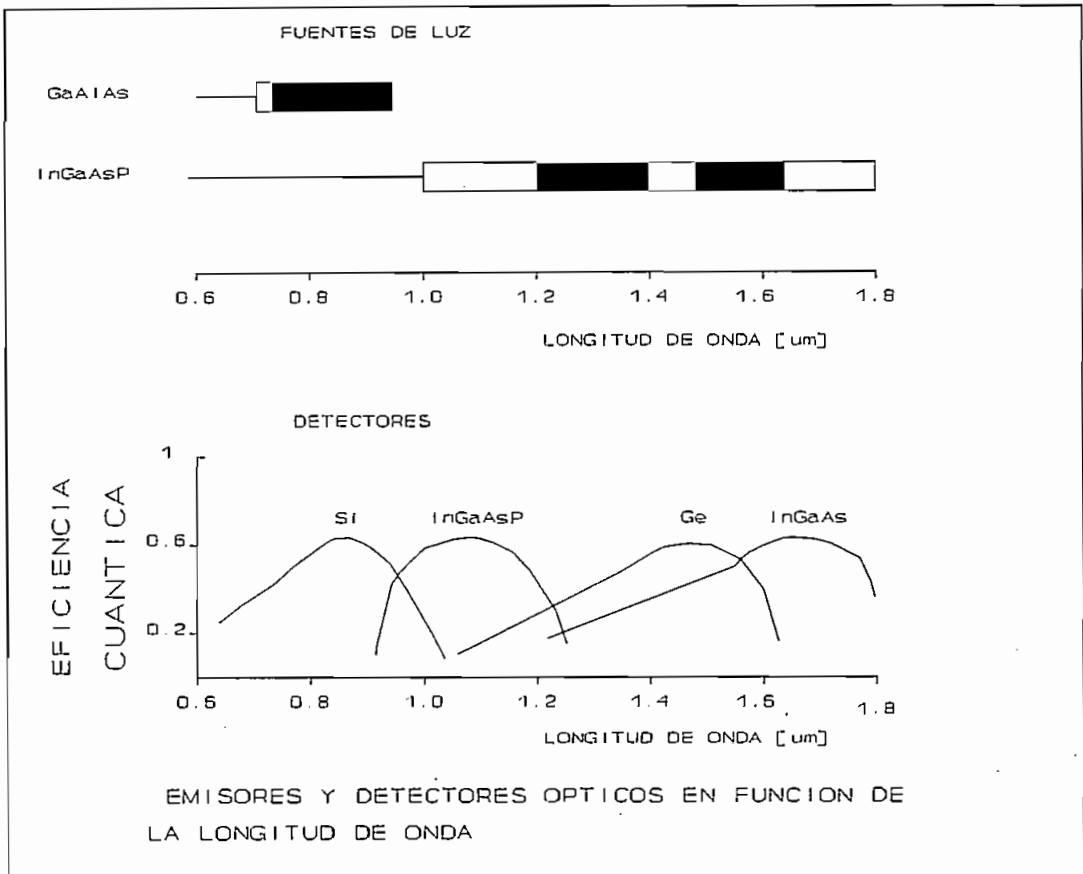


Fig. 1.14

1.3 TIPOS DE FIBRAS DE ACUERDO AL CCITT

Existen dos tipos de fibras ópticas de acuerdo a los modos de propagación, las mismas que están establecidas en las recomendaciones G.651 que define a las fibras ópticas multimodo, y en la recomendación G.652, G.653 y G.654 que describe las características de las fibras monomodo.

1.3.1 FIBRAS MULTIMODO

En un conductor de fibra óptica el índice de refracción (n) es función del radio (r), se describe la variación radial

del índice de refracción "n" del conductor de fibra óptica como la distancia entre el eje del núcleo y la periferia del recubrimiento.

$$n = f (r)$$

La propagación de los modos en el conductor de la fibra óptica depende de la forma del perfil de índices de refracción " g" como se determina en la siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} n^2(r) &= n_1^2 * [1 - 2 * \Delta * (r/\lambda)^g] && \text{para } r < \lambda \text{ en el núcleo} \\ n^2(r) &= n_2^2 = \text{cte.} && \text{para } r \geq \lambda \text{ en el recubrimiento.} \end{aligned}$$

Donde:

n_1 es el índice de refracción en el eje del conductor de fibra ($r=0$)

r distancia del eje del conductor de fibra óptica en μm .

Δ diferencia normalizada de índices de refracción.

λ radio del núcleo en μm .

g exponente, llamado también exponente del perfil.

n_2 índice de refracción del recubrimiento.

La diferencia normalizada se relaciona con la apertura numérica AN, los índices de refracción n_1 y n_2 se relacionan entre sí por medio de la siguiente ecuación.

$$\Delta = \frac{(AN^2)}{2 * n_1^2} = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2 * n_1^2} \quad (12)$$

Dependiendo del valor que tome el exponente g , se logran diferentes perfiles de índice de refracción, los mismos que determinan el tipo de fibra multimodo como se muestra en la Fig. 1.15.

$g = 1$ perfil triangular

$g = 2$ perfil parabólico, o perfil gradual.

$g \rightarrow \infty$ perfil escalonado (caso límite)

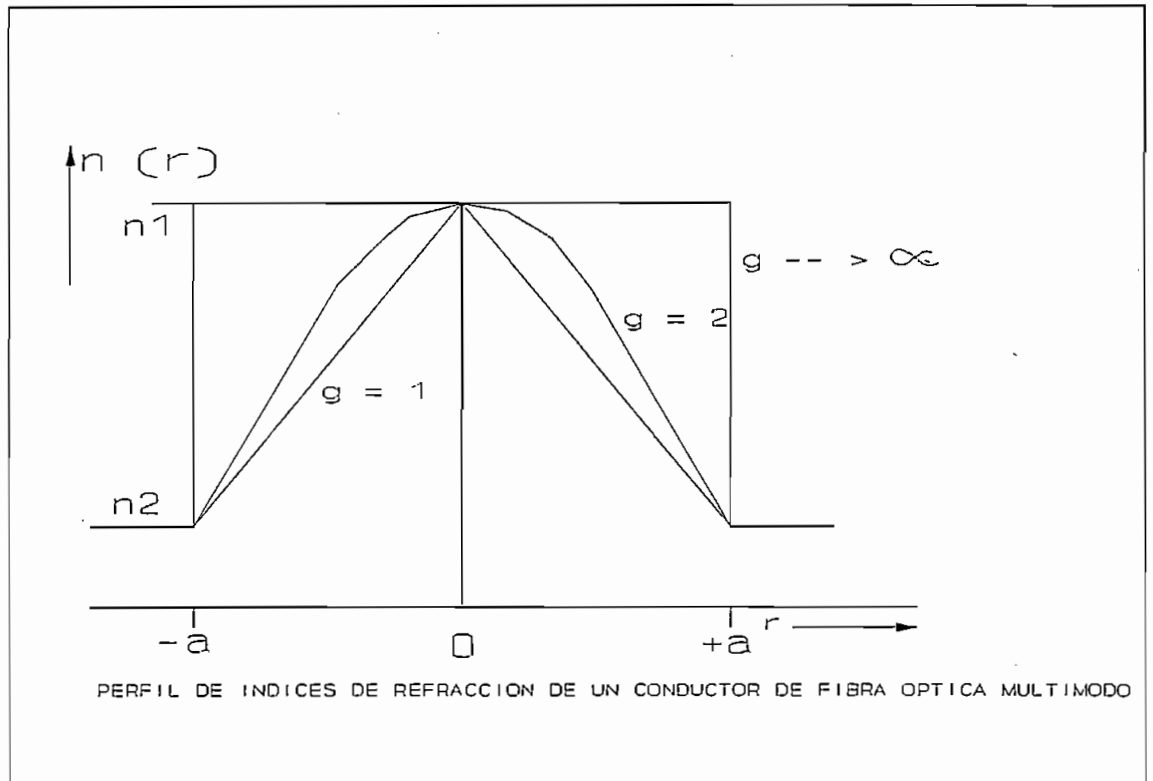


Fig. 1.15

Los tipos de fibras multimodo que describe el CCITT en la Rec. G.651 aplicables para los sistemas de comunicación son:

Para $g = 2$ se tiene una fibra multimodo de índice gradual o parabólico;

Cuando $g \rightarrow \infty$ se tiene una fibra multimodo de índice escalonado.

En la actualidad son muy poco utilizadas debido a la gran atenuación que presentan con respecto a las fibras monomodo, especialmente por la dispersión modal como se indicó anteriormente.

1.3.2 FIBRAS MONOMODO

El estudio se centrará en las fibras monomodo, debido a que es la que mejor se adapta a los sistemas de comunicación interurbanos, por tener menor atenuación y mayor ancho de banda respecto de las fibras multimodo.

Las fibras monomodo se utilizan ampliamente en el campo de las telecomunicaciones, especialmente en los sistemas de alta capacidad, así como también para enlaces de larga distancia debido a las ventajas que éstas presentan como son:

- Baja atenuación debido a que trabajan en la segunda y tercera ventana.
- Mayor ancho de banda para velocidades de transmisión muy elevadas, en el orden de las decenas de GHz.

Un conductor de fibra óptica monomodo es aquel que presenta un diámetro del núcleo menor a $10 \mu\text{m}$, y permite un solo modo de propagación de los rayos luminosos. Siguiendo el eje de la fibra, el diámetro del revestimiento es de $125 \mu\text{m}$. En la figura 1.16 se ilustra.

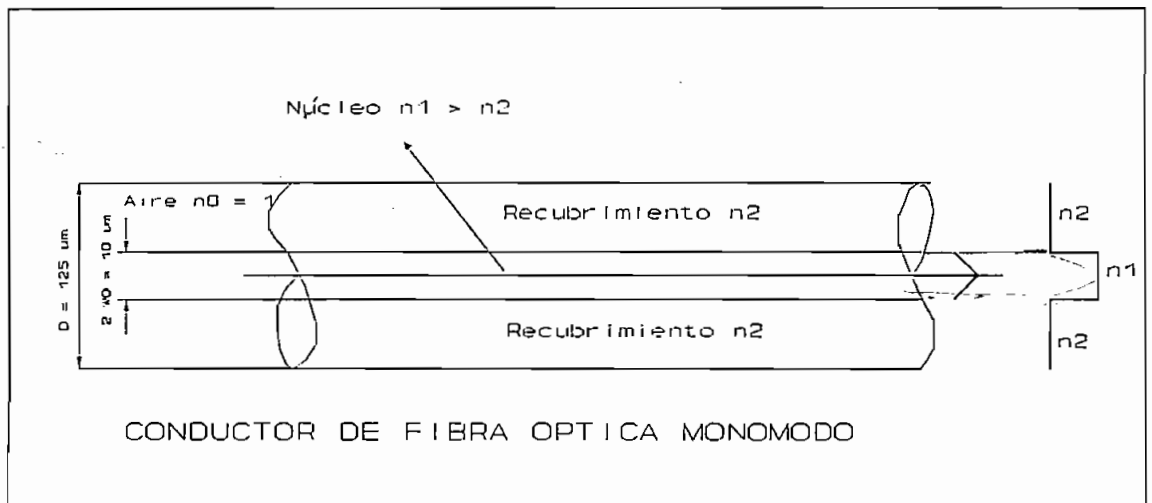


Fig. 1.16

Las principales características de una fibra óptica monomodo se indican en el cuadro 1.3.2.1.

Diámetro del núcleo	($2W_c$)	< 10 μm
Diámetro del revestimiento	(D)	125 μm
Índice de refracción del núcleo	(n1)	1,46
Diferencia del índice de refracción	(Δ)	0,3 %
Apertura numérica	(AN)	0,113
Angulo de aceptación máxima.	($\phi_{\text{máx.}}$)	6,5 °

CUADRO 1.3.2.1

Las principales características de la fibra óptica de acuerdo a la Rec. G.652 del CCITT son las siguientes:

"Recomienda una fibra óptica monomodo cuya longitud de onda de dispersión nula está situada en torno a 1300 nm, optimizada para uso en la región de longitud de onda de 1300 nm, y que pueda utilizarse también a longitudes de onda de la región de 1550 nm. (En las que la fibra no está optimizada)".

Coefficientes de dispersión cromática.

Longitud de onda (nm)	Máximo coeficiente de dispersión cromática [pS / (nm.Km)]
1285 - 1330	3,5
1270 - 1340	6
1550	20

Dentro de este tipo de fibras el CCITT describe un nuevo tipo de fibras ópticas monomodo para ser utilizadas en el campo de las Telecomunicaciones, y son las mencionadas en la Rec. G.653 y G.654.

Las características de la fibra óptica monomodo según la recomendación G.653 del CCITT son:

"Recomienda una fibra óptica monomodo con dispersión desplazada, con una longitud de onda de dispersión nula en la región de longitudes de onda de 1550 nm y que está optimizada para uso a longitudes de onda en torno a 1550 nm. Esta fibra puede utilizarse también a longitudes de onda en torno a 1300 nm, con restricciones indicadas en ésta recomendación.

- El coeficiente de dispersión cromática máximo de las fibras monomodo de ésta recomendación es:

Longitud de onda (nm)	Máximo coeficiente de dispersión cromática [pS/(nm.Km)]
1525 - 1575 1300	3,5 En estudio

- Los coeficientes de atenuación en la región de 1550 nm son inferiores a 0.5 dB/Km, cuando se requiere utilizar a estos cables en la región de 1300 nm su coeficiente de atenuación es inferior a 1 dB/Km. Los valores más bajos dependen del proceso de fabricación, la composición y el diseño de las fibras. Se han obtenido valores comprendidos en la gama 0.19 - 0.25 dB/Km en la región de 1550 nm."

Las características de la fibra óptica monomodo según la recomendación G.654 del CCITT son:

"Recomienda una fibra monomodo que tiene la longitud de onda de dispersión nula en la región de 1300 nm, que presenta una pérdida mínima a una longitud de onda en torno a 1550 nm, y que está diseñada para uso en ésta región.

- Características de la fibra:
 - Diámetro de la fibra monomodo a 1550 nm (en estudio) un posible valor es de 10,5 μm . La desviación del diámetro del campo de modo no deberá rebasar los límites de 10 %.
 - Diámetro del revestimiento es de 125 μm con una desviación de $\pm 2.4\%$

- Coeficiente de atenuación en la región de 1550 nm inferiores a 0.25 dB/Km. (Se han obtenido valores comprendidos en la gama de 0.15 a 0.2 dB/Km en la región de 1550 nm).

- Coeficientes de dispersión cromática a una longitud de onda de 1550 nm de las fibras monomodo de que trata la presente recomendación será de 20 pS/(nm.Km)."⁵

De las recomendaciones descritas anteriormente para las fibras monomodo se determina que la Recomendación G.653 presenta las mejores alternativas para enlaces interurbanos, debido a que se tiene una fibra con atenuación y un coeficiente de dispersión bajos, de esta manera se lograría mejorar el ancho de banda del enlace y se obtendría una mayor distancia entre regeneradores (aproximadamente de 120 Km).

1.3.3 UNIONES EN LAS FIBRAS OPTICAS

Las uniones entre fibras ópticas produce una atenuación de valores pequeños pero que acumulados en varios Kilómetros de trayecto pueden ser una limitación importante en la longitud del enlace. La pérdida en los empalmes tiene dos orígenes: los extrínsecos al sistema de unión (desplazamientos transversales, axiales y longitudinales, reflexión en los extremos etc.) y los intrínsecos (desadaptación de índice de refracción, apertura numérica,

⁵ CCITT, " VOLUMEN III.4 Rec. G.652, G.653 y G.654" , libro azul, Malbourne- Suiza, 1988.

perfil de índice, diámetro, etc.).

En la Fig. 1.17 se resumen las atenuaciones típicas entre fibras ópticas para:

- Separación longitudinal s normalizada al valor de R .
- Separación transversal e normalizada al valor de R .
- Separación angular respecto del eje de alineamiento
- Separación angular del corte respecto de la perpendicular al eje.
- Rugosidad r normalizada respecto de la longitud de onda
- Diferencia de radios $R1$ y $R2$ entre ambas fibras ópticas respecto de $(R1 + R2)/2 = R$
- Diferencia de apertura numérica $AN1$ y $AN2$ respecto de $(AN1 + AN2)/2 = AN$
- Diferencia de circularidad c normalizada al valor del radio R
- Pérdida por reflexión de Fresnel.

Los empalmes pueden clasificarse según la forma de realización en: soldadura por fusión y unión mecánica o adhesiva. Dentro de cada tipo hay varias formas de empalme según el fabricante, además se debe considerar una amplia gama de características en la elección del método apropiado de unión que son:

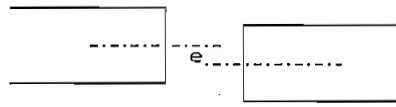
- Empalme pasivo (FO^6 con FO), o activo (FO con semiconductor).
- Empalme simple o múltiple
- Empalme fijo o desmontable
- Para las condiciones de trabajo en el empalme se debe considerar el acceso a fuentes de energía, complejidad y capacitación del personal, herramientas y repuestos necesarios, etc.

⁶ FO (Fibra óptica)



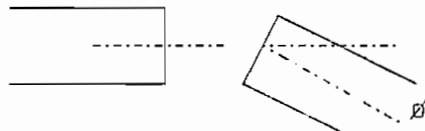
$$0,5 < 2R < 1$$

$$0,2 < At < 0,45$$



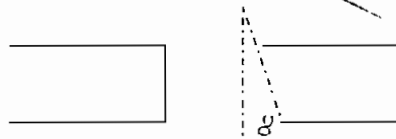
$$0,1 < e/R < 0,2$$

$$0,25 < At < 0,85$$



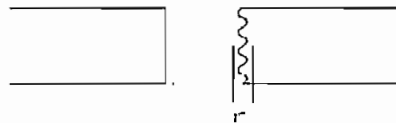
$$0,5 < \theta < 2^\circ$$

$$0,05 < At < 0,5$$



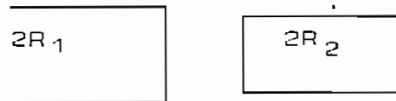
$$0,2 < \phi < 2^\circ$$

$$0,01 < At < 0,3$$



$$0,2 < r/\lambda < 2$$

$$0,01 < At < 0,3$$



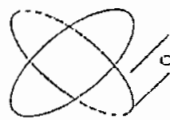
$$\Delta R / R < 0,1$$

$$At < 0,7$$



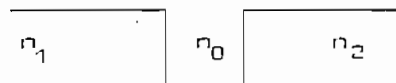
$$\Delta AN / AN < 0,5$$

$$At < 0,4$$



$$C/R < 0,05$$

$$At < 0,1$$



$$0,3 < At < 0,38$$

DISTINTOS FACTORES QUE PRODUCEN ATENUACION
EN LAS UNIONES DE LAS FIBRAS OPTICAS

Fig. 1.17

1.3.3.1 EMPALMES POR EL METODO DE FUSION

Los pasos seguidos para empalmar por el método de fusión son los siguientes:

1.- Limpieza y corte de la fibra óptica. Primeramente se deben retirar los recubrimientos de las fibras, en general el recubrimiento secundario se extrae mecánicamente mediante una pinza de corte lateral. El recubrimiento primario se quita químicamente embebiendo una gasa en acetona y limpiando de los extremos de la fibra óptica hasta extraer todo el acrilato. Los extremos de la fibra óptica una vez limpiados deben ser cortados. La operación consiste en marcar el extremo de la fibra óptica con una hoja cortante para producir una microfractura y mediante una tensión axial se produce el corte perpendicular.

2.- Prefusión y Fusión de la interfaz. En la unión por fusión la operación continúa con el alineamiento de los extremos en la máquina de empalmar. La prefusión consiste en un calentamiento de los extremos sin que se junten, lo que permite redondear el corte y evitar la formación de burbujas de aire en la unión. La fusión se realiza durante un tiempo prolongado y con una presión axial para evitar el estrangulamiento del material; en la interfaz la temperatura de ésta zona debe ser la suficiente para lograr reducir la viscosidad y permitir la autoalineación por tensión superficial de los núcleos. El tiempo de duración de la descarga depende de la temperatura que se alcance en la juntura.

3.- Protección y verificación del empalme. La protección del empalme se efectúa para restablecer el recubrimiento primario de la fibra óptica algunos fabricantes utilizan una resina epoxi que endurece el empalme, reemplazando el recubrimiento primario y secundario. En otros casos se usa un mango termocontrolable con Gel copolímero (etileno vinil acetato)

como protección primaria y un alambre de acero para protección mecánica más una capa exterior cilíndrica de nylon como protección secundaria.

La verificación consta de dos pasos: por un lado la prueba de tracción sobre el empalme que se efectúa mediante una pesa de 250 gr.. Por otro lado se prueba la atenuación, esta medida se realiza por el método de diferencia entre la potencia óptica transmitida con o sin empalme o mediante el método OTDR (Método reflectométrico óptico en el dominio del tiempo).

1.4 TERMINALES DE LINEA DE FIBRA OPTICA

Las principales funciones de los equipos terminales de línea de fibra óptica son: transmitir señales digitales multiplexadas con velocidades de transmisión normalizadas de acuerdo a la Rec. G.956 del CCITT y el envío de dichas señales digitales a través de conductores de fibra óptica.

El CCITT en la recomendación G.702 normaliza los sistemas de transmisión plesiócronicos cuyas velocidades normalizadas, se indican en la siguiente tabla.

Numero de canales de 64 Kbit/s	Velocidad de transmisión en Mbit/s
30	2.048
120	8.448
480	34.368
1920	139.264
7680	564.492

Para la velocidad de transmisión de 565 Mbit/s se utiliza un sistema 4 x 139,264 Kbit/s de acuerdo a la recomendación G.703 y G.751 del CCITT.

Considerando la tabla anterior se tiene que para cada velocidad de transmisión corresponde un terminal de línea de

fibra óptica compatible con los sistemas de multiplexación plesiócronicas: las cuales se han instalado en nuestro país especialmente en enlaces urbanos para interconectar centrales telefónicas en enlaces cortos, y para interconectar la red de transmisión de radio digital con las centrales de tránsito de Guayaquil e Ibarra y posteriormente en Tulcán.

1.4.1 EQUIPO TERMINAL DE 2 y 8 Mbit/s.

Los equipos terminales de línea de fibra óptica a 2 y 8 Mbit/s son diseñados para la transmisión de señales digitales de acuerdo a la recomendación G.703 y G.823 del CCITT, estos sistemas de baja capacidad presentan características similares para la transmisión de información como se muestra en el cuadro 1.4.1.

1.4.1.1 CARACTERISTICAS PRINCIPALES

Equipo de línea.

Estos sistemas se utilizan muy poco en la actualidad debido al costo elevado que representa la instalación de un enlace, por lo que no justifica su utilización. Tienen mayor aplicación estos sistemas en enlaces pequeños en zonas urbanas en donde el espectro electromagnético se encuentra congestionado y es poco probable la utilización de radio enlaces.

Interfaz de línea.

- Velocidad de Bits	2048 Kbit/s 8484 Kbit/s
- Impedancia nominal	120 o 75 Ω
- Máxima atenuación permisible debido a atenuación del cable.	< 6 dB
- Pérdidas de retorno	> 18 dB
- Código de línea aleatorizado	NRZ

- Consumo de potencia por sistema máx. 10 W.⁷

Para fibra óptica monomodo 10/125 μm .

Principales características	Equipo terminal de 2 Mbit/s	Equipo Terminal de 8 Mbit/s
Transmisor óptico	Diodo láser LD o (LPLD)	Diodo láser LD o (LPLD)
Longitud de onda	1270 a 1300 nm	1270 a 1300 nm
Ancho espectral a mitad de potencia	< 5 nm	< 5 nm
Nivel de transmisión mínimo	-4 (-14) dBm	-4 (-14)dBm
Nivel de recepción para tasa de error $\leq 10^{-9}$	-50 dBm	-45 dBm
Máxima atenuación óptica teórica	46 (36) ¹	41 (31)
Margen del equipo	3 dB	3 dB
Máxima atenuación teórica	43 (33)	38 (28)
Máxima dispersión permisible	230000 ps/nm	75,000 ps/nm
Coefficiente de atenuación de la fibra en 1300 nm.	0,4 dB/Km	0,4 dB/Km.
Pérdidas por empalme en promedio	0,1 a 0,05 dB/empalme	0,1 a 0,05 dB/empalme
Longitud de instalación de la fibra	1 a 5 km	1 a 5 Km.
Extra para reparar empalmes adicionales	< 0,2	< 0,2
Resultados de pérdidas de empalme por Km	0,1 a 0,01	0,1 a 0,01
Coefficiente de atenuación resultante dB/Km	0,7 a 0,41	0,7 a 0,41
Distancia entre regeneradores	61 a 107 Km	54 a 94 Km

CUADRO 1.4.1

1) La cantidad entre paréntesis corresponde al diodo láser de baja potencia (LPLD láser de baja potencia).

1.4.3 EQUIPO TERMINAL DE 34 Mbit/s

Con el propósito de describir las principales características de un equipo terminal de línea de fibra óptica se utiliza como referencia un equipo terminal de línea comercial, considerando que todos los terminales de línea cumplen con las recomendaciones del CCITT. La única diferencia radica en los servicios adicionales que ofrecen al cliente dependiendo del fabricante.

⁷ Siemens T., "TL 71/TL 72 SISTEMAS DE TRANSMISION OPTICOS", Milano, 1991.

Este sistema corresponde al tercer nivel jerárquico del PCM, el equipo terminal de línea permite la transmisión de una señal digital a 34 Mbit/s y además posee un gran número de canales de servicio auxiliares como se describe a continuación:

- Un haz de 704 Kbit/s
- 4x64 Kbit/s canales de servicio digital
- 1x32 Kbit/s canal de datos para información de conmutación en el caso de sistemas protegidos (con reserva)

La mayor capacidad disponible dentro de los servicios adicionales, es por el uso de la estructura de multiplexación del tipo bit inserción/extracción.

Dos de los 4 canales de 64 Kbit/s pueden ser usados para la transmisión del sistema de supervisión.

Se tiene disponibles varias versiones de terminales ópticos que dependen del tipo de fuente óptica LED o LASER y el tipo de fibra a utilizar (multimodo o monomodo).

Características técnicas del equipo terminal a 34 Mbit/s.

Velocidad de Bits.

- Señal principal	34368 Kbit/s
- Canal auxiliar	704 Kbit/s
- Canales de servicio	4x64 Kbit/s
- Información de conmutación	32 Kbit/s
- Chequeo de bits de paridad	2x32 Kbit/s

Interfaz óptica.

- Código de línea	Bit inserción.
- Tasa de bit en línea	35840 Kbit/s

Transmisor

- Fuente	Láser o Led
- Potencia óptica promedio Láser multimodo	-1 dBm.

- Láser monomodo H.P. - 4 dBm.
- Láser monomodo L.P. -14 dBm.
- Led -20 dBm.
- Longitud de onda de trabajo 1300 ± 30 nm.
- 1550 ± 30 nm.

Receptor

- Para 1300 nm. Ge-APD
- Sensibilidad del receptor para BER ≤ 10⁻⁹ - 40 dBm.
- Rango dinámico -18 a - 47 dBm.
- Pérdidas permisibles entre transmisor y receptor. 23 a 42 dB

Fibra

- Multimodo 50/125 μm
- Monomodo 9/125 μm
- Conectores tipo Diamond

Principales características de la trama:

- Tasa de bits de la señal compuesta 35840 Kbit/s
- Frecuencia de trama 32 Khz.
- Longitud de trama 1120 bits
- Palabra de alineamiento de trama 11 bits
- Tiempo de alineamiento de trama 165 μs.

Interfaz de 34368 Kbit/s

- Código HDB3
- Nivel de entrada/salida CCITT Rec. G.703
- Impedancia entrada/salida 75 Ω desbalanceada
- A.G.C 15 dB.

Interfaz del tributario a 704 Kbit/s.

- Código HDB3
- Nivel de entrada/salida CCITT Rec. G.703
- Impedancia de entrada/salida 75 Ω desbalanceada
- A.G.C 6 dB
- Tasa de bit auxiliar 736 Kbit/s
- Longitud de trama 120 bits
- Tiempo de alineamiento de trama 454 μs.

Requerimientos de alimentación para terminal de línea.

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| - Fuente primaria: AC (50/60 Hz) | 110/120 V \pm 10 % |
| DC | -48 V, -60 V \pm 20 % |
| DC | - 24 V \pm 20 % |
| - Potencia de disipación completa | 22 W. |
| - Rango de temperatura de operación | 0 a 45 °C |
| - Límites de humedad estándar | 90% sobre 35 °C |
| | 70% bajo los 35°C ⁸ |

1.4.4 EQUIPO TERMINAL DE 140 Mbit/s

El terminal de línea a 140 Mbit/s de fibra óptica opera de acuerdo con el cuarto nivel de la jerarquía PCM, y según la Rec G.703 y G.823. del CCITT.

El sistema mas simple está formado por dos terminales de línea, y por regeneradores de línea intermedios en caso de ser necesarios. En la Fig. 1.18 se indica el diagrama de bloques de un terminal de línea a 140 Mbit/s.

El sistema opera con una velocidad de línea de interfaz de 139264 Kbit/s, de manera tal que permite la transmisión de:

- 1920 canales telefónicos o,
- Una señal compuesta de voz + datos o,
- Dos canales de televisión.

El equipo terminal de línea es apto en la transmisión de una señal por fibra óptica monomodo a 1.3 y a 1.55 μm , en la segunda y tercera ventana respectivamente.

De acuerdo a la selección del sistema y a las características del enlace que se desea realizar, (tipo de fibra, tramos de repetición, etc.) el terminal de línea puede ser equipado con diferentes tipos de transmisor como son:

⁸ Siemens T., " TL 73 TERMINAL DE LINEA OPTICO", Milano, 1991

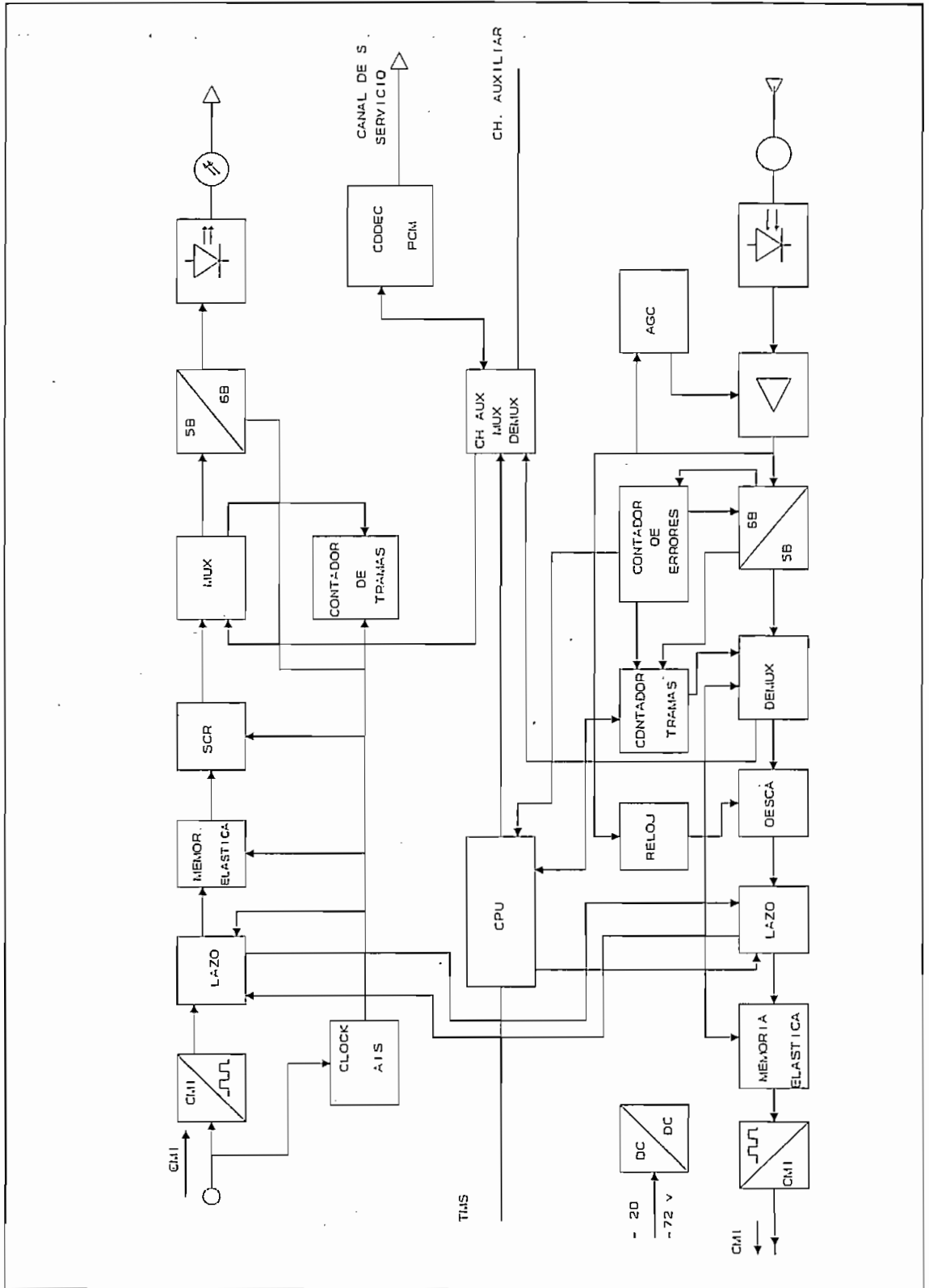


Fig. 1.18 DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN TERMINAL DE LINEA A 140 Mbit / s

- Transmisor láser multimodo o monomodo para tramos largos.
- Transmisor láser LOW POWER (baja potencia monomodo) para tramos medios y cortos.
- Transmisor a LED (monomodo) para tramos cortos.

Se dispone de dos tipos de receptores los cuales se diferencian entre si por el empleo como transductor óptico-eléctrico un Pin-Fet o un APD. La utilización de uno u otro permite obtener valores diferentes de sensibilidad en conformidad con las necesidades presentes en el enlace.

En cada bastidor del equipo terminal de línea se puede instalar lo siguiente:

- **Un equipo de telecontrol.**- Que utiliza un canal como medio de transmisión para dar información detallada sobre el estado de funcionamiento de los equipos de regeneración intermedios y de los terminales de línea (supervisión del sistema).
- **Un canal de servicio.**- Por fibra óptica que permite establecer comunicación entre las centrales de un enlace o entre la central y los operadores de línea.

Todas las alarmas que son detectadas en el equipo terminal de línea, se concentran en el subbastidor de "Interfaces ópticas con alimentación". Este subbastidor origina algunas indicaciones visuales centralizadas con sus respectivas telealarmas que se pone a disposición en la regleta del bastidor para tal fin.

Características Técnicas.

Interfaz de línea.

- | | |
|---------------------------------|----------------|
| - Velocidad de línea | 167117 Kbit/s |
| - Número de canales telefónicos | 1920 |
| - Código de línea | 7B/8B |
| - Fuente de emisión. | Láser(InGaAsP) |

- Tipo de fibra
 - Longitud de onda en [μm]
 - Detector
 - Margen del equipo (dB)
 - Banda de la fibra en MHz x Km
 - Conmutación automática
 - Señal de servicio
 - Telecontrol:
 - . Canal de telecontrol
 - . Medio de transmisión
- Led (InGaAsP)
Multimodo y monomodo
1.3 y 1.55
Pin Fet(InGaAs)/APD(Ge)
3
1000
N + 1 (N = 1 a 23)
96 Kbit/s
- 4 Kbit/s incorporado en la señal de servicio
Fibra óptica:(no hace uso pares auxiliares)

Tipo de fuentes disponible	Láser Multím.	Láser monom.	Láser L.P.	Led
Potencia transmitida (dBm) al punto S Rec G.956 CCITT	-1 ± 1	-3 ± 1	-14 ± 1	-20 ± 1
Margen del equipo	3	3	3	--
Potencia mínima recibida en la sección y BER 10 ¹⁰ (dBm) punto R. Rec. G.956 CCITT	-35 (*35)	-37 (-37)	-37 (-37)	-36 (-36)
Potencia máxima recibida en la sección y BER 10 ¹⁰ (dBm) Punto Rec. G.956 del CCITT	-26 (-15)	-26 (-15)	-26 (-15)	-26 (-15)
Atenuación máxima de la sección de repetición(dBm)	30	30	19	7
Banda de la sección de repetición (MHz.)	100	300	300	200

CUADRO 1.4.4.1

* Los valores con paréntesis deben ser considerados cuando se emplea un detector APD, lo que está fuera del paréntesis a un detector PIN.

CARACTERISTICAS DEL INTERFAZ

Interfaz al multiplex.

- Velocidad del línea
 - Código de Interfaz
 - Jitter
 - Atenuación de la señal
- 139264 Kbit/s
CMI
De acuerdo con CCITT
Rec. G.823
De 0 a 12 dB a 69632KHz.

CARACTERISTICAS DE ALIMENTACION.

- Tensión primaria de batería
- 24 Vcc -15% +20%
- 48 a - 60 Vcc ± 20%
Polo positivo conectado a tierra.

- | | |
|---------------------------|------------------------------|
| - Tensión generada por la | - 5.2 V \pm 5% |
| unidad "convertidor des- | - 5.2 V \pm 5% |
| centralizado" -24 a | + 12 V \pm 5% no utilizada |
| - 48 / - 60 | - 2.1 V \pm 2.5 % |

CARACTERISTICAS DE LAS ALARMAS

De acuerdo con las recomendaciones del CCITT mas prestaciones adicionales que cada fabricante considera necesarias.⁹

1.4.5 EQUIPO TERMINAL A 565 Mbit/s

Para determinar las características del equipo terminal de línea comercial se utiliza uno en particular que cumple con la recomendación G.956 del CCITT.

Este sistema ha sido proyectado para transmitir por fibra óptica a 1300 nm y a 1550 nm, la multiplexación se realiza con 4 señales a 140 Mbit/s. o 16 señales a 34 Mbit/s y canales auxiliares a 2 Mbit/s y 64 Kbit/s.

La formación de la trama se obtiene adoptando los esquemas de multiplexación del CCITT G.751 y las especificaciones técnicas para convertir de 34 a 140 Mbit/s.

El sistema ha sido diseñado con la técnica de la bit inserción y el empleo de nuevas filosofías como: integración del multiplexor con el terminal de línea en fibra óptica, así como la posibilidad de extraer las señales de los tributarios¹⁰ principales o auxiliares desde el regenerador.

El sistema permite una transmisión de la señal digital constituida por:

⁹ Telettra, "EQUIPO TERMINAL DE LINEA A 140 Mbit/s", Milano, 1990

¹⁰ TRIBUTARIO.- Uno de los 4 flujos que forman el equipo terminal de línea 565 MBIT/S.

- Una señal principal formada por 4 flujos a 140 Mbits/s o 16 flujos a 34 Mbit/s o bien un flujo mixto a 140 Mbit/s y 34 Mbit/s (cada haz de 140 Mbit/s se puede sustituir con 4 haces de 34 Mbit/s). A cada una de las señales principales se puede asociar con una señal auxiliar de 2 Mbit/s y otra de 704 Kbit/s.
- Una señal auxiliar de 4 flujos a 2 Mbit/s;
- Una señal de servicio de 6 flujos a 64 Kbit/s.

En la Fig. 1.19 se indica el diagrama de bloques de un terminal de línea a 565 Mbit/s¹¹.

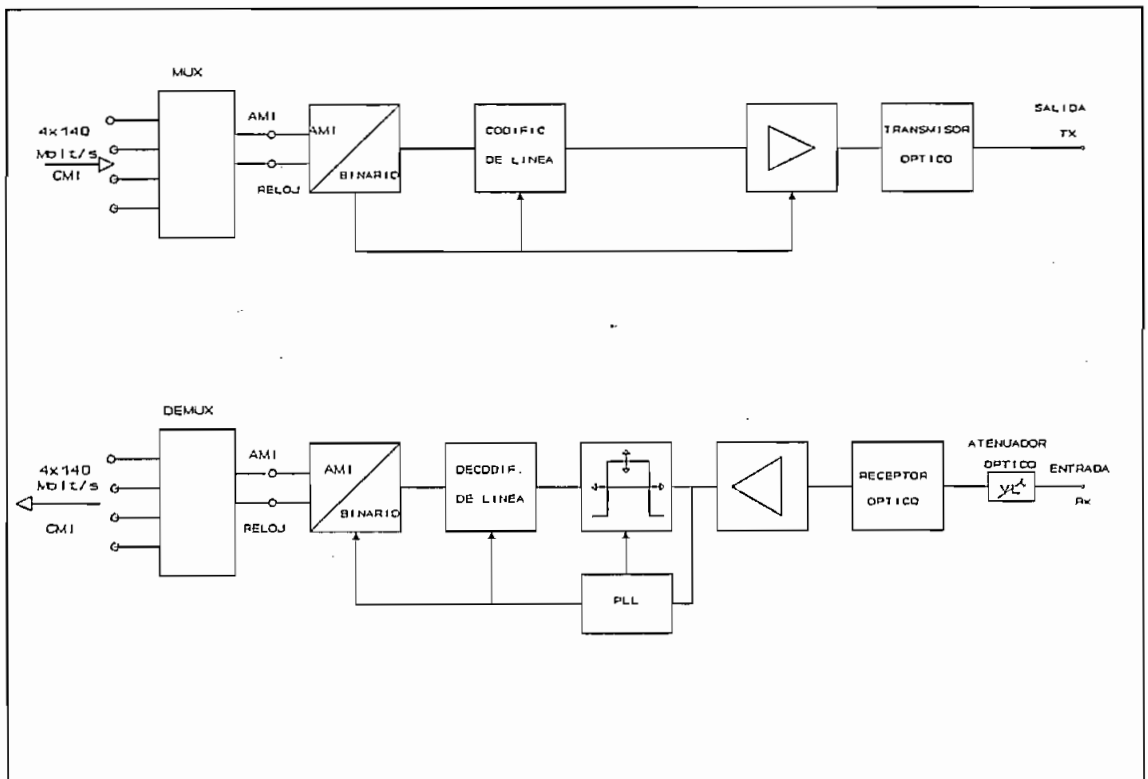


Fig. 1.19 DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN EQUIPO TERMINAL DE LINEA OPTICA A 565 Mbit/s

¹¹ NEC, "565M Optical Line Terminal Multiplexer y Repeater", Tokio, 1992.

Características técnicas.

- Interfaz de entrada y salida:
 - 4 x 139.264 Mbit/s Rec. G.703 y G.751
 - 4 x (4 x 34.368) Mbit/s Rec. G.703, G.751

- Técnica de multiplexación: Bit inserción sincrona.
- Código de línea : NRZ aleatorizado con bit de paridad.

- Interfaces ópticos:
 - Frecuencia de cifra en línea 611.450 Mbit/s
 - Fuente Diodo láser

- Características opcionales:
 - Capacidad auxiliar asociada 704 Kbit/s + 2048 Kb/s
 - al tributario (asociada a c/u de los flujos a 139.264 Mb/s)

- Señal dedicada a los servicios de línea.
 - Hasta 6x64 Kb/s + 4 x 2048 Kb/s

- Drop/Insert de los tributarios 1 o 2x139.264 Mb/s o bien 1 o 2 x (4x34.368Mb/s) o configuraciones mixtas

- Señales asociadas a los tributarios 1 o 2 x (704 Bk/s + 2048 Kbit/s).

- Drop/Insert de los servicios de línea hasta 6 x 64 KBIT/S + 4 x 2048 KIBT/S

- Potencia disipada:
 - Terminal 110 W máx.
 - Regenerador 30 W máx.

Fibra óptica monomodo.	II VENTANA	III VENTANA
Fuente	InGaAsP	DFB
Longitud de onda	1305 ± 20 nm	1550 ± 20 nm.
Ancho Espectral	< 1.9 nm (RMS)	< 0.15 nm(FWHM)
Potencia de salida del Láser	≥ - 4 dBm	≥ - 4 dBm/-1 dBm
Fotodetector	Ge- APD	InGaAs-APD
Sensibilidad del receptor con BER 10 ⁻¹¹	≤ - 34 dBm	≤ - 36 dBm
Margen del equipo	3 dB	3 dB
Atenuación disponible (permitido entre S y R de la Rec G.956 del CCITT)	≥ 27 dB	≥ 29 dB/32 dB
Máxima potencia en recepción (AGC únicamente)	- 12 dBm	- 12 dBm

CUADRO 1.4.5.1

1.5 EQUIPOS MULTIPLEX

Actualmente se tiene multiplex plesiócronicos y multiplex sincrónicos que están normalizados por el CCITT para cada una de las jerarquías de multiplexación.

En la recomendación G.702 el CCITT determina las diferentes velocidades de transmisión de información para las redes de jerarquía plesiócrona digital (PDH), para cada una de las velocidades se tiene equipo multiplex que se los describe según las recomendaciones especificadas para cada tipo de multiplexación dependiendo de las diferentes jerarquías.

En la recomendación G.707 del CCITT recomienda la utilización de las velocidades sincrónicas para las redes de jerarquía sincrónica digital (SDH), así como también las ventajas que éstas representan respecto a los sistemas plesiócronicos tradicionales, considerando que a futuro ésta multiplexación predomine en el campo de las comunicaciones.

A continuación se describe las recomendaciones para cada una de las jerarquías de multiplexación plesiócronicas de acuerdo a la Rec. G.702 del CCITT.

1.5.1 CARACTERISTICAS DE EQUIPOS MULTIPLEX MIC PRIMARIOS

- Velocidad binaria 2048 Kbit/s \pm 50 ppm.
- Señal de temporización Fuente externa, fuente interna y de la señal digital entrante (seleccionable).
- Estructura de trama. Como se indica en la Rec. G.732, numeral 2.
- Pérdida y recuperación de alineación de trama De acuerdo a la Rec. G.732 del CCITT.
- Condiciones de avería y operaciones consiguientes. De acuerdo a la Rec. G732, numeral 4.1

- Señalización. Se utilizará el intervalo de tiempo numerado 16 de acuerdo con la Rec. G.732.
- Estructura multitrama. 16 tramas consecutivas.
- Señal de alineación de multitrama. 0000, ocupa los intervalos de tiempo 1 a 4 del intervalo de tiempo de canal 16 trama 0.
- Asignación de intervalo de tiempo de canal 16. De acuerdo a la Rec. G.732
- Pérdida de alineación de multitrama. Cuando se ha recibido con error 2 señales consecutivas de alineación de multitrama.
- Recuperación de alineación de multitrama. Después que se detecte la primera señal de alineación de trama correcta, con algún procedimiento que evite una condición de falsa alineación.
- Condición de avería y operaciones consiguientes. De acuerdo a la Rec. G.732 del punto 4.2 del CCITT.

1.5.2 ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EQUIPOS MULTIPLEX DIGITAL DE SEGUNDO ORDEN

El equipo multiplex digital de segundo orden con justificación positiva, que se describe a continuación, forma parte de la red digital de larga distancia del país y sus señales se originan en multiplex digitales primarios o señales digitales provenientes de centrales de tecnología digital con velocidades de 2048 Kbits/s y deberá regirse a las normas del CCITT, Libro Azul, Malbourne-Suiza 1988.

Características generales:

- Velocidad binaria 8448 Kbits/s \pm 30ppm.
- Estructura de trama
- Velocidad binaria 2048 Kbits/s

de los afluentes	
- Número de afluentes	4
- Plan de numeración, de los bits por trama alineación de trama concentrada	Deberá estar de acuerdo al cuadro No 1 de la Rec. G.742
- Longitud de trama	848 bits
- Bits por afluente	206 bits
- Velocidad máxima de justificación por afluente	10 Kbit/s
- Relación nominal de justificación	0.424

Método de multiplexación

- Multiplexación	Entrelazado cíclico de los bits según el orden de numeración de los afluentes.
- Justificación	Positiva
- Palabra de código de control de justificación.	111: presencia de justificación. 000: ausencia de justificación; decisión por mayoría

Características de interconexión de las señales de 2048

Kbits/s afluentes al multiplexor numérico de segundo orden.

Interfaces de 2048 Kbits/s, de acuerdo a la Rec. G.703 del CCITT.

- Velocidad binaria	2048 Kbit/s \pm 50 ppm.
- Código	HDB3
- Impedancia	75 ohms, desbalanceada
- Forma del impulso	Todas las marcas de una señal deberán estar de acuerdo con la máscara de la figura 15 de la Rec. G.703.
- Tensión nominal de cresta de una marca (impulso)	2.37 V.

- Tensión de cresta de un espacio (ausencia de impulso) 0 ± 0.237 V.
- Anchura nominal impulso 244 ns.
- Relación entre la amplitud de los impulsos positivos y la de los negativos en el punto del intervalo de un impulso De 0.95 a 1.05
- Relación entre anchura de los impulsos positivos y negativos en los puntos de semiamplitud nominal De 0.95 a 1.05
- Pares en cada sentido de transmisión. Un par coaxial, con el conductor externo a tierra en los accesos de entrada y salida.
- Atenuación del cable De acuerdo a la ley \sqrt{f} .
- Atenuación máxima aceptable en el cable de interconexión 6 dB a 1024 KHz

Características de interconexión de las señales a 8448 Kbit/s.

- Interfaces de 8448 Kbit/s De acuerdo a la Rec. G.703 del CCITT.
- Velocidad binaria 8448 Kbit/s \pm 30 ppm
- Código HDB3
- Impedancia 75 ohmios
- Forma de impulso Todas las marcas de señal válida deberán ajustarse a la máscara de la figura 16 de la Rec. G.703
- Tensión nominal de cresta una marca (impulso) 2.37 V.
- Tensión de cresta de un espacio (ausencia de impulso). $- 0 \pm 0.237$ V.

- Anchura nominal impulso 59 ns.
- Relación entre la amplitud impulsos positivos y la de los negativos en el punto medio del intervalo de un impulso. De 0.95 a 1.05
- Relación entre las anchuras de los impulsos positivos y negativos para los puntos de semiamplitud nominal. De 0.95 a 1.0
- Pares en cada sentido de transmisión. Un par coaxial con el conductor exterior a tierras en los accesos de entrada y salida
- Atenuación de cables De acuerdo a la ley \sqrt{f} .
- Atenuación máxima aceptable en el cable de interconexión. 6 dB a 4224 Khz

1.5.3 ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EQUIPOS MULTIPLEX DIGITALES DE TERCER ORDEN

Consideraciones Generales.

El equipo multiplex digital de tercer orden con justificación positiva, forma parte también de la red de radio digital, multiplexa señales digitales que se originan en sistemas multiplex de segundo orden, y se rigen a la Rec. G.751 del libro azul del CCITT, Malbourne-Suiza, 1988.

En la Fig. 1.20 se presenta el diagrama de bloques de un multiplex digital de tercer orden.

- Velocidad binaria 34368 Kbit/s \pm 20 ppm

Estructura de trama

- Velocidad binaria de los afluentes 8448 Kbits/s
- Número de afluentes 4

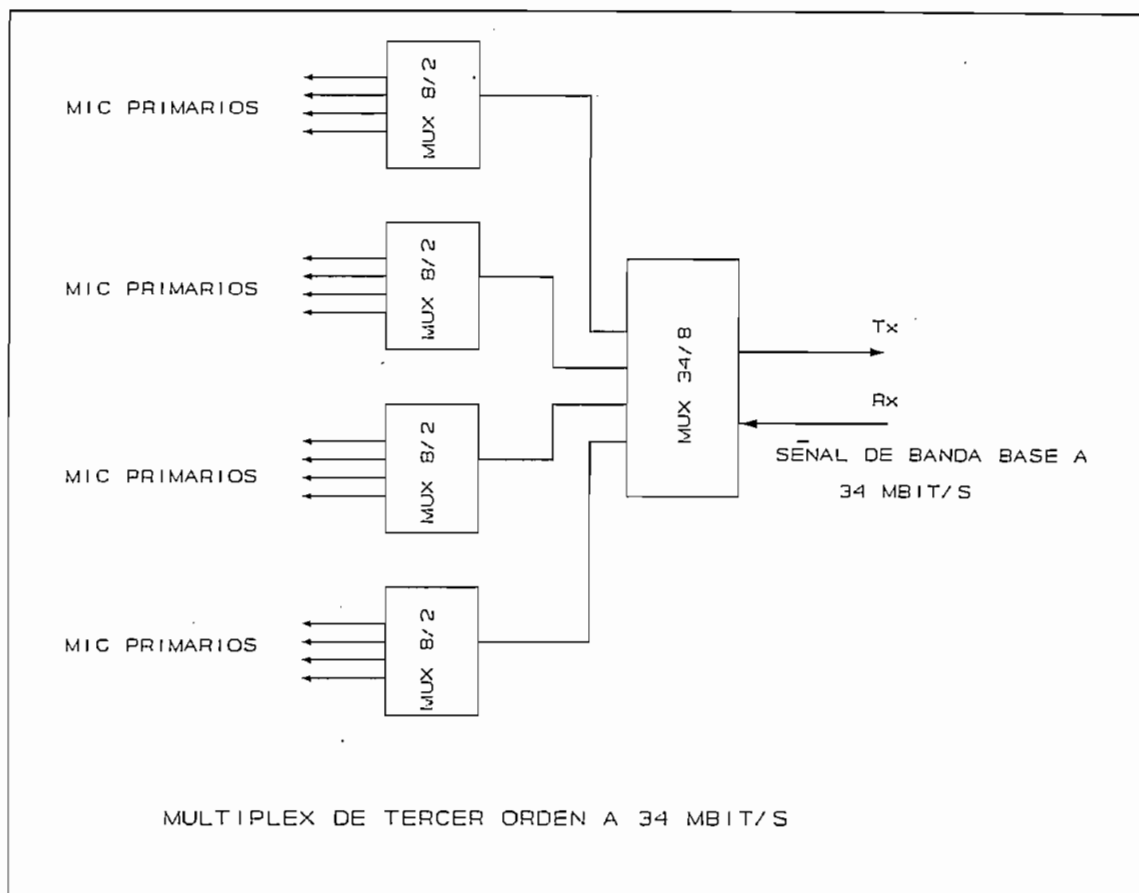


Fig. 1.20

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Plan de numeración, de asignación de los bits y la señal de alineación de trama concentrada. | <p>Deberá estar de acuerdo al cuadro 1 de la Recomendación G.751.</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> - Longitud de trama | <p>1536 bits</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> - Bits por afluente | <p>378 bits</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> - Velocidad máxima con justificación por afluente. | <p>22375 bits/s</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> - Relación nominal de justificación | <p>0.436</p> |

Método de multiplexación

- Multiplexación Entrelazado cíclico de los bits según el orden de numeración de los afluentes.
- Justificación Positiva
- Palabra de código de control de justificación 111: presencia de justificación
000: ausencia de justificación; decisión por mayoría.
- Señal de control de justificación Distribuida y empleando los bits Cjn (n 1,2,3)

Características de interconexión a 34368 Kbits/s

- Velocidad binaria 34368 Kbit/s \pm 20ppm
- Código HDB3
- Impedancia 75 ohms, desbalanceada
- Forma de impulso Todas las marcas de señal válidas deberán ajustarse a la planilla de Fig. 17 Rec. G.703, independientemente del signo.
- Tensión nominal de cresta de una marca (impulso) 0.1 V.
- Tensión de cresta de un espacio(ausencia impulso) 0 ± 0.1 V.
- Anchura nominal del pulso 14.455 ns.
- Relación entre la amplitud de los impulsos positivos y la de los negativos, en el punto medio del intervalo de un impulso. De 0.95 a 1.05
- Relación entre la anchura de impulsos positivos y de los negativos, en los puntos de semiamplitud nominal. De 0.95 a 1.05

- Pares en cada sentido de transmisión. Un par coaxial con el conductor exterior a tierra en los accesos de entrada y salida.
- Atenuación en cable De acuerdo a la ley \sqrt{f} .
- Atenuación máxima aceptable en el cable de interconexión. 12 dB a 17184 Khz

1.5.4 ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EQUIPOS MULTIPLEX DE CUARTO ORDEN

Consideraciones Generales.

El equipo multiplex digital de cuarto orden con justificación positiva forma parte de la red digital de larga distancia y procesa señales digitales que se originan en equipos de multiplex digital de tercer orden, o radios digitales. Las principales características de estos sistemas se regirán en la Recomendación del CCITT, libro azul, Malbourne-Suiza, 1988 y específicamente a la Rec. G. 751 y Rec. G. 703.

A continuación se presentan las características, y un esquema básico Fig. 1.21 de este tipo de multiplexación.

Velocidad binaria 139264 Kbit/s \pm 15 ppm.

Estructura de trama.

- Velocidad binaria de los afluentes. 34368 Kbits/s
- Número de afluentes 4
- Plan de numeración, asignación de los bits por trama y la señal de alineación de trama concentrada. Debe estar de acuerdo al cuadro 2 de la Rec.751
- Longitud de trama 2928 bits
- Bits por afluente 723 bits
- Velocidad máxima de justificación por afluente. 47560 Bits/s
- Relación nominal de justificación. 0.419

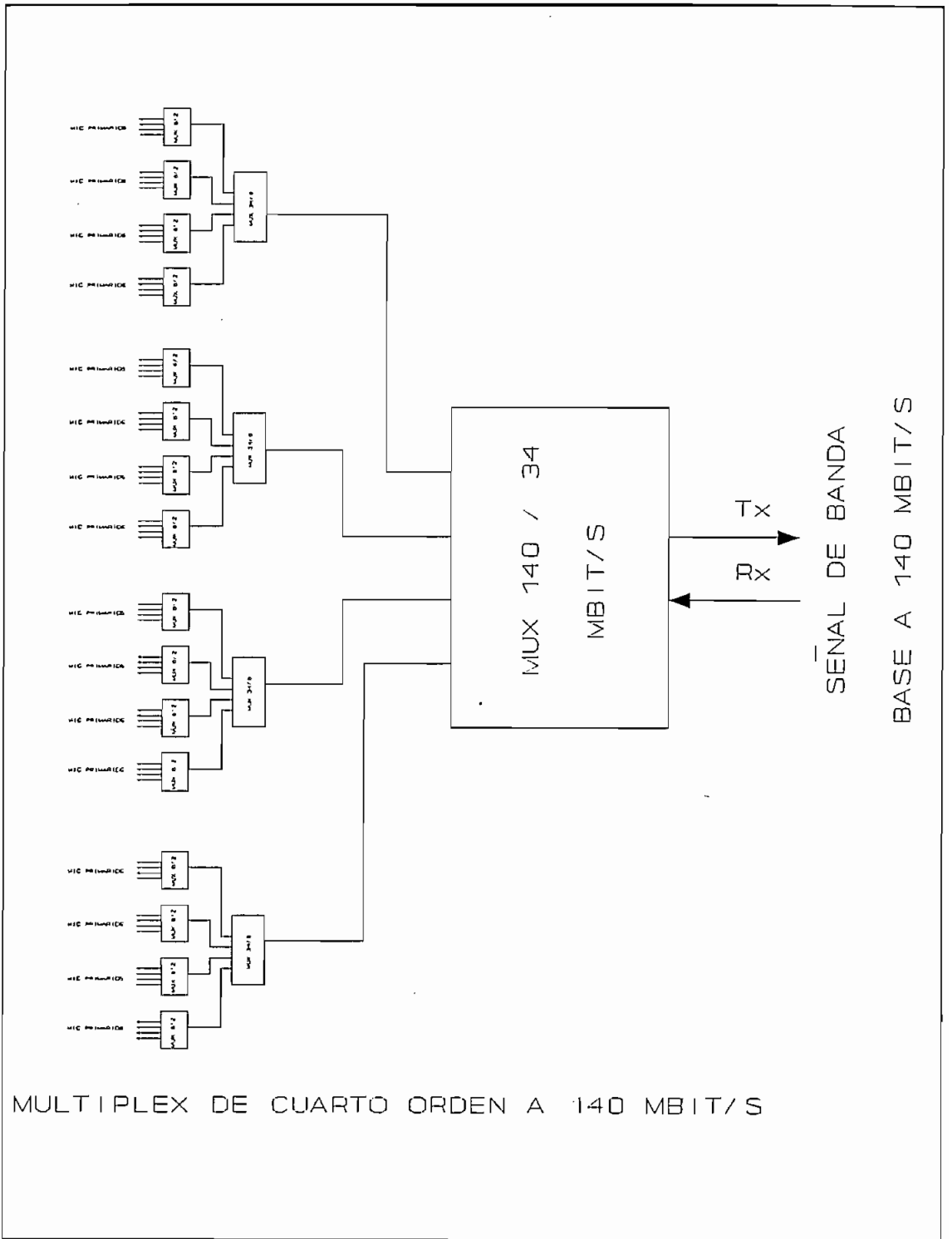


Fig. 1.21

Método de multiplexación

- Método de multiplexación Entrelazado cíclico de los bits según el orden de numeración de los afluentes.
- Justificación Positiva
- Palabra de código de control de justificación. 11111 de presencia de justificación.
00000: ausencia de justificación; decisión por mayoría

Características de interconexión a 139264 Kbit/s

- Velocidad binaria 139264 Kbit/s \pm 15 ppm
- Código CMI
- Forma del impulso Rectangular
- Pares en cada sentido Un par coaxial en el de transmisión conector exterior a tierra en la entrada y salida.

- Impedancia de carga resistiva. 75 ohmios, balanceada.
- Tensión cresta a cresta 1 \pm 0.1 V.
- Sobreoscilación 5% de la tensión media de cresta a cresta.

- Tiempo de subida entre el 10% y el 90% de la amplitud media. 2 ns.

- Tolerancia para la temporización de las transiciones (referida al valor medio de puntos de semiamplitud de las transiciones negativas. 0.1 ns.

- Transiciones positivos en el punto medio del intervalo unitario 0.5 ns

- Transiciones positivas en el punto medio del intervalo unitario 0.35 ns.

- Pérdida de retorno 15 dB en la gama de frecuencia de 7MHz a 210 MHz.

- Atenuación en el cable De acuerdo a la Ley \sqrt{f}

- Pérdida de inserción máxima. 12 dB a 70 Mhz

1.5.5 CARACTERISTICAS GENERALES PARA TODOS LOS EQUIPOS MULTIPLEXORES

Condiciones de avería y operaciones consiguientes

a.- Condiciones de avería

Se debe detectar las siguientes condiciones de avería, las cuales están especificadas en la sección 3.5 de la Rec. G.751.

- Falla en la fuente de alimentación.
- Pérdida de la señal entrante a 2048 Kbits/s a la entrada del multiplexor.
- Pérdida de la señal entrante a 8448 Kbits/s a entrada del demultiplexor.
- Pérdida de la señal entrante, 34368 Kbits/s a la entrada del multiplexor.
- Pérdida de la señal entrante a 139264 Kbits/s en la entrada del demultiplexor en el caso de no producirse una indicación de pérdida de alineación de trama.
- Pérdida de alineación de trama.
- Indicación de alarma recibida del equipo de multiplex distante en la entrada a 8448 Kbits/s demultiplexor.
- Indicación de alarma recibida del equipo multiplex distante en la entrada a 34368 Kbits/s del demultiplexor.
- Indicación de alarma recibida del equipo multiplex distante en la entrada de 139264 Kbit/s del demultiplexor.

b. Operaciones consiguientes

Tras la detección de una condición de avería, se efectuarán las operaciones pertinentes especificadas en el cuadro 3 de la Rec. G.751 del CCITT.

- Generación de una indicación de alarma para mantenimiento con excepción cuando se detecta la señal

- de indicación de alarma.
- Transmisión de una alarma hacia el equipo multiplex distante.
 - Aplicación de la SIA a las cuatro salidas de afluente a 8448 Kbits/s del demultiplexor.
 - Aplicación de la SIA a las cuatro salidas de afluentes a 34368 Kbits/s del demultiplexor.
 - Aplicación de la SIA a la salida de 139264 Kbits/s del multiplexor.
 - Aplicación de la SIA a los intervalos de tiempo de la señal a 139264 Kbit/s en la salida del multiplexor correspondiente a afluentes pertinentes a 34368 Kbits/s.

PERDIDA Y RECUPERACION DE ALINEACION DE TRAMA

a) Pérdida de la alineación de trama

Se considera que se ha perdido la alineación de trama cuando se ha recibido con error, en sus posiciones previstas, cuatro señales de alineación de trama erradas.

b) Recuperación de alineación de trama.

El dispositivo de alineación de trama decidirá que se ha restablecido efectivamente la alineación al detectar la presencia de tres señales de alineación de trama consecutivas.

Señal de temporización

- Fuente de reloj Interna y externa (seleccionable)

Características de la sección de temporización

- Fuente de reloj Interna y externa seleccionable.
- Impedancia (externa 75 ohms, desbalanceada
solamente)
- Nivel (externa -10 a + 5 dBm
solamente)

- Forma de onda (reloj externo solamente) Sinusoidal o cuadrada
- Frecuencia

MUX 4 ORDEN	139264 KHz \pm 15 ppm.
MUX 3 ORDEN	34368 KHz \pm 20 ppm.
MUX 2 ORDEN	8448 KHz \pm 30 ppm.

Puntos de Prueba

Los equipos deben contar como mínimo, con los siguientes puntos de prueba:

- Señal de reloj (transmisión y recepción)
- Señal de trama (transmisión y recepción).
- Señal de valor lógico 0 cuando el sistema está en alineación correcta de trama, y valor lógico 1 cuando el sistema adopte el estado de pérdida de alineación de trama, hasta que adopte nuevamente el estado de alineación correcta de trama, (recepción).
- Señal numérica de salida en código binario (transmisión).
- Señal numérica de salida en código CMI (transmisión)
- Señal numérica de salida en código HDB3 (transmisión)
- Señal numérica de llegada en código binario (recepción).
- Señal numérica de llegada en código HDB3 (recepción)
- Señal numérica de llegada en código CMI (recepción)
- Para contador externo de errores en el código de alineación de trama (recepción).
- Posibilidad de disponer de un puente coaxial externo para la realización de un bucle entre transmisión y recepción.

Alarmas

El sistema deberá proveer las siguientes alarmas:

- Falla de alimentación.
- Ausencia de impulsos a la salida del multiplex numérico.
- Ausencia de impulsos de entrada procedente de los afluentes.
- Ausencia de impulsos en la recepción.
- Pérdida de alineación de trama.
- Tasa de error mayor a 10^{-5} en el código de alineación de trama.
- Ausencia de impulsos de salida hacia alguno de los afluentes.
- Pérdida de alineación de trama o ausencia de impulsos en la recepción de multiplex distante.
- Ausencia de impulsos de entrada procedentes de algunos de los afluentes en el multiplex distante

CAPITULO II

DISEÑO DE LA RED DE ALTA CAPACIDAD

- 2.1 DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA.
- 2.2 RECOMENDACIONES DEL CCITT APLICABLES A ESTOS SISTEMAS.
- 2.3 PARAMETROS QUE DETERMINAN LA INTENSIDAD DE TRAFICO ENTRE ESTAS CIUDADES.
- 2.4 RUTAS ALTERNATIVAS, VENTAJAS, Y DESVENTAJAS
- 2.5 PARAMETROS DEL EQUIPO TERMINAL DE LINEA Y REGENERADORES.
- 2.6 CALCULO DEL ENLACE CONSIDERANDO UN EQUIPO TERMINAL DE LINEA Y LA FIBRA OPTICA.
- 2.7 EQUIPO MULTIPLEX.

CAPITULO II

DISEÑO DE LA RED DE ALTA CAPACIDAD.

2.1 DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA

Generalidades

Se presenta un análisis de las rutas alternativas y la selección de la ruta para la implantación del enlace por fibra óptica entre las ciudades de Quito - Guayaquil, además se establecen las ventajas y desventajas que presentan las diferentes rutas de enlace.

El diseño se realiza en base al equipo terminal de línea de alta capacidad, a 565 Mbits/s ó un sistema de 4 x 140 Mbits/s, ó 16x34 Mbits/s, una jerarquía superior a los sistemas que actualmente existen en el país.

La estructura del enlace considera la ruta Quito - Guayaquil por el sistema nacional interconectado perteneciente a INECEL, la misma que toma como referencia las subestaciones de INECEL para describir el trayecto entre éstas dos ciudades. El proyecto considera que en las principales ciudades por donde atraviesa el sistema troncal se instalen estaciones terminales o Drop/Insert, con el propósito de que estas ciudades sean beneficiadas del sistema troncal de fibra óptica.

La fibra que se utiliza es una fibra óptica monomodo que trabaja en la tercera ventana con longitud de onda de 1.55 μm , el tendido del cable de fibra óptica se lo realizará en forma aérea, reemplazando al hilo de guardia existente del sistema nacional interconectado.

2.1 SITUACION ACTUAL DEL ENLACE QUITO - GUAYAQUIL

Hasta finales del año de 1992 se encontraba funcionando un sistema de Radio Enlace Analógico, con una configuración de $(2 + 1)$ ¹ con capacidad de 960 canales telefónicos por cada haz, pero algunos canales son utilizados en las telecomunicaciones rurales de las poblaciones aledañas a la ruta Quito - Guayaquil, por lo que la capacidad real del sistema disminuye considerablemente.

En el país tenemos 8 Centrales de Tránsito Nacional de las cuales 4 pertenecen a la Región 2 (Guayaquil, Manta, Machala, Loja), una a la Región 3 (Cuenca), y las 3 restantes pertenecen a la Región 1 (Quito, Ambato, Ibarra), esto demuestra que el único camino que existe al momento entre la Región 1 con las demás centrales de tránsito es el enlace Quito - Guayaquil todo el tráfico está concentrado sobre esta ruta.

A finales del año de 1992 entró a funcionar el Sistema de Radio Enlace Digital que enlaza las ciudades de Quito y Guayaquil, ésta es una nueva ruta que cierra un anillo que enlaza a las ciudades antes mencionadas, el sistema tiene una capacidad de 6×34 Mbit/s equivalente a $6 \times 480 = 2880$ canales telefónicos a 64 Kbits/s, los mismos que son utilizados para voz, datos.

Una etapa de ampliación en la red digital que en Noviembre de 1992 entró en funcionamiento es el enlace de larga distancia, para interconectar las centrales de tránsito de Cuenca con la central de tránsito de Quito. Esto reduce el congestionamiento telefónico entre Quito - Cuenca que generalmente existía.

¹ CONFIGURACION(2 + 1), corresponde a tener 2 canales principales y un canal de protección.

El sistema que tenemos actualmente no está en capacidad de ofrecer servicios adicionales a los usuarios, por encontrarse en la actualidad subdimensionado, puesto que apenas permite cursar el tráfico actual y parcialmente el tráfico rural de las poblaciones aledañas en donde se tiene estaciones terminales de banda base del sistema de radio digital, por lo que es necesario una ampliación de todos los sistemas, en algunos casos ya se encuentran en proceso de licitación. Pero esta no es la solución a largo plazo debido que el número de canales de radio tanto para transmisión como para recepción son limitados, por lo tanto la capacidad del sistema de microonda se ve limitada para los sistemas de alta capacidad.

En el cuadro 2.1 se presenta los enlaces del sistema de radio digital que une las ciudades de Quito y Guayaquil.

ENLACE	SISTEMA	CONFIGURACION
Quito - Atacazo	Radio Digital	(3+1)x140Mb/s
Atacazo - Bombolf	Radio Digital	(2+1)x140Mb/s
Bombolf - El Carmen (M)	Radio Digital	(2+1)x140Mb/s
El Carmen(M) - Bijagual	Radio Digital	(2+1)x140Mb/s
Bijagual - Quevedo	Radio Digital	(2+1)x140Mb/S
Quevedo - Paylón	Radio Digital	(2+1)x140Mb/s
Paylón - Babahoyo	Radio Digital	(2+1)x140Mb/s
Babahoyo - Santa Ana	Radio Digital	(2+1)x140Mb/s
Santa Ana - El Carmen(G)	Radio Digital	(3+1)x140Mb/s
El Carmen(G) - Guayaquil	Fibra óptica	(3+1)x140Mb/s

CUADRO 2.1

2.2 RECOMENDACIONES DEL CCITT PARA SISTEMAS INTERURBANOS

Dentro de los sistemas en estudio tenemos a las redes de jerarquía digital plesiócronicas (PDH) de acuerdo a la Rec. G.956 del CCITT, que en la actualidad se encuentran en funcionamiento y en proceso de instalación, esperando que los sistemas que a futuro se contraten correspondan a las redes

de jerarquía sincrónica digital (SDH), de acuerdo a la Rec. G.957 y G.958 del CCITT libro blanco, que normaliza un sistema de enlace universal tanto para la codificación que utiliza la ley A y la ley μ . Además todos los servicios adicionales se encuentran normalizados en una misma trama, y con posibilidad de realizar mejoras en el futuro, ya que se tiene capacidad suficiente en la estructuración de la trama.

En la recomendación G.956 del CCITT se habla de los equipos terminales de línea de fibra óptica plesiócronicos con las velocidades normalizadas según la Rec. G.702 del CCITT son las siguientes: 2.048 Mbit/s, 8.448 Mbit/s, 34.368 Mbit/s 139.264 Mbit/s y 565 Mbit/s.

A continuación se describe la Rec. G.956 del CCITT libro azul Malbourne - Suiza 1988.

"G.956 SISTEMAS DE LINEA DIGITAL BASADOS EN LA JERARQUIA DE 2048 KBIT/S EN CABLES DE FIBRA OPTICA

Consideraciones Generales.

Esta recomendación trata de los sistemas de línea digital basados en la jerarquía de 2048 Kbit/s para la transmisión de señales por cable de fibra óptica, e incluye los sistemas con las siguientes velocidades binarias:

Velocidad de transmisión	Número de canales
2048 Kbit/s	30
8448 Kbit/s	120
34368 Kbit/s	480
139264 Kbit/s	1920
4x139264 Kbit/s	7680

- a) Los sistemas de mayor velocidad binaria están en estudio (por el momento, estas velocidades binarias fluctúan entre 1.2 Gbit/s y/o 2.4 Gbit/s).

Los requisitos de calidad del funcionamiento global en los interfaces de las correspondientes secciones de línea digital se indican en la Rec. G.921 del CCITT.

El objeto de esta recomendación es compartir la compatibilidad longitudinal de secciones elementales de cables de sistemas de línea digital diferentes, es decir, la posibilidad de instalar en el mismo cable de fibra óptica sistemas de línea digital producidos por diferentes fabricantes.

Para los fines de esta recomendación, un sistema de línea digital de fibra óptica puede representarse como en la figura 1/G.956. El sistema puede no tener ningún regenerador intermedio, como en la parte a) de la figura 1/G.956, puede tener un regenerador intermedio, como en la parte b) de la fig. 1/G.956, o un número mayor, según el diseño del sistema y la longitud de la ruta.

Esta recomendación trata de los requisitos del equipo destinado a satisfacer los objetivos de funcionamiento pertinentes de las Rec. G.821 y G.921 en todas las condiciones de funcionamiento normalmente previstas. En cualquier caso la Rec. G.821 sigue siendo el objetivo predominante del funcionamiento de la red.

De la Fig. 2.1/G956 se tiene que:

T, T" Interfaz de equipo de conformidad con la recomendación G.703.

S Punto de fibra óptica inmediatamente después del conector (C) óptico del transmisor (TX) o del regenerador (REG).

R Punto de fibra óptica inmediatamente antes del conector (C) óptico del receptor (RX) o del regenerador (REG).

- Los conectores adicionales en el repartidor (si se utilizan) se consideran parte del enlace de fibra y situados entre los puntos S y R.

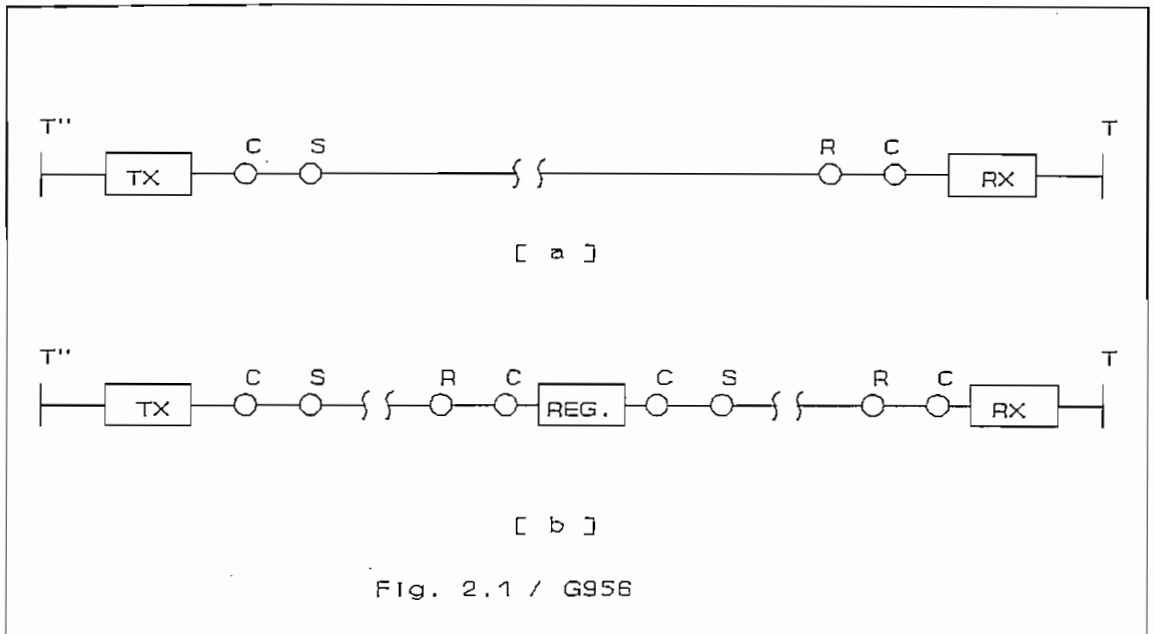


Fig. 2.1 / G956

Tipo de medio de transmisión.

Las fibras ópticas multimodo o monomodo conforme a las recomendaciones G.651 o G.652, respectivamente, se consideran adecuadas para estos sistemas. Pueden funcionar en la región de los 850 nm, 1300 nm o 1550 nm, o en otra longitud de onda según los tipos de fibra y de sistema empleados. La atenuación que se considera mas apropiada para funcionar en las diversas velocidades binarias y longitudes de onda será elegida por las administraciones en relación con las características del enlace que han de realizarse y de acuerdo con esta recomendación. Análogamente, las pérdidas por empalme, las pérdidas por conector y el margen del cable deberán elegirse en unión de la atenuación de la fibra a fin de obtener la atenuación global.

Margen de los sistemas

Para los fines de ésta recomendación el margen total de la figura 1/G.956 a) y b) se subdivide en dos contribuciones principales. La disposición de éstos márgenes se muestra en la figura 2.1/G.956.

Margen del cable (Mc).

El margen del cable Mc cubre las asignaciones para:

- i) Modificaciones futuras de la configuración del cable (empalmes adicionales, largos de cables suplementarios, etc.).
- ii) Las variaciones de las características de la fibra debido a cambios ambientales,
- iii) Cualquier degradación de los conectores entre los puntos S y R cuando estos existen.

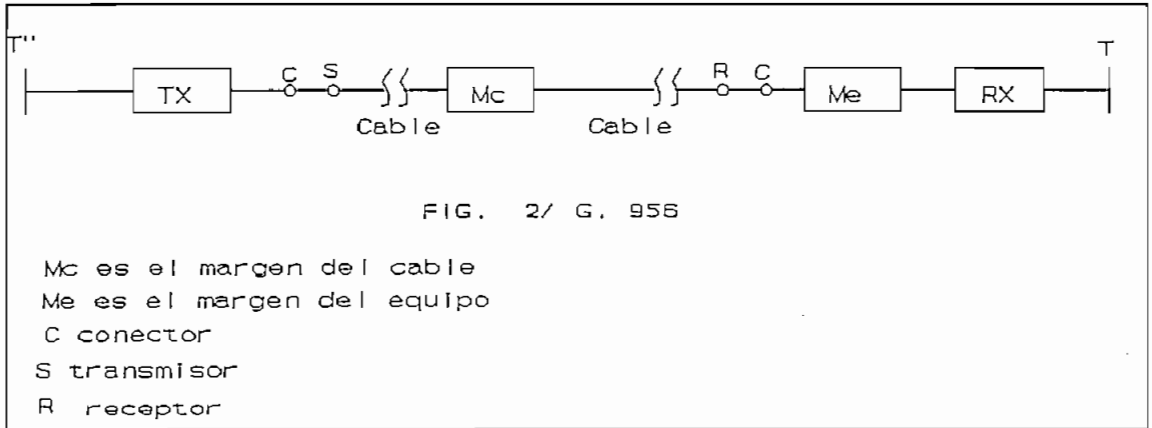
Margen del equipo (Me).

El margen del equipo cubre las asignaciones para los efectos del tiempo y de los factores ambientales en el funcionamiento del equipo (Por ejemplo, degradaciones de potencia inyectada, sensibilidad del receptor y conector del equipo).

Se considera que un margen mínimo de 3 dB es adecuado para los sistemas con láser de temperatura estabilizada y detectores PIN, que funcionan en un entorno de estación típico. En los sistemas que utilizan diodos electroluminiscentes o láser no estabilizados o en el que funcionan al aire libre, pueden ser necesarios márgenes mas grandes.

Especificaciones de los sistemas

El enlace óptico de una sección de regeneración puede representarse en la forma de la figura 2/G.956 desde el punto de vista de las especificaciones de los sistemas:



Como requisito mínimo de la longitud de sección máxima, el transmisor y el receptor deberán diseñarse de modo que satisfagan los requisitos de características de error en un trayecto óptico.

Longitudes de sección de regenerador

La longitud de sección del regenerador puede obtenerse con los sistemas especificados en ésta recomendación, y está relacionada con las características de la fibra. En el caso de los sistemas limitados por la pérdida (atenuación), la longitud de sección del regenerador puede calcularse teniendo en cuenta las pérdidas en los empalmes, el margen del cable, los valores de atenuación de la fibra a la longitud de onda de trabajo y la posible presencia de conectores entre S y R. En los anexos A y B de ésta recomendación se presentan ejemplos.

Características de error.

Los sistemas de línea digital descritos en ésta

recomendación deben ofrecer una característica de error de acuerdo con la clase de calidad 1, definida en la Rec. G.921. Dado que los sistemas deben satisfacer un umbral de minutos degradados de al menos 1×10^{-6} , y que los sistemas futuros deberán satisfacer un umbral de minutos degradados de 1×10^{-7} , el transmisor y el receptor se diseñarán de manera que pueda obtenerse una TEB (tasa de error) no peor que 1×10^{-10} cuando actúan en un trayecto óptico entre los puntos S y R que corresponden a los valores pertinentes definidos en el cuadro 1/G.956 para los sistemas de fibra multimodo y en el cuadro 2/G.956 para los sistemas de fibra monomodo.

Gama dinámica del receptor

La gama dinámica del receptor debe ser al menos suficiente para ofrecer una gama de control automático de ganancia que permita compensar las tolerancias de fabricación del equipo y los efectos de la temperatura y el envejecimiento. Conviene también que la gama dinámica del receptor reduzca al mínimo la necesidad de atenuadores de complemento de línea.

Fuente óptica

Los sistemas multimodo pueden emplear como fuentes el láser o el diodo electroluminiscentes. Los sistemas monomodo emplean generalmente láser, aunque los diodos electroluminiscentes requieren posterior estudio.

Gama de longitud de onda de trabajo.

Las longitudes de onda nominales de 850 nm y 1300 nm implican una posible utilización a cualquier longitud de onda de las gamas 820 a 910 nm y 1270 a 1330 nm respectivamente, en sistemas que funcionan hasta 140 MBit/s inclusive. En sistemas a una velocidad binaria nominal de 4×140 MBit/s,

la gama de 1300 nm se reduce entre 1285 a 1330 nm. La gama para la región en torno a 1550 nm esta en estudio.

Requisitos de los trayectos ópticos de los sistemas de fibra monomodo.

En el cuadro 1/G.956 se presentan los márgenes de trayecto óptico entre los puntos S y R de los sistemas de fibra monomodo. Estos márgenes incluyen el margen de cable (Mc), atenuación y dispersión global.

El cálculo de la atenuación entre los puntos S y R debe tener en cuenta la variación de la pérdida de fibra óptica en la gama de longitud de onda real de la fuente óptica².

Velocidad en Kbit/s	Longitud de onda en [nm]	Dispositivo óptico	Atenuación máx.(dB)	Dispersión máx(ps/nm)
2048	1300	Láser	46	N/A
	1550	Láser	a)	a)
8448	1300	Láser	40	N/A
	1550	Láser	a)	a)
34368	1300	Láser	35	N/A
	1550	Láser	a)	a)
139264	1300	Láser	28 ²	300 ³
	1550	Láser	a)	a)
4x139264	1300	Láser	24	120 ¹
	1550	Láser	a)	a)

CUADRO 1/G.956

² Márgenes de trayecto óptico recomendados para los sistemas de línea digital por fibra óptica monomodo, conforme con la Rec. G.652, con una sola señal óptica de transmisión.

² CCITT, " Rec. G.956 Sistemas de línea digital", libro azul, Tomo III fascículo III.5, Malbourne-Suiza, 1988

2.3 PARAMETROS QUE DETERMINAN LA INTENSIDAD DE TRAFICO ENTRE LAS CIUDADES DE QUITO - GUAYAQUIL

Generalidades.

Para determinar la intensidad de tráfico entre las ciudades de Quito - Guayaquil se toma como referencia un estudio del departamento de Planificación de la Gerencia General del EMETEL, que trata sobre un proyecto de ampliación de la red digital en su cuarta etapa y determina una matriz de tráfico telefónico nacional.

El proyecto de ampliación de la red troncal digital de larga distancia nacional denominado "Cuarta Etapa", que tiene como objetivo cubrir las necesidades del flujo de tráfico telefónico del país tanto urbano como rural, se ha determinado tomando en cuenta la proyección del número de líneas de central, considerando los proyectos de instalación y contratación de líneas de central en cada zona de cobertura de las centrales de tránsito existentes en el país, hasta el año de 1995, esto ha permitido determinar un factor de crecimiento del tráfico de larga distancia nacional. Esta proyección es a corto plazo la misma que es considerada para nuestro estudio.

Para la realización de éste estudio fue necesario desarrollar previamente algunas actividades tales como:

- Recopilación de información, análisis de datos históricos socio-económicos y del servicio telefónico.
- Proyección de la población a nivel nacional, provincial, cantonal y parroquial.
- Proyección de otros parámetros como el PIBP (producto interno bruto per cápita), consumo de energía eléctrica, etc.
- Desarrollo de modelos computarizados sobre diferentes aspectos relacionados con el estudio de demanda.

2.3.1 Matriz de tráfico telefónico nacional

Partiendo de los flujos de tráfico entre todas las centrales de tránsito existentes en el país se determina una matriz de tráfico nacional, y la derivación de cada uno de los flujos de tráfico tanto entrantes como salientes, entre las diferentes zonas de tránsito. Además permite determinar la configuración del sistema de la red de larga distancia nacional, así como la estructura topológica de la red.

Para desarrollar la matriz de tráfico telefónico de larga distancia nacional (que constituye la matriz inicial) se utilizó el "MODELO GRAVITACIONAL" del Manual de Telecomunicaciones rurales (AHCJET).

Para desarrollar éste modelo se considera a todas las poblaciones pertenecientes a cada una de las centrales de tránsito nacional (en total 8 centrales de tránsito primarias), y el número de líneas telefónicas instaladas hasta Agosto de 1992³ como se muestra en el cuadro 2.3.1, para cada central de tránsito.

ZONA DE TRANSITO	LINEAS PRINCIPALES EN SERVICIO
IBARRA	29235
QUITO	278870
AMBATO	54650
CUENCA	54550
MANTA	40800
GUAYAQUIL	251950
MACHALA	19200
LOJA	21500

CUADRO 2.3.1

³ IETEL, "Síntesis", Quito, Julio de 1992, pág. 7

EL modelo gravitacional utiliza también los siguientes parámetros:

- Número de líneas instaladas
- Tráfico por línea (Erlang)
- % de tráfico interno de llegada
- % de tráfico urbano de llegada
- % de tráfico interurbano de llegada
- % de tráfico interno de salida
- % de tráfico urbano de salida
- % de tráfico interurbano de salida

Para tal efecto se determina el % de tráfico por categoría de cantón de acuerdo a recomendaciones planteadas por el CCITT. Considerando la población y característica del cantón, para esto se considera el último censo de población realizado por el INEC, con éstos valores se determina el tráfico total por central y la distribución del tráfico por población de acuerdo a la categoría de cantón⁴, como se indica en el Cuadro 2.3.2.

TIPO DE CANTON	CLASIFICACION CCITT	CLASIFICACION PARA ECUADOR (P= habitantes en el año 2010)
1	Centro Administrativo (Centro territorial)	$P > 1'000'000$
2	Capital (Ciudad)	$60'000 < P < 1'000'000$
3	Ciudad de provincia (población mediana importancia)	$20'000 < P < 60'000$
4	Pequeña localidad industrial (Aldea agrícola con importante instalación industrial)	$5'000 < P < 20'000$
5	Pequeña localidad rural	$P < 5'000$

CUADRO 2.3.2

Este método es aplicado a cada central de tránsito, obteniéndose el número total de circuitos de cada central, luego se procede a determinar el número de circuitos de entrada y de salida entre centrales de tránsito. Con los

⁴ LASSO L. "Memoria sobre el estudio de Demanda telefónica realizado en el IETEL", Quito, Junio de 1987

resultados de cada zona se obtiene la matriz de tráfico inicial.

2.3.1.1 Determinación de la matriz de tráfico inicial.

Del análisis antes mencionado se obtiene el flujo de tráfico entrante y saliente en cada zona de cobertura de la central de tránsito, el mismo que se distribuye a las demás zonas. Considerando la red digital de larga distancia existente en el país, se obtuvo el flujo de tráfico de cada enlace, el cual permite calcular el número de circuitos necesarios con un grado de servicio del 1 % (Una llamada perdida por cada 100 llamadas).

En el cuadro 2.3.3 se presentan los resultados del desarrollo de la matriz de tráfico inicial de larga distancia nacional.

ZONA DE TRANSITO	TRAF. SALIENTE (Erlg)		TRAFICO ENTRANTE EN (Erlg)	
	1992	PROY (95)	1992	PROY (95)
IBARRA	389	506	312	405
QUITO	2274	3297	2534	3674
AMBATO	696	974	640	897
CUENCA	474	616	494	642
MANTA	673	942	644	901
GUAYAQUIL	3061	4438	3013	4370
MACHALA	471	612	438	570
LOJA	300	360	234	281

CUADRO 2.3.3

En el cuadro 2.3.4 se presenta el tráfico de tránsito por la ruta de la red troncal de larga distancia y permite establecer una comparación entre el número de circuitos que se requieren según la matriz de tráfico telefónico y el

número de circuitos a ser implantados, considerando la topología de red de larga distancia que existe actualmente⁵.

RUTAS	TRAFICO OFRECIDO (erl.)	NUMERO DE CIRCUITOS REQUERIDOS	NUMERO DE CIRCUITOS DE RED DE TRANSITO
IBARRA - QUITO	911	929	1920
QUITO - GUAYAQUIL	5777	5780	5760
QUITO - CUENCA	473	527	960
QUITO - AMBATO	1763	1780	2400
GUAYAQUIL - CUENCA	822	851	960
GUAYAQUIL - MANTA	1882	1902	1920
GUAYAQUIL - MACHALA	1146	1170	1440
GUAYAQUIL - LOJA	634	659	960

CUADRO 2.3.4

En la Fig. 2.1 se presenta la red troncal digital de tránsito proyectada hasta 1995 y su configuración considerando las 8 centrales de tránsito nacional. Siendo las centrales de tránsito secundarias las de Quito (CSQTO) y Guayaquil(CSGYL) las mismas que están conectadas a una central de tránsito internacional cada una, teniendo una jerarquía superior que las centrales de tránsito primarias.

Las centrales de tránsito de Quito como la de Guayaquil realizan doble función: como centrales de tránsito secundarias y centrales de tránsito primarias.

La figura 2.1 presenta los datos correspondientes a la matriz de tráfico inicial la misma que se indica en el cuadro 2.3.5. A ésta matriz se la proyecta al año 2010 en base un método recomendado por el CCITT en el GAS 10 "Métodos de previsión".

⁵EMETEL, "Ampliación de la Red Digital en su cuarta etapa", Quito, Octubre de 1992

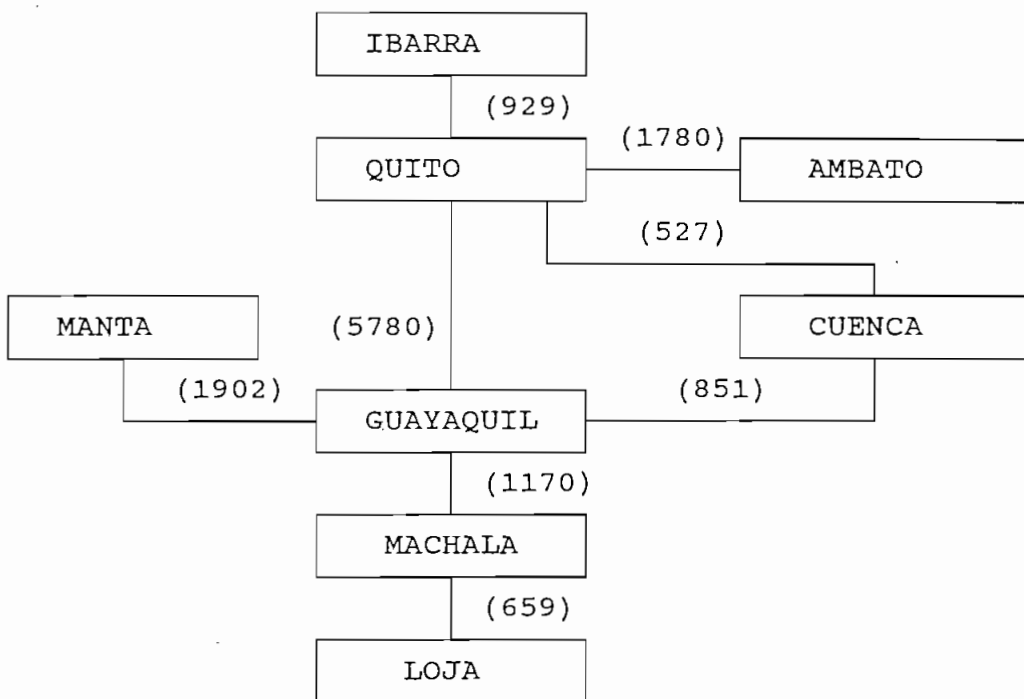


Fig. 2.1

NOTA: () indica el número de circuitos que son necesarios hasta el año de 1995 con un cierto margen de reserva.

2.3.2 PROYECCION DE LA MATRIZ DE TRAFICO DE LARGA DISTANCIA NACIONAL.

Para proyectar la matriz de tráfico se parte de la matriz actual o inicial cuadro 2.3.5, desarrollada en el departamento de Planificación de la Gerencia General del EMETEL. En el desarrollo de ésta matriz de tráfico inicial se hace las siguientes consideraciones:

- El país está dividido en 8 zonas telefónicas cada una de las cuales está servida por una central de tránsito primaria, con una determinada capacidad de circuitos telefónicos para cubrir dicha zona.
- En cada zona de la central de tránsito se considera:
 - a.- El porcentaje de tráfico originado de larga distancia nacional que fluye hacia las otras zonas.

Suma filas

MATRIZ DE TRAFICO INICIAL PARA EL AÑO DE 1995

	IBARRA	QUITO	AMBATO	GYQUIL	MANTA	MACHAL	CUENCA	LOJA	TRAFICO ENTRANTE
IBARRA	-	177.8	52.9	186.7	33.9	9.7	33.9	10.9	506.0
QUITO	138.4	-	264.8	2440.3	155.0	111.1	142.5	44.6	3296.7
AMBATO	47.5	326.6	-	386.3	81.1	37.3	74.5	20.4	973.7
GYQUIL	162.7	2685.3	375.9	-	516.0	274.7	287.8	136.0	4438.4
MANTA	19.0	187.7	82.6	530.2	-	74.5	29.6	22.8	946.5
MACHALA	9.8	87.5	36.6	348.4	71.8	-	35.2	22.6	611.8
CUENCA	17.9	164.5	49.9	298.7	23.1	38.0	-	23.8	615.9
LOJA	10.4	59.7	35.0	169.3	21.6	24.9	39.4	-	360.2
TRAFICO SALIENTE	405.6	3689.1	897.8	4359.8	902.5	570.2	642.9	281.2	11749.1

Suma columnas

CRUADRO 2.3.5

Cuadro N° 1

b.- Porcentaje de tráfico terminal de larga distancia nacional que fluye desde otras zonas.

- Para proyectar la matriz de tráfico nacional nos valemos del estudio de proyección de la población nacional realizado por el INEC hasta el año de 2010. En base a éste parámetro se propone una densidad telefónica límite que este acorde a las necesidades de los ecuatorianos y a la capacidad del EMETEL, para su correcto desembolvimiento.

En la tabla 2.3.2.1 se presenta la proyección de la población según el INEC hasta el año de 2010⁶ y la proyección de la densidad telefónica por cada 100 habitantes.

La densidad telefónica al año de 1995 está proyectada considerando que existe gran interés por la actual administración de EMETEL de aumentar la capacidad de la planta externa. Puesto que se dará mayor énfasis en los próximos años a la construcción de planta externa, considerando un incremento de más de 300000 líneas en los dos años siguientes. De ésta manera se incrementarán de 750755 líneas existentes a 1'051057 líneas telefónicas en 1995.

Primeramente se determina la densidad telefónica (D) en base al número de circuitos telefónicos instalados al (D₀ densidad inicial) año de 1995 y la proyección hasta el año 2010.

La densidad telefónica inicial se calcula en base de la siguiente ecuación.

$$D = \frac{\text{Núm. de circuits Telef. a 1995} * 100}{\text{Población al año de 1995}} \quad (1)$$

⁶ INEC, " Proyección de la Población en el Ecuador", Quito, 1991

$$D = \frac{1'051057 * 100}{12'311840} = 8.536 \quad (2)$$

La densidad inicial D_0 calculada para el año de 1995 es de 8.54 a partir de éste valor se proyecta al año 2010. Esta proyección se lo realiza en base a métodos de crecimiento de la densidad telefónica recomendados por el CCITT en el GAS 10. Siendo la curva que mejor se adapta a las condiciones de crecimiento de la demanda telefónica a nivel nacional, la obtenida por el "METODO DE GOMPERTZ" debido a que el país se encuentra en un proceso de crecimiento de líneas telefónicas residenciales, y que la mayoría de líneas telefónicas actuales son del tipo comercial.

Método de Gompertz.

El origen del método de Gompertz se fundamenta en la hipótesis, según la cual el desarrollo telefónico se expresa como una función del tiempo y toma la siguiente forma:

$$D = e^{(a-b+r^t)} \quad (3)$$

D es la densidad teórica en el año t
 t es el tiempo en años a partir de un origen predeterminado.
 a, b y r son parámetros de la ecuación.

Cálculo de los parámetros a, b , y r .

Para determinar los parámetros a, b y r se parte de dos premisas conocidas para los años 1990 y 1995 como se indica a continuación:

En el tiempo $t = 0$ (1990)	-->	$D_0 = 5.3^7$
En el tiempo $t = 5$ (1995)	-->	$D_0 = 8.54$

⁷ TELECONSULTA. " Estudio de Demanda Telecomunicaciones Rurales", Quito, Agosto de 1990

Se asume que el tiempo de saturación es al tiempo infinito ($t \rightarrow \infty$).

Densidad de saturación $D = 45$. Considerando un crecimiento ambicioso de la demanda telefónica dadas las condiciones económicas del país y la necesidad por parte de EMETEL por ofrecer un mejor servicio a los usuarios.

$$D = e^{(a-b*r^t)} \quad (4)$$

$$\text{para } t = 0 \quad 5.3 = e^{(a - b.r^0)} \quad (a)$$

$$\text{Para } t = 5 \quad 8.54 = e^{(a - b \times r^5)} \quad (b)$$

$$\text{Para } t = \infty \quad 45 = e^{(a - b \times r^\infty)} \quad \text{siendo } r < 1 \quad (c)$$

De la ecuación (c) se obtiene:

$$45 = e^a$$

$$a = \ln 45$$

$$a = 3.8067$$

De la ecuación (a) tenemos:

$$5.3 = e^{(a-b)}$$

$$\ln 5.3 = a - b$$

$$b = 2.139$$

De la ecuación (b):

$$8.54 = e^{(3.8067 - 2.139 \times r^5)}$$

$$\ln 8.54 = 3.8067 - 2.139 \times r^5$$

$$r = 0.95078$$

$$D = e^{(3.8067 - 2.139 * 0.95078^t)} \quad (5)$$

Esta ecuación (5) es válida a partir del año de 1990 considerada al tiempo ($t = 0$) y con proyección a una densidad final a ($t \rightarrow \infty$) como se muestra en la Fig. 2.2. De la ecuación (5) se obtiene la densidad telefónica para los años: 2000, 2005, 2010 que son los años para los cuales se

determina la matriz de tráfico telefónico de larga distancia nacional que serán utilizados posteriormente.

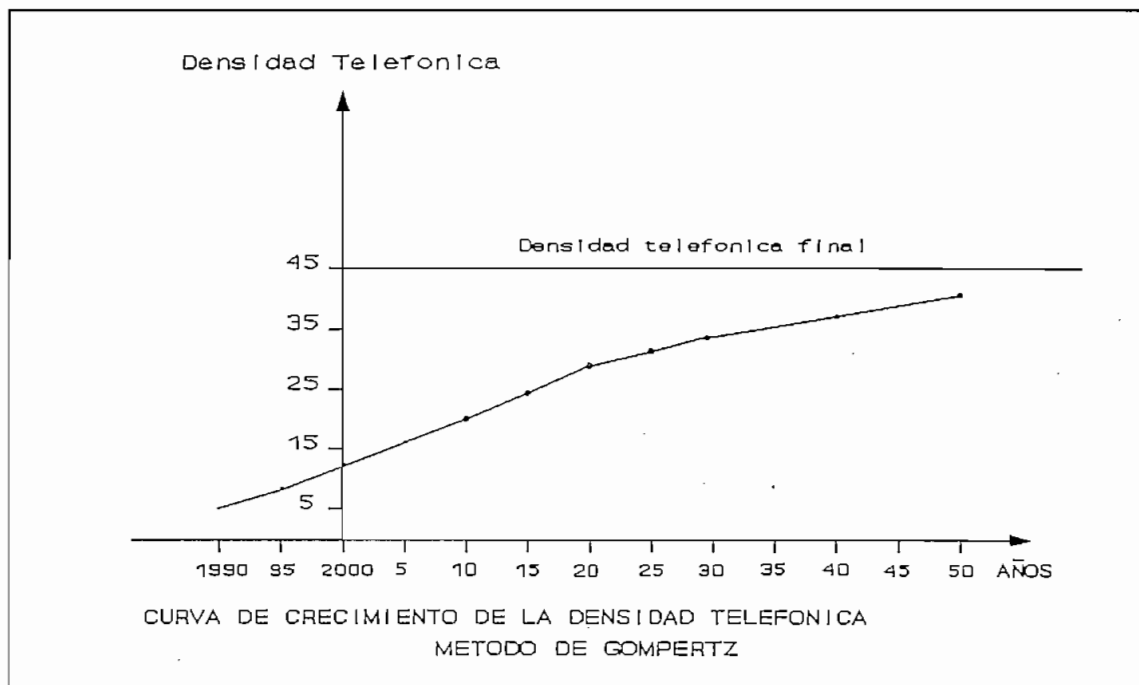


Fig. 2.2

AÑOS DE PROYECCION	POBLACION SEGUN EL INEC	LÍNEAS PRINCIPALES EN SERVICIO	DENSIDAD TELEFONICA
1995	12'311840	1'051057	8.54
2000	13'934306	1'713223	12.295
2005	15'610230	2'535570	16.243
2010	17'414000	3'499086	20.693

Tabla 2.3.2.1

De acuerdo al cuadro 2.3.2.1 se determina una tasa de crecimiento promedio de 160.000 líneas principales por año y la tendencia asintótica de la curva de la densidad telefónica (ecuación 5) al instante de tiempo ($t \rightarrow \infty$).

Método de tendencia Geométrica.

Para calcular la densidad telefónica para un año "n"

mayor que 1995 se considera una "tendencia geométrica", éste método también se adapta a las condiciones de crecimiento actual de los circuitos telefónicos a corto plazo. La ecuación obtenida en base a éste método es la siguiente:

$$D_f = D_0 * (1 + r)^{N-1995}$$

Siendo:

D_0 es la densidad telefónica inicial al año de 1995

D_f es la densidad telefónica al año "n".

r es la tasa de crecimiento anual de la densidad telefónica.

$D_0 = 8.54$ al año de 1995

$D_f = 20$ considerando un crecimiento ambicioso al 2010 de la densidad telefónica con la mentalidad de ofrecer mejores servicios a los usuarios de telecomunicaciones.

El parámetro r se lo calcula de las dos condiciones anteriores:

$$D_f = D_0 * (1 + r)^{N-1995}$$

$$D_f = 8.54 * (1 + 0.05837)^{N-1995}$$

AÑO	1995	2000	2005	2010
DENSIDAD TELEFONICA	8.54	11.34	15.06	20

Comparando los dos métodos tanto el de "Gompertz" como el de "tendencia Geométrica" se deduce que cualquiera de ellos permite determinar un número similar de líneas principales en servicio al año 2010, pero el primer método representado por la curva de la Fig. 2.2 se ajusta de mejor manera a la tendencia de crecimiento de la densidad telefónica a futuro.

2.3.2.1 Métodos utilizados para proyectar la matriz de tráfico.

La proyección de la matriz de tráfico se lo realiza por varios métodos recomendados por el CCITT, entre los principales tenemos:

- 1.- Método de Kruithof
- 2.- Método de los coeficientes de afinidad
- 3.- Método Gravitacional, etc.

De éstos tres métodos, el CCITT considera que el mas confiable es el "Método de Kruithof" el cual se lo describe a continuación.

METODO DE KRUIHOF.

La extrapolación de los flujos de tráfico se hace a partir de los flujos de la matriz de tráfico inicial, de forma que, por una parte los nuevos flujos tengan una distribución geográfica lo mas cerca posible a la matriz inicial, y que al sumar éstos flujos por cada central se obtengan el tráfico de cada una de las centrales establecidas previamente por categoría de tráfico.

Descripción del Algoritmo:

Primeramente se considera una matriz de tráfico inicial con las siguientes notaciones:

F_{ij} es el flujo de tráfico desde la central i hacia la central j

$D_i^* = \sum_j F_{ij}$ es el tráfico de salida obtenido en la matriz

$A_j^* = \sum_i F_{ij}$ es el tráfico de llegada obtenido en la matriz.

Esta matriz de tráfico inicial se utiliza únicamente como clave de repartición, dejándose de lado el valor absoluto de los flujos. Por otra parte las demandas de tráfico, es decir, los valores que se tomarán como objetivo en la matriz de los tráficos futuros:

D_i es la demanda de tráfico de salida de la central i

A_j es la demanda de tráfico de llegada de la central j

Desarrollo del método:

a) Normalización de las demandas de tráfico de llegada. Los valores A_j se sustituyen por:

$$A_j' = \frac{A_j * \sum_i D_i}{\sum_j A_j}$$

b) Cálculo del tráfico de salida obtenidos de la matriz.

$$D_i^* = \sum_j F_{ij}$$

c) Multiplicación de todos los flujos de la matriz por un coeficiente propio a cada fila, para obtener las demandas de tráfico de salida D_i para cada fila. Para ello cada flujo F_{ij} se substituye por el valor:

$$F_{ij} * \frac{D_i}{D_i^*}$$

d) Cálculo de los tráfico de llegada obtenidos de la matriz.

$$A_j^* = \sum_i F_{ij}$$

e) Prueba de convergencia. Si la diferencia máxima E entre la demanda de tráfico de llegada y el tráfico de llegada obtenido es inferior a un parámetro previamente determinado se considera completado el algoritmo. De no ser así hay que proseguir con la operación (f).

f) Multiplicación de todos los flujos de la matriz por un coeficiente propio a cada columna, para obtener las demandas de tráfico de llegada A_j' para cada columna. Para ello se substituye cada flujo F_{ij} por el valor:

$$F_{ij} * \frac{A_j'}{A_j}$$

Se prosiguen los cálculos, volviendo al algoritmo, a partir del literal b.

En base al algoritmo descrito anteriormente se procede a obtener la matriz de tráfico, para esto se requiere hacer las siguientes previsiones:

1.- Previsión de los abonados conectados a cada central.

La previsión de los abonados por central de tránsito se realiza partiendo del número de líneas principales en servicio instaladas hasta Diciembre de 1995 año (n). Luego se considera la tasa de crecimiento de las líneas principales (cuadro 2.3.2.1) para cada una de las zonas de tránsito y para cada período de estudio, con la siguiente relación:

Esta relación se obtiene del número de líneas principales en servicio al año (n + 5, +10 y +15) dividido para el número de líneas principales al año (n). Este factor se lo multiplica por el número de líneas principales al año

(n) como se presenta en los cuadros 2.3.2.2, 2.3.2.3, 2.3.2.4 y 2.3.2.5 referencia (1), con los cuales se obtiene el número de líneas principales por centrales de tránsito para cada uno de los períodos en estudio referencia (1).

2.- Estimación de los tráficos medios futuros totales por abonado referencia (2) cuadro 2.3.2.2.

Estos valores se obtienen del estudio realizado por el departamento de planificación de EMETEL (División de planificación a largo plazo)⁸ y también según las curvas recomendadas por el CCITT en el GAS 10⁹ que depende de la densidad telefónica para cada una de las centrales de tránsito, como se muestra en el cuadro 2.3.2.2

3.- Estimación de las categorías principales de tráfico en porcentaje.

Cada una de las zonas de tránsito está compuesta por tres tipos de tráfico: interno, urbano e interurbano; siendo el tráfico interurbano el que interesa para nuestro estudio. Los porcentajes de tráfico se obtienen de los recomendados por el CCITT, producto de mediciones efectuadas en diferentes países que atravesaron por éste proceso de crecimiento de la densidad telefónica considerando la categoría de zona de tránsito¹⁰, en el cuadro 2.3.2.2 se ilustra este hecho en las referencias 3, 4, 5, 6, 7, y 8.

Se calcula los flujos de tráfico futuros interurbanos para cada una de las centrales de tránsito, como se indica en los cuadros 2.3.2.3, 2.3.2.4, y 2.3.2.5 referencia (9) y (10), para cada uno de los períodos en estudio.

⁸LASSO LUIS, "Pronóstico de tráfico Telefónico 1985 - 2010", SPG87-022/1, Quito, pág. 5

⁹ CCITT GAS 10, "Datos de planificación y métodos de previsión", Ginebra, 1987, Vol I, pág. 262

¹⁰ GAS 10, "Datos de planificación y métodos de previsión", Ginebra, 1987, Vol. I, pág. 251

Cuadro N° 2 PROYECCION DE LA MATRIZ DE TRAFICO TELEFONICO

NUMERO DE CIRCUITOS TELEFONICOS PROYECTADOS AL AÑO DE 1995 (1)

CIUDAD CON CENTRAL DE TRANSITO	ABONADOS CONECTADOS AÑO 1995 POR ZONAS DE TRANSITO (1)	TRAFICO MEDIO POR ABONADO EN ERLANGS EN AÑO (n) 1995 (2)	PORCENTAJES DE LAS CATEGORIAS DE TRAFICO					
			PARA EL TRAFICO DE SALIDA (ERLG.)		PARA EL TRAFICO DE LLEGADA (ERLG.)		PARA EL TRAFICO DE LLEGADA (ERLG.)	
			INTERNO (3)	URBANO (4)	INTERURBANO (5)	INTERNO (6)	URBANO (7)	INTERURBANO (8)
IBARRA	40929	0.09	11	33	6	11	33	6
QUITO	390418	0.11	14	30	8	14	30	8
AMBATO	76510	0.10	12	32	7	12	32	7
CUENCA	76370	0.10	11	34	7	11	34	7
MANTA	57120	0.09	12	32	6	12	32	6
GUAYAQUIL	352730	0.11	14	29	8	14	29	8
MACHALA	26880	0.09	12	33	5	12	33	5
LOJA	30100	0.08	11	34	5	11	34	5

CUADRO 2.3.2.2.

Cuadro N° 3 NUMERO DE CIRCUITOS TELEFONICOS PROYECTADOS AL AÑO 2000 (1)

CIUDAD CON CENTRAL DE TRANSITO	ABONADOS CONECTADOS AÑO (n+5) (1)	TRAFICO MEDIO POR ABONADO EN ERLANGS EN AÑO (n + 5) (2)	FLUJOS POR CATEGORIAS DE TRAFICO						
			PARA EL TRAFICO DE SALIDA (ERLG.)		PARA EL TRAFICO DE LLEGADA (ERLG.)		PARA EL TRAFICO DE LLEGADA (ERLG.)		
			INTERNO	URBANO	INTERURBANO (1 x 2 x 5) = (9)	INTERNO	URBANO	INTERURBANO (1 x 2 x 8) = (10)	
IBARRA	66714	0.08			320.23				320.23
QUITO	636381	0.10			5091.05				5091.05
AMBATO	124711	0.09			785.68				872.98
CUENCA	124483	0.09			784.24				871.38
MANTA	93106	0.09			502.77				558.63
GUAYAQUIL	574950	0.10			4599.60				4599.60
MACHALA	43814	0.08			175.26				219.07
LOJA	49063	0.08			196.25				245.32

CUADRO 2.3.2.3

NUMERO DE CIRCUITOS TELEFONICOS PROYECTADOS AL AÑO 2005 (1)

CIUDAD CON CENTRAL DE TRANSITO	ABONADOS CONECTADOS AÑO (n+5) (1)	TRAFICO MEDIO POR ABONADO EN ERLANGS AÑO (n + 10) (2)	FLUJOS POR CATEGORIAS DE TRAFICO						
			PARA EL TRAFICO DE SALIDA (ERLG.)		PARA EL TRAFICO DE LLEGADA (ERLG.)				
			INTERNO	URBANO	INTERURBANO (1 x 2 x 5) = (9)	INTERNO	URBANO	INTERURBANO (1 x 2 x 8) = (10)	
IBARRA	98737	0.08			473.94				473.94
QUITO	941844	0.10			7534.76				7534.76
AMBATO	184573	0.09			1162.81				1162.81
CUENCA	184235	0.09			1160.68				1160.68
MANTA	137796	0.09			744.10				744.10
GUAYAQUIL	850926	0.10			6807.41				6807.41
MACHALA	64845	0.08			259.38				259.38
LOJA	72613	0.08			290.45				290.45

CUADRO 2.3.2.4

NUMERO DE CIRCUITOS TELEFONICOS PROYECTADOS AL AÑO 2010 (1)

CIUDAD CON CENTRAL DE TRANSITO	ABONADOS CONECTADOS AÑO (n+5) (1)	TRAFICO MEDIO POR ABONADO EN ERLANGS AÑO (n + 15) (2)	FLUJOS POR CATEGORIAS DE TRAFICO						
			PARA EL TRAFICO DE SALIDA (ERLG.)		PARA EL TRAFICO DE LLEGADA (ERLG.)				
			INTERNO	URBANO	INTERURBANO (1 x 2 x 5) = (9)	INTERNO	URBANO	INTERURBANO (1 x 2 x 8) = (10)	
IBARRA	136257	0.08			654.03				654.03
QUITO	1299745	0.10			10397.96				10397.96
AMBATO	254710	0.09			1604.68				1604.68
CUENCA	254244	0.09			1601.74				1601.74
MANTA	190159	0.09			1026.86				1026.86
GUAYAQUIL	1174278	0.10			9394.22				9394.22
MACHALA	89487	0.08			357.95				357.95
LOJA	100206	0.08			400.83				400.83

CUADRO 2.3.2.5

A continuación se presenta los cuadros mencionados del número total de los circuitos telefónicos interurbanos, los mismos que se los distribuye en la matriz de tráfico para cada uno de los años en estudio con sus respectivos pasos iterativos.

2.3.3 PROCESO ITERATIVO PARA PROYECTAR LA MATRIZ DE TRAFICO TELEFONICO.

El siguiente paso consiste en plantear la distribución de los flujos totales de tráficos entrantes y salientes de cada una de las centrales de tránsito nacional, primeramente se transfiere el tráfico total saliente del año 2000 cuadro 2.3.2.3 referencia (9) hacia el cuadro 2.3.3.1 referencia (1); a continuación se transfiere la matriz inicial (matriz de referencia) ver cuadro 2.3.3.1, con la distribución del tráfico entre cada una de las centrales de tránsito y se obtiene el tráfico total de salida obtenido de cada una de las centrales de tránsito referencia (2), luego se obtiene el parámetro R dividiendo (1) para (2); éste valor es multiplicado por cada una de las filas de la matriz inicial produciéndose la primera iteración por el método de Kruithof, como se indica en el cuadro 2.3.3.2 (primera etapa).

De ésta matriz de tráfico cuadro 2.3.3.2 se obtiene los tráficos totales de llegada obtenidos por central de tránsito referencia (2), con lo cual se obtiene la relación $R' = (1)/(2)$, siendo (1) los flujos de llegada totales de cada central de tránsito. Esta relación R' la multiplicamos por cada columna de la matriz anterior y se obtiene la primera iteración como se presenta en el cuadro 2.3.3.3 (Segunda etapa).

Se continua con éste proceso iterativo hasta llegar a un valor de diferencia mínima entre la demanda de tráfico de

llegada (1) y el tráfico de llegada obtenido (2), y que éste sea inferior a un parámetro previamente determinado. Se considera completado el algoritmo, de no ser así hay que continuar con la operación iterativa (primera etapa).

El proceso iterativo termina cuando se ha llegado a una convergencia que se denota cuando el parámetro R y R' tienden a la unidad (R y $R' = 1.001$ y 0.999), lo que indica que el tráfico de llegada obtenido es igual al tráfico proyectado.

Este algoritmo se aplica para las tres matrices de tráfico calculadas para los años 2000, 2005, 2010 tal como se indica en los cuadros 2.3.3.2 hasta 2.3.3.30, con todas las iteraciones necesarias hasta llegar a una diferencia mínima de convergencia de la matriz.

MATRIZ DE TRAFICO CON LOS FLUJOS TOTALES PARA EL AÑO 2000

Cuadro 2.3.3

ZONA DE TRANSITO.	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de salida obtenido 1995 (2)	Demanda de tráfico de salida 2000 (1)	Relación R (1) / (2)
IBARRA		177.8	52.9	33.9	33.9	186.7	9.7	10.9	505.97	320.23	0.63
QUITO	138.4		264.8	142.5	155.0	2440.3	111.1	44.6	3296.72	5091.05	1.54
AMBATO	47.5	326.6		74.5	81.1	386.3	37.3	20.4	973.70	872.98	0.90
CUENCA	17.9	164.5	49.9		23.1	298.7	38.0	23.8	615.87	871.38	1.41
MANTA	19.0	187.7	82.6	29.6		530.2	74.5	22.8	946.49	558.63	0.59
GUAYAQUIL	162.7	2685.3	375.9	287.8	516.0		274.7	136.0	4438.38	4599.60	1.04
MACHALA	9.8	87.5	36.6	35.2	71.8	348.4		22.6	611.79	219.07	0.36
LOJA	10.4	59.7	35.0	39.4	21.6	169.3	24.9		360.19	245.32	0.68
DEMANDA TRAFICO DE LLEGADA	320.2	5091.1	873.0	871.4	558.6	4599.6	219.1	245.3	11749.1	12778.3	

CUADRO 2.3.3.1

Iteracion # 1 (Primera etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de tráfico de salida (1)
IBARRA		112.5	33.5	21.5	21.5	118.2	6.2	6.9	320.23
QUITO	213.8		167.6	90.2	98.1	1544.4	70.3	28.2	2212.65
AMBATO	42.6	292.8		66.8	72.7	346.3	33.5	18.3	872.98
CUENCA	25.3	232.8	70.6		32.7	422.6	53.8	33.7	871.38
MANTA	11.2	110.8	48.7	17.5		312.9	44.0	13.5	558.63
GUAYAQUIL	168.6	2782.9	389.6	298.2	534.7		284.6	141.0	4599.60
MACHALA	3.5	31.3	13.1	12.6	25.7	124.7		8.1	219.07
LOJA	7.1	40.6	23.8	26.8	14.7	115.3	16.9		245.32
Tráfico de llegada obtenido (2)	471.98	3603.77	747.01	533.58	800.10	2984.49	509.29	249.62	Tráfico total en Erlangs.
Tráfico de llegada (1)	320.23	5091.05	872.98	871.38	558.63	4599.60	219.07	245.32	
Relación R' (1 / 2)	0.68	1.41	1.17	1.63	0.70	1.54	0.43	0.98	9899.9

CUADRO 2.3.3.2

Iteracion # 1 (Segunda etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de salida obtenido (2)	Demanda de tráfico de salida (1)	Relación R (1) / (2)
IBARRA		159.0	39.1	35.1	15.0	182.1	2.7	6.8	439.77	320.23	0.73
QUITO	145.0		195.9	147.2	68.5	2380.2	30.2	27.8	2994.89	5091.05	1.70
AMBATO	28.9	413.7		109.1	50.8	533.8	14.4	18.0	1168.51	872.98	0.75
CUENCA	17.2	328.8	82.5		22.8	651.2	23.1	33.1	1158.81	871.38	0.75
MANTA	7.6	156.5	57.0	28.6		482.3	18.9	13.2	764.11	558.63	0.73
GUAYAQUIL	114.4	3931.4	455.3	487.0	373.3		122.4	138.5	5622.38	4599.60	0.82
MACHALA	2.4	44.3	15.3	20.6	18.0	192.2		8.0	300.67	219.07	0.73
LOJA	4.8	57.4	27.9	43.8	10.3	177.7	7.3		329.12	245.32	0.75
DEMANDA TRA-											
FICO DE LLEGADA	320.2	5091.1	873.0	871.4	558.6	4599.6	219.1	245.3	12778.3	12778.3	

CUADRO 2.3.3.3

Iteracion # 2 (Primera etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de tráfico de salida (1)
IBARRA		115.8	28.5	25.5	10.9	132.6	1.9	4.9	320.23
QUITO	246.5		333.0	250.3	116.5	4046.2	51.4	47.2	5091.05
AMBATO	21.6	309.1		81.5	37.9	398.8	10.8	13.4	872.98
CUENCA	12.9	247.3	62.1		17.2	489.7	17.4	24.9	871.38
MANTA	5.6	114.4	41.6	20.9		352.6	13.8	9.7	558.63
GUAYAQUIL	93.6	3216.2	372.5	398.4	305.4		100.2	113.3	4599.60
MACHALA	1.7	32.2	11.2	15.0	13.1	140.1		5.8	219.07
LOJA	3.6	42.8	20.8	32.7	7.6	132.4	5.4		245.32
Tráfico de llegada obtenido (2)	385.46	3961.99	841.06	798.75	497.70	5559.77	198.99	214.29	Tráfico total en Erlangs.
Tráfico de llegada (1)	320.23	5091.05	872.98	871.38	558.63	4599.60	219.07	245.32	
Relación R' (1 / 2)	0.83	1.28	1.04	1.09	1.12	0.83	1.10	1.14	12778.3

CUADRO 2.3.3.4

Iteración # 2 (Segunda etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de salida obtenido (2)	Demanda de tráfico de salida (1)	Relación R (1) / (2)
IBARRA		148.8	29.6	27.9	12.2	109.7	2.1	5.7	335.96	320.23	0.95
QUITO	204.8		345.6	273.1	130.7	3347.4	56.6	54.0	4412.22	5091.05	1.15
AMBATO	17.9	397.1		88.9	42.6	329.9	11.8	15.4	903.61	872.98	0.97
CUENCA	10.7	317.7	64.4		19.3	405.1	19.2	28.5	864.90	871.38	1.01
MANTA	4.6	147.0	43.2	22.8		291.7	15.2	11.1	535.68	558.63	1.04
GUAYAQUIL	77.7	4132.7	386.6	434.7	342.8		110.3	129.7	5614.56	4599.60	0.82
MACHALA	1.4	41.4	11.6	16.4	14.7	115.9		6.6	208.00	219.07	1.05
LOJA	3.0	55.0	21.6	35.7	8.6	109.5	6.0		239.28	245.32	1.03

CUADRO 2.3.3.5

Suma filas

Suma columna

Iteración # 3 (Primera etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de tráfico de salida (1)
IBARRA		141.8	28.2	26.6	11.7	104.6	2.0	5.4	320.23
QUITO	236.3		398.8	315.1	150.8	3862.4	65.3	62.3	5091.05
AMBATO	17.3	383.7		85.9	41.1	318.7	11.4	14.8	872.98
CUENCA	10.8	320.1	64.9		19.4	408.2	19.3	28.7	871.38
MANTA	4.8	153.3	45.1	23.8		304.2	15.9	11.6	558.63
GUAYAQUIL	63.7	3385.6	316.7	356.1	280.8		90.3	106.3	4599.60
MACHALA	1.5	43.6	12.2	17.2	15.5	122.0		7.0	219.07
LOJA	3.0	56.4	22.1	36.6	8.8	112.3	6.1		245.32
Tráfico de llegada obtenido (2)	337.51	4342.77	859.76	834.55	516.47	5127.89	208.39	230.69	Tráfico total en Erlangs.
Tráfico de llegada (1)	320.23	5091.05	872.98	871.38	558.63	4599.60	219.07	245.32	12778.3
Relación R' (1 / 2)	0.95	1.17	1.02	1.04	1.08	0.90	-1.05	1.06	

CUADRO 2.3.3.6

Iteración # 3 (Segunda etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de salida obtenido (2)	Demanda de tráfico de salida (1)	Relación R (1) / (2)
IBARRA		166.2	28.6	27.7	12.6	93.8	2.1	5.7	336.89	320.23	0.95
QUITO	224.2		404.9	329.0	163.1	3464.5	68.7	66.3	4720.68	5091.05	1.08
AMBATO	16.4	449.8		89.7	44.5	285.9	12.0	15.8	914.04	872.98	0.96
CUENCA	10.2	375.3	65.9		21.0	366.1	20.3	30.5	889.32	871.38	0.98
MANTA	4.6	179.7	45.8	24.8		272.9	16.7	12.3	556.75	558.63	1.00
GUAYAQUIL	60.4	3969.0	321.6	371.8	303.8		95.0	113.0	5234.58	4599.60	0.88
MACHALA	1.4	51.2	12.4	18.0	16.7	109.5		7.4	216.59	219.07	1.01
LOJA	2.9	66.1	22.4	38.2	9.5	100.7	6.4		246.29	245.32	1.00

CUADRO 2.3.3.7

Iteración # 4 (Primera etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de tráfico de salida (1)
IBARRA		158.0	27.2	26.4	12.0	89.2	2.0	5.4	320.23
QUITO	241.8		436.7	354.8	175.9	3736.3	74.0	71.5	5091.05
AMBATO	15.7	429.6		85.6	42.5	273.0	11.5	15.1	872.98
CUENCA	10.0	367.7	64.6		20.6	358.7	19.9	29.9	871.38
MANTA	4.6	180.4	45.9	24.9		273.8	16.7	12.3	558.63
GUAYAQUIL	53.1	3487.5	282.6	326.7	266.9		83.5	99.3	4599.60
MACHALA	1.5	51.7	12.5	18.2	16.9	110.7		7.5	219.07
LOJA	2.9	65.8	22.3	38.0	9.5	100.3	6.4		245.32
Tráfico de llegada obtenido (2)	329.57	4740.75	891.83	874.56	544.31	4942.13	214.04	241.06	Tráfico total
Tráfico de llegada (1)	320.23	5091.05	872.98	871.38	558.63	4599.60	219.07	245.32	en Etlangs.
Relación R' (1 / 2)	0.97	1.07	0.98	1.00	1.03	0.93	1.02	1.02	12778.3

CUADRO 2.3.3.8

Iteración # 4 (Segunda etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de salida obtenido (2)	Demanda de tráfico de salida (1)	Relación R (1) / (2)
IBARRA		169.7	26.6	26.3	12.3	83.0	2.1	5.5	325.51	320.23	0.98
QUITO	235.0		427.4	353.5	180.6	3477.4	75.8	72.7	4822.35	5091.05	1.06
AMBATO	15.3	461.3		85.3	43.6	254.1	11.8	15.3	886.69	872.98	0.98
CUENCA	9.8	394.9	63.2		21.1	333.9	20.3	30.4	873.57	871.38	1.00
MANTA	4.5	193.7	45.0	24.8		254.8	17.1	12.5	552.40	558.63	1.01
GUAYAQUIL	51.6	3745.2	276.6	325.5	273.9		85.4	101.1	4859.37	4599.60	0.95
MACHALA	1.4	55.6	12.3	18.1	17.4	103.1		7.6	215.43	219.07	1.02
LOJA	2.8	70.7	21.9	37.9	9.7	93.4	6.6		242.93	245.32	1.01

CUADRO 2.3.3.9

Iteración # 5 (Primera etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de tráfico de salida (1)	Relación R' (1) / (2)
IBARRA		166.9	26.2	25.8	12.1	81.6	2.0	5.5	320.23	
QUITO	248.1		451.2	373.2	190.6	3671.1	80.0	76.8	5091.05	
AMBATO	15.0	454.2		84.0	42.9	250.2	11.6	15.1	872.98	
CUENCA	9.7	393.9	63.1		21.1	333.0	20.3	30.3	871.38	
MANTA	4.5	195.9	45.5	25.1		257.7	17.3	12.7	558.63	
GUAYAQUIL	48.8	3545.0	261.8	308.1	259.3		80.8	95.7	4599.60	
MACHALA	1.4	56.5	12.5	18.4	17.7	104.8		7.8	219.07	
LOJA	2.8	71.4	22.1	38.2	9.8	94.3	6.6		245.32	
Tráfico de llegada obtenido (2)	330.40	4716.85	856.14	847.05	541.40	4711.13	216.68	238.38	Tráfico total en Erlangs.	
Tráfico de llegada (1)	320.23	5091.05	872.98	871.38	558.63	4599.60	219.07	245.32		
Relación R' (1) / (2)	0.97	1.08	1.02	1.03	1.03	0.98	1.01	1.03		1.2778.3

CUADRO 2.3.3.10

Iteracion # 5 (Segunda etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de salida obtenido (2)	Demanda de tráfico de salida (1)	Relación R (1) / (2)
IBARRA									333.36	320.23	0.96
QUITO	240.4	180.2	26.7	26.6	12.5	79.7	2.1	5.6	5025.28	5091.05	1.01
AMBATO	14.6	490.2	460.1	383.9	196.7	3584.2	80.9	79.0	906.97	872.98	0.96
CUENCA	9.4	425.1	64.3	86.4	44.3	244.3	11.7	15.5	897.46	871.38	0.97
MANTA	4.4	211.4	46.4	25.8	21.7	251.6	17.5	13.1	570.11	558.63	0.98
GUAYAQUIL	47.3	3826.3	267.0	317.0	267.6		81.7	98.5	4905.26	4599.60	0.94
MACHALA	1.4	61.0	12.7	19.0	18.2	102.3		8.0	222.59	219.07	0.98
LOJA	2.7	77.1	22.5	39.3	10.1	92.1	6.7		250.58	245.32	0.98

CUADRO 2.3.3.11

Iteracion # 6 (Primera etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de tráfico de salida (1)
IBARRA									320.23
QUITO	243.6	173.1	25.7	25.5	12.0	76.6	2.0	5.4	5091.05
AMBATO	14.0	471.8	466.1	388.9	199.3	3631.1	81.9	80.1	872.98
CUENCA	9.2	412.8	62.4	83.2	42.6	235.1	11.3	15.0	871.38
MANTA	4.3	207.1	45.4	25.3	21.1	315.7	19.9	30.3	558.63
GUAYAQUIL	44.4	3587.8	250.3	297.2	250.9	246.5	17.2	12.8	4599.60
MACHALA	1.4	60.0	12.5	18.7	17.9	100.7	76.6	92.3	219.07
LOJA	2.7	75.4	22.0	38.5	9.9	90.1	6.6	7.9	245.32
Tráfico de llegada obtenido (2)	319.44	4988.13	884.56	877.31	553.75	4695.86	215.49	243.73	Tráfico total
Tráfico de llegada (1)	320.23	5091.05	872.98	871.38	558.63	4599.60	219.07	245.32	en Erlangs.
Relación R' (1 / 2)	1.00	1.02	0.99	0.99	1.01	0.98	1.02	1.01	12778.3

CUADRO 2.3.3.12

Iteración # 6 (Segunda etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de salida obtenido (2)	Demanda de tráfico de salida (1)	Relación R (1) / (2)
IBARRA		176.6	25.3	25.4	12.1	75.0	2.0	5.4	321.90	320.23	0.99
QUITO	244.2		460.0	386.3	201.0	3556.7	83.3	80.6	5012.13	5091.05	1.02
AMBATO	14.0	481.6		82.6	43.0	230.3	11.5	15.1	878.03	872.98	0.99
CUENCA	9.2	421.3	61.6		21.3	309.2	20.2	30.5	873.35	871.38	1.00
MANTA	4.3	211.4	44.8	25.1		241.5	17.5	12.9	557.47	558.63	1.00
GUAYAQUIL	44.5	3661.9	247.1	295.2	253.1		77.9	92.9	4672.54	4599.60	0.98
MACHALA	1.4	61.3	12.3	18.5	18.1	98.6		7.9	218.17	219.07	1.00
LOJA	2.7	77.0	21.8	38.3	10.0	88.3	6.7		244.68	245.32	1.00

CUADRO 2.3.3.13

MATRIZ DE TRAFICO TELEFONICO PROYECTADA PARA EL AÑO 2000

Iteración final (Primera etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de tráfico de salida (1)	
IBARRA		175.7	25.2	25.2	12.1	74.6	2.0	5.4	0.00	
QUITO	248.0		467.3	392.4	204.2	3612.7	84.6	81.9	320.23	
AMBATO	14.0	478.8		82.1	42.8	229.0	11.4	15.0	5091.05	
CUENCA	9.2	420.3	61.5		21.2	308.5	20.2	30.4	872.98	
MANTA	4.3	211.9	44.9	25.2		242.0	17.5	12.9	871.38	
GUAYAQUIL	43.8	3604.7	243.2	290.6	249.1		76.7	91.5	558.63	
MACHALA	1.4	61.5	12.4	18.6	18.2	99.0		8.0	4599.60	
LOJA	2.7	77.2	21.8	38.4	10.0	88.5	6.7		219.07	
Tráfico de llegada obtenido (2)										245.32
Tráfico de llegada (1)	323.30	5030.15	876.30	872.48	557.59	4654.34	219.10	245.01	Tráfico total en Erlangs.	
Relación R' (1 / 2)	320.23	5091.05	872.98	871.38	558.63	4599.60	219.07	245.32		12532.9
	0.99	1.01	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00		

CUADRO 2.3.3.14

MATRIZ INICIAL A DISTRIBUIR A CADA UNO DE LOS FLUJOS TOTALES INTERCENTRALES PARA EL AÑO 2005

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de salida obtenido 2000 (2)	Demanda de tráfico de salida 2005 (1)	Relación R (1) / (2)
IBARRA		175.7	25.2	25.2	12.1	74.6	2.0	5.4	320.23	473.94	1.48
QUITO	248.0		467.3	392.4	204.2	3612.7	84.6	81.9	5091.05	7534.76	1.48
AMBATO	14.0	478.8		82.1	42.8	229.0	11.4	15.0	872.98	1162.81	1.33
CUENCA	9.2	420.3	61.5		21.2	308.5	20.2	30.4	871.38	1160.68	1.33
MANTA	4.3	211.9	44.9	25.2		242.0	17.5	12.9	558.63	744.10	1.33
GUAYAQUIL	43.8	3604.7	243.2	290.6	249.1		76.7	91.5	4599.60	6807.41	1.48
MACHALA	1.4	61.5	12.4	18.6	18.2	99.0		8.0	219.07	259.38	1.18
LOJA	2.7	77.2	21.8	38.4	10.0	88.5	6.7		245.32	290.45	1.18

CUADRO 2.3.3.15

Iteración # 1 (Primera etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de tráfico de salida (1)
IBARRA		260.1	37.3	37.3	17.8	110.4	3.0	8.0	473.94
QUITO	367.1		691.6	580.7	302.2	5346.8	125.2	121.1	7534.76
AMBATO	18.6	637.8		109.4	56.9	305.0	15.2	19.9	1162.81
CUENCA	12.2	559.9	81.9		28.3	411.0	26.9	40.6	1160.68
MANTA	5.7	282.2	59.8	33.5		322.3	23.3	17.2	744.10
GUAYAQUIL	64.8	5335.0	359.9	430.1	368.7		113.5	135.4	6807.41
MACHALA	1.6	72.8	14.7	22.0	21.5	117.3		9.4	259.38
LOJA	3.2	91.4	25.8	45.4	11.9	104.8	7.9		290.45
Tráfico de llegada obtenido (2)	473.22	7239.13	1271.05	1258.53	807.42	6717.54	315.02	351.63	Tráfico total
Tráfico de llegada (1)	473.94	7534.76	1162.81	1160.68	744.10	6807.41	259.38	290.45	en Erlangs.
Relación R' (1 / 2)	1.00	1.04	0.91	0.92	0.92	1.01	0.82	0.83	18433.5

CUADRO 2.3.3.16

Iteración # 1 (Segunda etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de salida obtenido (2)	Demanda de tráfico de salida (1)	Relación R (1) / (2)
IBARRA		270.7	34.1	34.4	16.4	111.9	2.4	6.6	476.64	473.94	0.99
QUITO	367.6		632.7	535.6	278.5	5418.3	103.1	100.1	7435.91	7534.76	1.01
AMBATO	18.6	663.8		100.9	52.5	309.1	12.5	16.5	1173.84	1162.81	0.99
CUENCA	12.2	582.7	74.9		26.1	416.5	22.2	33.5	1168.06	1160.68	0.99
MANTA	5.7	293.7	54.7	30.9		326.6	19.2	14.2	745.14	744.10	1.00
GUAYAQUIL	64.9	5552.8	329.3	396.6	339.8		93.5	111.8	6888.76	6807.41	0.99
MACHALA	1.6	75.8	13.4	20.3	19.8	118.8		7.8	257.64	259.38	1.01
LOJA	3.2	95.1	23.6	41.9	11.0	106.2	6.5		287.53	290.45	1.01

CUADRO 2.3.3.17

Iteración # 2 (Primera etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de tráfico de salida (1)
IBARRA		269.2	33.9	34.2	16.3	111.3	2.4	6.6	473.94
QUITO	372.5		641.1	542.7	282.2	5490.3	104.5	101.4	7534.76
AMBATO	18.5	657.6		99.9	52.0	306.2	12.4	16.3	1162.81
CUENCA	12.1	579.1	74.4		25.9	413.8	22.0	33.3	1160.68
MANTA	5.7	293.3	54.7	30.9		326.2	19.2	14.2	744.10
GUAYAQUIL	64.1	5487.2	325.4	392.0	335.8		92.4	110.5	6807.41
MACHALA	1.6	76.3	13.5	20.5	20.0	119.6		7.8	259.38
LOJA	3.2	96.1	23.9	42.3	11.1	107.3	6.6		290.45
Tráfico de llegada obtenido (2)	477.84	7458.79	1166.92	1162.49	743.28	6874.69	259.42	290.09	Tráfico total
Tráfico de llegada (1)	473.94	7534.76	1162.81	1160.68	744.10	6807.41	259.38	290.45	en Erlangs.
Relación R' (1 / 2)	0.99	1.01	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	18433.5

CUADRO 2.3.3.18

Iteración # 2 (Segunda etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de salida obtenido (2)	Demanda de tráfico de salida (1)	Relación R (1) / (2)
IBARRA		271.9	33.8	34.2	16.4	110.2	2.4	6.6	475.44	473.94	1.00
QUITO	369.5		638.8	541.9	282.5	5436.6	104.5	101.5	7475.29	7534.76	1.01
AMBATO	18.3	664.3		99.8	52.0	303.2	12.4	16.3	1166.28	1162.81	1.00
CUENCA	12.0	585.0	74.2		25.9	409.8	22.0	33.3	1162.23	1160.68	1.00
MANTA	5.7	296.3	54.5	30.8		323.0	19.2	14.2	743.62	744.10	1.00
GUAYAQUIL	63.6	5543.1	324.2	391.3	336.2		92.4	110.6	6861.51	6807.41	0.99
MACHALA	1.6	77.1	13.5	20.4	20.0	118.5		7.8	258.93	259.38	1.00
LOJA	3.2	97.1	23.8	42.2	11.1	106.2	6.6		290.22	290.45	1.00

CUADRO 2.3.3.19

Iteración # 3 (Primera etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de tráfico de salida (1)
IBARRA		271.0	33.7	34.1	16.3	109.8	2.4	6.6	473.94
QUITO	372.4		643.9	546.2	284.8	5479.8	105.3	102.3	7534.76
AMBATO	18.2	662.3		99.5	51.9	302.3	12.3	16.3	1162.81
CUENCA	12.0	584.2	74.1		25.9	409.2	22.0	33.3	1160.68
MANTA	5.7	296.5	54.5	30.8		323.2	19.2	14.2	744.10
GUAYAQUIL	63.1	5499.4	321.7	388.3	333.5		91.6	109.8	6807.41
MACHALA	1.6	77.2	13.5	20.5	20.0	118.7		7.9	259.38
LOJA	3.2	97.2	23.8	42.3	11.1	106.3	6.6		290.45
Tráfico de llegada obtenido (2)	476.31	7487.84	1165.20	1161.59	743.50	6849.35	259.43	290.30	Tráfico total
Tráfico de llegada (1)	473.94	7534.76	1162.81	1160.68	744.10	6807.41	259.38	290.45	en Erlangs.
Relación R' (1 / 2)	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	18433.5

CUADRO 2.3.3.20

Iteración # 3 (Segunda etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de salida obtenido (2)	Demanda de tráfico de salida (1)	Relación R (1) / (2)
IBARRA		272.7	33.6	34.1	16.3	109.2	2.4	6.6	474.88	473.94	1.00
QUITO	370.5		642.6	545.7	285.0	5446.3	105.3	102.4	7497.85	7534.76	1.00
AMBATO	18.2	666.4		99.4	51.9	300.4	12.3	16.3	1164.99	1162.81	1.00
CUENCA	12.0	587.8	73.9		25.9	406.7	22.0	33.3	1161.66	1160.68	1.00
MANTA	5.7	298.4	54.4	30.8		321.2	19.2	14.2	743.82	744.10	1.00
GUAYAQUIL	62.8	5533.9	321.0	388.0	333.8		91.6	109.8	6840.90	6807.41	1.00
MACHALA	1.6	77.7	13.5	20.4	20.0	117.9		7.9	259.11	259.38	1.00
LOJA	3.2	97.8	23.8	42.2	11.1	105.7	6.6		290.32	290.45	1.00

CUADRO 2.3.3.21

Iteración # 4 (Primera etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de tráfico de salida (1)
IBARRA		272.2	33.6	34.0	16.3	108.9	2.4	6.5	473.94
QUITO	372.4		645.8	548.4	286.4	5473.1	105.8	102.9	7534.76
AMBATO	18.1	665.2		99.2	51.8	299.8	12.3	16.3	1162.81
CUENCA	12.0	587.3	73.9		25.9	406.4	22.0	33.3	1160.68
MANTA	5.7	298.5	54.4	30.8		321.3	19.2	14.2	744.10
GUAYAQUIL	62.5	5506.8	319.5	386.1	332.2		91.2	109.3	6807.41
MACHALA	1.6	77.8	13.5	20.5	20.0	118.1		7.9	259.38
LOJA	3.2	97.8	23.8	42.3	11.1	105.7	6.6		290.45
Tráfico de llegada obtenido (2)	475.42	7505.62	1164.32	1161.27	743.74	6833.39	259.41	290.36	Tráfico total en Eriangs.
Tráfico de llegada (1)	473.94	7534.76	1162.81	1160.68	744.10	6807.41	259.38	290.45	
Relación R' (1 / 2)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	18433.5

CUADRO 2.3.3.22

MATRIZ DE TRAFICO TELEFONICO PROYECTADO PARA EL AÑO 2005

Iteración final (Segunda etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de salida obtenido (2)	Demanda de tráfico de salida (1)	Relación R (1) / (2)
IBARRA		273.3	33.5	34.0	16.3	108.5	2.4	6.5	474.53	473.94	1.00
QUITO	371.2		644.9	548.2	286.5	5452.3	105.8	102.9	7511.83	7534.76	1.00
AMBATO	18.1	667.8		99.2	51.9	298.7	12.3	16.3	1164.17	1162.81	1.00
CUENCA	11.9	589.6	73.8		25.9	404.8	22.0	33.3	1161.30	1160.68	1.00
MANTA	5.6	299.6	54.3	30.8		320.1	19.2	14.2	743.94	744.10	1.00
GUAYAQUIL	62.3	5528.2	319.0	385.9	332.3		91.1	109.3	6828.16	6807.41	1.00
MACHALA	1.6	78.1	13.5	20.5	20.1	117.6		7.9	259.21	259.38	1.00
LOJA	3.2	98.2	23.7	42.2	11.1	105.3	6.6		290.38	290.45	1.00

CUADRO 2.3.3.23

MATRIZ INICIAL A DISTRIBUIR A CADA UNO DE LOS FLUJOS TOTALES INTERCENTRALES PARA EL AÑO 2010

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de salida obtenido 2005 (2)	Demanda de tráfico de salida 2010 (1)	Relación R (1) / (2)
IBARRA		273.3	33.5	34.0	16.3	108.5	2.4	6.5	474.5	654.0	1.378
QUITO	371.2		644.9	548.2	286.5	5452.3	105.8	102.9	7511.8	10398.0	1.384
AMBATO	18.1	667.8		99.2	51.9	298.7	12.3	16.3	1164.2	1604.7	1.378
CUENCA	11.9	589.6	73.8		25.9	404.8	22.0	33.3	1161.3	1601.7	1.379
MANTA	5.6	299.6	54.3	30.8		320.1	19.2	14.2	743.9	1026.9	1.380
GUAYAQUIL	62.3	5528.2	319.0	385.9	332.3		91.1	109.3	6828.2	9394.2	1.376
MACHALA	1.6	78.1	13.5	20.5	20.1	117.6		7.9	259.2	357.9	1.381
LOJA	3.2	98.2	23.7	42.2	11.1	105.3	6.6		290.4	400.8	1.380

CUADRO 2.3.3.24

Iteración # 1 (Primera etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de tráfico de salida (1)
IBARRA		376.6	46.2	46.8	22.5	149.6	3.3	9.0	654.03
QUITO	513.8		892.7	758.8	396.6	7547.1	146.4	142.5	10397.96
AMBATO	24.9	920.5		136.7	71.5	411.7	17.0	22.4	1604.68
CUENCA	16.4	813.2	101.7		35.7	558.4	30.3	45.9	1601.74
MANTA	7.8	413.6	75.0	42.5		441.8	26.5	19.6	1026.86
GUAYAQUIL	85.7	7605.7	438.9	530.9	457.2		125.4	150.4	9394.22
MACHALA	2.2	107.9	18.6	28.2	27.7	162.4		10.9	357.95
LOJA	4.4	135.5	32.8	58.3	15.3	145.4	9.1		400.83
Tráfico de llegada obtenido (2)	655.3	10373.0	1606.0	1602.3	1026.6	9416.5	358.0	400.7	Tráfico total
Tráfico de llegada (1)	654.0	10398.0	1604.7	1601.7	1026.9	9394.2	357.9	400.8	en Erlangs.
Relación R' (1 / 2)	0.998	1.002	0.999	1.000	1.000	0.998	1.000	1.000	25438.3

CUADRO 2.3.3.25

Iteración # 1 (Segunda etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de salida obtenido (2)	Demanda de tráfico de salida (1)	Relación R (1) / (2)
IBARRA		377.5	46.2	46.8	22.5	149.2	3.3	9.0	654.5	654.0	0.999
QUITO	512.8		892.0	758.5	396.8	7529.3	146.4	142.5	10378.3	10398.0	1.002
AMBATO	24.9	922.7		136.7	71.5	410.8	17.0	22.4	1605.9	1604.7	0.999
CUENCA	16.4	815.2	101.6		35.8	557.1	30.3	45.9	1602.3	1601.7	1.000
MANTA	7.8	414.6	75.0	42.5		440.8	26.5	19.6	1026.7	1026.9	1.000
GUAYAQUIL	85.5	7624.0	438.6	530.7	457.3		125.4	150.4	9412.0	9394.2	0.998
MACHALA	2.2	108.1	18.6	28.2	27.7	162.0		10.9	357.8	357.9	1.000
LOJA	4.4	135.9	32.7	58.3	15.3	145.0	9.1		400.8	400.8	1.000

CUADRO 2.3.3.26

Iteración # 2 (Primera etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de tráfico de salida (1)
IBARRA		377.2	46.1	46.8	22.5	149.1	3.3	9.0	654.03
QUITO	513.8		893.7	760.0	397.5	7543.5	146.7	142.8	10397.96
AMBATO	24.8	922.0		136.6	71.5	410.5	16.9	22.4	1604.68
CUENCA	16.4	814.9	101.6		35.7	556.9	30.3	45.9	1601.74
MANTA	7.8	414.6	75.0	42.5		440.9	26.5	19.6	1026.86
GUAYAQUIL	85.4	7609.6	437.8	529.7	456.5		125.2	150.2	9394.22
MACHALA	2.2	108.2	18.6	28.3	27.7	162.1		10.9	357.95
LOJA	4.4	135.9	32.7	58.3	15.3	145.1	9.1		400.83
Tráfico de llegada obtenido (2)	654.8	10382.4	1605.5	1602.1	1026.7	9408.0	358.0	400.8	Tráfico total en Erlangs.
Tráfico de llegada (1)	654.0	10398.0	1604.7	1601.7	1026.9	9394.2	357.9	400.8	
Relación R' (1 / 2)	0.999	1.001	0.999	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000	25438.3

CUADRO 2.3.3.27

Iteración # 2 (Segunda etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de salida obtenido (2)	Demanda de tráfico de salida (1)	Relación R (1) / (2)
IBARRA		377.8	46.1	46.8	22.5	148.9	3.3	9.0	654.4	654.0	1.000
QUITO	513.2		893.2	759.8	397.6	7532.5	146.7	142.8	10385.7	10398.0	1.001
AMBATO	24.8	923.4		136.5	71.5	409.9	16.9	22.4	1605.4	1604.7	1.000
CUENCA	16.4	816.1	101.6		35.7	556.1	30.3	45.9	1602.1	1601.7	1.000
MANTA	7.8	415.2	74.9	42.5		440.2	26.5	19.6	1026.8	1026.9	1.000
GUAYAQUIL	85.3	7621.0	437.5	529.6	456.6		125.1	150.2	9405.3	9394.2	0.999
MACHALA	2.2	108.3	18.6	28.2	27.7	161.9		10.9	357.9	357.9	1.000
LOJA	4.4	136.1	32.7	58.3	15.3	144.8	9.1		400.8	400.8	1.000

CUADRO 2.3.3.28

Iteración # 3 (Primera etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de tráfico de salida (1)
IBARRA		377.6	46.1	46.7	22.4	148.8	3.3	9.0	654.03
QUITO	513.8		894.3	760.7	398.0	7541.3	146.9	143.0	10397.96
AMBATO	24.8	923.0		136.5	71.4	409.7	16.9	22.4	1604.68
CUENCA	16.4	816.0	101.5		35.7	555.9	30.3	45.9	1601.74
MANTA	7.8	415.3	74.9	42.5		440.2	26.5	19.6	1026.86
GUAYAQUIL	85.2	7612.0	437.0	529.0	456.0		125.0	150.0	9394.22
MACHALA	2.2	108.4	18.6	28.3	27.7	161.9		10.9	357.95
LOJA	4.4	136.1	32.7	58.3	15.3	144.9	9.1		400.83
Tráfico de llegada obtenido (2)	654.5	10388.3	1605.2	1601.9	1026.7	9402.8	358.0	400.8	Tráfico total en Erlangs.
Tráfico de llegada (1)	654.0	10398.0	1604.7	1601.7	1026.9	9394.2	357.9	400.8	
Relación R' (1 / 2)	0.999	1.001	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000	25438.3

CUADRO 2.3.3.29

MATRIZ DE TRAFICO TELEFONICO PROYECTADO PARA EL AÑO 2010

Iteración final (Segunda etapa)

ZONA DE TRANSITO	IBARRA	QUITO	AMBATO	CUENCA	MANTA	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	Demanda de salida obtenido (2)	Demanda de tráfico de salida (1)	Relación R (1) / (2)
IBARRA		378.0	46.1	46.7	22.4	148.7	3.3	9.0	654.2	654.0	1.000
QUITO	513.4		894.0	760.6	398.1	7534.5	146.9	143.0	10390.4	10398.0	1.001
AMBATO	24.8	923.8		136.5	71.4	409.3	16.9	22.4	1605.1	1604.7	1.000
CUENCA	16.4	816.7	101.5		35.7	555.4	30.3	45.9	1602.0	1601.7	1.000
MANTA	7.8	415.7	74.9	42.5		439.8	26.5	19.6	1026.8	1026.9	1.000
GUAYAQUIL	85.1	7619.1	436.9	528.9	456.1		125.0	150.0	9401.1	9394.2	0.999
MACHALA	2.2	108.5	18.6	28.2	27.7	161.8		10.9	357.9	357.9	1.000
LOJA	4.4	136.2	32.7	58.3	15.3	144.7	9.1		400.8	400.8	1.000
TRAFICO TOTAL ENTRANTE (Erlg)	655.3	10373.0	1606.0	1602.3	1026.6	9416.5	358.0	400.7		25438.3	

CUADRO 2.3.3.30

2.3.4 ANALISIS DE LA TOPOLOGIA DE LA RED DE LARGA DISTANCIA

Una vez obtenidas las matrices de tráfico en [Erlangs], se procede a determinar la configuración óptima de la red de larga distancia nacional, para esto se toma de referencia un estudio que fue desarrollada en la "DIVISION DE PLANIFICACION A LARGO PLAZO" del EMETEL¹¹, que determinó un

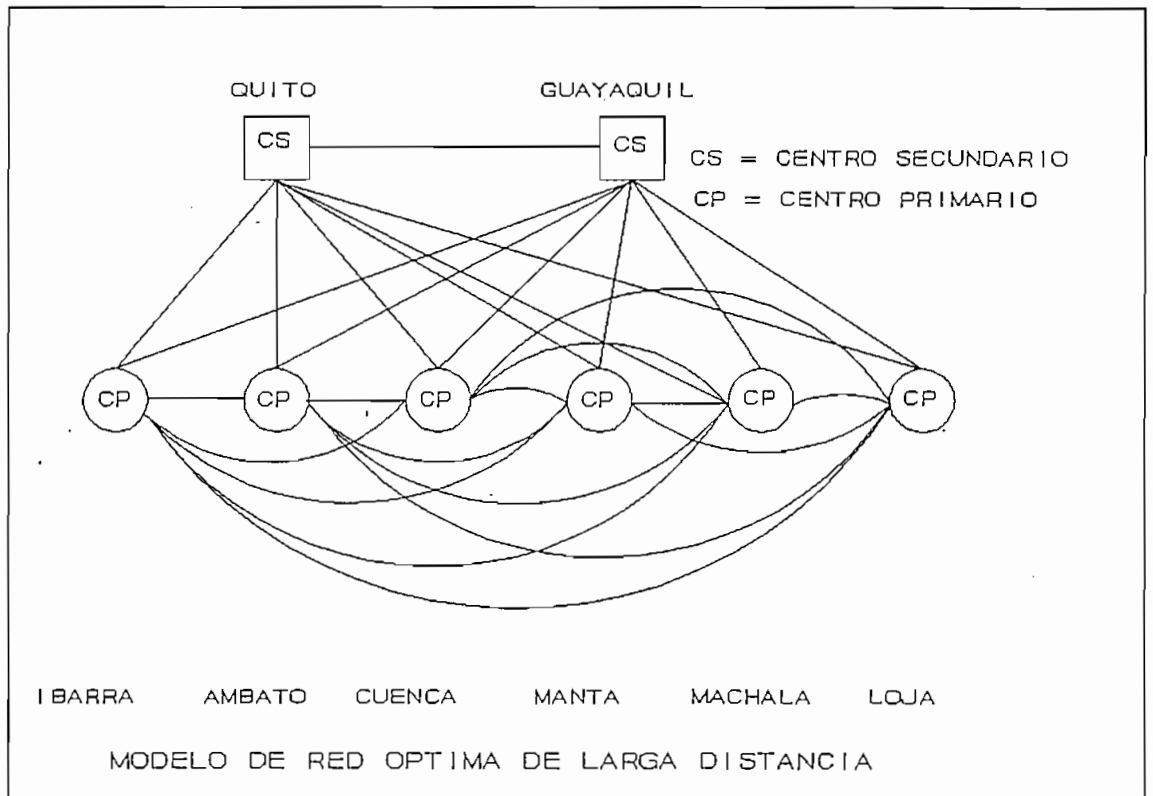


Fig. 2.3

tipo de red óptima para nuestro país como se muestra en la Fig. 2.3. Esta red permitirá tener mayor flexibilidad y confiabilidad para los sistemas de transmisión digital.

¹¹ LASSO LUIS, "Visión a largo plazo del desarrollo de la red ecuatoriana de larga distancia nacional", Quito, 1991, SPG-91-06, Pág.

Gracias a la colaboración del Departamento de Planificación de la Gerencia General del EMETEL se utilizó el "Programa de computador para dimensionar redes de larga distancia nacional con estructura jerárquica y redes locales con centrales tándem", para calcular la matriz de circuitos en base a las matrices de tráfico en [Erlangs], obtenidas en los cuadros 2.3.4.1, 2.3.4.4, 2.3.4.6 y 2.3.4.8 y de esta manera se obtiene las matrices de circuitos telefónicos para los años 2000, 2005, y 2010.

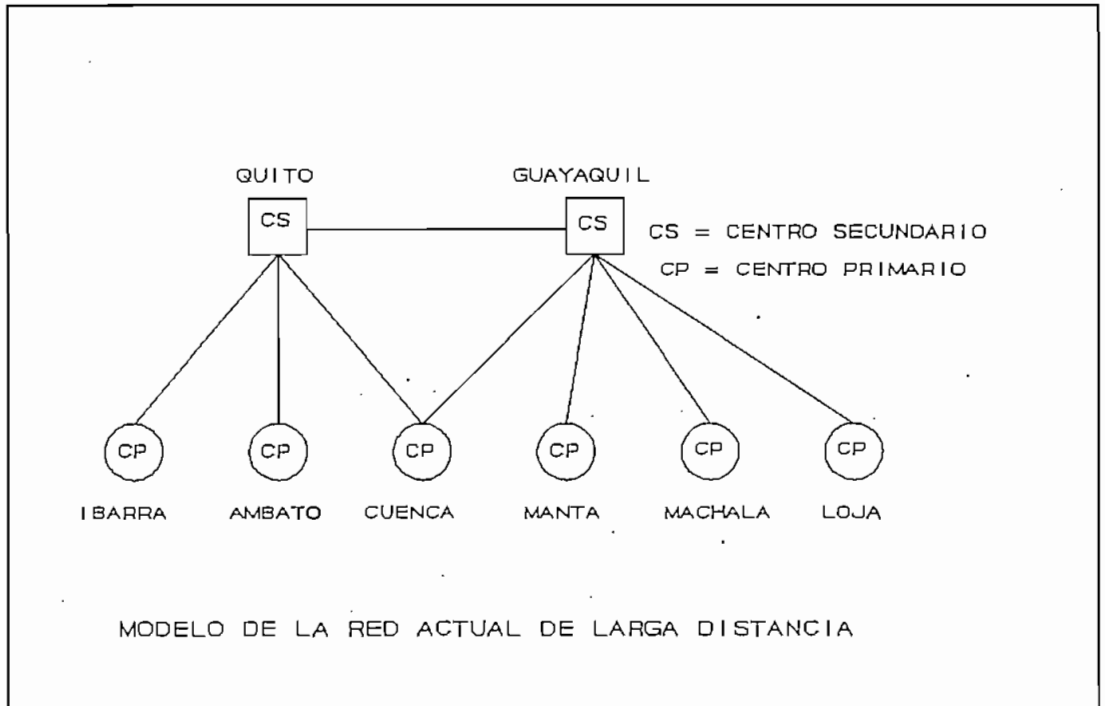


Fig. 2.4

Para los años de 1995 y 2010 se realizan el cálculo de la matriz de circuitos considerando dos modelos de topología de red: el que existe en la actualidad Fig 2.4 y el tipo de red óptima determinada por la Fig. 2.3.

Los datos necesarios para ejecutar el programa son los siguientes:

- Entrada de los datos de la matriz de tráfico en [Erlg].
- La unidad de circuitos por 30 canales (1 PCM)
- LTC (Last Trunk Capacity) corresponde al parámetro $F(n,a)$ referido al documento del CCITT manual de planificación de redes locales y es la función de mejora correspondiente al aumento de tráfico cursado por los circuitos del enlace de gran utilización cuando el número de los mismos pasa de n a $n+1$.

Valores de LTC $F(n,a)$.

RUTA DE ALTO USO	OBSERVACIONES
CP - CP = 0.6	Dentro de una misma zona secundaria
CP - CP = 0.7	Entre diferentes zonas secundarias
CP - CS = 0.7	Desde un CP hacia un CS de otra zona secundaria.

Siendo CP centro primario y CS centro secundario.

- Grado de servicio del 1 % (0.01)
- Con un factor de seguridad del 10 % para la ejecución del programa.

La determinación de la matriz de circuitos se realiza con circuitos bidireccionales considerando que las centrales de tránsito del país son digitales, por lo tanto no es necesario la utilización de circuitos unidireccionales.

Además se selecciona el tipo de red a ser evaluada de acuerdo a las Fig. 2.3 y se obtiene los resultados que se muestran en los cuadros 2.3.4.2, 2.3.4.5, 2.3.4.7 y 2.3.4.9.

Cuando se utiliza el modelo de red Fig. 2.4 para los años 1995 y 2010 los resultados se muestran en los cuadros 2.3.4.3 y 2.3.4.10.

De los resultados obtenidos en la matriz de circuitos proyectada para el año 2010 Cuadro 2.3.4.8, considerando el modelo óptimo (Fig. 2.3), determinamos un número de 19980 circuitos telefónicos necesarios entre las dos centrales de tránsito de Quito - Guayaquil (nivel primario).

De los datos obtenidos en los cuadros 2.3.4.3 y 2.3.4.10 de la matriz de circuitos para los años 1995 y 2010 (Fig. 2.4), el número de circuitos entre los dos centros secundarios Quito y Guayaquil, se obtiene un total de 7740 y 19620 circuitos telefónicos respectivamente (nivel secundario).

Por lo tanto el inconveniente de este tipo de red es un desperdicio de capacidad innecesario en centrales de tránsito secundarias, debido a que las centrales de tránsito secundarias son también centrales de tránsito primarias, ésta función la podrían realizar únicamente como centrales primarias como se muestra en el tipo de red óptima. Por lo tanto se justifica a corto plazo la implantación del modelo de red óptima.

A continuación se presenta el listado de las matrices de circuitos telefónicos y de tráfico en [Erlg].

MATRIZ DE TRAFICÓ PARA EL AÑO DE 1995

	IBARR	QUITO	AMBT	GYQUIL	MANTA	MACHA	CUENC	LOJA	TOTAL
IBARRA	-	177.8	52.9	186.7	33.9	9.7	33.9	10.9	506.0
QUITO	138.4	-	264.8	2440.3	155.0	111.1	142.5	44.6	3296.7
AMBATO	47.5	326.6	-	386.3	81.1	37.3	74.5	20.4	973.7
GYQUIL	162.7	2685.3	375.9	-	516.0	274.7	287.8	136.0	4438.4
MANTA	19.0	187.7	82.6	530.2	-	74.5	29.6	22.8	946.5
MACHAL	9.8	87.5	36.6	348.4	71.8	-	35.2	22.6	611.8
CUENCA	17.9	164.5	49.9	298.7	23.1	38.0	-	23.8	615.9
LOJA	10.4	59.7	35.0	169.3	21.6	24.9	39.4	-	360.2
TOTAL	405.6	3689.2	897.8	4359.8	902.5	570.2	642.9	281.2	11749.1

CUADRO 2.3.4.1

MATRIZ DE CIRCUITOS BIDIRECCIONALES PARA EL AÑO 1995
UTILIZANDO EL MODELO DE RED OPTIMA FIG.2.3.

	CSQTO	CSGYL	IBARR	QUITO	AMBAT	GYQUIL	MANT	MACH	CUENC	LOJA	TOTAL
CSQTO	-	60	0	0	0	0	0	0	0	0	60
CSGYL	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IBARRA	120	30	-	330	90	330	60	0	60	0	1020
QUITO	180	90	0	-	600	5100	330	180	300	90	6870
AMBATO	120	60	0	0	-	750	150	60	120	60	1320
GYQUIL	60	240	0	0	0	-	1050	630	600	300	2880
MANTA	30	150	0	0	0	0	-	150	60	30	420
MACHAL	30	120	0	0	0	0	0	-	60	60	270
CUENCA	0	120	0	0	0	0	0	0	-	60	180
LOJA	30	120	0	0	0	0	0	0	0	-	150
TOTAL	570	990	0	330	690	6180	1590	1020	1200	600	13170

CUADRO 2.3.4.2

MATRIZ DE CIRCUITOS BIDIRECCIONALES PARA EL AÑO 1995
 UTILIZANDO EL MODELO DE RED ACTUAL FIG. 2.4.

	CSQTO	CSGYL	IBARR	QUITO	AMBAT	GYQUIL	MANT	MACH	CUENC	LOJA	TOTAL
CSQTO	-	7740	0	0	0	0	0	0	0	0	7740
CSGYL	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IBARRA	960	0	-	0	0	0	0	0	0	0	960
QUITO	6990	0	0	-	0	0	0	0	0	0	6990
AMBATO	1920	0	0	0	-	0	0	0	0	0	1920
GYQUIL	0	8790	0	0	0	-	0	0	0	0	8790
MANTA	0	1890	0	0	0	0	-	0	0	0	1890
MACHAL	0	1230	0	0	0	0	0	-	0	0	1230
CUENCA	0	1290	0	0	0	0	0	0	-	0	1290
LOJA	0	690	0	0	0	0	0	0	0	-	690
TOTAL	9870	21630	0	900	1890	16200	1890	630	3090	780	31500

CUADRO 2.3.4.3

MATRIZ DE TRAFICO PARA EL AÑO 2000
 UTILIZANDO EL MODELO DE RED OPTIMA FIG. 2.3.

	IBARR	QUITO	AMBAT	GYQUIL	MANTA	MACHA	CUENC	LOJA	TOTAL
IBARRA	-	175.7	25.2	74.6	12.1	2.0	25.2	5.4	320.2
QUITO	248.0	-	467.3	3612.7	204.2	84.6	392.4	81.9	5091.1
AMBATO	14.0	478.8	-	229.0	42.8	11.4	82.1	15.0	873.0
GYQUIL	43.8	3604.7	243.2	-	249.1	76.7	290.6	91.5	4599.6
MANTA	4.3	211.9	44.9	242.0	-	17.5	25.2	12.9	558.6
MACHAL	1.4	61.5	12.4	99.0	18.2	-	18.6	8.0	219.1
CUENCA	9.2	420.3	61.5	308.5	21.2	20.2	-	30.5	871.4
LOJA	2.7	77.2	21.8	88.5	10.0	6.7	38.4	-	245.3
TOTAL	323.3	5030.2	876.3	4654.3	557.6	219.1	872.5	245.0	12778.3

CUADRO 2.3.4.4

MATRIZ DE CIRCUITOS BIDIRECCIONALES PARA EL AÑO 2000
UTILIZANDO EL MODELO DE RED MAS OPTIMA FIG. 2.3.

	CSQTO	CSGYL	IBARR	QUITO	AMBAT	GYQUIL	MANT	MACH	CUENC	LOJA	TOTAL
CSQTO	-	90	0	0	0	0	0	0	0	0	90
CSGYL	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IBARRA	90	30	-	420	30	120	0	0	30	0	720
QUITO	180	90	0	-	960	7200	420	150	810	150	9960
AMBATO	120	30	0	0	-	450	90	30	150	30	900
GYQUIL	60	210	0	0	0	-	480	180	600	180	1710
MANTA	0	150	0	0	0	0	-	30	30	30	240
MACHAL	0	90	0	0	0	0	0	-	30	0	120
CUENCA	0	150	0	0	0	0	0	0	-	60	210
LOJA	0	120	0	0	0	0	0	0	0	-	120
TOTAL	450	960	0	420	990	7770	990	390	1650	450	14070

CUADRO 2.3.4.5

MATRIZ DE TRAFICO PARA EL AÑO 2005

	IBARR	QUITO	AMBAT	GYQUIL	MANTA	MACHA	CUENC	LOJA	TOTAL
IBARRA	-	273.3	33.5	108.5	16.3	2.4	34.0	6.5	474.5
QUITO	371.2	-	644.9	5452.3	286.6	105.8	548.2	102.9	7511.9
AMBATO	18.1	667.8	-	298.7	51.9	12.3	99.2	16.3	1164.2
GYQUIL	62.3	5528.2	319.0	-	332.3	91.2	385.9	109.3	6828.2
MANTA	5.7	299.6	54.4	320.1	-	19.2	30.8	14.2	743.9
MACHAL	1.6	78.1	13.5	117.6	20.1	-	20.5	7.9	259.2
CUENCA	11.9	589.6	73.8	404.8	25.9	22.0	-	33.3	1161.3
LOJA	3.2	98.2	23.7	105.3	11.1	6.6	42.3	-	290.4
TOTAL	473.9	7534.8	1162.8	6807.4	744.1	259.4	1160.7	290.5	18433.6

CUADRO 2.3.4.6

MATRIZ DE CIRCUITOS BIDIRECCIONALES PARA EL AÑO 2005

UTILIZANDO EL MODELO DE RED OPTIMA FIG. 2.3.

	CSQTO	CSGYL	IBARR	QUITO	AMBAT	GYQUIL	MANT	MACH	CUENC	LOJA	TOTAL
CSQTO	-	60	0	0	0	0	0	0	0	0	60
CSGYL	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IBARRA	90	30	-	660	60	150	30	0	30	0	1050
QUITO	240	120	0	-	1320	10950	570	180	1140	180	14700
AMBATO	150	30	0	0	-	600	90	30	180	30	1110
GYQUIL	90	270	0	0	0	-	660	210	780	210	2220
MANTA	30	120	0	0	0	0	-	30	60	30	270
MACHAL	0	120	0	0	0	0	0	-	30	0	150
CUENCA	30	180	0	0	0	0	0	0	-	60	270
LOJA	30	120	0	0	0	0	0	0	0	-	150
TOTAL	570	1080	0	900	1890	16200	1890	630	3090	780	19980

CUADRO 2.3.4.7

MATRIZ DE TRAFICO PARA EL AÑO 2010

	IBARR	QUITO	AMBAT	GYQUIL	MANTA	MACHA	CUENC	LOJA	TOTAL
IBARRA	-	377.0	46.0	150.0	22.0	3.0	47.0	9.0	654.0
QUITO	512.0	-	890.0	7524.0	395.0	146.0	756.0	142.0	10365.0
AMBATO	25.0	922.0	-	412.0	72.0	17.0	137.0	22.0	1607.0
GYQUIL	86.0	7629.0	440.0	-	459.0	126.0	532.0	151.0	9423.0
MANTA	8.0	413.0	75.0	442.0	-	26.0	42.0	20.0	1026.0
MACHAL	2.0	108.0	19.0	162.0	28.0	-	28.0	11.0	358.0
CUENCA	16.0	814.0	102.0	559.0	36.0	30.0	-	46.0	1603.0
LOJA	4.0	136.0	33.0	145.0	15.0	9.0	58.0	-	400.0
TOTAL	653.0	10399.0	1605.0	9394.0	1027.0	357.0	1600.0	401.0	25436.0

CUADRO 2.3.4.8

MATRIZ DE CIRCUITOS BIDIRECCIONALES PARA EL AÑO 2010
UTILIZANDO EL MODELO DE RED OPTIMA FIG. 2.3.

	CSQTO	CSGYL	IBARR	QUITO	AMBAT	GYQUIL	MANT	MACH	CUENC	LOJA	TOTAL
CSQTO	-	60	0	0	0	0	0	0	0	0	60
CSGYL	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IBARRA	90	30	-	900	60	240	30	0	60	0	1410
QUITO	210	150	0	-	1830	15120	810	240	1560	270	20190
AMBATO	150	30	0	0	-	840	150	30	240	60	1500
GYQUIL	90	270	0	0	0	-	900	300	1080	300	2940
MANTA	0	150	0	0	0	0	-	60	90	30	330
MACHAL	0	90	0	0	0	0	0	-	60	30	180
CUENCA	30	180	0	0	0	0	0	0	-	90	300
LOJA	0	120	0	0	0	0	0	0	0	-	120
TOTAL	570	1080	0	900	1890	16200	1890	630	3090	780	27030

CUADRO 2.3.4.9

MATRIZ DE CIRCUITOS BIDIRECCIONALES PARA EL AÑO 2010

UTILIZANDO EL MODELO DE RED QUE EXISTE ACTUALMENTE FIG. 2.4.

	CSQTO	CSGYL	IBARR	QUITO	AMBAT	GYQUIL	MANT	MACH	CUENC	LOJA	TOTAL
CSQTO	-	19620	0	0	0	0	0	0	0	0	19620
CSGYL	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IBARRA	1350	0	-	0	0	0	0	0	0	0	1350
QUITO	20610	0	0	-	0	0	0	0	0	0	20610
AMBATO	3240	0	0	0	-	0	0	0	0	0	3240
GYQUIL	0	18690	0	0	0	-	0	0	0	0	18690
MANTA	0	2100	0	0	0	0	-	0	0	0	2100
MACHAL	0	750	0	0	0	0	0	-	0	0	750
CUENCA	0	3240	0	0	0	0	0	0	-	0	3240
LOJA	0	840	0	0	0	0	0	0	0	-	840
TOTAL	25200	45240	0	0	0	0	0	0	0	0	70440

CUADRO 2.3.4.10

2.3.5 Determinación del número de circuitos por centrales de tránsito:

En el cuadro 2.3.5.1 se presenta el número de circuitos necesarios en cada una de las centrales de tránsito nacional para el año 2010 considerando la topología de red óptima determinada.

CENTRALES DE TRANSITO NACIONAL	NUMERO DE CIRCUITOS AL AÑO 2010
CENTRO SECUNDARIO QUITO (CSQTO)	570
CENTRO SECUNDARIO GUAYAQUIL (CSGYL)	1080
IBARRA (CP)	1410
QUITO (CP)	21090
AMBATO (CP)	3390
GUAYAQUIL (CP)	19140
MANTA (CP)	2220
MACHALA (CP)	810
CUENCA (CP)	3390
LOJA (CP)	900

CUADRO 2.3.5.1

NOTA: CP se denomina a los centrales de tránsito primarias.

Según los resultados indicados en el cuadro 2.3.5.1, todas las centrales primarias a excepción de Quito y Guayaquil requieren hasta el año 2010 menos de 10000 circuitos telefónicos por lo que se considera que no habrá necesidad de instalar nuevos centros primarios.

En el caso de Quito y Guayaquil se justifica a corto plazo la instalación de nuevas centrales de tránsito primarias, que según el tipo de red recomendada, ambos centros (primarios y secundarios) rebasan desde 1995 los

10000 circuitos. Esta cantidad es un valor razonable para pensar en "las nuevas centrales" primarias que permitan aumentar la confiabilidad y seguridad de la red. En el caso de los centros secundarios se mantienen ya que el número de circuitos es reducido y no se requerirá centrales secundarias independientes sino que se mantendrán las centrales de tránsito existentes como mixtas con funciones de centrales secundarias y primarias como en la Fig. 2.3.

2.3.6 Selección del equipo terminal de línea.

El número de circuitos calculados al año 2010 permite determinar la configuración del sistema y la capacidad del equipo terminal de línea que será necesario para la implantación del enlace por fibra óptica, según el tipo de red óptima se determina también el equipo terminal de línea óptimo.

El número total de circuitos requeridos entre éstas dos centrales de tránsito es de 19980. Para ésta capacidad se debe utilizar la menor cantidad posible de equipo terminal de línea y de fibras ópticas, partiendo de éstos argumentos se determina el equipo terminal de línea.

Para un terminal de línea de 140 Mbit/s (G.956) con capacidad de 1920 canales telefónicos se requiere $(19980/1920 = 10.4)$, 11 terminales de línea por lo tanto se requiere de 22 fibras ópticas de las cuales 11 son para transmisión y las restantes para recepción, esto hace que los costos tanto del equipo como también el de las fibras ópticas aumenta considerablemente, además es necesario un canal adicional de protección para conmutación en una configuración $(N+1)$. Por lo tanto la configuración del sistema sería $(11 + 1)$, esto originaría un sistema con un número mínimo de 24 fibras.

Este equipo terminal de línea se descarta puesto que

se tendría una sala llena de equipos ópticos y será necesario un cable de más de 24 fibras ópticas para la implantación del sistema.

La otra alternativa es utilizar un equipo terminal de línea óptico de 565 Mbit/s ó 4×140 Mbit/s ($4 \times 1920 = 7680$ circuitos telefónicos), esta configuración disminuye la cantidad de equipo terminal de línea óptico a ser utilizado, puesto que se requiere de 19980 circuitos ($19980/7680 = 2.6$), es necesario la utilización de únicamente 3 terminales de línea ópticos (3 haces principales) con una gran capacidad de reserva adicional para cursar el tráfico rural, obteniéndose así una configuración (3 + 0). Para mejorar la calidad del sistema se requiere una configuración de (3 + 1), por lo tanto se requiere de 8 fibras ópticas para el enlace (utilizándose 4 fibras para Tx y 4 para Rx). La configuración (n + 1) corresponde a un equipo redundante para proteger a los haces principales en caso de falla de los equipos.

La configuración del sistema entre las ciudades de Quito - Guayaquil de acuerdo a la Recomendación G.956 del CCITT que describe las características que deben cumplir el equipo terminal de línea a ser implantado es de tres haces principales (3 + 1), es decir tres equipos terminales de línea por estación repetidora. Adicionalmente el sistema debe contener una unidad de conmutación automática de banda base para proteger a los tres haces principales en caso de que se produzca falla a nivel del equipo terminal de línea.

Analizando los costos del equipo terminal de línea tanto el de 140 Mbit/s como el de 565 Mbit/s existe una diferencia aproximada del 20 % entre los dos terminales de línea, por lo tanto el equipo terminal de línea que mejor se adapta a las condiciones de nuestro diseño es el de 565 Mbit/s.

El tipo de conmutación utilizada es del tipo directa

cuidando de compensar el retardo estático producto de las distintas longitudes de los conductores. Además la unidad de conmutación de banda base es a nivel de 140 Mbit/s, para los 4 tributarios de la señal compuesta de 565 Mbit/s.

Dependiendo de los costos del equipo terminal de línea de 2.5 Gbit/s y de las recomendaciones del CCITT para éstos equipos (Libro Blanco), a corto plazo se podría pensar en utilizar una configuración (1 + 1), utilizando cuatro fibras por las cuales se puede cursar mayor tráfico entre éstas dos ciudades (este equipo terminal de línea no está normalizado en el CCITT libro azul, asumiendo que se encuentra en estudio.

2.4 ANALISIS DE LAS RUTAS ALTERNATIVAS

Para el desarrollo del presente proyecto se toma en consideración la infraestructura existente en el país, Para luego realizar una comparación técnico-económica entre los sistemas de radio digital y el sistema óptico. En primera instancia se determina el medio y la infraestructura que deberá ser utilizada para la instalación del cable óptico. Puesto que los costos del cable óptico y los de instalación varían en función de la infraestructura sobre la cual se instalará el sistema óptico:

Infraestructura existente.

Entre los diferentes tipos de infraestructura existentes en nuestro país, se escoge aquellos que se consideran mas apropiados que permitan proteger a los cables ópticos a ser instalados y que ofrezcan mayor seguridad para el funcionamiento del sistema ver la Fig. 2.4.1.

Se presenta un breve análisis de las diversas infraestructuras existentes en el país tales como: líneas de alta tensión, oleoductos, poliductos, línea del tren,

carreteras, etc. que en el momento de la redacción de este informe se encuentran en estudio. Estas longitudes de los conductores de fibra óptica se refieren a la longitud de los cables de fibra óptica que se instalarían en el sistema.

Sistema Nacional Interconectado

El sistema nacional interconectado perteneciente a INECEL, en nuestro país atraviesa por todas las capitales provinciales a excepción de Galápagos y el Oriente con líneas de transmisión de 230 Kv y 138 Kv.

Puesto que se tiene un anillo cerrado del sistema nacional interconectado entre las ciudades de Quito y Guayaquil, es conveniente cerrar un anillo por fibra óptica entre éstas dos ciudades y desarrollar un verdadero sistema de comunicaciones de larga distancia nacional bien protegido y con alta factor de seguridad.

Oleoductos y Poliductos..

En nuestro país tenemos el oleoducto perteneciente a PETROECUADOR, que viene del Oriente y va hacia la refinería de Esmeraldas pasando por Quito y Santo Domingo. El tramo que nos interesa es Quito - Santo Domingo con una longitud de 85 Km, además se tiene toda una infraestructura en Poliductos como son:

- 1.- El poliducto que pertenece a Petrocomercial quizá uno de los mas recientes, con el siguiente recorrido: **Santo Domingo - Quevedo - Pascuales - Guayaquil** con una longitud de 250 Km. Es por éste sistemas por donde se puede instalar el cable de fibras ópticas enterrado paralelo a la tubería, considerando que éstas instalaciones tienen carreteras de acceso para la supervisión, instalación y el mantenimiento posterior del sistema. Además se encuentra protegido especialmente de labores agrícolas que pueden destruir el cable.

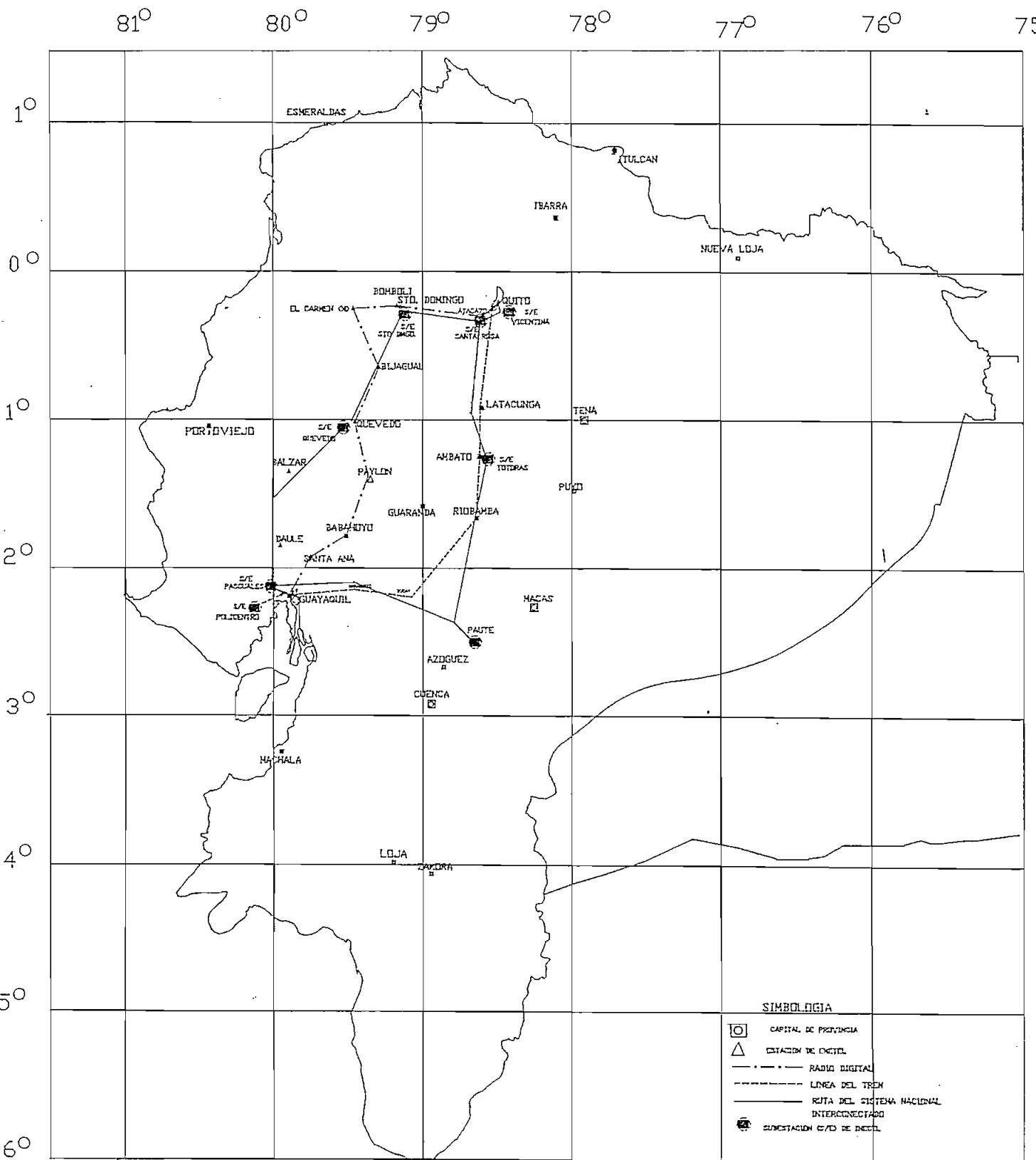


FIG. 2.4.1 RUTAS ALTERNATIVAS PARA EL ENLACE OPTICO

2.- La otra alternativa es el Poliducto Quito - Ambato - Riobamba - Guayaquil, paralelo a la línea férrea con una longitud de 440 Km perteneciente a la Empresa de Ferrocarriles del Ecuador. El mismo que se encuentra funcionando parcialmente por tramos, ésta tubería se encuentra muy deteriorada por lo que el tramo Riobamba - Guayaquil se encuentra sin uso.

El tramo Riobamba - Guayaquil debe ser considerado en el caso que EMETEL lo adquiriera a la Empresa de ferrocarriles en calidad de chatarra con el propósito de enviar por ésta tubería el cable de fibra óptica, que abarataría el costo de instalación con un buen factor de seguridad.

Línea Férrea.

En el país tenemos la línea férrea perteneciente a la empresa de ferrocarriles del Ecuador, que une las ciudades de Quito y Guayaquil atravesando el centro del país. Con una distancia de 446.3 Km. como se la describe mas adelante.

La línea férrea tiene la desventaja de ser muy antigua, y en caso de modernización de la empresa de ferrocarriles ésta será modificada.

Carreteras.

Por medio de las carreteras podemos comunicarnos con todas las ciudades y poblaciones dentro del país, las cuales dependen de las condiciones de operación, mantenimiento y control a que están sometidas. Muchos de sus tramos no son apropiados o no están en condiciones de permitir implantaciones de cables ópticos enterrados debido a la topografía del terreno y condiciones climáticas, en el caso

de cable aéreo normalmente existen líneas de baja tensión paralelas a las carreteras pero el factor de seguridad es muy bajo.

Para interconectar las dos principales ciudades del país por carreteras se tiene varias vías de acceso. Existen carreteras que atraviesan la cordillera de los Andes con diferentes recorridos hasta interconectarse con la ciudad de Guayaquil, y se tiene dos rutas principales con los siguientes recorridos:

- 1.- La ruta Quito - Santo Domingo - Babahoyo - Guayaquil con una distancia de 325 Km.
- 2.- El recorrido Quito - Ambato - Riobamba - Guayaquil con una distancia de 423 Km.

En el caso de instalar cables ópticos acompañando a las carreteras, existen algunos factores que deben ser estudiados con mucho cuidado, como por ejemplo: problemas de erosión, inundaciones, derrumbes, y mantenimiento. Este tipo de instalación se puede hacer únicamente donde se tiene carreteras bien mantenidas y controladas que permitan una viabilidad para la implantación de cables ópticos.

Análisis de las rutas alternativas.

En el desarrollo del presente proyecto se tiene varias alternativas de solución como se describió anteriormente, pero en este caso vamos a considerar tres rutas alternativas para la estructuración del enlace entre las ciudades de Quito - Guayaquil, considerando que deben ser las rutas que presenten mayor seguridad para la instalación, y con carreteras de acceso que faciliten el mantenimiento del sistema óptico a implantarse. Estas rutas son:

- 1.- Por el sistema nacional interconectado de INECEL reemplazando al hilo de guardia con un cable de fibras

ópticas- "Composite Overhead Optical Ground Wire
"(OPT- GW).

- 2.- Instalación aérea paralela al hilo de guardia por el sistema nacional interconectado de INECEL, utilizando una fibra de material completamente dieléctrico " ADSS CABLE".
- 3.- Instalación enterrada paralela a la línea férrea desde Quito hacia Guayaquil por la ruta existente y con una distancia de 449.3 Km.

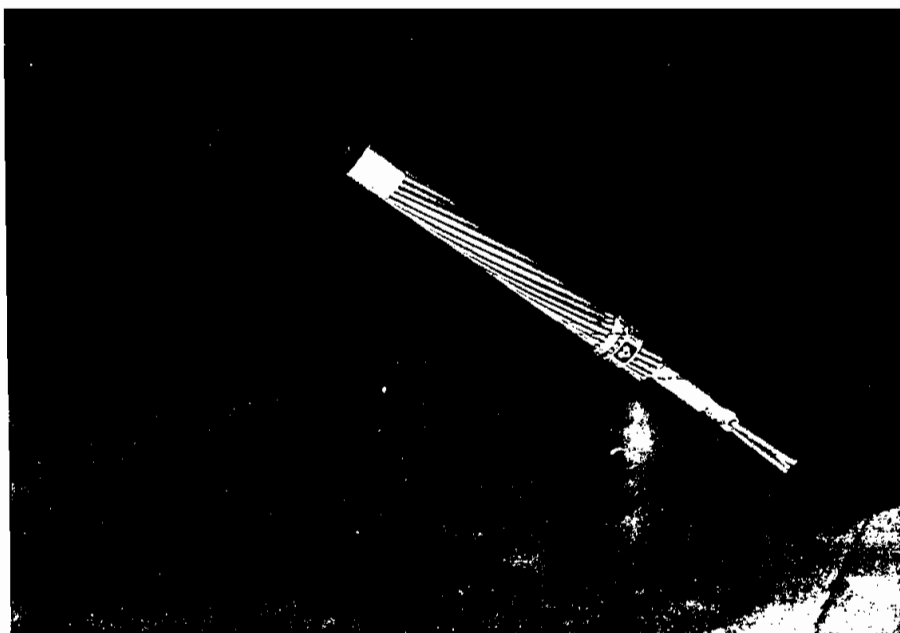
2.4.1 ANALISIS DE LA RUTA POR EL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO REEMPLAZANDO EL HILO DE GUARDIA

La instalación utilizando los sistemas de alta tensión es normalmente proyectado con una confiabilidad muy superior a todos los sistemas de telecomunicaciones; difícilmente una línea de alta tensión o torre se destruye o se cae, sin embargo una caída no implica una ruptura del cable; en caso de que exista una ruptura del cable, la reparación para la reposición de la comunicación es un procedimiento simple y rápido, el mismo que presenta el sistema eléctrico hasta su recuperación.

La seguridad de este medio en cuanto a la posibilidad de destrucción es alta, puesto que el acceso a un medio energizado de alta tensión es peligroso y difícil, esto debe ser hecho por personal altamente calificado.

La instalación puede ser facilitada si una línea de energía estubiere en proceso de instalación, o para una ruta con línea duplicada. De no ser así, debe hacerse una programación previa de desactivación de la línea con INECEL, para sustituir el cable de guardia existente, por un cable de guardia con fibras ópticas (OPT-GW). Es posible también hacer la instalación de OPT-GW con línea energizada pero con costos más elevados.

La instalación por el sistema nacional interconectado reemplazando el hilo de guardia de la línea de transmisión a 230 KV de un sistema a doble circuito que enlaza las ciudades de Quito - Guayaquil, con un conductor similar al instalado por el INECEL pero con la particularidad de que en su interior tiene un núcleo con fibras ópticas, que es el cable "COMPOSITE OVERHEAD OPTICAL GROUND WIRE" (OPT-GW). Ver la fotografía cortesía de Alcoa Fujikura.



La instalación del hilo de guardia se lo realiza en la parte mas alta del mástil, en la Sierra se reemplazará a uno de los dos cables de guardia, mientras que en la Costa existe solamente un hilo de guardia el mismo que será reemplazado por el cable OPT-GW.

Para reemplazar al hilo de guardia no es necesario tender un cable portante, ya que ésta función la va a realizar el hilo de guardia anterior (de encontrarse en buenas condiciones). Otra característica principal es que los accesorios de instalación anteriores pueden ser utilizados debido a que el hilo de guardia nuevo presenta similares

características, como son:

- Diámetro del cable
- Ubicación en el mástil
- Peso por unidad de longitud, etc.

La instalación del hilo de guardia se lo puede hacer con líneas desenergizadas o energizadas (línea caliente), dependiendo del tipo de convenio que se realice entre INECEL y EMETEL.

Si es necesario realizar la sustitución del hilo de guardia con línea energizada ésta aumentaría los costos en un 30 % con respecto a la instalación con línea desenergizada, y disminuirá la velocidad de instalación a 1 ó 2 Km por día. Si se trabaja con línea desenergizada la velocidad de instalación sería de 5 a 10 Km por día y además los costos de instalación son bajos, como también disminuye el factor de riesgo del personal de la empresa encargada de la instalación.

Principales características del cable de 12 fibras ópticas OPT-GW, para reemplazar al hilo de guardia.

El conductor que se utiliza es de características similares al cable de guardia que existe actualmente. El cable OPT-GW utilizado para nuestro estudio es de la empresa norteamericana "Alcoa Fujikura Ltda.", siendo el cable que mejor se adapta a las condiciones del proyecto.

Debido que la mayoría de las empresas fabricantes no tienen una variedad de cables OPT-GW que tenga similares características al cable de guardia que existe actualmente que es la meta de reemplazarlo por uno de similares características.

Sección nominal del OPT-GW (mm ²)	57 / 465
Carga de ruptura calculada (Kg)	7380
Cálculo del área (mm ²)	
Alambre de acero cubierto de aluminio	0.581
Tubo de aluminio	0.210
Peso aproximado (Kg / Km)	455
Módulo de Elasticidad (Ksi)	18590
Coefficiente de expansión lineal (1 / °C)	14.2
Tasa de cortocircuito [(KA) ² .Sec]	35
Máxima temperatura del conductor (180 °C)	180

CUADRO 2.4.1

2.4.2 ANALISIS DE LA RUTA POR EL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO CON UN CABLE DE FIBRA OPTICA COMPLETAMENTE DIELECTRICO

La instalación de un cable de fibras ópticas completamente dieléctrico, se lo realiza en la parte mas baja del último cable de fase que se encuentra en el mástil de una línea de alta tensión. También se lo utiliza para instalaciones en postes de baja tensión (a menor altura), a diferencia del OPT-GW que reemplaza al hilo de guardia que se ubica en la parte mas alta del mástil.

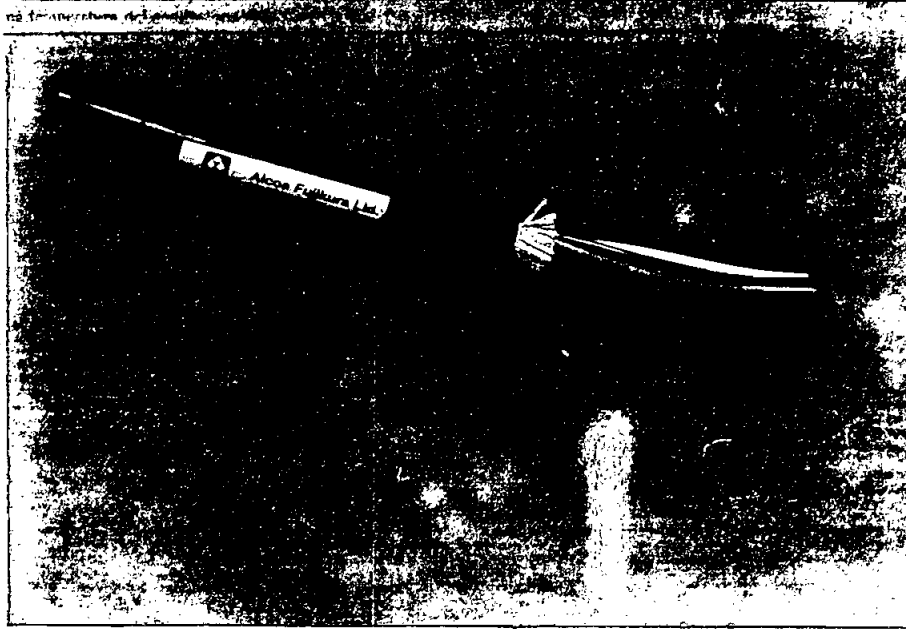
Por su ubicación en el mástil es considerando como un sistema no muy seguro, por su estructura misma estaría expuesto a actos de vandalismo si se instala en la parte media de las estructuras. En la fotografía # 2 se muestra un cable completamente dieléctrico cortesía de Alcoa Fujikura.

En las líneas de alta tensión se tiene la presencia de voltaje inducido. Dependiendo éste voltaje se determina el material de recubrimiento del cable óptico.

Para la instalación al igual que en el caso anterior se puede trabajar con línea desenergizada ó en línea caliente, pero con menos riesgo de instalación porque no

presenta el efecto de inducción de la alta tensión en el cable, puesto que es un cable completamente dieléctrico.

En el proceso de instalación de éste cable primeramente se debe tender el cable portante, que es un cable trenzado de acero altamente resistente el cual es sujetado a los mástiles con tornillos de tensión y abrazaderas.



El problema que surge para la instalación de éste cable de fibras ópticas, es que se utiliza para vanos mas cortos que los existentes en el sistema nacional interconectado, por lo que será necesario postería adicional, debido a que la distancia máxima por vano es de 300 m y el sistema nacional interconectado la mayoría de vanos son mayores a 400 m, lo que produciría un incremento de los costos de instalación.

Otro inconveniente que surge en éste tipo de cable, es que el sistema nacional interconectado que atraviesa por la costa en sectores agrícolas donde se cultiva especialmente la caña de azúcar después de finalizada la producción se procede a incendiar los desperdicios, el cual produciría un deterioro del recubrimiento del cable que atraviesa por esa zona; éste

efecto produce a largo plazo la destrucción de las fibras.

Una ventaja de éste cable de fibra óptica es su peso de aproximadamente 100 Kg/Km; lo que facilita la instalación. Luego de tendido el cable portante, no necesita de mayores cuidados de aterrizarlo para los trabajos con línea caliente (líneas a 230 KV).

Además se debe tener reserva de éste tipo de cable para mantenimiento, en caso que se suscite algún acto terrorista o vandálico especialmente cuando se destruyen mástiles y como consecuencia de esto se rompe el cable de fibras ópticas y es necesario empalmarlo.

Este cable de fibras ópticas puede ser utilizado para el ingreso a las ciudades en la postiería de baja tensión (6,3 Kv) con buenos resultados, y bajos costos de instalación. Principalmente por que se tiene un convenio entre EMETEL y las empresas eléctricas del país para utilizar la postiería de baja tensión.

Los costos de éste tipo de cable son más bajos con respecto al cable OPT-GW, porque utilizan materiales completamente dieléctricos lo que permite reducir los costos en un 200 % tanto de la fibra como de los accesorios de instalación.

Características del cable de 12 fibras completamente dieléctrico de Alcoa Fijikura.

Diámetro del tubo buffer (mm)	2.7
Cubierta de pared (mm)	1.4
Diámetro del cable (mm)	10.8
Peso del cable (Kg/Km)	116
Carga de instalación (N)	2700
Longitud terminal instalada (N)	600
Temperatura de operación °C	- 40 a + 65
Radio de curvatura mínimo (cm)	
Durante la instalación.	24
Longitud terminal instalado	12

CUADRO 2.4.2

Determinación de la ruta por el Sistema Nacional Interconectado.

Analizando la ruta Quito - Guayaquil por el sistema nacional interconectado, se determina que debe ser una ruta mixta con instalación aérea e instalación enterrada por ductos existentes o ductos nuevos en tramos pequeños, especialmente en las entradas y salidas de las ciudades que forman parte del sistema troncal con derivaciones de banda base en las estaciones terminales y regeneradoras.

El trayecto a seguirse del sistema nacional interconectado es considerando las subestaciones de INECEL con el siguiente recorrido:

- 1.- La primera ruta alternativa es: **Vicentina- Santa Rosa (Quito) - Santo Domingo - Quevedo - Pascuales - Policentro (Guayaquil)** con una distancia de 370 Km, paralela por tramos al sistema de Radio Digital.

- 2.- La otra ruta alternativa es: **Vicentina (Quito) - Santa Rosa - Totoras - Paute - Pascuales - Policentro (Guayaquil)**, con una longitud de 547 Km, que cerraría un anillo con el sistema de Radio Digital que en Diciembre de 1992 entró en funcionamiento.

La segunda alternativa tiene la ventaja de que pasa por el centro del país interconectando la central de tránsito Ambato para formar un anillo con las centrales de tránsito de Quito y Guayaquil, adicionalmente se integrarían las ciudades

de Latacunga y Riobamba así como también todo el sector rural del centro del país al sistema de fibra óptica.

La principal desventaja de ésta ruta es el factor económico, puesto que existe una diferencia entre éstas las dos alternativas de 177 Km de cable de fibra óptica. Esta diferencia puede ser disminuida en unos 80 Km si se interconectan los tramos Totoras - Paute y Paute - Pascuales a una distancia de 40 Km desde Paute, donde se separan las líneas que salen de Paute como se muestra en la Fig. 2.4.1. Gran parte del recorrido de esta ruta es por sectores montañosos que poco beneficio prestaría al país, especialmente el tramo Riobamba - Guayaquil que atraviesa por poblaciones pequeñas y terreno muy accidentado.

La segunda alternativa se la presenta como alternativa mixta que EMETEL la debe considerar: por el sistema nacional interconectado el tramo Vicentina - Alausí y por el poliducto de la empresa de ferrocarriles el tramo Alausí - Durán instalando el cable de fibras ópticas por la tubería del poliducto.

El presente estudio se centra en la primera ruta alternativa, considerando que esta es la mejor opción, especialmente en la determinación de la factibilidad de los sistemas ópticos frente a los sistemas de Radio Digital puesto que es la ruta mas corta para interconectar estas dos ciudades.

A continuación se describe las características básicas para la instalación del cable de fibras ópticas.

2.4.2.1 INSTALACION EN CONDUCTOS Y CANALIZACIONES.

Este tipo de instalaciones es el mas utilizado para distancias cortas especialmente dentro de las ciudades ya que resulta ser muy costoso comparado con los otros métodos de

instalación. El cable propuesto para éste tipo de instalación es un cable completamente dieléctrico con recubrimiento de copolímero(material altamente resistente), liviano y además de bajos costos.

Todos los métodos de instalación permiten hacer uso de herramientas convencionales, por lo tanto se debe tomar en cuenta que nunca deberá excederse la carga máxima del cable debido al peligro de rotura de las fibras ópticas, en la instalación es necesario grandes longitudes de tendido para reducir al mínimo el número de empalmes, en éste proyecto se utiliza una longitud máxima de 6 Km de la longitud del cable por carrete.

Como la fibra óptica es de reducido tamaño y peso, aproximadamente 120 Kg/Km, permite el tendido de hasta 6 Km de cable haciendo uso de los métodos convencionales, esta distancia se reduce cuando la canalización está en mal estado, tiene excesivas curvaturas o existen muchos cambios de dirección en las cámaras. Los conductos pueden mejorarse con la colocación de subconductos, que incrementa la eficiencia en el uso de la infraestructura existente, permitiendo instalar mas de un cable por ducto, además introduce una superficie de alta calidad, limpia y continua.

Para facilitar la instalación del cable el tendido puede realizarse con la ayuda de lubricantes que disminuyen el rozamiento entre el cable y el conducto. Los lubricantes mas utilizados son: Vaselina líquida al 1% de disulfuro de molibdeno, microbolitas de nylon de 0.2 a 0.6 mm mezcladas con parafina, grasas parafinadas, betonita y glicol etileno, etc.

Fundamentalmente el tendido se realiza a mano aunque se han diseñado máquinas neumáticas controladas por microprocesador para ayudar a la instalación del cable.

2.4.1.2. INSTALACION DE CABLES AEREOS

La instalación de cables aéreos ópticos difiere de los cables multipar ya que éstos están diseñados para una elongación máxima permisible. Además del proceso de instalación afecta la resistencia al viento, la nieve y a cambios de temperatura.

El cable aéreo puede tener un soporte separado colocado previamente y engrampado, también puede ser del tipo autoportado.

Es aconsejable colocar los cables con fibras ópticas en la posición mas alta del poste ya que soportará la posterior instalación de otros cables. Los postes deben estar arriostrados para minimizar el movimiento del cable y evitar desplazamientos.

Los cables aéreos con fibras ópticas pueden ser utilizados en las instalaciones de energía eléctrica para colocar cables de comunicaciones en las líneas de distribución o de transporte de energía, y como reemplazo del hilo de guardia que es el caso de nuestro proyecto. En todos los casos se utiliza la ventaja que presenta la fibra óptica al no recibir interferencia de inducciones electromagnéticas.

Para la instalación del OPT-GW en sustitución del hilo de guardia existente se utilizaría una longitud máxima de 6 Km del cable por carrete. En el ANEXO 3 se indica las principales recomendaciones dadas por el fabricante de los cables OPT-GW.

Los empalmes se realizan en la parte baja a una altura de 5 a 8 metros del piso de la estructura, dejando un cierto margen de reserva, para mantenimiento posterior de los sistemas. La longitud del cable de fibras ópticas en el carrete se fabrican sobre medida para que todos los empalmes

se realicen en las estructuras de las líneas de alta tensión con una longitud establecida por la distancia entre vanos.

2.4.3 INSTALACION PARALELA A LA LINEA FERREA

Se considera el recorrido de la línea férrea como una buena alternativa ya que en su trayecto atraviesa por las ciudades del centro del país y estas ciudades se integrarían a la ruta troncal que une las ciudades de Quito - Guayaquil. Además es importante considerar que es una ruta poco congestionada por el tráfico existente.

Los sistemas por cable enterrado fueron los primeros que se instalaron considerándolos como sistemas con mayor seguridad. Pero en el país se tiene una topografía del terreno muy irregular para realizar éste tipo de instalación, ya que se debe atravesar la cordillera de los Andes para enlazar a éstas dos ciudades.

Si se pretende llevar adelante éste tipo de instalación primero se debe realizar un estudio completo del terreno, para ello se requiere de personal especializado dentro de éste campo, así como también realizar las obras civiles necesarias que el proyecto requiere. Para éste proyecto es necesario considerar que las zonas rocosas aumenta considerablemente los costos y el tiempo.

Debido a la topografía del terreno y la gran cantidad de cruces de carreteras, ciudades y poblaciones cuadro 2.4.3.1, determina que éste tipo de instalación sea mucho más costosa que las otras alternativas.

La línea férrea es una ruta muy antigua, lo que representa una desventaja en ésta alternativa. En caso de modernización de la empresa de los ferrocarriles, esta ruta deberá ser modificada y se tendría problemas futuros debido a que ciertos tramos de la ruta serían modificados quedando

desprotegido de cualquier actividad adicional que se realice.

El principal método de instalación se lo realiza empleando el arado vibratorio, y la instalación por ductos en cruces de carreteras y poblaciones.

Este tipo de instalación es mucho mas costoso comparada con la instalación que reemplaza al hilo de guardia del sistema nacional interconectado, especialmente por la cantidad de ductos y gran parte del trayecto que son zonas rocosas donde se debe perforar la roca.

Los costos de instalación por cable enterrado varía según las características del terreno entre 3,5 y 20 US \$/m, como se indica en los cuadros de análisis de costos del capítulo III, a diferencia del OPT-GW que el costo de instalación es menor a US \$ 3/m.

En el cuadro 2.4.3.1 se indica un listado de las estaciones existentes en el recorrido del tren que une las ciudades de Quito - Guayaquil.

Estaciones del Tren y Recorrido

ESTACION	DISTANCIA (Km)	ESTACION	DISTANCIA (Km)
Guayaquil (Alfaro en Duran)	0,00	Zig Zag alto	132,70
Cruce carretera	7,20	Caída	138,20
Casiguala	11,60	Oleoducto	141,80
Yaguachi	21,20	Alausí	142,50
La Carmela	23,90	Shucos	149,70
San Alejo	25,70	Tixan	152,40
Trinidad	26,60	Carolina	154,30
Chobo	29,50	Pomachaca	159,10
Valdez	33,40	Palmitra	165,90
Milagro	34,40	Vélez	171,70
Libertad	35,00	Chipo	176,20
La Unión	35,20	Guamote	181,30

San Miguel	35,80	Columbe	187,10
San Carlos	48,60	Cruce carretera	188,80
Naranjito	50,50	Mancheco	193,90
Desv. Guerra	51,00	Yaviré	200,30
Norton	55,90	Colta Estación	205,40
Supaypungo	56,60	Colta Desv. Balban	206,80
Saldos	58,00	Cajabamba	211,80
San Vicente	58,50	San Juan	217,50
San Antonio	59,90	Chimborazo	218,50
Puerto Limón	60,80	Las piedras	220,30
Aguirre	61,50	Victoria	221,10
Rocafuerte	65,30	Licán	224,80
Parodi	67,20	Riobamba	230,30
Desv. Marlene	70,40	Luisa	244,30
Victoria	70,70	Siberia	252,20
Lastre	71,70	Canalón Agua	260,20
Paquita estación	72,20	Yanayacu	268,50
Núñez	74,50	Mochopata	271,50
San Pedro	75,60	Mocha	275,40
San Rafael	76,10	Las Lajas	280,20
Martínez	77,30	La Paz	283,20
Lolita	81,50	Cevallos	287,20
Adelina	83,00	Montalvo	291,40
Teresita	84,60	Huachi	294,70
Las Cañas	86,00	Ambato	304,70
Bucay	87,40	Península	309,70
Marina	88,20	Puerto Arturo	316,70
Cattani	88,90	Panzaleo	331,40
La Elvira	89,60	Salcedo	335,30
San Juan Alto	91,00	Latacunga	348,70
Ventura	93,70	Maltería	349,50
San José	95,80	Calera	351,50
Chilicay	96,80	Guaytacama	360,20
Manuelita	97,00	Heda, La Avelina	363,10
Dos puentes	99,00	Ilesa	368,50
Naranjapata	99,60	Lasso	368,80
Ochoa	104,70	Chasqui	374,00
Industrial	104,80	Cotopaxí	387,80
Dv. Kilo	105,00	Chaupi	394,90
Olimpo	106,80	Chisínche	398,80

Canalón Agua	110.80	Machachi	406.60
Guanábana	112.00	Aloag	412.90
Huígra	116.10	Hcda. EL Rosario	417.50
Chanchan	121.60	Tambillo	422.70
Susnia	125.00	Santa Rosa	431.30
Bolíche	126.70	Eteco	441.10
Sibambe	130.60	Anglo	443.10
Zig Zag bajo	131.40	San Bartolo	443.10
		Chimbacalle	446.30

CUADRO 2.4.3.1

Por lo descrito anteriormente y considerando la distancia total del recorrido del tren es de 446.3 Km a lo que se añadiría el trayecto Chimbacalle - Quito Centro y además Alfaro - Guayaquil (Portadora) y multiplicado por un factor del 3 % adicional para empalmes y un margen de reserva, esto da un total de 470 Km de cable a instalar.

Esta alternativa encarecería completamente el sistema por cuanto el costo de instalación es elevado en comparación con el sistema aéreo.

2.4.2.2 Determinación de la ruta alternativa.

Las observaciones realizadas anteriormente fueron hechas con la finalidad de determinar la tecnología, capacidad, dimensión de los costos y configuración del sistema interurbano del país. Considerando las ventajas de la implementación de nuevos servicios, modernización y flexibilidad de el sistema, optimización de recursos y medios, en torno a estrategias de crecimiento y digitalización, como también de un buen factor de seguridad.

Después de haber analizado las tres alternativas presentadas en éste proyecto, se escoge y se sugiere la primera para la implantación del primer sistema óptico interurbano. Utilizando la infraestructura de las líneas de

alta tensión del INECEL reemplazando el hilo de guardia por un cable "Optical Ground Wire" OPT-GW.

2.5 CALCULO DEL ENLACE CONSIDERANDO EL EQUIPO TERMINAL DE LINEA Y LA FIBRA OPTICA.

El cálculo del enlace por fibras ópticas resulta ser bastante simple, pero requiere del correcto análisis de cada componente, fundamentalmente de aquellos que están en el límite de operación.

Para apreciar y conocer mejor a estos elementos se realiza un análisis de cada parámetro del sistema, el cual se lo ha dividido en dos partes: el cable óptico y el equipo terminal de línea.

2.5.1 CARACTERISTICAS DE LOS CABLES DE FIBRAS OPTICAS

En el cálculo del enlace de un sistema de comunicación por fibra óptica es necesario determinar el tipo de fibra óptica que se va a utilizar de acuerdo a las características y condiciones de diseño del enlace.

Para la implantación del enlace interurbano por fibra óptica se debe considerar la fibra que presente las mejores características tales como: baja atenuación y mayor ancho de banda por tramo.

Para esto se utiliza las recomendaciones G.652 y G.653 del CCITT aplicable para este tipo de enlaces, con fibras ópticas monomodo que trabajan en la II y III ventana.

El enlace se lo realiza con un sistema de alta capacidad para ello se considera la mejor alternativa que al momento existe para la transmisión de gran cantidad de información y por tanto mayor distancia entre regeneradores, esto se consigue utilizando una fibra óptica monomodo de

índice desplazado que trabaja en la tercera ventana (1550 nm \pm 25 nm) según la Recomendación G.653 del CCITT.

La fibra utilizada presenta dos tipos de recubrimiento: para la instalación por conductos o canalizaciones, y aérea sustituyendo el hilo de guardia del sistema nacional interconectado.

Se emplea un cable de 12 fibras ópticas, considerando que es un sistema de gran embergadura para el futuro de las comunicaciones en el país. De las cuales 8 fibras son empleadas para el proyecto con proyección al año 2010, y las 4 restantes constituyen de reserva del sistema.

El cable de fibras ópticas propuesto para la instalación por conductos y canalizaciones es un cable de 12 fibras, el mismo que presenta un recubrimiento de copolímero para evitar problemas de destrucción tanto en la instalación como en el caso de ataque de roedores, u obras públicas, etc.

Para reemplazar el hilo de guardia se utiliza un cable OPT-GW con 12 fibras ópticas, que es un cable de acero, que tiene en su interior un núcleo de fibras ópticas. La atenuación de la fibras ópticas depende de la pureza del material en la fabricación, pero se encontrarán dentro de las márgenes propuestos por el CCITT en la Rec. G.653.

Un parámetro importante de las fibras ópticas monomodo es la dispersión cromática que permite determinar el ancho de banda del enlace a considerar entre el terminal de línea y el regenerador o entre terminales de línea dependiendo de la configuración de la Red. Un parámetro que deberá ser considerado es la dispersión del tramo especialmente para las fibras monomodo a 1300 nm, las mismas que presentan una limitación en la distancia máxima de regeneración dependiendo de la dispersión y no de la atenuación como se indica mas

adelante.

Características de las fibras ópticas.

Las principales características que debe cumplir la fibra óptica a ser instalada en el enlace Quito - Guayaquil según la recomendación G.652 y G.653 del CCITT son las siguientes:

1.- Fibra óptica monomodo de acuerdo a la Rec. G.652 del CCITT.

Atenuación de la fibra a 1330 nm (II ventana)	≤ 0.38 dB/Km
Longitud de onda de trabajo	1300 ± 20 nm
Longitud en el carrete de la fibra para instalación aérea	≤ 6 Km.
Longitud en el carrete de la fibra para instalación por ductos	≥ 2 Km.
Máxima dispersión cromática	≤ 2.5 pS/nm.Km
Atenuación por empalme	≤ 0.1 dB
Margen de atenuación del cable	0.01 dB/Km
Atenuación por conector	0.5 dB
Dispersión máxima del tramo	100 pS/nm
Atenuación a 1550 nm (III ventana)	0.19 a 0.25
Dispersión máxima del tramo a 1550 nm.	5000 pS / nm
Dispersión cromática a 1550 nm.	< 20 pS/nm.Km

CUADRO 2.5.1

Las distancias máximas calculadas entre regeneradores, de acuerdo a la Rec. G.652 son las siguientes:

Para 1300 nm.

73 Km por atenuación.

40 Km por dispersión.

Para 1550 nm.

114 Km por atenuación

100 Km por dispersión.

2.- Fibra óptica monomodo de acuerdo a la Rec, G.653 del CCITT.

Atenuación de la fibra a 1550 nm (III ventana),	≤ 0.22 dB/Km
Longitud de onda de trabajo	1550 ± 20 nm
Longitud en el carrete de la fibra para instalación aérea	≤ 6 Km.
Longitud en el carrete de la fibra instalación por ductos	≤ 6 Km.
Máxima dispersión cromática	≤ 3.5 ps/nm.Km
Atenuación por empalme	≤ 0.1 dB
Margen de atenuación del cable	0.01 dB/Km
Atenuación por conector	0.5 dB
Dispersión máxima del tramo	2000 ps/nm
Atenuación a 1300 nm (II ventana).	≤ 0.38 dB/Km
Dispersión cromática a 1300 nm.	< 20 ps/nm.Km
Dispersión máxima del tramo a 1300 nm.	300 ps/nm

CUADRO 2.5.2

La distancia máxima calculada entre regeneradores, según la Rec. G.653 del CCITT son las siguientes:

Para 1300 nm.

73 Km por atenuación.

15 Km por dispersión.

Para 1550 nm.

114 Km por atenuación

800 Km por dispersión.

De las características descritas anteriormente se determina que la fibra óptica monomodo que trabaja en la III

ventana a una longitud de 1550 nm de acuerdo a la Rec. G.653 del CCITT, que es la que mejor se adapta a las condiciones de diseño del sistema interurbano. Por lo tanto éstas fibras serán utilizadas en la instalación del sistema óptico.

2.5.2 PARAMETROS DEL EQUIPO TERMINAL DE LINEA Y REGENERADORES

Del análisis de los parámetros que determinan la intensidad de tráfico entre las ciudades de Quito - Guayaquil se determinó que se requiere de 19980 circuitos telefónicos entre éstas dos ciudades. Por lo tanto el equipo terminal de línea de fibra óptica seleccionado es un sistema de alta capacidad a 565 Mbit/s, es decir 4×139.264 Mbit/s, de acuerdo a la Rec. G.703 y G.751 del CCITT. Este terminal de línea se utiliza dada la gran cantidad de tráfico existente entre éstas ciudades y la necesidad de presentar un buen margen de reserva para cursar el tráfico telefónico de las ciudades y poblaciones por donde atraviesa el sistema troncal de fibra óptica.

Puesto que se trabaja en la III ventana con fibra monomodo de índice desplazado, el equipo terminal de línea se debe ajustar a éstas características. Además se selecciona los componentes adecuados para el diseño del enlace y las consideraciones necesarias para el correcto funcionamiento.

La longitud de onda utilizada determina el tipo de transmisor y detector óptico requeridos en el sistema de larga distancia nacional (enlace interurbano).

Las condiciones de diseño mas importantes para los emisores ópticos son: el ancho espectral de la fuente, la potencia de salida y la velocidad de respuesta de frecuencia. Mientras que en los receptores ópticos las características mas importantes son: la sensibilidad y la velocidad de respuesta de frecuencia.

Emisores ópticos.

Las principales características de los emisores son las siguientes:

EMISOR	LASER	LASER	LED	LED
- Material utilizado	AsGaAl	PAsInGa	AsGaAl	PAsInGa
- λ (μm)	0.8 a 0.9	1.2 a 1.6	0.8 a 0.9	1.2 a 1.6
- P_{op} (mW)	5 a 8	3 a 5	1 a 3	1
- Acoplamiento (dB)	3 a 5	< 2	15 a 20	15 a 20
- $\Delta\lambda$ (nm)	< 2	< 2	50	100
- Modulación (MHz.)	1000	1000	60	30
- Tiempo de vida (hs)	10^6	10^6	--	--
- Tipo de Modulación	Digital	Digital	Analg/Dig.	Anal/Dig.

CUADRO 2.5.3

Del cuadro 2.5.3 se observa que la diferencia del láser con el LED es que la atenuación de acoplamiento a la fibra óptica en el láser es mucho menor. También es menor el ancho espectral de emisión ($\Delta\lambda$), y se puede modular con anchos de banda mayores.

Los emisores ópticos utilizados para la transmisión de sistemas de largo alcance y altas velocidades son los láser (LD), por su elevada potencia de salida, pequeño ancho espectral y rápida respuesta de frecuencia a diferencia de los LED, que se utilizan en sistemas de mediana capacidad y para enlaces de menor alcance.

Del cuadro 2.5.3 se deduce que el emisor óptico adecuado para trabajar a la longitud de onda deseada es el láser DFB de PAsInGa con un tiempo de vida de aproximadamente 10^6 Horas.

La característica principal del láser es su no linealidad y la aplicación principal se encuentra en sistemas de transmisión digital. El diodo láser debe regularse en un punto de trabajo que depende de la temperatura y envejecimiento, por lo tanto el transmisor debe tener un control automático de la corriente de polarización, con el propósito de obtener una potencia fija a la salida, al inicio de la transmisión y en el transcurso del tiempo. Un control de temperatura basado el uso de celdas de peltier como se explicó en el capítulo I.

Receptores Opticos.

Los fotodiodos de avalancha (APD) se destacan por su alta velocidad de respuesta y gran sensibilidad, por lo cual al igual que los láser son usados en sistemas de alta velocidad de transmisión; mientras que los fotodiodos PIN se usan en redes urbanas y de menor capacidad de transmisión. Los fotodiodos de avalancha también necesitan un control automático de temperatura para no variar el punto de trabajo.

El detector fotoavalancha (APD) utilizado para la longitud de $1.55 \mu\text{m}$ es de InGaAs.

Características que debe cumplir el equipo terminal de línea de fibra óptica.

En base a los parámetros descritos anteriormente se determinan las características que deben cumplir los equipos terminales de línea para la implantación del enlace entre las ciudades de Quito - Guayaquil:

- Emisor	InGaAsP láser (DFB)
- Longitud de onda	$1500 \pm 20 \text{ nm}$
- Ancho espectral del láser	$< 0.15 \text{ nm}$
- Potencia de salida del láser	$\geq - 4 \text{ dBm}$.
- Fotodetector	InGaAs (APD)
- Sensibilidad del receptor con BER 10^{-11}	$\leq - 33.2 \text{ dBm}$.

- Margen del equipo 3 dB
- Atenuación disponible entre el punto S y el punto R. ≥ 31.4 dB
- Máxima potencia en el receptor (únicamente AGC). - 12 dBm.
- Rango de temperatura. 0 a 45°C
- Consumo de potencia: 110 W (terminal)
30 W (repetidor)
- Límites de humedad estándar 90 % sobre los 35 °C
70 % bajo los 35 °C

Diseño mecánico

- Terminal dos sistemas por bastidor
- Repetidor 4 sistemas por bastidor.
- D/I dos sistemas por bastidor.

Características mecánicas del bastidor.

- 260 cm. (alto)
- 24 cm. (ancho)
- 25.5 cm. (profundidad)

El regenerador va a cumplir con las mismas características del equipo terminal de línea, en los componentes ópticos, tanto en transmisión como en recepción.

2.5.3 CALCULO DE LA ATENUACION OPTICA TOTAL.

En un enlace óptico, la atenuación total también denominada presupuesto de pérdidas, equivale a la sumatoria de todas las pérdidas entre dos puntos de regeneración. Con éstos parámetros se puede determinar la separación entre regeneradores, para determinar la mayor distancia posible entre ellos en la implantación del enlace interurbano, utilizando la fibra óptica monomodo con índice desplazado de 1550 nm, el láser de InGaAsP y el detector fotoavalancha (APD) de InGaAs.

En la siguiente ecuación se presenta todos los parámetros que intervienen en el cálculo del enlace por fibra óptica.

$$P_{TX} - A_c - A_{OP} \times L - N \times A_c - M_c - M_c - A_c \geq P_{RX} \quad (I)$$

Donde:

P_{TX} es la potencia de salida del láser ✓
 A_c es la atenuación por conector ✓
 A_{OP} es la atenuación de la fibra óptica ✓
 A_c atenuación por empalmes ✓
 M_c margen del cable ✓
 M_c margen del equipo depende del fabricante. ✓
 P_{RX} sensibilidad del receptor ✓
 N es el número de empalmes. ✓

Determinación de la distancia máxima entre regeneradores.

El cálculo se realiza en base a los parámetros proporcionados por las compañías AT&T (ETL), y Alcoa Fujikura (fibras)

$P_{TX} = - 1.8 \text{ dB}$
 $A_c = - 0.5 \text{ dB}$
 $A_{OP} = 0.22 \text{ dB/Km}$
 $N = L/6 \text{ ó } L/4 \text{ Km.}$
 $A_c = 0.07 \text{ dB}$
 $M_c = 0.01 \text{ dB / Km.}$
 $M_c = 3 \text{ dB}$
 $P_{RX} = - 32.2 \text{ dB} = -2.2 \text{ dBm}$

28.2 - 14.5 dB

M_c es $L/10$ considerando una rotura del cable cada 10 Km. durante el tiempo de vida útil.
 L es la distancia del tramo.

Reemplazando éstos valores en la ecuación (I) se obtiene la distancia máxima entre regeneradores.

$$\begin{aligned}
 &P_{TX} - A_c - A_{OP} \times L - N \times A_c - M_c - M_c - A_c \geq P_{RX} \\
 &- 1.8 - 0.5 - 0.22 \times L - 0.01 \times L - L \times 0.01 - 3 - 0.5 \geq - 33.2 \\
 &\quad (33.2 - 5.8) \leq L (0.24) \\
 &\quad L \leq [27.4 / (0.24)]
 \end{aligned}$$

Por lo tanto se tiene que $L \leq 114 \text{ Km.}$

Utilizando los valores indicados anteriormente para el equipo terminal de línea y de la fibra, se calcula el ancho

de banda (AB) para una longitud máxima de 114 Km.

$$AB = \frac{0.44}{(L * W_c * \Delta\lambda)} \quad (11)$$

Siendo:

$$W_c = 2.5 \text{ pS} / [\text{nm} * \text{Km}]$$

$$\Delta\lambda = 0.1 \text{ nm}$$

$$L = 114 \text{ Km (longitud del tramo)}$$

Por lo tanto se tiene un $AB = 15.4 \text{ GHz}$.

El ancho de banda obtenido es un buen factor que en lo posterior no debe preocupar, debido a que se tiene un ancho de banda de 15 GHz para una distancia del enlace de 114 Km. Puesto que el equipo terminal de línea utilizado de 565 Mbit/s requiere de un ancho de banda inferior a 1GHz.

Los resultados obtenidos permiten garantizar un menor número de estaciones regeneradoras lo que implica una disminución en la construcción de las estaciones repetidoras.

Con éstas características se realiza el cálculo de los diferentes tramos de la ruta Quito-Guayaquil, Fig. 3.1.

2.5.3 CALCULO DEL ENLACE POR TRAMOS DE LA RUTA SELECCIONADA.

En la siguiente ecuación se presenta todos los parámetros que intervienen en la implantación de un enlace por fibra óptica.

$$P_{TX} - A_c - A_{OP} \times L - N \times A_c - M_c - M_e - A_c \geq P_{RX} \quad (I)$$

Con los datos indicados anteriormente del equipo terminal de línea y la fibra óptica, se procede a determinar los niveles de recepción y el ancho de banda para cada uno de los tramos del trayecto.

Donde:

L es la longitud del tramo en estudio.

$P_{RX} = ?$

AB = ?

Reemplazando L en la ecuación (I) se obtiene el nivel de potencia óptica recibida en cada uno de los puntos de regeneración:

$$\begin{aligned}
 P_{TX} - A_C - A_{OP} \times L - N \times A_e - M_e - M_e - A_e &\geq P_{RX} \\
 - 1.8 - 0.5 - 0.22 \times L - 0.01 \times L - L \times 0.01 - 3 - 0.5 &\geq P_{RX} \\
 (- 5.8) - L * (0.24) &\geq P_{RX} \\
 P_{RX} &\leq (- 5,8) - L * (0.24)
 \end{aligned}$$

Se calcula el ancho de banda (AB) para una longitud "L" de cada tramo.

$$AB = \frac{0.44}{(L * W_c * \Delta \lambda)} \quad (12)$$

Los niveles ópticos recibidos, así como el ancho de banda de cada tramo se muestran en el cuadro 2.5.3.

ENLACES	LONGITUD (Km)	P_{RX} (dBm)	ANCHO DE BANDA (GHz)
QUITO - TANDAPI	62	- 20,68	28,4
TANDAPI - STO. DOMINGO	54,6	- 18,9	32,2
STO. DOMINGO - PATRICIA PILAR	60,8	- 20,2	28,94
PATRICIA PILAR - QUEVEDO	56,7	- 19,4	31,04
QUEVEDO - BALZAR	69,8	- 22,6	25,2
BALZAR - DAULE	62,9	- 20,9	28
DAULE - GUAYAQUIL (P)	51,2	- 18,1	34,4

CUADRO 2.5.3

Según los datos obtenidos en el cuadro 2.5.3 se obtiene un alto nivel de recepción mayor que la sensibilidad del receptor lo que garantiza una alta confiabilidad del sistema, así como también un gran ancho de banda lo que permitirá reemplazar los terminales de línea ópticos por otros de velocidades de transmisión mayores en el orden de los GBIT/S.

El equipo multiplex utilizado es de tercer y cuarto orden jerárquico, de acuerdo a la Rec. G.703 y G.751 del CCITT, considerando que el equipo terminal de línea es un sistema de 4×139.264 Mbit/s, con multiplex de $140/34$ Mbit/s y $34/2$ Mbit/s.

Además las centrales de tránsito son digitales por lo tanto disponen de los MIC primarios para interconectarse al multiplex $2/34$ Mbit/s según la Rec. G.703 del CCITT.

Las características de los equipos multiplex se las describió en el ítem 1.5 del Capítulo I, de acuerdo a los niveles jerárquicos recomendados por el CCITT en la Rec. G.702 y las características del interfaz de acuerdo a la Rec. G.703.

La configuración del sistema es de $(3 + 1)$ y la capacidad del equipo terminal de línea es de 4×140 Mbit/s Fig. 3.3, por lo tanto se requieren:

- 96 Multiplex de $34/2$ Mbit/s (16 por terminal de línea), cada equipo multiplex de 140 Mbit/s necesita de 4 multiplex de $34/2$ Mbit/s de acuerdo a la jerarquía digital de nivel superior.
- 24 Multiplex de $140/34$ Mbit/s (4 por terminal de línea). Los multiplex serán instalados en las dos estaciones terminales de Quito y Guayaquil.

2.7 CARACTERISTICAS TECNICAS DEL SISTEMA OPTICO INTERURBANO A IMPLANTARSE.

Se presenta un resumen de las características técnicas que deberá cumplir el sistema de transmisión óptico para la implantación del enlace desde Quito Centro (transmisiones)

hasta Guayaquil Portadora (transmisiones).

a) Interfaz eléctrica

(Conforme a la Rec. G.703 del CCITT)

Multiplex de 34 Mbit/s

- Velocidad Binaria 34.368 Mbit/s + 30 ppm
- Código HDB3
- Impedancia de prueba 75 ohmios
- Amplitud de pulsos + 2.37 V

Multiplex de 140 Mbit/s

- Velocidad Binaria 139.264 Mbit/s +30 ppm
- Código CMI
- Impedancia de prueba 75 ohmios
- Amplitud de Pulsos + 2.37 V

b) Transmisión óptica

- Sistema ETL de 565 Mbit/s
- Velocidad de transmisión 4 x 140 Mbit/s
- Código de línea 7B / 8B
- Emisor Láser (DFB)
- Receptor APD (InGaAs)
- Longitud de onda 1550 ± 25 nm
- Potencia de Salida - 1.8 dB
- Sensibilidad del Receptor ≤ -33.2
- Performance entre S y R ≥ 28.4
- Ancho espectral ≤ 1 nm (RMS)

c) Unidad de Conmutación.

- Máxima capacidad de conmutación (12 + 1)
- Capacidad por canales 4x 139.264 Mbit/s
- Código de la señal CMI (G. 703)
- Impedancia In/Out 75 Ω desbalanceado
- Tipo de conmutación en Rx. Análoga (No hitless)
- Logica Controlado por microprocesador.
- Criterios de Conmutación. * Pérdida de datos
- * Fuera de Trama
- * Alto BER (10^{-3})
- Tiempo de conmutación típico ≤ 50 mS.

d) Medio de transmisión.

(De acuerdo a la Recomendación G.653 del CCITT)

- Fibra óptica monomodo	Indice desplazado
- Diámetro del revestimiento	$125 \pm 3 \mu\text{m}$
- Índice de refracción del núcleo	1.46
- Diferencia de índices	0.014
- Coeficiente de atenuación	$\leq 0.22 \text{ dB/Km}$
- Dispersión cromática	$\leq 3.5 \text{ pS/Km.nm}$
- Dispersión por tramo	$\leq 2000 \text{ pS/nm}$

e) Fuente de voltaje

- 36 a - 64 Vcc

f) Rango de temperatura

0 a 45 °C

CAPITULO III

CONSIDERACIONES ECONOMICAS

- 3.1 ANALISIS DE COSTOS
- 3.2 ANALISIS DE LA RUTA OPTIMA
- 3.3 DESCRIPCION DETALLADA DEL COSTO DEL EQUIPO
- 3.4 COMPARACION DE COSTOS POR CANAL ENTRE EL SISTEMA DE FIBRA OPTICA Y EL SISTEMA DE RADIO DIGITAL.

CAPITULO III

CONSIDERACIONES ECONOMICAS.

Generalidades.

Para determinar la factibilidad del proyecto, se procede primeramente a realizar un análisis económico, siendo éste uno de los factores determinantes de la calidad y confiabilidad del sistema a implantarse.

El objetivo de cualquier análisis y diseño de un sistema, es determinar el método que proporcione la mejor alternativa de funcionamiento a precios convenientes.

El estudio se centra en el análisis económico, determinando el costo por canal telefónico entre las ciudades de Quito y Guayaquil, además de señalar la factibilidad de implantar el sistema por fibra óptica frente al sistema de radio digital que se encuentra funcionando en el país.

3.1 ANALISIS DE COSTOS.

Los estudios económicos nos permiten identificar correctamente lo que se va a gastar, cuánto se va a percibir, en que cuantía y en que momento.

Los costos se los puede clasificar por su naturaleza en: costos iniciales y cargas anuales. Muchos de los elementos de costos son evaluaciones aproximadas, por ello es muy importante resaltar que el valor real de un estudio económico radica, en buena parte, en el acierto que se tenga en la formulación de la hipótesis, que inevitablemente se hace en cada caso particular; debido principalmete a que en el análisis de costos no se tienen todos los datos exactos, ni se comparan soluciones totalmente equivalentes.

3.1.1 COSTOS INICIALES.

Definimos como costos iniciales a los gastos relativos a la adquisición, propiedad de bienes y de material. Esto abarca los gastos correspondientes a las instalaciones iniciales y a la ampliación de instalaciones existentes cuyo uso se extenderá sobre un largo período. Para que sea considerada como inversión, el bien o el material debe ser orientado a generar servicios o ampliar los mismos. Los gastos correspondientes a artículos de corta duración, como material de oficina o las piezas de recambio, se los considera como gastos de explotación.

Los elementos a considerar en los costos iniciales son los siguientes:

- 1.- Costos de los materiales y equipos, incluidos transporte, seguro, almacenamiento, impuestos y mas servicios.
- 2.- Costos de instalación incluidos mano de obra, supervisión, puesta en marcha y servicios adicionales por parte del contratista.
- 3.- Prestaciones marginales y otros costos generales vinculados a la mano de obra.
- 4.- Costos de los estudios técnicos.
- 5.- Capacitación inicial del personal.
- 6.- Compra de terrenos y servidumbre de paso.
- 7.- Costos diversos.

3.1.2 CARGAS ANUALES.

Cada una de las inversiones iniciales acarrea, periódicamente una serie de gastos que denominamos cargas anuales, y suelen ser proporcionales al monto de cada inversión inicial, en particular se las puede dividir en:

- a) Gastos de explotación.
- b) Gastos financieros.
- c) Gastos de amortización.

a) Gastos de explotación:

Una de las características dominantes de los gastos de explotación es que son regulares o iterativos durante la vida útil del equipo. Los gastos de explotación comprenden:

- 1.- Costos del material y mano de obra ligados a la conservación y modificación de las instalaciones (gastos de mantenimiento), incluyen gastos de capacitación profesional al personal necesario y los correspondientes a las pruebas de los equipos y de los elementos adicionales.
- 2.- Costos de la mano de obra motivada por la explotación diaria de la instalación; por ejemplo el establecimiento de las comunicaciones interurbanas por una operadora.
- 3.- Gastos diversos, como reparaciones en los talleres, herramientas, vigilantes, y servicios diversos.
- 4.- Gastos por vehículos, incluidas las reparaciones, los neumáticos, la gasolina, el aceite, etc.
- 5.- Los costos de adquisición, aprovisionamiento y almacenamiento del material y repuestos.
- 6.- Los gastos de supervisión.
- 7.- Los gastos de tipo social y otros generales relacionados con la mano de obra.
- 8.- Los gastos generales de administración, incluidos seguros, accidentes y daños, servicios jurídicos, servicios de contabilidad, gastos de tesorería y alquiler (en la medida que se refieren a los gastos de explotación).

Para determinar los gastos de explotación, conviene tener en cuenta las condiciones de utilización, las necesidades en aparatos de medida y todos los factores de carácter variable que intervienen en los distintos planes de

estudio. Si bien, el costo inicial del equipo es superior, generalmente se demuestra que es mas económico a a largo plazo, debido a la menor amortización, costos de mantenimiento y otros gastos de explotación.

b) Gastos financieros.

Estos costos suelen englobar las cargas derivadas del costo del dinero (muy relacionada con la estructura financiera de la empresa), los impuestos y gravámenes. Para realizar cualquier pago correspondiente a una carga anual o inversión inicial, la empresa de que se trate debe disponer de una liquidez cuyo costo financiero dependerá:

- 1) Del porcentaje de autofinanciamiento en el presupuesto de gastos de la compañía y,
- 2) El interés que debe pagar por los créditos necesarios para completar el porcentaje no financiado de su presupuesto.

c) Gastos de amortización.

Corresponde al porcentaje que debe aparecer anualmente para poder financiar un nuevo bien o equipo al final de su vida útil, se lo representa en forma porcentual a las inversiones iniciales. Las cargas de amortización se pueden determinar para cada caso particular en función de tres datos:

- Costo del dinero [interés i (%)]
- Vida útil del bien o de equipo que se trate.
- Valor residual del producto al cabo de su vida útil (en porcentaje del costo inicial si hubiera que adquirir otro nuevo al final de su vida útil).

Una ecuación frecuentemente usada para evaluar el porcentaje dedicado anualmente a gastos de amortización es:

$$\text{Amortización (\%)} = [100\% - \text{Valor residual (\%)}] * \left(\frac{a}{f}\right)^n \quad (1)$$

siendo:

" n " la vida estimada del producto.

" i " interés derivado del costo financiero.

Se estima una vida útil de 10 años para equipos electrónicos; 20 a 30 años para cables de comunicación y 30 a 40 años para infraestructura de ingeniería y edificios¹.

3.2 DESCRIPCION DE LA RUTA DEL SISTEMA QUITO - GUAYAQUIL

De acuerdo a las consideraciones descritas en el capítulo II, se tiene que cada tipo de infraestructura tiene características particulares y ventajas propias que deben ser analizadas en cuanto se escoja el medio o medios a ser utilizados. Considerando que los niveles de seguridad, calidad, control y mantenimiento de las diversas infraestructuras pueden variar de región a región o dentro de una misma región en función de diversos parámetros.

Se proyecta un sistema óptico interurbano que aprovecha las diversas infraestructuras existentes en el país, considerando lógicamente, la viabilidad técnica-operacional y económica-financiera del sistema a implantarse.

Del análisis de las rutas alternativas se determinó que la ruta por el sistema nacional interconectado es la mejor alternativa para el país, reemplazando el hilo de guardia por un cable de fibra óptica OPT-GW. La instalación de éste sistema se puede realizar en línea caliente, así como también con línea desenergizada por tramos, dependiendo del convenio entre INECEL - EMETEL, y las facilidades posteriores que INECEL ofrezca a la empresa encargada de la instalación;

¹ DIAZ RAIMUNDO, " Comunicaciones por fibra óptica", Barcelona - España, 1983, capítulo 11.

ya que ésta instalación no afecta las condiciones anteriores de diseño de la línea de transmisión de INECEL, para ello se utiliza el hilo de guardia de similares características como son:

- Sección transversal del conductor.
- Peso por unidad de longitud
- Máxima tensión de ruptura del conductor, etc.

CARACTERISTICAS ENTRE LOS DOS TIPOS DE CABLES DE GUARDIA.

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE COMPARACION ENTRE LOS CABLES DE GUARDIA	HILO DE GUARDIA QUE EXISTE ACTUALMENTE	OPT-GW 57mm ² /465 QUE REEMPLAZARA AL HILO DE GUARDIA.
Tensión máxima de instalación	H1 = 17 % TR	H1 = 17 % TR
Velocidad del viento Km/h	V1 = 60	V1 = 60
Temperatura base °C	T1 = 25	T1 = 25
Tensión de Ruptura en Kg.	TR = 4900	TR = 7360
Peso unitario Kg/m	W1 = 0.407	W1 = 0.455
Módulo de elasticidad Kg/mm ²	E = 18000	E = 18130
Sección mm ²	A = 51.14	A = 57
Diámetro del cable en mm	D = 9.14999	D = 11.811
Coefficiente de dilatación Lineal	DL = 0.0000115	DL = 0.0000115
Longitud máxima del tramo (m)	L = 1200	L = 1350
Corriente de cortocircuito (KA)/S	I = 35	I = 28

CUADRO 3.2.1

Como se puede observar en el cuadro 3.2.1, existe muy poca diferencia entre el cable de guardia OPT-GW a ser instalado y las características del hilo de guardia actual. Esto representa ventajas para la instalación por cuanto los accesorios que se encuentren en buenas condiciones serán utilizados para la instalación del OPT-GW, siendo mejores las características del OPT-GW frente al hilo de guardia existente, la única diferencia es la sección de los cables y por lo tanto el peso que se incrementa en 11.8 % , que no va afectar las condiciones de instalación.

Esta es la mejor alternativa que se presenta, debido que las ciudades que tienen centrales de tránsito nacional están unidas por el sistema nacional interconectado de INECEL, de llevarse a efecto éste proyecto, nos daría una pauta para continuar luego enlazando todas las centrales de

tránsito nacional y de ésta manera proyectarlos a una red de jerarquía sincrónica digital (SDH) en muy corto tiempo.

Para hacer realidad éste proyecto, es necesario primero realizar un convenio entre INECEL - EMETEL, siendo al momento entre dos empresas estatales con fines de servicio al pueblo ecuatoriano, éste convenio se desarrollaría bajo ciertas condiciones propuestas para las dos instituciones.

3.2.1 CONVENIO EMETEL - INECEL (Propuesta).

Objetivo: Implementación del cable OPT-GW en las líneas de alta tensión a 230 Kv y a 138 Kv de INECEL en sustitución del cable de guardia existente (Ver Fig. 3.1.

Compartición: Se debe compartir las fibras ópticas dependiendo del número de fibras por cable a instalarse. Para un cable de 18 fibras o menos 2 fibras para INECEL y en cables de mas de 18 fibras 4 fibras para INECEL.

Duración del convenio: Por tiempo ilimitado.

- Por intereses de EMETEL tiempo mayor a 40 años
- EMETEL debe tener asegurado su uso por lo menos de 10 años.

Responsabilidad:

Por EMETEL:

- Elaborar los proyectos específicos de los sistemas por fibra óptica.
- Cubrir con los costos del sistema óptico.
- Substitución del cable de guardia por un cable con fibras ópticas OPT-GW.
- Realizar el mantenimiento de la parte óptica del cable.
- Fiscalizar y realizar la implementación del sistema

óptico y equipamiento de los terminales.

Por INECEL:

- Especificar las partes eléctricas y mecánicas del cable.
- Fiscalizar la implantación del OPTGW.
- Elaborar un cronograma para la instalación.
- Efectuar el mantenimiento de la parte electromecánica del OPT-GW.

COMPARTIR LAS INVERSIONES:

Para hacer realidad éste proyecto se presenta como alternativa compartir las inversiones a nivel de fibras ópticas con empresas estatales o particulares que utilizan banda ancha para Transmisión/Recepción de señales tanto Analógicas como Digitales, y que cada empresa administre su propio sistema.

Considerando que el costo del cable de fibras ópticas constituye la mayor inversión en éste proyecto, y la diferencia en costos de los cables con mayor número de fibras es pequeña comparada con la inversión de un cable con menor número de fibras (ver cuadro 3.3.2).

3.2.2 DESCRIPCION COMPLETA DE LA RUTA.

La ruta seleccionada para la implantación del enlace por el sistema nacional interconectado (ver anexo 2), se lo realiza reemplazando al hilo de guardia de las líneas de alta tensión a 230 KV y 138 KV por un cable con 12 fibras ópticas OPT-GW (57 mm²/465) con las características descritas anteriormente.

Las acometidas a las estaciones terminales,

Drop/Insert, y regeneradores se lo hace con un cable completamente dieléctrico "LOSSE TUBE CABLE" de 24 fibras ópticas que se instalará en ductos existentes pertenecientes a EMETEL, además se construirán los ductos necesarios para las acometidas a las estaciones terminales y regeneradoras como se indica en el cuadro 3.3.1, así como también se muestra las distancias por tramos en los diferentes puntos de regeneración.

En el Anexo 2 se presenta el listado completo de las estructuras por tramos del sistema nacional interconectado, de la ruta a seguirse en el desarrollo del presente proyecto, que considera las siguientes subestaciones. (S/E) como parte de la ruta escogida: **Vicentina - Santa Rosa - Santo Domingo - Quevedo - Pascuales - Policentro**, con una longitud de 370 Km, Ver la Fig. 3.1.

En el capítulo II se determinó la configuración del sistema a implantarse (3 + 1), ahora se establece el tipo de estación (terminal o regeneradora) que va a ser utilizada en cada uno de los puntos de regeneración indicados en el cuadro 3.3.1, y en la Fig. 3.2 como son:

QUITO.- Estación terminal con unidad de conmutación automática para proteger a los haces principales, y con equipo multiplex para conectarse a la central de tránsito nacional.

TANDAPI.- Estación regeneradora (Parroquia).

SANTO DOMINGO.- Estación Drop/Insert², por tener gran cantidad de tráfico telefónico de larga distancia nacional que puede cursar hasta la estación terminal Quito, ya que se tiene (2) tributarios a 140 Mbit/s adicionales a la capacidad de diseño de la red.

²DROP/INSERT Estación repetidora con entrada (Insert) y salida (drop) de información a nivel de Banda Base.

PATRICIA PILAR.- Estación regeneradora (Parroquia)

QUEVEDO.- Estación terminal, con el objeto de proteger al equipo con una unidad de conmutación automática y además puede cursar el tráfico telefónico de Quevedo y las poblaciones aledañas a ésta estación utilizando los dos tributarios a 140 Mbit/s adicionales del sistema planteado.

BALZAR.- Estación regeneradora (Cantón), poco tráfico no justifica al momento instalar una estación (Drop/Insert).

DAULE .- Estación regeneradora al igual que Balzar. Se puede utilizar a corto plazo un par de fibras, para que tengan su propio sistema óptico y de ésta manera cursar el tráfico telefónico hasta Guayaquil utilizando fibras de reserva.

GUAYAQUIL.- Estación terminal con unidad de conmutación automática para proteger a los haces principales y equipo multiplex para conectarse a la central de tránsito.

El sistema por fibra óptica a ser implantado entre las ciudades de Quito y Guayaquil se muestra en la Fig. 3.3, de acuerdo a lo descrito anteriormente.

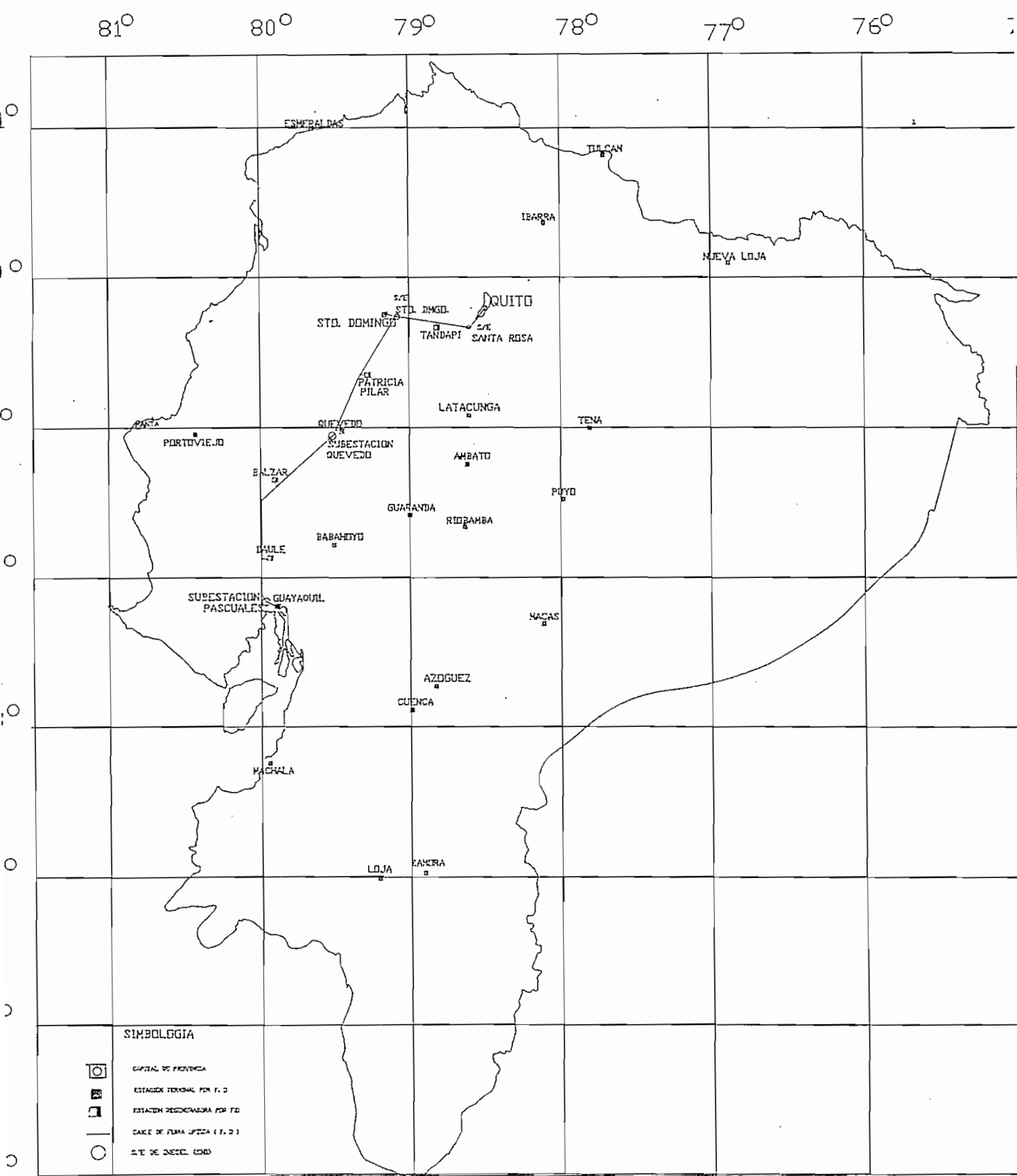


FIG 3.1 RUTA SELECCIONADA POR EL SNI DE INECEL

3.3 DESCRIPCION DETALLADA DEL COSTO DEL EQUIPO

Los costos de los diversos componentes de la red han sido elegidos en base a consultas a los proveedores: los costos de los cables ópticos fueron proporcionados por la empresa Norteamericana "ALCOA FUJIKURA LTD", y los costos unitarios de los equipos ópticos y digitales se obtuvieron de la empresa Norteamericana AT&T, así como también en base al contrato de EMETEL con la compañía SIEMENS (contrato 871222) de la red de radio digital.

El análisis de costos del sistema se lleva a cabo en dos rubros por separado, el costo del cable de fibras ópticas con costos de accesorios e instalación por metro (costo del cable ya instalado) y el costo del equipo.

3.3.1 COSTOS TOTALES DEL CABLE DE FIBRAS OPTICAS.

Para el cálculo del costo total del cable se considera que el sistema emplea un cable de 12 fibras ópticas (OPT-GW) y un cable de 24 fibras (LOOSE TUBE FIBER OPTICS CABLE), para las acometidas a las estaciones terminales y regeneradoras.

El costo del cable óptico se lo determina en función del número de fibras, para los diversos tipos de instalación como se muestra en el cuadro 3.3.2, así como también el costo de los accesorios para instalación del cable óptico dependiendo del tipo de instalación que se realice.

Para decidir sobre los costos de instalación del cable OPT-GW (con línea energizada ó desenergizada) se pidió cotización a la compañía "NACYMEL" especialista en éste tipo de trabajos en el país (trabajos con INECEL), los accesorios que se requiere para la instalación del cable OPT-GW se

muestran en el cuadro 3.3.3. así como también el costos de los accesorios (proporcionados por Alcoa).

El costo de la instalación de cables de fibras ópticas por ductos y la instalación de cables enterrados, se obtiene de la lista de precios vigente del EMETEL a Enero de 1993 (para realizar contratos de planta externa). Para la instalación del cable por ductos existentes o instalación aérea se obtiene del contrato de la Compañía Cablec con la compañía Japonesa Sumitomo (instalación de fibras ópticas en Quito crédito Yen). Ver cuadro 3.3.2.

3.3.1.1 ANÁLISIS DE COSTOS PARA LA INSTALACIÓN DEL CABLE ÓPTICO ENTERRADO.

En el caso de que se requiera la instalación del cable de fibras ópticas enterrado entre las ciudades de Quito - Guayaquil, se calcula los costos de instalación por metros para cada uno de los diferentes tipos de la tierra (roca, tierra suave, conglomerado, etc.) para que en base a éstos parámetros determinar el costo total de la ruta, y de la instalación por ductos como se indica en los cuadros 3.3.2, 3.3.4 y 3.3.5.

La distancia de la ruta para la instalación del cable enterrado se obtendrá en porcentaje de la distancia total para los diversos tipos de tierra, y de ésta manera se puede calcular el costo total de la instalación.

3.3.2 COSTOS TOTALES DEL EQUIPO.

Los componentes del equipo a instalar son los siguientes:

- Equipo óptico
- Equipo de conmutación
- Equipo multiplex.
- Equipo de energía

La energía de alimentación (equipo de energía) aprovecha al máximo la infraestructura existente, debido al bajo consumo de potencia del equipo óptico. Se instalará energía únicamente en dos estaciones con rectificador y banco de baterías en las estaciones regeneradoras de Tandapi y Patricia Pilar porque no tienen centrales telefónicas.

El listado de los componentes de la red digital se muestran en la Fig. 3.3, según la configuración obtenida en el estudio de la red a implantarse en el país. En el cuadro 3.3.6 se presentan los costos unitarios y totales de los componentes de la red digital óptica y además los costos de instalación del cable y del equipo.

TABLA DE DISTANCIAS PARA LOS CABLES OPTICOS DE 12 Y 24 FIBRAS OPTICAS

ENLACE QUITO CENTRO - TANDAPI	DISTANCIA [Kml]	# DE FIBRAS	TIPO DE CABLE	TIPO DE INSTALACION
QUITO CENTRO - ESTRUCTURA # 40 (RV)	8,3	12	DIELECTRICO	EN DUCTOS
ESTRUCTURA # 40 (RV) - ESTRUCTURA # 73 (RS)	52,5	12	OPTGW	REEMP. HILO DE GUARDIA
ESTRUCTURA # 73 (RS) - TANDAPI	1,2	12	DIELECTRICO	EN DUCTOS
ENLACE TANDAPI - SANTO DOMINGO				
TANDAPI - ESTRUCTURA # 73 (RS)	1,2	12	DIELECTRICO	EN DUCTOS
ESTRUCTURA # 73 (RS) - S/E SANTO DOMINGO	43,5	12	OPTGW	REEMP. HILO DE GUARDIA
S/E STO DMGO - CENTRAL TELF. SANTO DOMINGO	8,8	12	DIELECTRICO	EN DUCTOS
ENLACE SANTO DOMINGO - PATRICIA PILAR				
CENTRAL TELF. SANTO DOMINGO - S/E SANTO DOMINGO	8,8	12	DIELECTRICO	EN DUCTOS
S/E SANTO DOMINGO - ESTRUCTURA # 122 (SQ)	42,1	12	OPTGW	REEMP. HILO DE GUARDIA
ESTRUCTURA # 122 (SQ) - PATRICIA PILAR	1,1	12	DIELECTRICO	EN DUCTOS
ENLACE PATRICIA PILAR - QUEVEDO				
PATRICIA PILAR - ESTRUCTURA # 122 (SQ)	1,1	12	DIELECTRICO	EN DUCTOS
ESTRUCTURA # 122 (SQ) - ESTRUCTURA # 248 (SQ)	52,5	12	OPTGW	REEMP. HILO DE GUARDIA
ESTRUCTURA # 248 (SQ) - CENTRAL TELF. QUEVEDO	1,9	12	DIELECTRICO	EN DUCTOS

ENLACE QUEVEDO - BALZAR	DISTANCIA Km	# DE FIBRAS	TIPO DE CABLE	TIPO DE INSTALACION
CENTRAL TELF. QUEVEDO - ESTRUCTURA # 248 (SQ.)	1,9	12	DIELECTRICO	EN DUCTOS
ESTRUCTURA # 248 (SQ.) - ESTRUCTURA # 198 (PQ.)	64,5	12	OPTGW	REEMP. HILO DE GUARDIA
ESTRUCTURA # 198 (PQ.) - CENTRAL TELF. BALZAR	1,6	12	DIELECTRICO	EN DUCTOS
ENLACE BALZAR - DAULE				
CENTRAL TELF. BALZAR - ESTRUCTURA # 198 (PQ.)	1,6	12	DIELECTRICO	EN DUCTOS
ESTRUCTURA # 198 (PQ.) - ESTRUCTURA # 62 (PQ.)	58,6	12	OPTGW	REEMP. HILO DE GUARDIA
ESTRUCTURA # 62 (PQ.) - CENTRAL TELF. DAULE	1,3	12	DIELECTRICO	EN DUCTOS
ENLACE DAULE - GUAYAQUIL (PORTADORA).				
CENTRAL TELF. DAULE - ESTRUCTURA # 62 (PQ.)	1,3	12	DIELECTRICO	EN DUCTOS
ESTRUCTURA # 62 (PQ.) - S/E POLICENTRO	40,4	12	OPTGW	REEMP. HILO DE GUARDIA
S/E POLICENTRO - CENTRAL TELF. GUAYAQUIL (P.)	8,3	12	DIELECTRICO	EN DUCTOS

CUADRO 3.3.1

LONGITUD TOTAL DEL CABLE

CABLE OPTGW CON 12 FIBRAS OPTICAS = 370 Km.
 CABLE DIELECTRICO CON 12 FIBRAS OPTICAS = 16,6 Km.
 CABLE DIELECTRICO CON 24 FIBRAS OPTICAS = 15,9 Km.

NOTA: RUTAS DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO (S/IE)

RV = RUTA SANTA ROSA - VICENTINA
 RS = RUTA SANTA ROSA - SANTO DOMINGO
 SO = RUTA SANTO DOMINGO - QUEVEDO
 PQ = RUTA PASCUALES - QUEVEDO
 PP = RUTA PASCUALES - POLICENTRO

COSTOS DE LOS CABLES OPTICOS SEGUN EL TIPO DE RECUBRIMIENTO DE LAS FIBRAS

TIPOS DE FIBRAS MONOMODO	DE FIBRA		COSTO DEL CABL		COSTO DE INSTALACION		COSTO DE ACCESORIOS		COSTO TOTAL INSTAL.	
	DE FIBRA	POR CABLE	US \$/ m	US \$/ m	US \$/ m	US \$/ m	US \$/ m	US \$/ m	US \$/ m	US \$/ m
OPTGW (ACERO CON ALUMINIO) Para sustituir al hilo de guardia del Sistema Nacional interconectado de INECEL	10	7.58	3	0.88	11.46					
	12	8.16	3	0.88	12.04					
	16	9.74	3	0.88	13.62					
	18	10.65	3	1.1	14.75					
	24	12	3	1.1	16.1					

ADSS CABLE (DIELECTRICO)	
Para instalación aérea en los postes	12 3.74 0.83 0.23 4.8
de baja tensión de las Empresas	24 5.5 0.83 0.23 6.56
eléctricas, o postería adicional.	36 7.71 0.83 0.45 8.99

AFL LOOSE TUBE CABLE (DIELECTRICO)	
Para instalación por ductos incluido el costo de los ductos.	12 2.51 20 0.23 22.74
Para instalación del cable de fibra óptica directamente enterrado en roca	16 3.17 20 0.33 23.5
Para instalación del cable de fibra óptica directamente enterrado en tierra suave.	24 4.36 20 0.45 24.81
Para instalación del cable de fibra óptica directamente enterrado en conglomerado	12 2.51 11.73 0.23 14.47
	24 4.36 11.73 0.45 16.54
	12 2.51 1.73 0.23 4.47
	24 4.36 1.73 0.45 6.54
	12 2.51 4.46 0.23 7.2
	24 4.36 4.46 0.45 9.27

CUADRO 3.3.2

COSTOS DE LOS ACCESORIOS

ACCESORIOS PARA 903 ESTRUCTURAS PARA EL CABLE OPTGW.

4' 903 - 400 -
 100 - 100 -
 100 - 100 -

ACCESORIOS PARA 903 ESTRUCTURAS DEL S.N.I	COSTO US\$ / INST	CANTIDAD	COSTO UNITARIO US \$	COSTO TOTAL US\$
CAJA DE EMPALME DE 4 PUERTOS	400	81	545.00	76545
CAJA DE EMPALME DE 2 PUERTOS	400	6	670.00	6420
INSTALACION CON LINEA CALIENTE / Km	3000	1 Km	3000.00	-
SOPORTE DE FIJACION CON CABLE GUIA		250	116.50	29125
AMORTIGUADOR DE VIBRACION		600	18.80	11280
GANCHO DE SUSPENSION INDIVIDUAL		400	67.70	27080
GANCHO DE SUSPENSION DOBLE		350	121.50	42525
GRAPA DE PUESTA A TIERRA LA TORRE 1 PERNO		650	8.90	5785
GRAPA DE PUESTA A TIERRA LA TORRE 2 PERNOS		340	11.20	3808
GRAPA DE GUIA A TORRE		1000	21.85	21850
PROTECTOR DE CABLE DE GUARDIA (Comealongs)		200	365.00	73000
COSTO TOTAL DE LOS ACCESORIOS PARA INSTALACION DEL OPTGW				297418

CUADRO 3.3.3

ACCESORIOS DE MONTAJE E INSTALACION DEL CABLE OPTICO POR DUCTOS.

COSTOS DE INSTALACION POR DUCTOS	COSTO US \$ / INS	CANTIDAD	COSTO UNIT. US \$ / m	COSTO US \$ / Km
CAJA DE EMPALMES CADA 5 Km.	400	1 CAJA C / 5Km	600	200
COSTO DE INSTALACION DE FIBRA POR DUCTOS / Km	950	1000 m	0.95	950
CANALIZACION EN ACERA / m	15.69	1000 m	15.69	15690
POZOS DE REVISION EN ACERAS IV VIAS C / 100 m	360.75	1000 m	3.61	3610
COSTO DE INSTALACION DE LA FIBRA OPTICA POR DUCTOS				20450

CUADRO 3.3.4

ACCESORIOS DE MONTAJE E INSTALACION DEL CABLE OPTICO DIRECTAMENTE ENTERRADO.

COSTOS DE INSTALACION DE LA FIBRA OPTICA ENTERRADA	COSTO EXCV. \$ /	COSTO INSTAL. US \$/m	COSTO TUBO G. US\$ / m	COSTO US \$ / Km
COSTOS DE INSTALACION EN ROCA (1 x 0.5 x 0.5) m ³	7.11	1.05	3.57	11730
COSTOS DE INSTALACION EN TIERRA (1 x 0.5 x 1.2) m ³	0.68	1.05	0.00	1726
COSTOS DE INSTALACION CONGLOMERADO (1 x 0.5 x 1.2) m	3.41	1.05	0.00	4464

CUADRO 3.3.5

ANALISIS DE COSTOS DE UN SISTEMA CON 12 FIBRAS OPTICAS

COSTOS POR EQUIPOS	DESCRIPCION	COSTO UNITARIO (US \$)	CANTIDAD (Unidades ó m.)	COSTO TOTAL US \$
EQUIPO MULTIPLEX	2 MUX 140 / 34 Y 4 MUX 34 / 2	29808	24	786931.2
EQUIPO TERMINAL DE LINEA	TERMINAL DE LINEA A 565	4000	20	96000
EQUIPO REGENERADOR	REGENERADOR A 565 Mbit/s	3200	18	69120
UNIDAD DE CONMUTACION	CONMUTACION 4 X 140	8000	4	38400
MATERIAL DE INSTALACION	ACCES. DE MONTAJE E INSTALACION (Ver lista de accesorios)			322881.6
SUPERVISION	UTILIZANDO LOS CANALES DEL EQUIPO TERMINAL DE LINEA			180000
REPUESTOS	10 % DEL COSTO DEL EQUIPO TERMINAL DE LINEA Y MULTIPLEX			95205.12
RECTIFICADOR	50 A	9172	2	18344
EQUIPO DE ENERGIA	BANCO DE BATERIAS 48 VDC 600 AH	7241	2	14482
COS TO DE LA FIBRA	CABLE DE 12 FIBRAS DIELECTRICO (+ 2 % MANTENIMIENTO)	2.51 / m	16932	42499.32
COS TO DE LA FIBRA	CABLE DE 24 FIBRAS DIELECTRICO (+ 2 % MANTENIMIENTO)	4.36 / m	16218	70710.48
COS TO DE LA FIBRA	CABLE DE 12 FIBRAS OPTGW (+ 3 % MANTENIMIENTO)	8.16 / m	381100	3109776
PRECIO FOB CON 12 FIBRAS				4844350
TRANSPORTE + SEGUROS	20 % DEL FOB			968870
PRECIO CIF				5813220
INSTALACION Y PRUEBAS	10 % DEL EQUIPO DE LINEA .			158296.392
INSTALACION DEL OPGW	INSTL.DEL OPGW EN CALIENTE	1.5 a 3 / m	370 Km	1110000
INSTALACION DEL CABLE DIELE	INSTALACION POR DUCTOS EXISTENTES	1.1 / m	16,6 Km	18260
INSTALACION DEL CABLE DIELE	INSTALACION POR DUCTOS INCLUIDO DUCTOS	20.45 / m	15,9 Km	3251155
SUPERVISION INICIAL	2 % DEL CIF			116264
ENTRENAMIENTO	5 % DEL CIF			290661
COSTO TOTAL DEL SISTEMA CON 12 FIBRAS OPTICAS				7831856

CUADRO 3.3.6

3.3.3 INVERSION TOTAL DEL SISTEMA

Con los resultados obtenidos en el cuadro 3.3.6 se determina el costo total de la inversión, costo de la instalación del equipo y costo de instalación del cable de fibras ópticas. Con estos tres parámetros se establece el costo por canal de 64 Kbit/s entre las ciudades de Quito y Guayaquil, que permite decidir si el proyecto es rentable para la Empresa Estatal de Telecomunicaciones (EMETEL).

En el cuadro 3.3.7 se presenta la inversión total del sistema óptico.

RUBROS	COSTO TOTAL EN (DOLARES)
INVERSION TOTAL	5813220
COSTO DE INSTALACION DEL EQUIPO	565221
COSTO DE INSTALACION DE LA FIBRA	1453415

CUADRO 3.3.7

COSTOS DE INSTALACION Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

a) Instalación del cable de fibras ópticas.

El costo de instalación de la fibra óptica se obtiene multiplicando la distancia total del enlace en metros, por los resultados de la tabla 3.3.2 tanto para el cable dieléctrico como para el cable OPT-GW.

b) Instalación del equipo y puesta en funcionamiento.

El costo de instalación y puesta en servicio se considera un 10 % del costo total de los componentes de la red, según los últimos contratos de EMETEL con los proveedores de sistemas ópticos en el país. Además incluye entrenamiento al personal y supervisión inicial por el año de garantía del sistema.

VIDA UTIL DEL EQUIPO

Se considera que la vida útil de los equipos electrónicos es de 10 años, y que luego deben ser cambiados por obsolescencia, y no por la operación del sistema. El equipo se depreciará linealmente en un 10 % anual, sin mantener un valor residual que motive un proceso de revaloración de los mismos.

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

Estos costos, corresponden a los gastos generados por la administración y explotación de la red, se considera principalmente: el pago al personal, vehículos, oficinas, muebles, y equipo de prueba.

a) Personal.

La administración de EMETEL se encuentra dividida en dos regiones, la Región 1 (Quito) y la Región 2 (Guayaquil) por ésta razón se comparte el mantenimiento de la red. Se requiere el siguiente personal tanto en Quito como en Guayaquil, para que se responsabilicen de la operación y mantenimiento de la red:

- 1 Ingeniero especialista en cables ópticos (Empalmador).
- 1 Ingeniero especialista en equipos ópticos y digitales
- 2 Tecnólogos en electrónica y telecomunicaciones uno para trabajos de empalmes de cables y el otro para trabajos de mantenimiento del equipo óptico y electrónico.
- 2 Choferes (podrían ser 2 técnicos)
- 1 Secretaria (para oficina)
- 1 Conserje (para oficina)

En el cuadro 3.3.8 se indica los salarios mensuales y anuales mas los beneficios sociales que perciben los

empleados del EMETEL. Los beneficios sociales corresponde a las bonificaciones de los meses de Mayo, Junio, y el décimo tercer sueldo, que equivalen a tres sueldos (mensual); además los otros décimos sueldos, más el 10% de aportes al seguro, lo que da un total del 40 % adicional al sueldo anual.

Para realizar el mantenimiento de éste proyecto se requiere que el personal se traslade a las diferentes estaciones regeneradoras, por lo tanto se requiere viáticos para movilizarse de una ciudad a otra, por lo que se considera un 60 % del sueldo anual de viáticos como se indica en el cuadro 3.3.9. Todo el personal se debe desplazar al campo para realizar el mantenimiento a excepción de la secretaria y el conserje.

Se considera que la moneda norteamericana se devalúa en un 10 % anual en promedio, por lo tanto los salarios se ajustan anualmente en un 10 % para compensar el valor adquisitivo de la moneda, como se muestra en el cuadro 3.3.9. Además se calcula el costo por circuito que dependen de los sueldos y viáticos anuales.

El número de circuitos instalados crecen en forma lineal, iniciando en el año 1 con un 33% de la capacidad total instalada, y al año 10 debe funcionar al máximo de su capacidad (ver cuadro 3.3.9).

b) Gastos en vehículos.

Por la experiencia del personal de EMETEL se considera que el tiempo de vida económica de un vehículo es de 4 años con una depreciación lineal a un valor final del 20% del valor inicial al final de la vida útil.

Es más económico comprar un nuevo vehículo que hacer el mantenimiento respectivo a un vehículo que tiene mas de 4 años de servicio (Ver cuadro 3.3.10).

c) Gastos de alquiler de oficinas.

Se requiere arrendar dos oficinas una en Quito y otra en Guayaquil para administrar el proyecto. Además se debe amoblar éstas oficinas con una depreciación constante de los bienes muebles de valor cero a los 6 años de vida útil (ver tabla 3.3.9).

d) Gastos de Equipos de Prueba.

Los equipos de prueba se depreciarán a un valor residual igual a cero a los 6 años por obsolescencia tecnológica, ya que es el tiempo máximo de vida económica útil que se recomienda para depreciar el equipo electrónico (ver cuadro 3.3.10). El equipo de prueba principal para cada una de las regiones es el siguiente.

- Una pareja de analizador de tramas digital.
- Un bolómetro óptico
- Un osciloscopio
- Dos máquinas empalmadoras
- Un frecuencímetro
- Un medidor de atenuación por retroesparcimiento.
- Otros.

3.3.4 ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO DEL SISTEMA DE FIBRA OPTICA ENTRE LAS CIUDADES DE QUITO Y GUAYAQUIL.

El estudio económico financiero del proyecto tiene por objeto determinar la factibilidad de implantar el sistema por fibra óptica entre las ciudades antes mencionadas, así como también con la finalidad de ofrecer mejores servicios a los usuarios de comunicaciones de larga distancia nacional.

En el presente proyecto los costos se analizan en base a la moneda norteamericana por ser una moneda mucho mas estable que la moneda ecuatoriana. En Febrero de 1993 el cambio de un dólar es de S/. 1900.

Desde el punto de vista de las inversiones, esta tiene doble importancia: primera, el cable de fibra óptica y el equipo requerido para la implantación de la red; y segunda, inversión en la fase de instalación.

El origen de los fondos necesarios, deben provenir en su totalidad de asignaciones estatales, que el EMETEL debe considerar en su programa de inversiones.

La inversión debe ser efectuada en el primer año (año cero) en un monto del 95 % del total de la inversión, en el cual se realizará la implantación de la red, en el segundo año se realizará la adecuación final de la red con una inversión del 5%, y durante los siguientes años se considera el tiempo de ejecución del proyecto.

CALCULO DE LA TARIFA DE UN CANAL A 64 Kbit/s CON UNA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) DEL 20 %

La unidad de medida sobre las cuales se determina los costos, la constituye el circuito telefónico (canal a 64 Kbit/s). Siendo éste el parámetro con el cual se determina la factibilidad de la red.

Los parámetros que permiten decidir sobre las características del proyecto son los siguientes: los costos de la inversión, costos de instalación, costos de operación y salarios, incluido para cada año los incrementos correspondientes por concepto de variación de precios en función de la tasa promedio de la inflación (10 %).

El precio por canal se calcula en base a los costos de operación y mantenimiento por canal más un factor que depende de la de la inversión total depreciado a diez años dividido para el número de circuitos por año en estudio, más un cierto margen de utilidad que permita la ejecución del proyecto manteniéndose dentro de los márgenes de competitividad.

Los costos del canal a 64 Kbit/s se calculan para cada año de ejecución del proyecto como se presenta en el cuadro 3.3.11, pero estos son los costos mínimos por canal con los que se obtiene una tasa interna de retorno muy baja menor al 1 %, con éste valor el proyecto no es factible de realizarse, y además no se puede variar los costos por canal telefónico cada año. Por lo tanto se calcula un costo promedio por canal para los diez años de vida útil del proyecto, y que permita obtener un tasa interna de retorno del 20 % con lo cual el proyecto es rentable para el EMETEL.

El cálculo de la tasa promedio por canal se obtiene de un proceso iterativo utilizando la siguiente expresión:

$$0 = VP(ij^*)_j = \sum_{t=0}^n F_{jt}(1+ij^*)^{-t} \quad (2)$$

Con la ecuación (2) se calcula la tasa interna de retorno del 20 % para que el presente proyecto sea rentable.

Flujo de caja.

El flujo de caja constituyen las operaciones de carácter financiero que permite cuantificar los rendimientos económicos en función de la inversión realizada. Este proceso se realiza al final de cada año de operación, sin embargo en el presente caso, existen inversiones en la fase de instalación cuyo resultado corresponde al año cero (0), que es únicamente inversión. A partir del primer año de ejecución del proyecto el flujo de caja considera los ingresos y los costos efectivos realizados por la empresa, de tal manera que se pueda obtener la utilidad neta en un período determinado en relación a la inversión efectuada como se muestra en el cuadro 3.3.11 y 3.3.12.

Los ingresos se calcula en base al número de circuitos por el precio unitario de cada circuito, siendo éste el único factor de ingresos considerado en el proyecto.

Valor actual neto (Flujo de caja actualizado).

El valor actual neto es el flujo de caja actualizado durante un período de tiempo determinado y con una tasa de interés fija. En el presente caso se considera una tasa de actualización del 5 % anual en virtud de que el proyecto está calculado en dólares americanos como se muestra en el cuadro 3.3.11 y 3.3.12.

REMUNERACION PARA EL SISTEMA DE FIBRA OPTICA QUITO GUAYAQUIL

DENOMINACION	NUMERO DE PERSONAL	SUELDO MENSUAL (US\$)	SUELDO ANUAL (US\$)	BENEFICIOS SOCIALES (US\$)	REMUNERACION ANUAL (US\$)
INGENIEROS	4.0	1000.0	48000.0	19200.0	67200.0
TECNOLOGOS	4.0	300.0	14400.0	5760.0	20160.0
CHOFERES	4.0	100.0	4800.0	1920.0	6720.0
SECRETARIA	2.0	200.0	4800.0	1920.0	6720.0
CONSERJE	2.0	80.0	1920.0	768.0	2688.0
				TOTAL	103488.0

CUADRO 3.3.8

PROYECCION DE SALARIOS DURANTE EL TIEMPO DE VIDA UTIL DEL PROYECTO

AÑO	REMUNERACION	VIATICOS	NUMERO DE CIRCUITOS	SALARIO POR CIRCUITO
0	103,488	62,092.8	1	165,580.8
1	113,837	68,302.1	6667	27.3
2	125,220	75,132.3	8148	24.6
3	137,743	82,645.5	9630	22.9
4	151,517	90,910.1	11111	21.8
5	166,668	100,001.1	12593	21.2
6	183,335	110,001.2	14074	20.8
7	201,669	121,001.3	15556	20.7
8	221,836	133,101.4	17037	20.8
9	244,019	146,411.6	18519	21.1
10	268,421	161,052.7	20000	21.5

CUADRO 3.3.9

VALOR PRESENTE DE LOS GASTOS DE OPERACION

DESCRIPCION	VALOR DE LA INVERSION	VALOR PRESENTE	NUMERO DE AÑOS
VEHICULOS	80000.0	24558.1	4.0
OFICINA	400.0	9600.0	
MUEBLES	16000.0	3540.2	6.0
EQUIPO DE PRUE	160000.0	35401.7	6.0
GASTOS DE OPERACION ANUAL		73100.0	

CUADRO 3.3.10

LEJIS EL SISTEMA DE TASA INTERNA QUE COMPARE CALCULO DE LA TARIFA DE UN CANAL DE 64 KBIT/S PARA UNA TASA INTERNA DE RETORNO DEL 20 %. (Todos los costos son en dólares).																						
PARAMETROS DE REFERENCIA	VIDA UTIL DEL SISTEMA EN AÑOS																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10											
INSTALACION	0																					
INVERSION TOTAL	5813220.00																					
INVERSION ANUAL EN %	95.0	5.0																				
NUMERO DE CIRCUITOS	6667	6667	8146	9650	11111	12593	14074	15556	17037	18519	20000											
COSTO DE INSTALACION DE EQUIPOS	565221.00																					
COSTO DE INSTALACION DE FIBRAS OP.	1453415.00																					
COSTO DE OPERACION POR CIRCUITO	73100.00	11.0	9.0	7.6	6.6	5.8	5.2	4.7	4.3	3.9	3.7											
SALARIOS POR CIRCUITO	165580.80	27.3	24.6	22.9	21.8	21.2	20.8	20.7	20.8	21.1	21.5											
PRECIO POR CANAL DE 64 KBIT/S		235.0	235.0	235.0	235.0	235.0	235.0	235.0	235.0	235.0	235.0											
DEPRECIACION LINEAL		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1											
FIN DE TASA																						
INVERSION EN EL SISTEMA	7440263.20	391592.80	1914814.81	2262962.96	2611111.11	2959259.26	3307407.41	3655555.56	4003703.70	4351851.85	4700000.00											
INGRESOS		1566666.67	273544.44	283616.52	315322.22	340062.86	365840.74	385100.00	427470.37	463640.74	503100.00											
COSTOS	238680.80	1311566.67	1641270.37	1969344.44	2295788.89	2619198.30	2941566.67	3260455.56	3576233.33	3888011.11	4196890.00											
INGRESO BRUTO	-238680.80	783185.60	783185.60	783185.60	783185.60	783185.60	783185.60	783185.60	783185.60	783185.60	783185.60											
(-) DEPRECIACION		526381.07	858084.77	1186158.64	1512603.29	1836010.70	2158381.07	2477269.96	2793047.73	3104625.51	3419714.40											
UTILIDAD NETA	-238680.80	919873.87	1641270.37	1969344.44	2295788.89	2619198.30	2941566.67	3260455.56	3576233.33	3888011.11	4196890.00											
FLUJO DE CAJA	-767694.00	0.34	0.45	0.52	0.58	0.62	0.65	0.68	0.70	0.71	0.73											
RENTABILIDAD		919873.87	1583114.64	1790513.13	1979128.35	2146882.21	2298088.96	2433175.79	2536335.70	2627034.53	2707677.42											
FLUJO DE CAJA (ACTUALIZACION 5%)	-767694.00	919873.87	1583114.64	1790513.13	1979128.35	2146882.21	2298088.96	2433175.79	2536335.70	2627034.53	2707677.42											
TASA INTERNA DE RETORNO																						
DEL PROYECTO (%)																						

CUADRO 3.3.12

3.4 COMPARACION DE COSTOS ENTRE EL SISTEMA DE FIBRA OPTICA Y EL SISTEMA DE RADIO DIGITAL

La introducción de sistemas digitales en nuestro país está basado en las premisas y criterios de digitalización, desarrollados y propuestos en la administración anterior del IETEL (ahora EMETEL), a partir de 1988 año en el cual se realizó el primer contrato del sistema de Radio Digital entre las ciudades de Quito - Guayaquil, y posteriormente se contrataron nuevos sistemas de radios digitales para la mayoría de provincias del país, se espera que para el año 1995 tener digitalizado la red de transmisión del país.

En el presente trabajo se realiza una comparación de costos por canal telefónico entre el sistema de fibra óptica y el radio digital, entre las ciudades de Quito y Guayaquil, que permita determinar la factibilidad del sistema por fibra óptica frente al de radio digital, con la posibilidad de ampliación a futuro ya sea utilizando multiplex por longitud de onda o reemplazando el equipo terminal de línea por otro de jerarquía superior en el orden de los GBIT/S.

A medida que se requiera sistemas de gran ancho de banda los sistemas de radio digital tienden a desaparecer y serán los sistemas por fibra óptica que vayan a substituirlos. Sin embargo con el transcurso del tiempo si bajan aún mas los costos de las fibras ópticas los sistemas de mediana y baja capacidad también serán reemplazados por los sistemas ópticos.

Antes de hacer la comparación se describe la ruta del sistema de radio digital contratado por EMETEL para enlazar las ciudades de Quito - Guayaquil.

3.4.1 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE RADIO ENLACE DIGITAL

Para realizar un análisis comparativo de costos por canal telefónico de la ruta Quito - Guayaquil primero se describe el tipo de sistema contratado por el IETEL (CONTRATO 871222).

El sistema de Radio Digital contratado es un sistema de alta capacidad de 140 Mbit/s (4 x 34 Mbit/s), en la banda de los 4 GHz del espectro de frecuencias. La configuración del sistema es (2 + 1), dos canales principales mas uno de reserva o protección, por lo tanto la capacidad total del sistema es de $2 \times 4 \times 480 = 3840$ circuitos telefónicos digitales entre éstas dos ciudades. De ésta capacidad total únicamente se utilizan 2880 circuitos para enlazar las dos centrales de tránsito secundarias.

El sistema Quito - Guayaquil tiene el siguiente recorrido: Quito Centro - Atacazo - Bombolí - El Carmen (M) - Bijagual - Quevedo - Paylón - Babahoyo - Santa Ana - El Carmen (G) - Guayaquil Centro (Portadora).

Este sistema tiene un total de 11 estaciones, de las cuales 5 son estaciones terminales, 2 estaciones Drop/Insert y 3 estaciones repetidoras la restante corresponde al enlace El Carmen (G) - Guayaquil Portadora que es por fibra óptica utilizando un terminal de línea a 140 Mbit/s con la misma configuración anterior. La distancia total del enlace considerando las estaciones listadas anteriormente es de 360 Km.

A continuación se presenta los costos del equipo contratado, así como también los costos que demanda la instalación y funcionamiento del sistema de radio digital a 140 Mbit/s, con la infraestructura necesaria para la implantación de la red.

LISTA DE COSTOS DE LA RUTA QUITO - GUAYAQUIL DEL SISTEMA DE RADIO DIGITAL (SEGUN CONTRATO 871222)

1.- Inversión del sistema de radio digital.

Los costos de la inversión del sistema de radio digital constituyen: el costo de los equipos, apertura de las carreteras de acceso a las estaciones nuevas, y además el costo de instalación de la red de radio digital como se indica en el cuadro 3.4.1.

INVERSION	COSTOS EN DOLARES
- Costos del equipo mas la infraestructura adicional.	6'285000
- Costos de instalación	942750
COSTO TOTAL DE LA INVERSION	7'277050

CUADRO 3.4.1

a) Cálculo de los costos de operación.

Los costos de operación del sistema de Radio Digital se calculan en base al personal encargado del sistema de radio digital en la R-1 (región uno) y en la R-2, número de vehículos para el mantenimiento, una oficina amoblada en Quito y otra en Guayaquil, los principales equipos de prueba, con una depreciación constante de valor residual cero a 6 años para los muebles y para el equipo de prueba. Se considera que el tiempo de vida útil del sistema de radio digital es de 10 años con una depreciación lineal a valor cero al año 10.

Se prosigue con el mismo procedimiento de cálculo de los costos de operación del sistema de fibra óptica para el sistema de radio digital como se indica en las tablas 3.4.2, 3.4.3 y 3.4.4. Una vez determinado los costos de operación se procede a determinar el costo del canal a 64 Kbit/s que permita obtener una tasa interna de retorno (TIR) del 20 % (valor óptimo), para garantizar un proyecto rentable.

REMUNERACION PARA EL SISTEMA DE MICRO ONDA DIGITAL QUITO GUAYAQUIL:

DENOMINACION	NUMERO DE PERSONAL	SUELDO MENSUAL (US\$)	SUELDO ANUAL (US \$)	BENEFICIOS SOCIALES (US \$)	REMUNERACION ANUAL (US \$)
INGENIEROS R-1	2	600.0	14400.0	5760.0	20160.0
INGENIEROS R-2	4	600.0	28800.0	11520.0	40320.0
TECNOLOGOS R-1	4	150.0	7200.0	2880.0	10080.0
TECNOLOGOS R-2	2	150.0	3600.0	1440.0	5040.0
CHOFERES R-1	4	100.0	4800.0	1920.0	6720.0
CHOFERES R-2	3	100.0	3600.0	1440.0	5040.0
SECRETARIA R-1	2	120.0	2880.0	1152.0	4032.0
SECRETARIA R-2	2	120.0	2880.0	1152.0	4032.0
CONSERJE R-1	3	80.0	2880.0	1152.0	4032.0
CONSERJE R-2	3	80.0	2880.0	1152.0	4032.0
GUARDIANES	8	75.0	7200.0	2880.0	10080.0
TOTAL					113568.0

PROYECCION DE SALARIOS DURANTE EL TIEMPO DE VIDA UTIL DEL PROYECTO

AÑO	REMUNERACION US \$	VIATICOS US \$	NUMERO DE CIRCUITOS	SALARIO POR CIRCUITO US \$
0	113568.0	90854.4	0	204422.4
1	124924.8	99939.8	960	234.2
2	137417.3	109933.8	1152	214.7
3	151159.0	120927.2	1344	202.4
4	166274.9	133019.9	1536	194.9
5	182902.4	146321.9	1728	190.5
6	201192.6	160954.1	1920	188.6
7	221311.9	177049.5	2112	188.6
8	243443.1	194754.5	2304	190.2
9	267787.4	214229.9	2496	193.1
10	294566.1	235652.9	2880	184.1

VALOR PRESENTE DE LOS GASTOS DE OPERACION

DESCRIPCION	VALOR DE LA INVERSION	VALOR PRESENTE	NUMERO DE AÑOS
VEHICULOS	240000.0	73674.4	4.0
OFICINA	800.0	19200.0	
MUEBLES	16000.0	3540.2	6.0
EQUIPO DE PRUEBA	240000.0	53102.6	6.0
GASTOS DE OPERACION ANUAL		149517.1	

CUADRO.3.4.2.

COSTOS DEL SISTEMA DE MICRO ONDA DIGITAL QUITO GUAYAQUIL (CONTRATO 871222)											
CALCULO DEL COSTO MINIMO POR CANAL PARA CADA AÑO DE EJECUCION DEL PROYECTO .											
PARAMETROS DE REFERENCIA	PERIODO DEL PROYECTO										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INSTALACION											
INVERSION TOTAL	6265000.00										
INVERSION ANUAL EN %	80.00	20.00									
NUMERO DE CIRCUITOS		960	1152	1344	1536	1728	1920	2112	2304	2496	2880
COSTO DE INSTALACION DE EQUIPOS	942750.00										
COSTO DE OPERACION POR CIRCUITO	149517.10	155.75	129.79	111.25	97.34	86.53	77.87	70.79	64.89	59.90	51.92
SALARIOS POR CIRCUITO	204422.40	234.20	214.70	202.40	194.90	190.50	188.60	186.60	190.20	193.10	184.10
PRECIO UNITARIO DEL CANAL A 64 KB/S		1142.84	971.90	851.43	762.80	695.30	642.92	601.62	568.80	542.58	486.98
DEPRECIACION		0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
FLUJO DE CAJA											
INVERSION	5782200.00	1445550.00									
INGRESOS	0.00	1097124.10	1119626.50	1144317.70	1171658.50	1201476.10	1234404.10	1270615.30	1310512.90	1354269.70	1402500.10
COSTOS	353939.50	374349.10	396885.50	421542.70	448883.50	478701.10	511629.10	547840.30	587737.90	631494.70	679725.10
INGRESO NETO	-353939.50	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00
(-) DEPRECIACION		722775.00	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00
UTILIDAD NETA		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FLUJO DE CAJA		-722775.00	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00
RENTABILIDAD		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FLUJO DE CAJA (ACTUALIZACION 5 %)		-722775.00	668357.14	657088.18	623081.90	592338.52	564667.97	539384.33	512606.38	483351.49	466306.45
TASA INTERNA DE RETORNO		-0.05									
DEL PROYECTO											

* Todos los costos estan expresados en dólares (US \$).

CUADRO 3.4.3.

COSTOS DEL SISTEMA DE MICRO ONDA DIGITAL QUITO GUAYAQUIL (CONTRATO 871222)

CALCULO DE LA TARIFA DE UN CANAL A 64 KBIT/S PARA UNA TASA INTERNA DE RETORNO DEL 20 %

PARAMETROS DE REFERENCIA	PERIODO DE EJECUCION DEL PROYECTO										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INVERSION TOTAL	6285000.00				1536	1728	1920	2112	2304	2496	2860
INVERSION ANUAL EN %	80.00										
NUMERO DE CIRCUITOS	960	1152		1344							
COSTO DE INSTALACION DE EQUIPOS	942750.00				97.34	86.63	77.87	70.79	64.89	59.90	51.92
COSTO DE OPERACION POR CIRCUITO	148517.10	129.79		111.25							
SALARIOS POR CIRCUITO	284422.40	214.70		202.40	194.50	188.60	188.60	188.60	190.20	193.10	184.10
PRECIO UNITARIO	1655	1655		1655	1655	1655	1655	1655	1655	1655	1655
IMPUESTOS Y OTROS CARGOS											
DEPRECIACION		0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
FLUJO DE CAJA											
INVERSION	6782200.00	1445550.00									
INGRESOS	0.00	1906560.00		2224320.00	2542080.00	2859840.00	3177600.00	3495360.00	3813120.00	4130880.00	4766400.00
COSTOS	353939.50	366851.50		421642.70	448883.50	478701.10	511629.10	547840.30	587737.90	631494.70	679725.10
INGRESO BRUTO	-353939.50	1509708.50		1802777.30	2093196.50	2381138.90	2665970.90	2947519.70	3225382.10	3499385.30	4086674.90
(-) DEPRECIACION		722775.00		722775.00	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00	722775.00
UTILIDAD NETA	-932159.50	786933.50		1080002.30	1370421.50	1658363.90	1943195.90	2224744.70	2502607.10	2776810.30	3363899.90
FLUJO DE CAJA	-6136139.60	1509708.60		1802777.30	2083196.60	2381138.90	2665970.90	2947519.70	3225382.10	3499385.30	4086674.90
RENTABILIDAD		0.31	0.41	0.49	0.54	0.58	0.61	0.64	0.66	0.67	0.71
FLUJO DE CAJA (ACTUALIZACION 5 %)	-6136139.50	1437817.62		1638888.45	1804479.74	1951763.20	2082785.77	2199641.67	2287505.04	2384449.53	2636564.45
TASA INTERNA DE RETORNO DEL PROYECTO EN %	20.00										

CUADRO 3.4.4.

Cálculo de la Tarifa de un canal a 64 Kbit/s para obtener una tasa interna de retorno del 20 % para el sistema de microonda digital.

Se procede a determinar el costo por canal de 64 Kbit/s siguiendo el mismo procedimiento que el de la fibra óptica, como se muestra en el cuadro 3.4.4.

Con el cálculo del valor óptimo del canal a 64 Kbit/s para el sistema de microonda digital se hace la comparación de costos por canal entre las ciudades de Quito y Guayaquil como se muestra en el cuadro 3.4.5.

SISTEMA	LONGITUD TOTAL DEL SISTEMA EN Km.	COSTO POR CANAL A 64 KBIT/S	COSTO DEL CANAL A 64 KBIT/S POR KILOMETRO.
1.- Fibra óptica	402.5	US \$ 235	US \$ 0.5838
2.- Radio digital	360	US \$ 1655	US \$ 4.6

CUADRO 3.4.5

Del cuadro anterior se determina que el sistema mas económico y con mejor calidad de funcionamiento es el sistema de fibra óptica con una relación de costos por canal de 1 a 7 frente al sistema de radio digital. Además el costo del canal por Km es de US \$ 0.6 frente al del radio digital de US \$ 4.6. De esto se concluye que el sistema de fibra óptica debe empezar a implantarse en el país, especialmente la ruta Quito - Guayaquil siendo esta la de mayor flujo de tráfico de larga distancia nacional, la cual constituirá una solución a largo plazo de las comunicaciones del país.

3.4.2 COMPARACION DE COSTOS ENTRE LAS TRES ALTERNATIVAS QUE EXISTEN AL MOMENTO

Para dejar constancia de los costos por canal telefónico entre las ciudades de Quito y Guayaquil, se analiza todas las alternativas viables que existen al momento para las comunicaciones interurbanas ya sea utilizando radio digital, fibra óptica, o por vía satélite.

Para determinar los costos del sistema utilizando el satélite se realiza un análisis rápido de las comunicaciones por satélite, considerando que el EMETEL en la actualidad tiene alquilado dos transponder, y si éstos se utilizan para enlazar las dos estaciones terrenas tanto la de Quito como la de Guayaquil, con lo que se obtendría otra alternativa de comunicación entre éstas dos ciudades.

El análisis de costos se realiza de la misma manera que para los sistemas de fibra óptica y radio digital como se muestra en los cuadros 3.5.1, 3.5.2 y 3.5.3. Los costos del sistema satelital fueron obtenidos de la oferta del proyecto Domsat declarado desierto en Noviembre de 1992.

A continuación se presenta el análisis de costos del sistema de restauración vía satélite cuadro 3.5.2, los costo de operación del sistema así como también se calcula los salarios por circuito para cada año de ejecución del proyecto cuadro 3.5.1.

En el cuadro 3.5.3 se presenta el costo por canal a 64 Kbit/s que permite obtener una Tasa Interna de Retorno del 20 %. Este parámetro permite hacer una comparación de costos con los otros sistemas.

A continuación se presenta el listado de los costos del sistema de restauración vía satélite.

REMUNERACION PARA EL SISTEMA DE RESTAURACION VIA SATELITE
QUITO – GUAYAQUIL.

DENOMINACION	NUMERO DE PERSONAL	SUELDO MENSUAL (US\$)	SUELDO ANUAL (US \$)	BENEFICIOS SOCIALES (US \$)	REMUNERACION ANUAL (US \$)
INGENIEROS R-1	2	600.0	14,400.0	5,760.0	20,160.0
INGENIEROS R-2	2	600.0	14,400.0	5,760.0	20,160.0
TECNOLOGOS R-1	10	150.0	18,000.0	7,200.0	25,200.0
TECNOLOGOS R-2	10	150.0	18,000.0	7,200.0	25,200.0
CHOFERES R-1	2	100.0	2,400.0	960.0	3,360.0
CHOFERES R-2	2	100.0	2,400.0	960.0	3,360.0
SECRETARIA R-1	1	120.0	1,440.0	576.0	2,016.0
SECRETARIA R-2	1	120.0	1,440.0	576.0	2,016.0
CONSERJE R-1	2	80.0	1,920.0	768.0	2,688.0
CONSERJE R-2	2	80.0	1,920.0	768.0	2,688.0
GUARDIANES	4	75.0	3,600.0	1,440.0	5,040.0
TOTAL					111,888.0

PROYECCION DE SALARIOS DURANTE EL TIEMPO DE VIDA UTIL DEL PROYECTO

AÑO	REMUNERACION US \$	VIATICOS US \$	NUMERO DE CIRCUITOS	SALARIO POR CIRCUITO US \$
0	111888.00	89510.40	0.0	201398.40
1	123076.80	98461.44	960	230.8
2	135384.48	108307.58	1152	211.5
3	148922.93	119138.34	1344	199.5
4	163815.22	131052.18	1536	192.0
5	180196.74	144157.39	1728	187.7
6	198216.42	158573.13	1920	185.8
7	218038.06	174430.45	2112	185.8
8	239841.86	191873.49	2304	187.4
9	263826.05	211060.84	2496	190.3
10	290208.66	232166.93	2880	181.4

VALOR PRESENTE DE LOS GASTOS DE OPERACION

DESCRIPCION	VALOR DE LA INVERSION	VALOR PRESENTE	NUMERO DE AÑOS
VEHICULOS	160000.00	49116.25	4
OFICINA	400.00	9600.00	-
PAGO DEL SATELITE	3750000.00	458376.76	15
MUEBLES	16000.00	3540.17	6
EQUIPO DE PRUEBA	240000.00	53102.60	6
GASTOS DE OPERACION ANUAL		573735.78	

CUADRO 3.5.1

**COSTOS DEL SISTEMA DE RESTAURACION VIA SATELITE QUITO - GUAYAQUIL (DOMSAT 92).
CALCULO DEL COSTO MINIMO POR CANAL PARA CADA AÑO DE EJECUCION DEL PROYECTO.**

PARAMETROS DE REFERENCIA	PERIODO DEL PROYECTO																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
INVERSION TOTAL	5480000.00																				
INVERSION ANUAL EN %	100.00	0.00																			
NUMERO DE CIRCUITOS		960	1152	1344	1538	1728	1920	2112	2304	2496											
COSTO DE INSTALACION DE EQUIPOS	548000.00																				
COSTO DE OPERACION POR CIRCUITO	573735.80	587.64	498.03	426.88	373.53	332.02	298.82	271.66	249.02	228.86											
SALARIOS POR CIRCUITO	201398.40	230.80	211.50	199.50	192.00	187.70	185.80	185.60	187.40	190.30											
PRECIO UNITARIO DEL CANAL A 64 KB/S		1456.36	1232.80	1,074.90	957.87	868.57	798.58	742.87	688.05	681.67											
DEPRECIACION		0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10											
FLUJO DE CAJA																					
INVERSION	6028000.00	0.00																			
INGRESOS	0.00	1388103.80	1420183.80	1444663.80	1471447.80	1500881.40	1533271.80	1568845.40	1608305.40	1651524.80											
COSTOS	775134.20	785303.80	817383.80	841863.80	868647.80	898081.40	930471.80	966145.40	1005505.40	1048724.80											
INGRESO NETO	-775134.20	6028000.00	6028000.00	6028000.00	6028000.00	6028000.00	6028000.00	6028000.00	6028000.00	6028000.00											
(-) DEPRECIACION		6028000.00	6028000.00	6028000.00	6028000.00	6028000.00	6028000.00	6028000.00	6028000.00	6028000.00											
UTILIDAD NETA	-1377894.20	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00											
FLUJO DE CAJA	-6803134.20	6028000.00	6028000.00	6028000.00	6028000.00	6028000.00	6028000.00	6028000.00	6028000.00	6028000.00											
RENTABILIDAD		0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00											
FLUJO DE CAJA (ACTUALIZACION AL 5 %)	-6803134.20	6028000.00	574095.24	548000.00	519655.17	494098.36	470937.50	449850.75	427517.73	407297.30											
TASA INTERNA DE RETORNO																					
DEL PROYECTO	-0.06																				

* Todos los costos estari expresados en dólares (US \$).

CUADRO 3.5.2.

En el cuadro 3.5.4, se presentan los costos de las tres alternativas que al momento existen, para los enlaces de larga distancia nacional.

SISTEMAS	COSTO POR CANAL A 64 KBIT/S	Relación de costos frente al sistema por fibra óptica
1.- Fibra óptica	US \$ 235	1
2.- Radio digital	US \$ 1655	7
3.- Vía satélite	US \$ 1837	7.82

CUADRO 3.5.4

Del cuadro 3.5.4 se concluye que la mejor alternativa que existe para determinar los enlaces de larga distancia nacional es utilizando la fibra óptica (en sistemas de alta capacidad), considerando que la instalación es por las líneas de alta tensión que tienen un alto factor de seguridad, lo que permite determinar la factibilidad y confiabilidad de la red, así como también el sistema más económico.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES

Las fibras ópticas son la tecnología más importante para el futuro de las redes de telecomunicaciones. La introducción y utilización de éstas permite un gran salto tecnológico y un cambio conceptual en el tratamiento de la información.

La tecnología de fibras ópticas a experimentado un gran desarrollo en la construcción de las fibras ópticas y por ende en sus características, que origina una gran aplicación en todos los campos de las comunicaciones y especialmente su utilización en las redes interurbanas.

Gracias a los avances tecnológicos producidos en los sistemas de fibras ópticas se puede implantar enlaces sin regeneradores intermedios a una distancia cercana a los 120 Km.

Analizando los diferentes tipos de fibras ópticas existentes en la actualidad se determina que la fibra que mejor se adapta a las condiciones para la instalación de sistemas interurbanos es la recomendada por el CCITT en la Rec. G.653. La misma que permite mayor distancia entre regeneradores.

Las fibras recomendadas en el CCITT Rec G.653 pueden cursar mayor cantidad de información en el orden de las decenas de Gbit/s. para distancias mayores.

De los resultados obtenidos en las matrices de tráfico nacional y por ende de la matrices de circuitos, se determina que a corto plazo (antes de 1995) la capacidad instalada del sistema de radio digital va a ser insuficiente especialmente el enlace Quito - Guayaquil.

Los principales parámetros que intervienen en la determinación de una matriz de tráfico nacional son: la tendencia de crecimiento de la demanda telefónica, y la proyección de la población según el INEC al futuro.

Por lo expuesto en el capítulo II, la topología de red de larga distancia que existe al momento en el país, no constituye una red óptima.

Se determinó la ruta más corta, con un buen factor de seguridad y por ende la más económica para enlazar las ciudades de Quito y Guayaquil, pero no necesariamente es la ruta óptima, si la meta de la administración del EMETEL es tender en los próximos años a una red de jerarquía sincrónica (SDH), se deberá interconectar las principales centrales de tránsito del país por fibra óptica, para ello la ruta adecuada es la que va por el centro del país interconectando la central de tránsito de Ambato y la central de tránsito Cuenca.

El número de fibras por cable debe variar por tramos dependiendo de las lugares que se vayan a integrar a la red óptica, el cable de fibras ópticas utilizado en éste proyecto es de 12 fibras (OPT-GW).

Del análisis de costos por canal entre las diferentes alternativas, se determinó que el sistema por fibra óptica es el más económico en los actuales momentos ya que resulta ser el sistema mas seguro para las comunicaciones por cuanto una reparación va ha requerir de horas para reactivar el sistema en caso de actos vandálicos, no así en las otras alternativas que requerirán mucho más tiempo.

El sistema óptico interurbano constituye al momento la mejor alternativa para las comunicaciones de larga distancia nacional, especialmente para las rutas que tiene un alto tráfico telefónico por cuanto resulta ser el sistema mas barato con respecto a los otros sistemas que podrían reemplazarlo, por

lo tanto EMETEL debe planificar a corto plazo el primer sistema troncal interurbano por fibra óptica entre las ciudades de Quito y Guayaquil.

Los sistemas de fibra óptica son soluciones a largo plazo y con gran flexibilidad para ampliar el sistema.

La presentación de éste proyecto constituye un gran aporte a las telecomunicaciones del país, con la finalidad de incentivar la realización de nuevos trabajos que a futuro lleguen ha hacerse realidad

RECOMENDACIONES.

Se recomienda a la Empresa Estatal de Telecomunicaciones (EMETEL) iniciar las conversaciones con INECEL, para utilizar las estructuras de las líneas de alta tensión para instalar cables de fibras ópticas, ya sea reemplazando el hilo de guardia o para la instalación de cables aéreos autosoportados y de ésta manera poder instalar redes de fibra óptica de larga distancia aprovechando ésta infraestructura en todos los tramos que sean necesarios en el país.

Se recomienda instalar en el país el primer sistema óptico interurbano entre las ciudades de Quito y Guayaquil considerando el gran flujo de tráfico que existe entre éstas ciudades y además con la integración andina nuestro país necesita tener un moderno sistema de comunicaciones para poder comunicarse con los países del Pacto Andino, con lo cual cambiaría la imagen del país en éste campo.

Se recomienda interconectar las dos estaciones terrenas tanto la de Quito como la de Guayaquil, para que las comunicaciones internacionales del país se encuentre protegidas en el caso de falla de alguna de las estaciones.

Se recomienda a (el) EMETEL desarrollar un sistema de larga distancia nacional por fibra óptica, que cierre un anillo entre las ciudades de Quito y Guayaquil para de ésta forma obtener una red protegida y por lo tanto mayor seguridad en las comunicaciones nacionales.

Se recomienda a (el) EMETEL, que para mantener una alta calidad y confiabilidad en las redes, incentive al personal con sueldos que estén acorde a su preparación y responsabilidad, y además con una capacitación continua y adecuada, de tal manera que su eficiencia sea óptima, y que el

servicio prestado sea realmente reconocida por la ciudadanía.

Se recomienda que para la instalación tanto de los cables ópticos, como del equipo óptico se lo realice con mano de obra calificada y de acuerdo a las recomendaciones dadas por los diversos fabricantes en los manuales de instalación.

Se recomienda completar este estudio utilizando la tecnología sincrónica, partiendo inicialmente del reloj de alta estabilidad que debe ser utilizado para esta tecnología y además realizando un estudio completo de la trama sincrónica del equipo terminal de línea óptica y el multiplex.

Las características técnicas que se explican en el capítulo I y II, han sido tomadas de las recomendaciones del CCITT, y son las mínimas que EMETEL debería exigir en los diferentes concursos o adquisiciones que se realicen.

Se recomienda a EMETEL antes de pensar en una ampliación del radio digital, debe pensar en un sistema que le ofrezca las características y condiciones que representan las redes de fibra óptica.

Para determinar la tendencia de crecimiento telefónico hacia el futuro se recomienda a la actual administración del EMETEL, que en base a las curvas de crecimiento recomendadas por el CCITT para proyectar la demanda telefónica de las cuales se escoga la curva que mejor se adapta al crecimiento de circuitos telefónicos residenciales por ser la mejor alternativa para nuestro país.

Se recomienda a EMETEL el desarrollo de un modelo de red óptima como se indica en el presente proyecto, de ésta manera se obtendría una red mas flexible y sin desperdicio de capacidad de circuitos especialmente entre los centros secundarios y los centros primarias locales.

Se propone el aprovechamiento al máximo de la infraestructura existente en el país, ya que se estudia las diversas rutas alternativas para instalar el cable de fibras ópticas y se obtiene la ruta adecuada para la implantación de la red reemplazando al hilo de guardia del sistema nacional interconectado, considerando que es la ruta con el mas alto factor de seguridad y la red más económica.

Considerando que la diferencia de costos del cable de 24 fibras con respecto a uno de 12 fibras es de US \$ 4 por metro, y que además los fabricantes de fibras ópticas garantizan un tiempo de vida del cable de fibras ópticas de 30 a 40 años, se recomienda a EMETEL evaluar la posibilidad de utilizar el cable de 24 fibras ópticas.

BIBLIOGRAFIA

- [1] AHCIET, " Manual de Telecomunicaciones rurales", Colección técnica AHCIET.
- [2] ALCOA FULJIKURA LTD., " Optical Fiber Cables and System", USA, Octubre de 1992.
- [3] ARES ROBERTO, " Sistemas de Transmisión Digital ", segunda edición, vol 2, Milano - Italia, 1991.
- [4] AT&T, " Optical terminal system, and cost", USA, Octubre 20 de 1992.
- [5] BEDMAR J, " Telecomunicaciones a través de fibras ópticas ", AHCIET, Madrid- España, 1986.
- [6] CCITT, " Libro azul", Malbourne - Suiza, Vol III.4 y III.5, 1988.
- [7] CCITT GAS 10, " Planificación general de red ", Ginebra - Suiza, 1986.
- [8] DIAZ R, " Comunicaciones por fibra óptica ", serie mundo electrónico, Barcelona - España, 1986.
- [9] EMETEL, " Contrato 87122", 1987.
- [10] EMETEL, " Estudios de proyección y demanda de tráfico del departamento de planificación de la Gerencia general", Quito, 1990.
- [11] EMETEL, " Revista síntesis", Quito-Ecuador, Agosto de 1992.
- [12] HOSS ROBERT, " Fiber optic communications design handbook", USA, Prentice-Hall, 1990
- [13] INECCEL, " Inecel y sus obras " Quito, 1992

- [14] NOKIA, " Optical fiber system ", Suecia , 1991
- [15] PRYGIEL F., HOENEISEN B., JACOBSON H.,
"Comunicaciones ópticas ", Quito, Escuela
Politécnica Nacional, 1986.
- [16] QUIROZ V, " Sistemas ópticos interurbanos", Rev
Telebrás 15 (53), Brasil, Nov. de 1991.
- [17] SIEMENS T, " Introduction to fiber óptics
systems", Milano-Italia, 1990.
- [18] SIEMENS T, " intrduzione alle fibre ottiche ",
Milano - Italia, 1989.
- [19] SIEMENS, " TL71, TL 72, TL 73, TL 74, TL 75
Optical terminal line" , Milano - Italia, 1990.
- [20] THUESEN H.G, FABRICKÝ W, " Ingeniería Económica",
quinta edición, Madrid-España, 1981.
- [21] VANCEK E., " Sistemas de comunicación a través de
fibras ópticas", Universidad de Santiago de Chile,
Chile, 1986.

ANEXOS.

- A CODIGOS DE LINEA
- B CALCULOS DE LA FLECHA Y LISTADO DE LAS ESTRUCTURAS DE LA RUTA QUITO GUAYAQUIL.
- C CARACTERISTICAS DEL CABLE OPT-GW PARA LA INSTALACION
- D CARACTERISTICAS DE EQUIPOS PARA LA IMPLANTACION DEL ENLACE
- E PRINCIPALES CARACTERISTICAS DEL PROGRAMA DESARROLLADO EN EL EMETEL UTILIZADO.

ANEXO A

ANEXO A

CODIGOS DE LINEA

Los equipos digitales están constituidos de circuitos lógicos los cuales funcionan con dos niveles de tensión, es decir utilizan señales binarias. Por ésta razón además de los datos es necesarios disponer en paralelo de una señal de reloj que indique dónde comienza y termina cada bit.

Los datos binarios se presentan en dos formatos: NRZ (Non Return to Zero), y RZ (Return to Zero), el primero es el código tradicional utilizado para datos, el segundo caso los bit 1 son ocupados por un ciclo de reloj (10). En la Fig. A-1 se muestra un ejemplo de código NRZ y RZ.

Características principales.

Las ventajas que representa la utilización de los códigos de línea para adaptar la señal de datos NRZ y CK (reloj) hacia un vínculo de transmisión son: transmitir los datos y reloj por un mismo par conductor, mantener una alta densidad de símbolos , mantener una equiprobabilidad de símbolos, eliminar la componente de corriente continua, entre otros.

En la transmisión por conductores de cobre (par balanceado o cable coaxial) se recurre a una gran variedad de códigos. Los códigos de salida y entrada a los multiplexores están normalizados por el CCITT Rec. G.703, dichos códigos son el HDB3 (Third order high density bipolar) y CMI (Codec mark inversion). En la Fig. A-1 se presenta una aplicación de estos códigos.

CODIGO HDB3

El código HDB3 permite una elevada densidad

bipolar con un máximo de 3 ceros seguidos. Las leyes de codificación se pueden enumerar de la siguiente manera:

- Los bit 1 se alternan en polaridad y su duración se reduce al 50 %, es decir se transmite un pulso de reloj por cada 1 con polaridad alternada.
- Cuando se encuentra una secuencia 0000 se reemplaza por 000V o R00V, dónde V es un pulso de violación y R un pulso de relleno. Las violaciones están alternadas entre si. Si existe el pulso de relleno lleva la misma polaridad de la violación.
- Se coloca 000V cuando el último pulso antes de V tiene distinta polaridad a ésta. Es decir si entre 2 violaciones consecutivas hay un número par de bits 1 se coloca R, de lo contrario no se coloca.
- Luego de una violación el próximo pulso tendrá distinta polaridad.

Con éstas reglas se asegura la equiprobabilidad de pulsos con polaridad positiva y negativa. Luego no hay componente de corriente continua por lo tanto este código atraviesa sin distorsiones capacitores en serie y transformadores.

El HDB3 se trata de un código pseudoaleatorio ya que si bien ocupa tres niveles de tensión bipolares, el nivel positivo y negativo corresponden al bit 1. Como los bit 1 son reemplazados por pulsos de reloj, no se requiere dos pares de conductores (uno para datos y otro para reloj); es decir que los datos y reloj se transmiten por el mismo par. Como existe una alta densidad bipolar "solo se permite un máximo de 3 ceros consecutivos" la transmisión del reloj está asegurada para su recuperación en el receptor. Si esto no fuese así el circuito que recupera el reloj en el receptor podría sufrir un corrimiento de fase y producir errores en la regeneración de la señal.

El código HDB3 se usa como código de interfaz entre multiplexores digitales a nivel de señal de 2048 Kb/s, 8448 Kb/s y 34368 Kb/s. Además se usa como código de transmisión para 2048 Kb/s para pares de cobre balanceado.

CODIGO CMI

Como código de interfaz de entrada/salida del multiplexor de 139264 Kb/s, se ha seleccionado el código CMI de inversión de marcas codificadas. Este código es bipolar de 2 niveles (binario) responde a la siguiente regla de codificación: Los bit 1 se reemplazan por la secuencia 11 y 00 en forma alternada y los bit cero se reemplazan por la secuencia 01 (un ciclo de reloj).

En éste código se repite la equiprobabilidad de polaridad y la consiguiente ausencia de componente de corriente continua. Se repite la alta densidad bipolar para mantener presente el reloj y la alta posibilidad de transmitir datos y reloj por el mismo par.

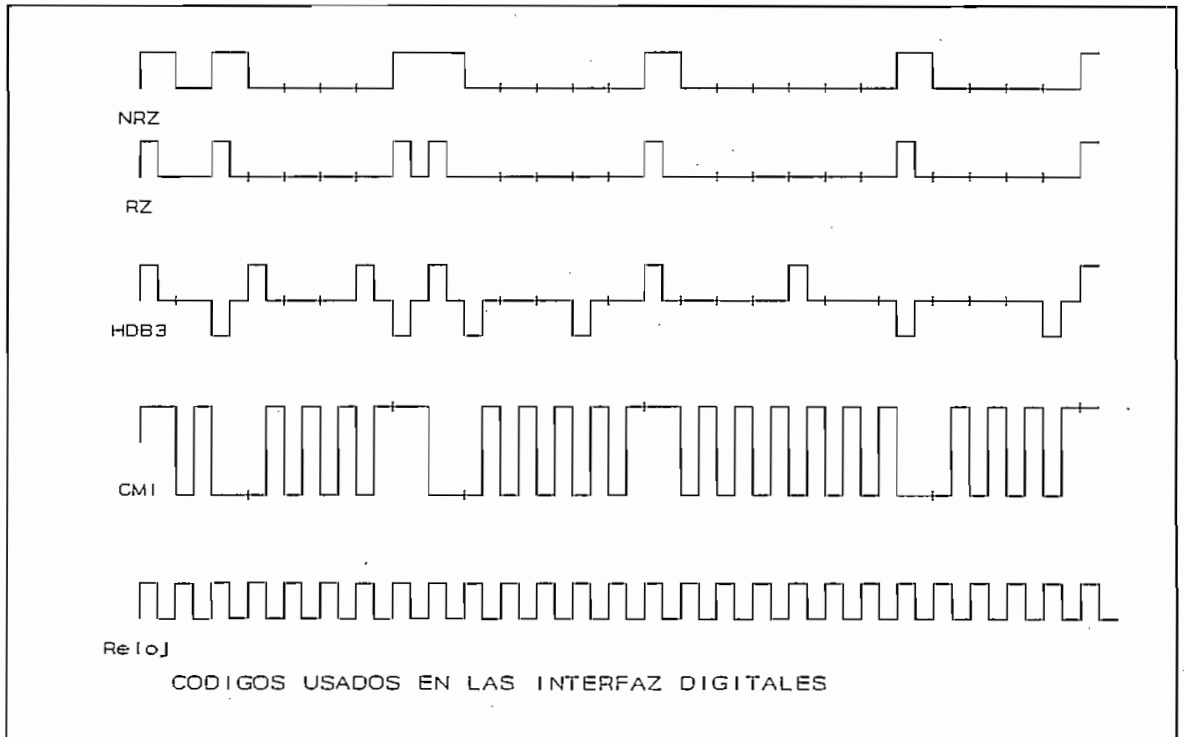


Fig. A-1

ANEXO B

ANEXO B

CALCULO DE LA FLECHA PARA LA INSTALACION DEL CABLE OPT-GW

Calculamos la Flecha para el tendido del cable OPT-GW para reemplazar el hilo de guardia del sistema nacional interconectado. Ya que éste valor se va a utilizar en el momento del montaje del cable óptico sobre las estructuras del sistema nacional interconectado para determinar la tensión final aplicable en cada vano de tendido del cable.

Cálculo de la Flecha .

Para calcular la flecha y la distancia total entre los dos mástiles se utiliza las fórmulas de la Catenaria. La Ecuación para el cálculo de la Flecha es:

$$F = \frac{V^2 * P_0}{8 * T_H}$$

Dónde :

V = Distancia entre mástiles (m)

P₀ = Peso por unidad de longitud (kg/m)

T_H = Tensión horizontal en función de la temperatura.

La ecuación para el cálculo de la longitud real del vano es:

$$L = \frac{T_H}{P_0} * \operatorname{senh} \frac{(V * P_0)}{T_H}$$

La tensión T_H es una constante proporcionada por el fabricante para diversas temperaturas de trabajo del cable.

Las principales características del hilo de guarda con fibra óptica son las siguientes:

E.D.S	H1 = 17 % TR
Tensión de Ruptura	TR = 7354.8 Kg.
Peso Unitario Kg/m	P _o = 0.455
Sección en mm ²	A = 57

Vano (m)	Tensión en Kg. (T _H) 60 °C
150	624
200	667
250	700
300	725
350	745
400	759
450	771
500	780
550	788
600	794
650	799
700	803
750	806
800	809
850	812
900	814
950	816
1000	817
1050	819
1100	820
1150	821
1200	822
1250	823
1300	823

A continuación se presenta el listado de la ruta por el sistema nacional interconectado, que se va utilizar para la instalación del sistema óptico. Realizando los cálculos de la flecha para la instalación del cable que va reemplazar al hilo de guarda.

La longitud total del cable a instalarse esta dada por la longitud total del tramo más el 3 % para compensar la longitud real del cable debido a la curvatura del cable instalado (flecha) y un cierto margen de reserva.

**DESCRIPCION DE LA RUTA POR EL
SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO**

RUTA STA ROSA - VICENTINA

NUMERO DE ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)	VANO (m)	FLECHA (m)
1	106.00	106.0	1.02
2	675.00	569.0	23.37
3	887.00	212.0	3.83
4	1274.00	387.0	11.23
5	1662.00	388.0	11.28
6	2079.00	417.0	13.03
7	2409.76	330.8	8.35
8	2731.76	322.0	8.14
9	3055.76	324.0	8.24
10	3559.76	504.0	18.53
11	3889.90	330.1	8.32
12	4182.90	293.0	6.74
13	4700.90	518.0	19.57
14	5243.90	543.0	21.29
15	5430.62	186.7	2.97
16	5648.62	218.0	3.86
17	6016.62	368.0	10.63
18	6177.62	161.0	2.36
19	6669.62	492.0	17.66
20	7141.62	472.0	16.44
21	7520.62	379.0	10.77
22	7811.62	291.0	6.64
23	8387.62	576.0	23.95
24	9180.62	793.0	44.22
25	9936.91	756.3	40.37
26	10202.91	266.0	5.75
27	10916.91	714.0	36.12
28	11300.91	384.0	11.05
29	11842.18	541.3	21.15
30	12207.18	365.0	10.17
31	12507.18	300.0	7.06
32	12865.18	358.0	9.79
33	13253.18	388.0	11.28
34	13775.18	522.0	19.87
35	14638.18	863.0	52.18
36	14750.18	112.0	1.14
37	15192.18	442.0	14.42
38	15601.18	409.0	12.54
39	16010.18	409.0	12.54
40	16527.18	517.0	19.50

**DESCRIPCION DE LA RUTA POR EL
SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO**

RUTA STA. ROSA-SANTO DOMINGO

NUMERO DE ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)	VANO (m)	FLECHA (m)
1	0.00		
2	308.50	308.5	7.47
3	743.00	434.5	13.93
4	1201.00	458.0	15.48
5	1607.00	406.0	12.36
6	2058.00	451.0	15.01
7	2394.30	336.3	8.64
8	2764.30	370.0	10.45
9	3206.50	442.2	14.43
10	3780.00	573.5	23.75
11	4229.20	A 449.2	14.89
	4199.00	AD -30.2	
12	4844.50	645.5	29.67
13	5396.50	552.0	22.00
14	5742.00	345.5	9.12
15	6152.00	410.0	12.60
16	6618.50	466.5	16.06
17	7187.50	569.0	23.37
18	7573.00	385.5	11.14
19	7947.00	374.0	10.61
20	8593.00	646.0	29.71
21	8967.80	374.8	10.66
22	9356.00	388.2	11.30
23	9639.00	283.0	6.28
24	10177.00	538.0	20.90
25	10809.00	632.0	28.44
26	11339.00	530.0	20.28
27	11741.00	402.0	12.11
28	12196.00	455.0	15.28
29	12662.00	466.0	16.02
30	13101.50	439.5	14.25
31	13347.50	246.0	4.92
32	13725.00	377.5	10.68
33	14154.30	429.3	13.60
34	14750.90	596.6	25.50
35	15124.40	A 373.5	10.46
	15126.60	AD 2.2	0.00
36	15578.60	452.0	15.08
37	16511.60	933.0	60.69
38	16838.70	327.1	8.28
39	17848.10	1009.4	70.95
40	18088.70	240.6	4.70
41	18532.30	443.6	14.52
42	18835.80	303.5	7.23
43	19343.50	507.7	18.80
	19343.10	-0.4	
44	19576.70	233.6	4.43
45	19775.10	198.4	3.36

**DESCRIPCION DE LA RUTA POR EL
SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO**

RUTA STA ROSA - SANTO DOMINGO

NUMERO DE ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)	VANO (m)	FLECHA (m)
	19774.70	-0.4	
46	20669.70	895.0	55.98
47	21304.80	635.1	28.72
48	21691.70	386.9	11.22
	21683.80	-7.9	
49	22267.00	583.2	24.37
50	22824.90	557.9	22.47
51	23262.20	437.3	14.11
52	23478.40	216.2	3.80
53	23819.20	340.8	8.87
54	24739.00	919.8	59.13
55	24927.60	188.6	2.89
56	25388.40	460.8	15.67
57	25889.00	500.6	18.28
58	26483.50	594.5	25.32
59	27167.80	684.3	33.18
60	27597.40	429.6	13.62
61	28274.00	676.6	32.43
62	28952.20	678.2	32.59
63	29402.50	450.3	14.96
64	29833.50	431.0	13.71
65	30274.80	441.3	14.37
66	31187.60	912.8	58.23
67	31976.40	788.8	43.76
	31951.21	-25.2	
68	32104.60	153.4	2.15
69	32718.19	613.6	26.98
70	33239.85	521.7	19.85
71	33525.78	285.9	6.42
72	33781.98	256.2	5.33
73	34442.05	660.1	31.02
74	34823.94	381.9	10.93
75	35156.81	332.9	8.46
76	35681.71	524.9	19.97
77	36096.22	414.5	12.88
78	36760.38	664.2	31.41
79	37320.00	559.6	22.61
80	37677.70	357.7	9.77
	37679.40	AD 1.7	
81	37993.50	314.1	7.74
82	38492.00	498.5	18.13
83	38784.30	292.3	6.70
84	39047.00	262.7	5.61
85	39310.10	263.1	5.63
86	39875.60	565.5	23.09
87	40078.40	202.8	3.51
88	40699.30	620.9	27.55

**DESCRIPCION DE LA RUTA POR EL
SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO**

RUTA STA ROSA - SANTO DOMINGO

NUMERO DE ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)	VANO (m)	FLECHA (m)
89	41717.60	1018.3	72.21
	41669.60	-48.0	
90	42469.20	799.6	44.96
91	42831.90	362.7	10.05
92	43320.10	488.2	17.38
93	43996.20	676.1	32.39
94	44858.00	861.8	52.04
	44857.00	-1.0	
95	44970.50	113.5	1.17
96	45369.50	399.0	11.93
97	45993.50	624.0	27.83
98	46306.00	312.5	7.66
99	46842.50	536.5	20.78
100	47705.00	862.5	52.12
101	48025.00	320.0	8.04
102	48555.00	530.0	20.28
103	49480.30	925.3	59.77
104	49671.50	191.2	3.12
105	50145.90	A 474.4	16.41
	50145.00	AD -0.9	
106	50381.00	236.0	4.53
107	50937.00	556.0	22.15
108	51175.00	238.0	4.60
109	51805.00	630.0	28.26
110	52331.50	526.5	20.06
111	52665.00	333.5	8.49
112	53072.50	407.5	12.45
113	53368.50	296.0	6.88
114	54048.00	679.5	32.71
115	54535.80	487.8	17.36
116	54971.00	435.2	13.98
117	55238.00	267.0	5.79
118	55670.00	432.0	13.77
119	56107.50	437.5	14.12
120	56465.70	358.2	9.80
121	56908.80	443.1	14.49
122	57575.00	666.2	31.60
123	57831.00	256.0	5.33
124	58185.00	354.0	9.57
125	58322.50	137.5	1.72
126	58898.40	575.9	23.76
127	59299.00	400.6	12.03
128	59816.00	517.0	19.50
129	60046.00	230.0	4.30
130	60138.00	92.0	0.77
131	60465.00	327.0	8.28
132	60852.50	387.5	11.26

**DESCRIPCION DE LA RUTA POR EL
SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO**

RUTA STA ROSA - SANTO DOMINGO

NUMERO DE ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)	VANO (m)	FLECHA (m)
133	61478.80	626.3	28.03
134	61688.70	209.9	3.76
135	62561.40	872.7	53.36
136	63155.60	594.2	25.30
137	63375.00	219.4	4.11
138	63788.50	413.5	12.82
139	64067.00	278.5	6.30
140	64323.60	256.6	5.35
141	64771.50	447.9	14.80
142	65085.00	313.5	7.71
143	65518.00	433.0	13.83
144	66075.50	557.5	22.44
145	66709.00	633.5	28.58
146	67295.70	586.7	24.66
147	67929.00	633.3	28.56
148	68336.50	407.5	12.45
149	68757.50	421.0	13.29
150	69218.00	460.5	15.65
151	69586.00	368.0	10.34
152	69955.50	369.5	10.43
153	70301.20	345.7	9.13
154	70786.50	485.3	17.18
155	71425.60	639.1	29.08
156	71649.90	224.3	4.09
157	72050.30	400.4	12.02
	72050.00	-0.3	0.00
158	72652.50	602.5	26.01
159	73057.50	405.0	12.29
160	73446.00	388.5	11.31
161	73771.00	325.0	8.18
162	74218.00	447.0	14.74
163	74754.00	536.0	20.74
164	75225.00	471.0	16.37
165	75774.50	549.5	21.80
166	76135.40	360.9	9.95
167	76502.50	367.1	10.29
168	76918.40	415.9	12.97
169	77379.80	461.4	15.71
170	77706.00	326.2	8.13

**DESCRIPCION DE LA RUTA POR EL
SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO**

RUTA SANTO DOMINGO-QUEVEDO

NUMERO DE ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)	VANO (m)	FLECHA (m)
1	0.00		
2	356.50	356.5	9.71
3	992.50	636.0	28.80
4	1404.00	411.5	12.69
5	1809.00	405.0	12.29
6	2193.50	384.5	11.08
7	2551.00	357.5	9.76
8	2989.00	438.0	14.16
9	3288.00	299.0	7.02
10	3647.00	359.0	9.84
11	4021.50	374.5	10.71
12	4483.00	461.5	15.72
13	4883.00	400.0	11.99
14	5380.00	497.0	18.02
15	5832.20	452.2	15.09
16	6192.50	360.3	9.91
	6210.60	18.1	
17	6637.50	426.9	13.66
18	7010.00	372.5	10.89
19	7372.00	362.0	10:28
20	7795.00	423.0	13.20
21	8180.00	385.0	11.11
22	8567.00	387.0	11.23
23	9058.00	491.0	17.58
24	9428.00	370.0	10.45
25	9877.50	449.5	14.91
26	10270.50	393.0	11.58
27	10725.00	454.5	15.24
28	11197.00	472.0	16.44
29	11650.00	453.0	15.14
30	12074.50	424.5	13.40
31	12440.00	365.5	10.20
32	12842.50	402.5	12.14
33	13276.50	434.0	13.90
34	13655.80	379.3	10.78
35	14077.50	421.7	13.24
36	14519.50	442.0	14.42
37	14970.00	450.5	14.98
38	15392.00	422.0	13.35
39	15760.00	368.0	10.34
40	16129.00	369.0	10.40
41	16495.50	366.5	10.26
42	16894.50	399.0	11.93
43	17371.00	476.5	16.75
44	17823.00	452.0	15.08

**DESCRIPCION DE LA RUTA POR EL
SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO**

RUTA SANTO DOMINGO-QUEVEDO

NUMERO DE ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)	VANO (m)	FLECHA (m)
45	18220.00	397.0	11.81
46	18642.00	422.0	13.35
47	19012.00	370.0	10.45
48	19483.00	471.0	16.37
49	19967.50	484.5	17.12
50	20395.50	428.0	13.52
51	20805.00	409.5	12.57
52	21235.00	430.0	13.64
53	21744.50	509.5	18.93
54	22198.50	454.0	15.21
55	22610.00	411.5	12.69
56	22870.00	260.0	5.49
57	23303.50	433.5	13.87
58	23630.00	326.5	8.25
59	24035.00	405.0	12.29
60	24529.50	494.5	17.84
61	24904.50	375.0	10.54
62	25312.50	408.0	12.48
63	25798.00	485.5	17.19
64	26285.00	487.0	17.30
65	26777.70	492.7	17.71
66	27050.00	272.3	6.03
67	27543.90	A 493.9	17.79
	27543.50	AD -0.4	
68	27912.60	369.1	10.40
69	28286.00	373.4	10.65
70	28701.00	415.0	12.91
71	29085.00	384.0	11.05
72	29483.00	398.0	11.87
73	29885.00	402.0	12.11
74	30283.50	398.5	11.90
75	30572.40	288.9	6.55
76	31066.70	494.3	17.82
77	31456.90	A 390.2	11.41
	31456.50	AD -0.4	
78	31846.00	389.5	11.37
79	32251.50	405.5	12.32
80	32619.00	367.5	10.31
81	32983.50	364.5	10.15
82	33402.00	418.5	13.13
83	33852.00	450.0	14.94
84	34151.50	299.5	7.04
85	34574.50	423.0	13.41
86	34969.50	395.0	11.69
87	35320.00	350.5	9.38

DESCRIPCION DE LA RUTA POR EL
SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO

RUTA SANTO DOMINGO-QUEVEDO

NUMERO DE ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)	VANO (m)	FLECHA (m)
88	35750.00	430.0	13.64
89	36047.20	297.2	6.93
90	36354.00	306.8	7.39
91	36782.00	428.0	13.52
92	37229.00	447.0	14.74
93	37678.50	449.5	14.91
94	38107.00	428.5	13.55
95	38482.00	375.0	10.54
96	38786.50	304.5	7.28
97	39174.50	388.0	11.28
98	39371.50	197.0	3.31
99	39996.50	625.0	27.81
100	40431.00	434.5	13.93
101	40863.00	432.0	13.77
102	41266.50	403.5	12.20
103	41618.00	351.5	9.43
104	41968.00	350.0	9.35
105	42344.50	376.5	10.46
106	42772.50	428.0	13.52
107	43182.00	409.5	12.57
108	43595.00	413.0	12.79
109	44013.50	418.5	13.13
110	44462.00	448.5	14.84
111	44849.00	387.0	11.23
112	45277.50	428.5	13.55
113	45696.00	418.5	13.13
114	46142.00	446.0	14.68
115	46501.00	359.0	9.84
116	46973.00	472.0	16.25
117	47404.50	431.5	13.74
118	47773.20	368.7	10.38
119	48079.00	305.8	7.34
120	48457.00	378.0	10.91
121	48869.50	412.5	12.75
122	49255.50	386.0	11.17
123	49658.00	402.5	12.14
124	50170.00	512.0	19.12
125	50576.00	406.0	12.02
126	50978.50	402.5	11.82
127	51439.50	461.0	15.68
128	51890.00	450.5	14.98
129	52351.90	461.9	15.74
130	52775.50	423.6	13.45
131	53203.00	427.5	13.49
132	53678.60	475.6	16.50

**DESCRIPCION DE LA RUTA POR EL
SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO**

RUTA SANTO DOMINGO-QUEVEDO

NUMERO DE ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)	VANO (m)	FLECHA (m)
	53680.50	AD 1.9	
133	54119.00	438.5	14.19
134	54501.00	382.0	10.94
135	54904.00	403.0	12.17
136	55362.00	458.0	15.48
137	55802.50	440.5	14.32
138	56282.00	479.5	16.77
139	56715.00	433.0	13.83
140	57217.00	502.0	18.38
141	57642.00	425.0	13.33
142	58011.50	369.5	10.43
143	58376.50	365.0	10.17
144	58773.00	396.5	11.78
145	59156.50	383.5	11.02
146	59535.00	378.5	10.74
147	59944.50	409.5	12.57
148	60334.00	389.5	11.37
149	60728.50	394.5	11.67
150	61067.00	338.5	8.75
151	61423.40	356.4	9.70
152	61808.00	384.6	11.09
153	62143.50	335.5	8.60
154	62639.50	496.0	17.94
155	63125.50	486.0	17.23
156	63551.00	425.5	13.36
157	64016.50	465.5	15.99
158	64476.00	459.5	15.58
159	64988.00	512.0	19.12
160	65375.50	387.5	11.26
161	65843.50	468.0	16.16
162	66273.00	429.5	13.61
163	66695.50	422.5	13.38
164	67202.00	506.5	18.71
165	67566.50	364.5	10.15
166	68032.00	465.5	15.99
167	68429.00	397.0	11.81
168	68812.50	383.5	11.02
169	69144.00	331.5	8.39
170	69639.50	495.5	17.91
171	70035.50	396.0	11.75
172	70365.50	330.0	8.32
173	70756.50	391.0	11.46
174	71168.00	411.5	12.69
175	71541.50	373.5	10.46
176	71923.50	382.0	10.94

**DESCRIPCION DE LA RUTA POR EL
SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO**

RUTA SANTO DOMINGO-QUEVEDO

NUMERO DE ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)	VANO (m)	FLECHA (m)
177	72344.00	420.5	13.25
178	72821.00	477.0	16.79
179	73283.50	462.5	15.78
180	73735.00	451.5	15.04
181	74171.00	436.0	14.03
182	74605.00	434.0	13.90
183	75089.50	484.5	17.12
184	75520.00	430.5	13.68
185	75917.00	397.0	11.81
186	76340.00	423.0	13.20
187	76716.00	376.0	10.80
188	77080.50	364.5	10.15
189	77549.50	469.0	16.23
190	77962.50	413.0	12.79
191	78467.50	505.0	18.60
192	78932.00	464.5	15.92
193	79401.50	469.5	16.27
194	79781.00	379.5	10.80
195	80334.00	553.0	22.08
196	80799.50	465.5	15.99
197	81180.50	381.0	10.88
198	81676.50	496.0	17.94
199	81986.50	310.0	7.54
200	82309.50	323.0	8.19
201	82680.00	370.5	10.48
202	82972.50	292.5	6.71
203	83321.50	349.0	9.30
204	83699.50	378.0	10.71
205	84013.00	313.5	7.71
206	84445.00	432.0	13.77
207	84887.50	442.5	14.45
208	85336.00	448.5	14.84
209	85767.00	431.0	13.71
210	86186.00	419.0	13.16
211	86571.00	385.0	11.11
212	86995.00	424.0	13.27
213	87388.00	393.0	11.58
214	87771.50	383.5	11.02
215	88165.00	393.5	11.61
216	88525.50	360.5	9.92
217	88907.50	382.0	10.94
218	89257.50	350.0	9.35
219	89699.00	441.5	14.38
220	90186.00	487.0	17.30
221	90654.00	468.0	16.16

**DESCRIPCION DE LA RUTA POR EL
SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO**

RUTA SANTO DOMINGO-QUEVEDO

NUMERO DE ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)	VANO (m)	FLECHA (m)
222	91080.00	426.0	13.39
223	91437.00	357.0	9.73
224	91824.60	387.6	11.26
225	92156.60	A 332.0	8.42
	92163.80	AD 7.2	
226	92537.50	373.7	10.66
227	93032.50	495.0	17.87
228	93509.00	476.5	16.56
229	93961.50	452.5	15.11
230	94427.50	466.0	16.02
231	94819.50	392.0	11.52
232	95167.00	347.5	9.22
233	95541.50	374.5	10.51
234	95934.00	392.5	11.55
235	96326.50	392.5	11.55
236	96680.50	354.0	9.57
237	97085.50	405.0	12.29
238	97487.50	402.0	12.11
239	97924.50	437.0	14.09
240	98265.50	341.0	8.88
241	98591.00	325.5	8.09
242	98939.40	348.4	9.27
243	99288.00	348.6	9.28
244	99710.50	422.5	13.17
245	100103.50	393.0	11.58
246	100498.00	394.5	11.67
247	100935.50	437.5	14.12
248	101279.00	343.5	9.01
249	101699.50	420.5	13.25
250	102172.50	473.0	16.32
251	102676.00	503.5	18.49
252	103085.50	409.5	12.57
253	103493.50	408.0	12.48
254	103889.50	396.0	11.75
255	104349.00	459.5	15.58
256	104662.00	313.0	7.69

**DESCRIPCION DE LA RUTA POR EL
SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO**

RUTA QUEVEDO-PASCUALES

NUMERO DE ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)	VANO (m)	FLECHA (m)
1	50.50	0	
2	415.30	364.8	10.16
3	975.10	559.8	22.62
4	1186.00	210.9	3.79
5	1622.00	436.0	14.03
6	2024.00	402.0	12.11
7	2615.00	591.0	25.03
8	2879.00	264.0	5.66
9	3309.00	430.0	13.64
10	3654.00	345.0	9.09
11	4225.00	571.0	23.54
12	4512.00	287.0	6.46
13	5194.00	682.0	32.95
14	5613.00	419.0	13.16
15	6124.00	511.0	19.05
16	6400.00	276.0	5.98
17	6682.20	282.2	6.25
18	7245.50	A 563.3	22.91
	7245.00	AD -0.5	
19	7795.00	549.5	21.80
20	8232.00	437.0	14.09
21	8689.00	457.0	15.41
22	9154.50	465.5	15.99
23	9671.00	516.5	19.46
24	10070.00	399.0	11.93
25	10500.00	430.0	13.64
26	10932.20	432.2	13.78
27	11345.00	412.8	12.77
28	11705.00	360.0	9.90
29	12075.00	370.0	10.26
30	12315.00	240.0	4.68
31	12635.00	320.0	8.04
32	13031.00	396.0	11.75
33	13359.00	328.0	8.22
34	13820.00	461.0	15.68
35	14195.00	375.0	10.54
36	14472.00	277.0	6.02
37	15057.00	585.0	24.52
38	15520.00	463.0	15.82
39	15984.00	464.0	15.89
40	16453.50	469.5	16.27
41	16922.00	468.5	16.20
42	17373.50	451.5	15.04
43	17819.00	445.5	14.64
44	18265.50	446.5	14.71
45	18689.00	423.5	13.23
46	19079.00	390.0	11.40
47	19474.00	395.0	11.69
48	19800.60	326.6	8.15
49	20115.00	314.4	7.76

**DESCRIPCION DE LA RUTA POR EL
SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO**

RUTA QUEVEDO-PASCUALES

NUMERO DE ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)	VANO (m)	FLECHA (m)
50	20440.00	325.0	8.07
51	20673.50	233.5	4.43
52	21071.50	398.0	11.87
53	21470.00	398.5	11.90
54	21845.00	375.0	10.54
55	22303.00	458.0	1.54
56	22755.00	452.0	15.08
57	23145.00	390.0	11.40
58	23517.00	372.0	10.37
59	23941.00	424.0	13.48
60	24366.50	425.5	13.36
61	24915.00	548.5	21.72
62	25240.00	325.0	8.18
63	25635.50	395.5	11.72
64	26019.50	384.0	11.05
65	26464.30	444.8	14.60
66	26881.00	416.7	13.02
67	27354.00	473.0	16.51
68	27826.50	472.5	16.47
69	28269.50	443.0	14.48
70	28732.00	462.5	15.78
71	29196.50	464.5	15.92
72	29656.00	459.5	15.58
73	30109.00	453.0	15.14
74	30588.00	479.0	16.73
75	31057.00	469.0	16.23
76	31506.00	449.0	14.88
77	31958.00	452.0	15.08
78	32428.00	470.0	16.11
79	32897.50	469.5	16.08
80	33364.50	467.0	15.91
81	33838.50	474.0	16.39
82	34315.50	477.0	16.60
83	34775.00	459.5	15.58
84	35214.00	439.0	14.22
85	35590.00	376.0	10.60
86	36029.00	439.0	14.22
87	36413.00	384.0	11.05
88	36814.10	401.1	12.06
89	37226.00	411.9	12.72
90	37687.00	461.0	15.68
91	38152.00	465.0	15.96
92	38650.00	498.0	18.09
93	39120.00	470.0	16.30
94	39561.00	441.0	14.35
95	40016.00	455.0	15.28
96	40453.50	437.5	14.12
97	40854.50	401.0	12.05
98	41250.00	395.5	11.72
99	41609.50	359.5	9.87

DESCRIPCION DE LA RUTA POR EL
SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO

RUTA QUEVEDO-PASCUALES

NUMERO DE ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)	VANO (m)	FLECHA (m)
100	41933.50	324.0	8.02
101	42432.00	498.5	18.63
102	42820.00	388.0	11.28
103	43198.50	378.5	10.74
104	43588.00	389.5	11.37
105	43962.90	374.9	10.54
106	44372.00	409.1	12.54
107	44816.00	444.0	14.55
108	45275.00	459.0	15.55
109	45702.00	427.0	13.45
110	46069.50	367.5	10.31
111	46472.00	402.5	12.14
112	46904.00	432.0	13.77
113	47288.00	384.0	11.05
114	47697.50	409.5	12.57
115	48160.00	462.5	15.78
116	48561.80	401.8	12.10
117	48977.00	415.2	12.92
118	49440.00	463.0	15.82
119	49901.50	461.5	15.72
120	50363.50	462.0	15.75
121	50833.00	469.5	16.27
122	51264.50	431.5	13.74
123	51693.00	428.5	13.55
124	52162.00	469.0	16.23
125	52599.00	437.0	14.09
126	53065.00	466.0	16.02
127	53508.00	443.0	14.48
128	53873.00	365.0	10.17
129	54165.60	292.6	6.72
130	54522.70	357.1	9.74
131	54991.50	468.8	16.03
132	55417.00	425.5	13.36
133	55914.00	497.0	18.02
134	56376.50	462.5	15.78
135	56826.50	450.0	14.94
136	57297.00	470.5	16.33
137	57726.00	429.0	13.58
138	58166.00	440.0	14.29
139	58624.00	458.0	15.48
140	59036.50	412.5	12.75
141	59427.00	390.5	11.43
142	59897.00	470.0	16.30
143	60311.50	414.5	12.88
144	60793.50	482.0	16.95
145	61228.50	435.0	13.96
146	61702.00	473.5	16.35
147	62151.00	449.0	14.88
148	62602.00	451.0	15.01
149	63000.00	398.0	11.87

**DESCRIPCION DE LA RUTA POR EL
SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO**

RUTA QUEVEDO-PASCUALES

NUMERO DE ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)	VANO (m)	FLECHA (m)
150	63380.00	380.0	10.82
151	63835.00	455.0	15.28
152	64304.50	469.5	16.27
153	64753.50	449.0	14.88
154	65210.50	457.0	15.41
155	65651.00	440.5	14.32
156	66056.50	405.5	12.32
157	66435.50	379.0	10.77
158	66926.00	490.5	17.55
159	67302.50	376.5	10.63
160	67714.00	411.5	12.69
161	68145.00	431.0	13.71
162	68541.50	396.5	11.78
163	68971.50	430.0	13.64
164	69370.50	399.0	11.93
165	69847.50	477.0	16.60
166	70266.00	418.5	13.13
167	70707.50	441.5	14.38
168	71116.00	408.5	12.51
169	71501.50	385.5	11.14
170	71968.00	466.5	16.06
171	72403.00	435.0	13.96
172	72799.50	396.5	11.78
173	73220.00	420.5	13.05
174	73665.00	445.0	14.61
175	74086.50	421.5	13.11
176	74561.00	474.5	16.42
177	75055.00	494.0	17.80
178	75467.50	412.5	12.75
179	75864.50	397.0	11.81
180	76230.00	365.5	10.20
181	76578.50	348.5	9.27
182	76981.00	402.5	12.14
183	77381.50	400.5	12.02
184	77804.00	422.5	13.38
185	78198.50	394.5	11.67
186	78573.00	374.5	10.51
187	79013.00	440.0	14.29
188	79507.50	494.5	17.84
189	79962.50	455.0	15.28
190	80459.00	496.5	17.98
191	80795.00	336.0	8.62
192	81211.50	416.5	13.00
193	81659.00	447.5	14.78
194	82052.00	393.0	11.58
195	82398.50	346.5	9.17
196	82737.50	339.0	8.78
197	83080.00	342.5	8.96
198	83463.00	383.0	11.00
199	83944.00	481.0	16.87

**DESCRIPCION DE LA RUTA POR EL
SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO**

RUTA QUEVEDO-PASCUALES

NUMERO DE ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)	VANO (m)	FLECHA (m)
200	84364.00	420.0	13.22
201	84816.50	452.5	15.11
202	85251.00	434.5	13.93
203	85712.50	461.5	15.72
204	86192.50	480.0	16.80
205	86592.50	400.0	11.99
206	86981.00	388.5	11.31
207	87370.00	389.0	11.34
208	87787.00	417.0	13.03
209	88145.00	358.0	9.79
210	88513.50	368.5	10.37
211	88958.50	445.0	14.61
212	89355.00	396.5	11.78
213	89760.00	405.0	12.29
214	90236.00	476.0	16.53
215	90659.00	423.0	13.20
216	91081.00	422.0	13.14
217	91508.50	427.5	13.49
218	91954.50	446.0	14.68
219	92401.00	446.5	14.71
220	92820.00	419.0	12.95
221	93218.00	398.0	11.87
222	93681.00	463.0	15.82
223	94133.00	452.0	15.08
224	94468.00	335.0	8.57
225	94742.00	274.0	6.10
226	95075.00	333.0	8.47
227	95464.00	389.0	11.34
228	95841.00	377.0	10.65
229	96290.00	449.0	26.01
230	96732.00	442.0	14.42
231	97236.00	504.0	18.53
232	97708.00	472.0	16.44
233	98144.50	436.5	14.06
234	98553.00	408.5	12.51
235	98945.00	392.0	11.52
236	99434.00	489.0	17.44
237	99896.00	462.0	15.75
238	100391.50	495.5	17.91
239	100853.00	461.5	15.72
240	101313.00	460.0	15.61
241	101684.00	371.0	10.16
242	102120.00	436.0	14.03
243	102602.00	482.0	16.95
244	103073.50	471.5	16.40
245	103505.00	431.5	13.74
246	103997.00	492.0	17.66
247	104343.00	346.0	9.14
248	104679.00	336.0	8.62
249	105059.00	380.0	10.82

**DESCRIPCION DE LA RUTA POR EL
SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO**

RUTA QUEVEDO-PASCUALES

NUMERO DE ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)	VANO (m)	FLECHA (m)
250	105488.50	429.5	13.61
251	105941.50	453.0	15.14
252	106370.50	429.0	13.58
253	106718.50	348.0	9.25
254	107160.00	441.5	14.38
255	107606.00	446.0	14.68
256	108035.00	429.0	13.58
257	108405.00	370.0	10.45
258	108713.50	308.5	7.47
259	109016.00	302.5	7.18
260	109442.00	426.0	13.39
261	109900.00	458.0	15.48
262	110326.00	426.0	13.39
263	110695.00	369.0	10.40
264	110943.00	248.0	5.00
265	111409.00	466.0	16.02
266	111838.50	429.5	13.61
267	112239.50	401.0	12.05
268	112522.00	282.5	6.26
269	113019.50	497.5	18.05
270	113473.00	453.5	15.18
271	113861.50	388.5	11.31
272	114351.00	489.5	17.48
273	114847.50	496.5	17.98
274	115288.50	441.0	14.35
275	115722.00	433.5	13.87
276	116182.50	460.5	15.65
277	116589.00	406.5	12.39
278	117028.00	439.0	14.22
279	117529.50	501.5	18.34
280	117982.50	453.0	15.14
281	118391.00	408.5	12.51
282	118735.00	344.0	9.04
283	119106.00	371.0	10.32
284	119535.00	429.0	13.58
285	120014.00	479.0	16.73
286	120475.00	461.0	15.68
287	120955.00	480.0	16.80
288	121540.00	585.0	24.52
289	121889.50	349.5	9.33
290	122129.00	239.5	4.66
291	122425.00	296.0	6.88
292	122753.00	328.0	8.22
293	123186.00	433.0	13.83
294	123679.00	493.0	17.73
295	124214.50	535.5	20.70
296	124681.00	466.5	16.06
297	124976.00	295.0	6.83
298	125476.00	500.0	18.23
299	125831.00	355.0	9.62

**DESCRIPCION DE LA RUTA POR EL
SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO**

RUTA QUEVEDO-PASCUALES

NUMERO DE ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)	VANO (m)	FLECHA (m)
300	126226.00	395.0	11.69
301	126733.00	507.0	18.75
302	127262.00	529.0	20.20
303	127646.50	384.5	11.08
304	128047.00	400.5	12.02
305	128444.00	397.0	11.81
306	128932.00	488.0	17.37
307	129526.00	594.0	25.28
308	129880.00	354.0	9.57
309	130199.00	319.0	7.88
310	130780.00	581.0	24.19
311	131151.50	371.5	10.34
312	131583.00	431.5	13.74
313	131976.00	393.0	11.58
314	132308.00	332.0	8.42
315	132696.50	388.5	11.31
316	133190.50	494.0	17.80
317	133651.00	460.5	15.65
318	134113.00	462.0	15.75
319	134528.50	415.5	12.94
320	134858.00	329.5	8.29
321	135185.00	327.0	8.17
322	135467.00	282.0	6.24
323	135884.00	417.0	13.03
324	136299.50	415.5	12.94
325	136767.00	467.5	16.13
326	137095.00	328.0	8.22
327	137340.00	245.0	4.88
328	137721.50	381.5	10.91
329	138233.00	511.5	19.08
330	138719.50	486.5	17.26
331	139232.00	512.5	19.16
332	139673.50	441.5	14.38
333	140150.00	476.5	16.56
334	140627.50	477.5	16.63
335	141076.00	448.5	14.84
336	141545.00	469.0	16.23
337	141978.00	433.0	13.83
338	142404.50	426.5	13.42
339	142913.00	508.5	18.86
340	143321.00	408.0	12.48
341	143695.50	374.5	10.51
342	144063.50	368.0	10.34
343	144380.20	316.7	7.87

**DESCRIPCION DE LA RUTA POR EL
SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO**

RUTA PASCUALES-POLICENTRO

NUMERO DE ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)	VANO (m)	FLECHA (m)
1	0.00	56.36	0.24
2	93.94	93.94	0.67
3	241.00	147.06	1.65
4	389.24	148.24	1.68
5	770.24	381.00	11.09
6	1014.88	244.64	4.57
7	1354.09	339.21	8.79
8	1558.58	204.49	3.19
9	1982.05	423.47	13.69
10	2240.38	258.33	5.10
11	2420.38	180.00	2.47
12	2603.58	183.20	2.56
13	2794.48	190.90	2.78
14	2968.98	174.50	2.33
15	3130.47	161.49	1.99
16	3329.63	199.16	3.03
17	3529.63	200.00	3.05
18	3837.92	308.29	7.26
19	4239.70	401.78	12.33
20	4518.13	278.43	5.92
21	4829.18	311.05	7.39
22	5152.99	323.81	8.01
23	5411.11	258.12	5.09
24	5599.88	188.77	2.72
25	5786.91	187.03	2.67
26	6019.46	232.55	4.13
27	6119.01	99.55	0.76
28	6289.00	169.99	2.21
29	6479.00	190.00	2.76
30	6646.00	167.00	2.13
31	6810.00	164.00	2.05
32	6956.00	146.00	1.63
33	7110.00	154.00	1.81
34	7276.00	166.00	2.10
35	7433.94	157.94	1.90
36	7623.56	189.62	2.75
37	7804.26	180.70	2.49
38	7919.08	114.82	1.01
39	8033.08	114.00	0.99
40	8200.08	167.00	2.13
41	8378.08	178.00	2.42
42	8538.08	160.00	1.95
43	8698.08	160.00	1.95
44	8858.03	159.95	1.95
45	9018.04	160.01	1.96
46	9178.07	160.03	1.96
47	9499.42	321.35	7.89
48	9749.22	249.80	4.77
49	9860.64	111.42	0.95
50	10029.27	168.63	2.17

DESCRIPCION DE LA RUTA POR EL
SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO

RUTA PASCUALES-POLICENTRO

NUMERO DE ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)	VANO (m)	FLECHA (m)
51	10142.07	112.80	0.97
52	10392.24	250.17	4.78
53	10588.90	196.66	2.95
54	10686.26	97.36	0.72
55	10829.26	143.00	1.56
56	10989.28	160.02	1.96
57	11129.29	140.01	1.50
58	11209.29	80.00	0.49
59	11289.31	80.02	0.49
60	11386.33	97.02	0.72
61	11469.37	83.04	0.53
62	11629.36	159.99	1.95
63	11789.36	160.00	1.95
64	11949.36	160.00	1.95
65	12109.36	160.00	1.95
66	12249.35	139.99	1.50
67	12349.33	99.98	0.76
68	12424.31	74.98	0.43
69	12499.29	74.98	0.43
70	12574.27	74.98	0.43
71	12649.25	74.98	0.43
72	12724.24	74.99	0.43
73	12799.22	74.98	0.43
74	12948.43	149.21	1.70
75	13199.23	250.80	4.80
76	13359.32	160.09	1.96
77	13538.43	179.11	2.45
78	13679.34	140.91	1.52
79	13839.36	160.02	1.96
80	13999.37	160.01	1.96
81	14109.35	109.98	0.92
82	14169.44	60.09	0.28
83	14319.42	149.98	1.72
84	14479.41	159.99	1.95
85	14619.41	140.00	1.50
86	14746.74	127.33	1.24
87	14846.82	100.08	0.76
88	14971.85	125.03	1.19
89	15093.85	122.00	1.14

ANEXO C

CABLE OPTICAL GROUND WIRE

Se tiene una variedad de cables OPT-GW para reemplazar al hilo de guardia dependiendo del número de fibra a ser instaladas. Además depende de la distancias en promedio por vanos a ser utilizado se decide los componentes del cable de Acero con Aluminio o un cable de aleación de Aluminio (Datos proporcionados por Alcoa Fujikura). El número de fibras por cable OPT-GW varía de 6 hasta 48 fibras como se muestra en las hojas adjuntas.

Se adjunta las principales características proporcionadas por el fabricante para la instalación del cable **Optical Groun Wire** (OPT-GW) que reemplazará al cable de guardia de las líneas de alta tensión del sistema nacional interconectado de INECEL.

También se adjunta las principales características del cable a ser instalado por ductos en las acometidas a las estaciones repetidoras, con características de recubrimiento del material dieléctrico "LOOSE TUBE FIBER OPTIC CABLES".

Alcoa Fujikura Ltd.

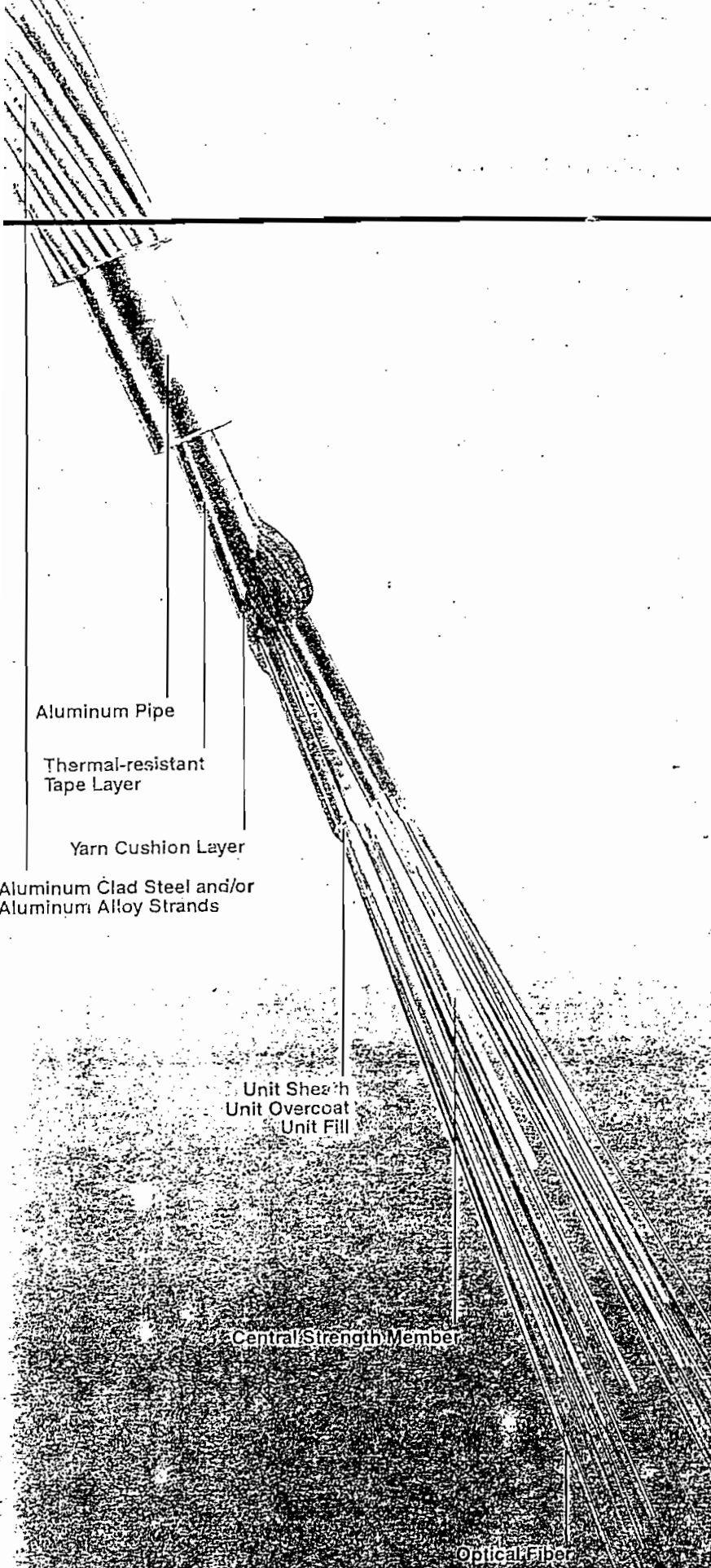
Composite Overhead Optical Ground Wire

Product Description

Alcoa Fujikura Ltd. is the leading U.S. supplier of composite overhead optical ground wire (OPT-GW) with the most total installed footage of OPT-GW on electric utility transmission lines. The cables, incorporating the high-frequency and wide bandwidth of fiber optic waveguides, are ideal for all types of voice, data and image communications, including HDTV. They are inherently secure, immune to field effects, and economical to install. Alcoa Fujikura OPT-GW is readily available with as many as 48 singlemode or multimode fibers in a compact configuration. Continuous lengths of up to 6,000 meters may be ordered in some styles to minimize splicing and simplify installation.

Features and Benefits

- Long Reel Length — Up to 6 kilometers
- Compact Configuration — typically contains up to 48 fibers; for higher fiber counts or specialized designs, consult factory
- Superior Temperature Stability over broad range from -50°C to $+80^{\circ}\text{C}$; due to tight structure design
- Versatile Design Options optimize retrofit installations; combinations of aluminum alloys and aluminum clad steel provide many variations in conductivity, short-circuit rating, strength and weight to meet exact application requirements
- Aluminum Pipe protects fiber units from environmental and physical degradation
- Tight Structure assures compactness of design cross-section



Alcoa Fujikura Ltd.
ALCOA Telecommunications Division

Alcoa Fujikura OPT-GW Specifications

General

The tight structure of Alcoa Fujikura optical ground wire (OPT-GW) provides compact cable designs, excellent performance at all temperatures and loading conditions, and suitability for long vertical as well as horizontal runs.

The optical cable unit consists of a central strength member over which optical fibers are stranded. This assembly is then coated with a fill material, an epoxy

overcoat, and covered with an extruded sheath. An aramid yarn cushion layer, wrapped in a thermal resistive tape, completes the optical unit.

Fiber requirements above 16 can be obtained by the use of multiple fiber subunits to obtain fiber counts through 48 (refer to table below).

Higher fiber counts are available on special order.

Typical Sizes of Alcoa Fujikura OPT-GW (6-48 Fibers)

Featuring Aluminum Clad Steel Wire With 20.3% IACS Conductivity*
(Meets the Requirements of ASTM B-415)

OPT-GW	Fiber Count	No. of Optical Units	Rated Breaking Strength (lbs)	Weight (lbs/ml)	Short Circuit Rating (KA) ² /sec
48mm ² /21	6-8	1	13485	1343	21
**16/32mm ² /421	6-8	1	10210	1109	32
57mm ² /465	10-12	1	16210	1614	35
**23/34mm ² /465	10-12	1	11520	1293	41
72mm ² /504	10-12	1	20330	1979	47
**24/48mm ² /504	10-12	1	15380	1639	56
91mm ² /551	10-12	1	23415	2412	65
**23/68mm ² /551	10-12	1	19185	2094	76
63mm ² /500	14-16	1	18030	1813	48
75mm ² /531	14-16	1	21410	2110	60
**30/45mm ² /531	14-16	1	15200	1685	73
64mm ² /528	18-24	3	18420	1927	35
**20/44mm ² /528	18-24	3	14080	1619	67
74mm ² /551	18-24	3	21170	2173	65
**25/49mm ² /551	18-24	3	16115	1820	90
80mm ² /587	24-32	4	23062	2409	91
**37/43mm ² /587	24-32	4	15490	1894	106
91mm ² /610	24-32	4	25925	2660	105
**30/60mm ² /610	24-32	4	19735	2235	120
65mm ² /555	20-36	3	18950	2029	63
**26/39mm ² /555	20-36	3	13618	1684	79
80mm ² /591	20-36	3	23025	2386	65
91mm ² /614	20-36	3	25885	2636	103
**45/45mm ² /614	20-36	3	16592	2021	122
86mm ² /646	38-48	4	25095	2715	129
**34/52mm ² /646	38-48	4	18051	2232	144
129mm ² /724	38-48	4	34135	3791	203
**64/64mm ² /724	38-48	4	22076	2837	243

*Aluminum Clad Steel Wire is also available in 27% IACS for applications requiring this value. **Aluminum Alloy/AW Strands



Alcoa Fujikura Ltd.
Telecommunications Division

105 Westpark Drive
Brentwood, TN 37027
Phone: 615/370-4300
Fax: 615/377-2470

AFL164003/5M890 Printed in U.S.A.
©1990, Alcoa Fujikura Ltd.

Alcoa Fujikura Ltd.

Composite Overhead Optical Ground Wire

OPT-GW Design

A. Design Considerations

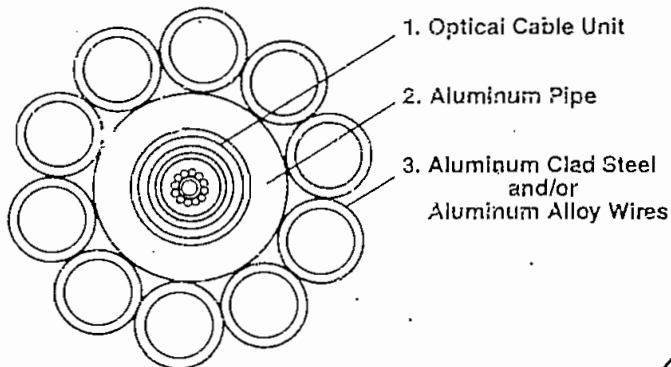
Alcoa Fujikura optical ground wire (OPT-GW) is constructed of specifically selected or custom-engineered components, combined into a unique configuration to meet the exact requirements of each application.

The primary requirements to be considered include:

- Communication Requirements—number and type of optical fibers
- Mechanical Requirements—sag tension
- Electrical Requirements— I^2t fault current

B. Basic Components

Composite overhead ground wire consists of three basic components:



The aluminum pipe is roll formed, continuously welded and drawn over the optical cable unit, providing permanently airtight, moistureproof protection.

The aluminum clad steel wires and/or aluminum alloy wires surrounding the pipe give the OPT-GW its primary strength. Aluminum clad steel wires with 20.3% IACS conductivity are normally used. Certain applications require 27% IACS conductivity for very high fault currents, or where weight and outside diameter must be minimal. A combination of aluminum clad steel and aluminum alloy wires is also practical for these applications.

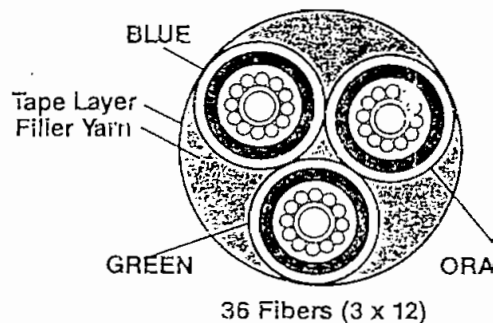
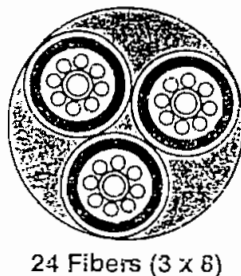
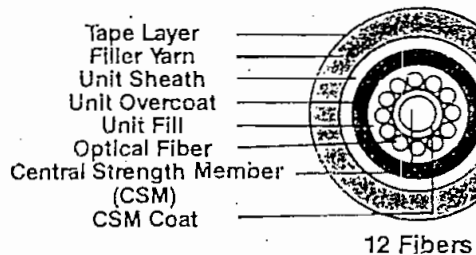
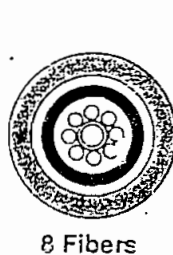
C. Optical Cable Unit

In the tight-structure design of Alcoa Fujikura OPT-GW, high-strength silica glass optical fibers are stranded in close contact around a relatively stiff central strength member to form a subunit. The central member reinforces the optical fibers and reduces microbend losses over a broad temperature range.

The subunit is then completed by applying filler, overcoat and sheath. A yarn cushion layer and thermal resistant tape layer complete the optical unit.

D. Typical Configurations

Fiber counts above 16 can be obtained by using multiple fiber units stranded around each other, with filler yarn and tape layer applied over the units.



Alcoa Fujikura Ltd.

Telecommunications Division

105 Westpark Drive
Brentwood, TN 37027
Phone: 615/370-4300
Fax: 615/377-2470

Alcoa Fujikura Ltd.

Loose Tube Fiber Optic Cables

Product Description

Alcoa Fujikura Ltd., the leading U.S. supplier of composite overhead optical ground wire (OPT-GW), also manufactures loose tube cables with singlemode and/or multimode optical fibers in designs for aerial, buried or duct installations. Consult the factory with your design requirements or specialized needs.

The cable consists of one or more high-strength silica glass fibers within a buffer tube filled with thixotropic gel, yet allowing sufficient space for fiber movement. The buffer tubes are stranded around a central member, with reinforcing elements added over the cabled subassembly to produce the desired tensile strength and environmental protection. These elements include a waterblock, core binder and yarn layer. The assembly is then covered with a polyethylene outer jacket. For additional rodent protection, corrugated steel armor and another outer polyethylene jacket may be added.

Features and Benefits

- Long Reach Length — Up to 6 kilometers continuous cable length to minimize splicing and reduce installation costs.
- Small Cable — Approximately 10 mm diameter for easier handling and ease of installation.
- High Strength Fibers — High strength silica glass optical fibers for maximum reliability.
- High Transmission Rates — Optical attenuation of 0.4 dB/km at 1300 nm and 0.5 dB/km at 1550 nm.
- Custom Designs — Yarns and waterblocks for specialized cable requirements.

Polyethylene Outer Jacket

Corrugated Copolymer Coated Steel Tape Armor As Required

Polyethylene Inner Jacket As Required

Aramid Reinforcement

Spacers As Required

Gel Filled Buffer Tubes

Singlemode or Multimode Optical Fibers

Dielectric Central Member

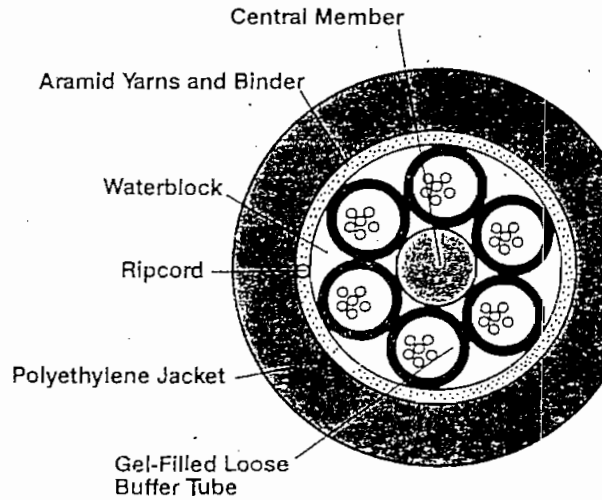


Alcoa Fujikura Ltd.
ALCOA Telecommunications Division

Alcoa Fujikura Loose Tube Specifications

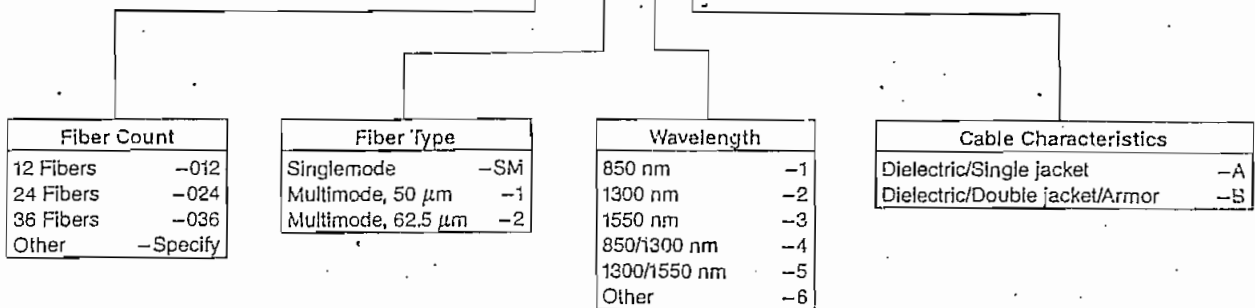
MECHANICAL PERFORMANCE*	
Tensile Strength (Maximum)	
During installation	2700 N (600 lb)
Long-term installed	440 N (100 lb)
Crush Resistance	440 N/cm
Impact Resistance	25 Impacts
Minimum Bend Radius	
During installation	20 x Cable OD
Long-term installed	10 x Cable OD
ENVIRONMENTAL PERFORMANCE	
Temperature Range	
Operating	-40°C to +65°C
Storage	-50°C to +70°C
Installation	-30°C to +60°C

*Per Bellcore TR-20 test requirements.



ORDERING INFORMATION

LT-012-SM-5-B



For special loose tube cable requirements, consult factory.



Alcoa Fujikura Ltd.
Telecommunications Division

105 Westpark Drive
Brentwood, TN 37027
Phone: 615/377-2461
Fax: 615/370-2455

5M1191 Printed in U.S.A.
©1991, Alcoa Fujikura Ltd.

OPT-GW STRINGING METHODS

1. INTRODUCTION

OPT-GW Composite Overhead Groundwire with Optical Fibers was developed in order to provide large capacity telecommunication systems utilizing overhead power transmission lines. OPT-GW designed and manufactured by Alcoa Fujikura Ltd. incorporate design features which facilitate stringing by using the basic stringing methods currently employed for overhead groundwires with minor variations.

Outlined below are the basic stringing, sagging, and jumper forming methods applicable for existing and newly constructed transmission lines.

Figure 1-1 illustrates typical stringing setup.

Note: The ends of the OPT-GW are sealed with a plastic cap and tape at the factory prior to shipment. The cap must be left in place throughout the installation process to prevent water and dirt from entering the ends of the OPT-GW.

2. BASIC METHOD FOR STRINGING OPT-GW

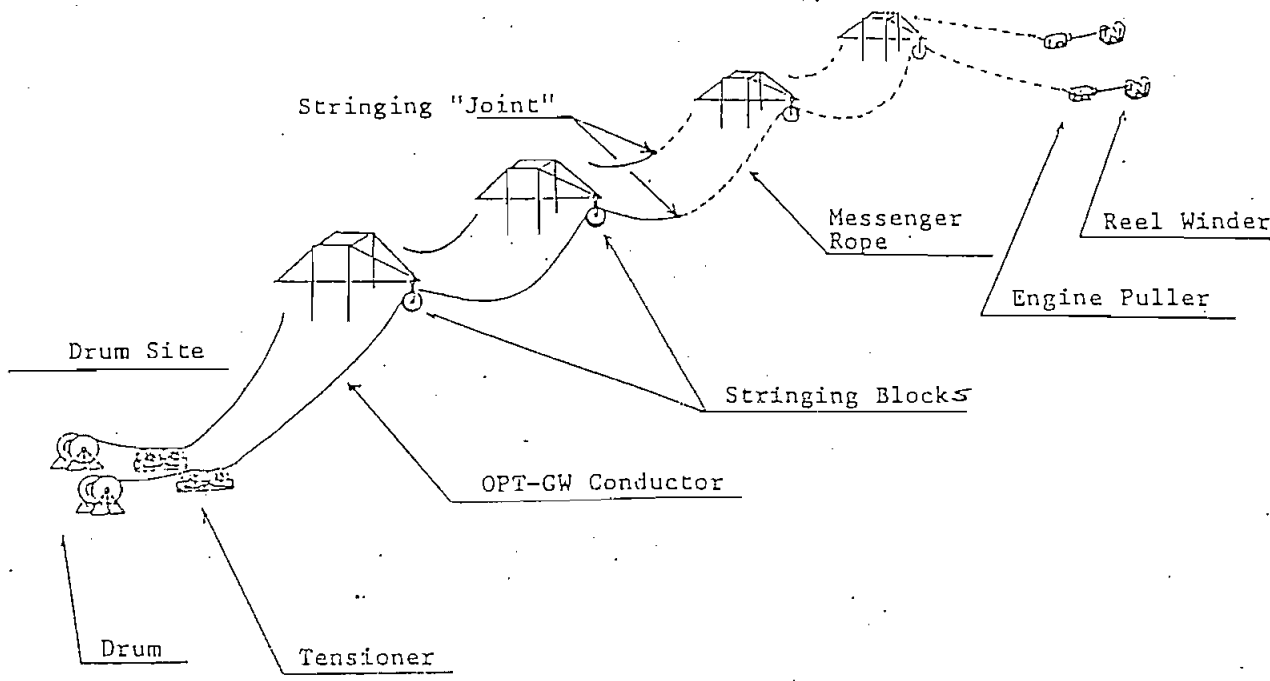
2.1 Preparation suitable scaffolding and ordinary stringing equipment, i.e., engine puller, tensioner, drum stand, and reel winder shall be utilized as for standard OHGW.

The stringing blocks will be attached in the normal manner. Lined blocks are recommended for use with the OPT-GW. Minimum diameter for the blocks is recommended to be not less than $40 \times d$ (d = OPT-GW diameter). This minimum diameter is recommended to help prevent the deformation of the aluminum pipe which protects the optical fibers in the OPT-GW.

Wire rope, or nylon rope if sufficiently strong to withstand the required stringing tension, should be of the same direction lay as the OPT-GW and should be of the type which resists the tendency to rotate under stringing load.

2.2 Stringing (tension method) - Normally the OPT-GW is kept under tension during the stringing process to keep the line clear of the ground and other obstacles which could result in surface damage to the OPT-GW.

Before pulling the OPT-GW from the drum, the line and messenger rope shall be securely linked together by means of suitable guy-grip or wire net as shown in Figure 1-2. The use of an anti-torsional device is required to minimize the tendency of the OPT-GW to twist during the stringing operation. Figure 1-3 illustrates a recommended construction for the anti-torsional device.



TYPICAL STRINGING SECTION

FIGURE 1-1

More than one OPT-GW reel length may be required to obtain the total length of wire to be strung at one time. If this is the case, each OPT-GW must be linked together at the drum site prior to passing through the tensioner. Figure 1-4 illustrates typical connections.

Experience has shown that pulling speed, maximum tension imposed on a line during stringing and the number of time the line passes through stringing blocks in one stringing section are important factors in achieving smooth stringing operation. Controls are necessary to maintain OPT-GW quality including strand tightness, and to prevent damage to the aluminum pipe and optical fibers.

The following values are recommended to help prevent damage to the OPT-GW:

Minimum bullwheel diameter:	70 x d
Pulling speed:	30 to 65 feet/minute
Maximum stringing tension:	Limited to 20% of rated breaking strength OPT-GW
Maximum number of spans in each stringing section:	Typically 30 to 40*

* This value is included for reference only as specific consideration must be given to terrain span lengths, etc.

2.3 Sagging Procedures

1. Clipping - There is one primary difference between OPT-GW and normal overhead groundwires. Standard overhead groundwires are typically spliced with a mid-span compression type connector, whereas the OPT-GW is typically joined at a suspension or tension tower. This is necessary to have a satisfactory working location to make the optical fiber splices and to provide the necessary protection for same. Approximately 30 to 65 feet of surplus optical groundwire is required at either end of the reel. This length is used in connection with the tower splicing and can be more accurately determined based on specific span length and tower heights and selected location for the tower splice(s).

Note: Mid-span splices are available for OPT-GW but based on the current state of the art, the installations will be more practical and economical if made at the tower.

When only one OPT-GW reel is to be strung at one time, the line can be pulled into place and the surplus ends coiled prior to splicing at each tower location.

When two or more reel lengths are strung in one stringing section, special methods are not required. The following is one of the examples of stringing and clipping using two reels in one stringing section:

Example: Stringing and Clipping Procedure - Reference Figures 2.1, 2.2

Stringing Section:	Towers 1 through 10
Towers on which OPT-GW is to be joined:	Towers 1, 5, and 10
Tension tower (no joint):	Tower 3
Surplus length (at end of reel):	65 feet

2. Sagging - Methods and procedures for sagging OPT-GW are the same as those for normal overhead groundwire except fittings, such as suspension clamps, tension clamps, and tools for stringing should have conductor grooves closely matching the diameter of the OPT-GW.

Tension and suspension clamps must be designed, taking into account required slipping strength and groove shape which will prevent any deformation of the aluminum pipe and possible resultant damage to the optical fibers.

- For pulling the OPT-GW under tension, comealongs or other pulling devices must be of the type which will provide the necessary grip without damaging the OPT-GW. Figure 2-4 illustrates a comealong design which has proven satisfactory for this application. Formed guy grips have also been used successfully, but specific application and reuse in stringing applications should be checked with the Grip's manufacturer.

For determining sags, the contractor or utility should utilize the necessary sag tension design information as provided by the OPT-GW manufacturer.

After completion of sagging and clipping, the surplus OPT-GW should be lain temporarily in the tower body in a coil with the coil diameter approximately 3-1/2 to 5 feet. The coils should be fixed on the tower to prevent any damage to the OPT-GW prior to splicing. (Reference Figure 2-3)

Figure 2-5 illustrates typical tower jumper connections including provisions for "coils" in event splice case is required to be moved to ground level at later date for splicing.

Note: Vibration dampers, if required, should be fitted at suspension and tension points as specified by the OPT-GW manufacturer.

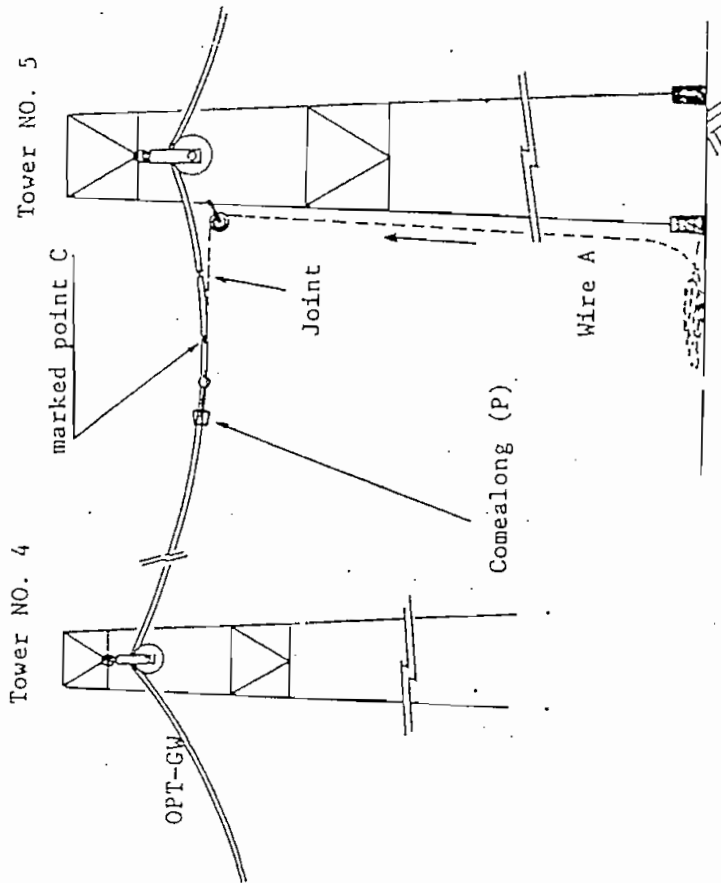
--- : OPT-CW
 : Surplus for jumper forming
 - - - - : (Messenger) Wire rope or nylon rope
 ● : Temporary joint (like as Fig. 1-2, 1-3)

Example of stringing procedure (Fig. 2-1)

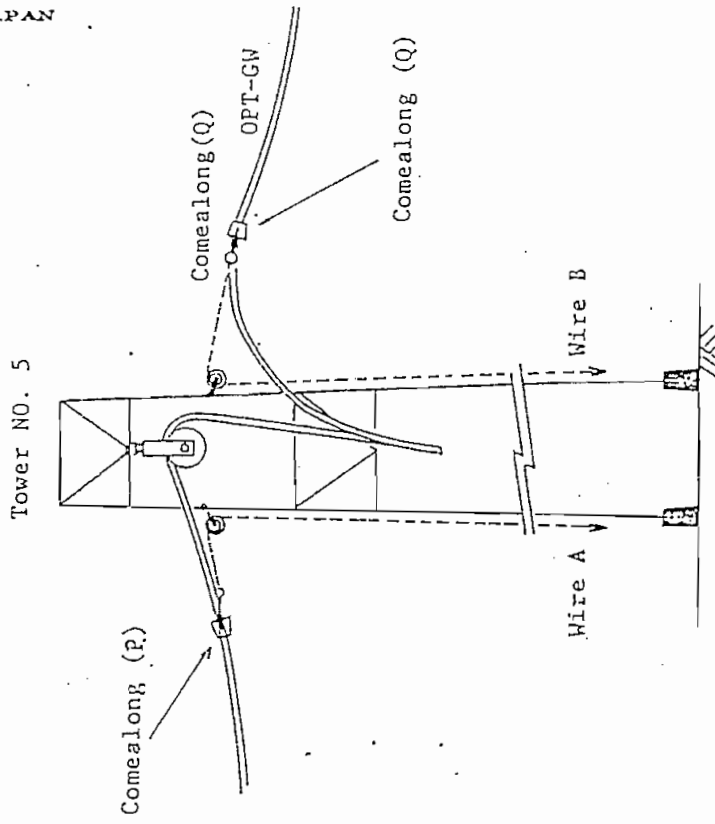
PROCEDURE	TOWER NO.1	TOWER NO.3	TOWER NO.5	TOWER NO.10
1 : OPT-CW is pulled by engine until point A reaches tower #1. (End of line, point G, is to be connected with wire)				
2 : When marked point C reaches tower #5, comealong(P) is fixed on line with wire. Pull line together with this wire.				
3 : When marked point C reaches tower #5, comealong(P) is fixed on line with wire. Pull line together with this wire.				
4 : Clip marked point F to tw. #10 5 : Fix comealong(Q) to prevent E running away in a span.				
6 : Loosen wire at engine site 7 : until marked point B reaches tower #1 and B is to be clipped.				
8 : Tension the wire until sag and point H and E is to be clipped.				
9 : Tension the wire until sag and point I and C is to be clipped 10 : Clamp in at suspension point of tower # 2,4,6,7,8 and 9.				

(En) : Engine puller
 O : Tension clamp
 (Dr) : Drum

Layout of stringing procedure step ②~③



Layout of stringing procedure step ⑧

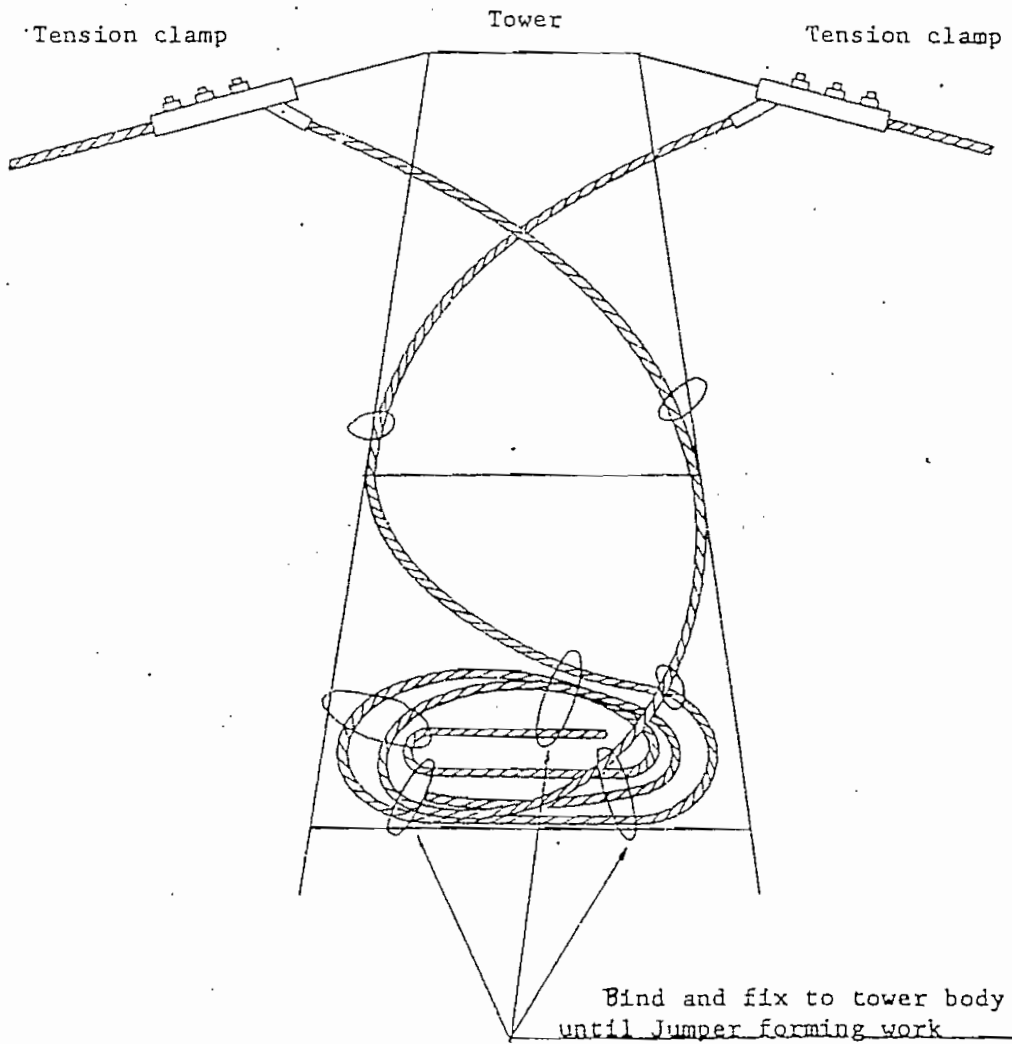


- ① : After Wire B is to be fixed first to (hand) winch, then Wire A is wound by winch slowly until "sag".
- ② ; After that Wire A is fixed on the tower for clipping
- ③ : Wire B is then operated as in a same manner as Wire A.

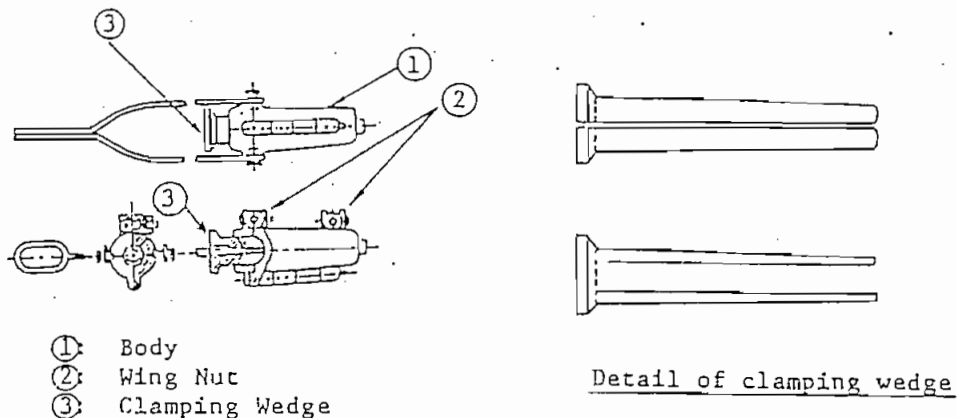
FUJIKURA LTD.

TOKYO, JAPAN

Fig. 2-3 Layout of Surplus OPT-GW
(Temporary)



Construction of the Wedge type Clamp Comealong is as illustrated below. (Body and wedge size is to be designed in accordance with conductor size.)

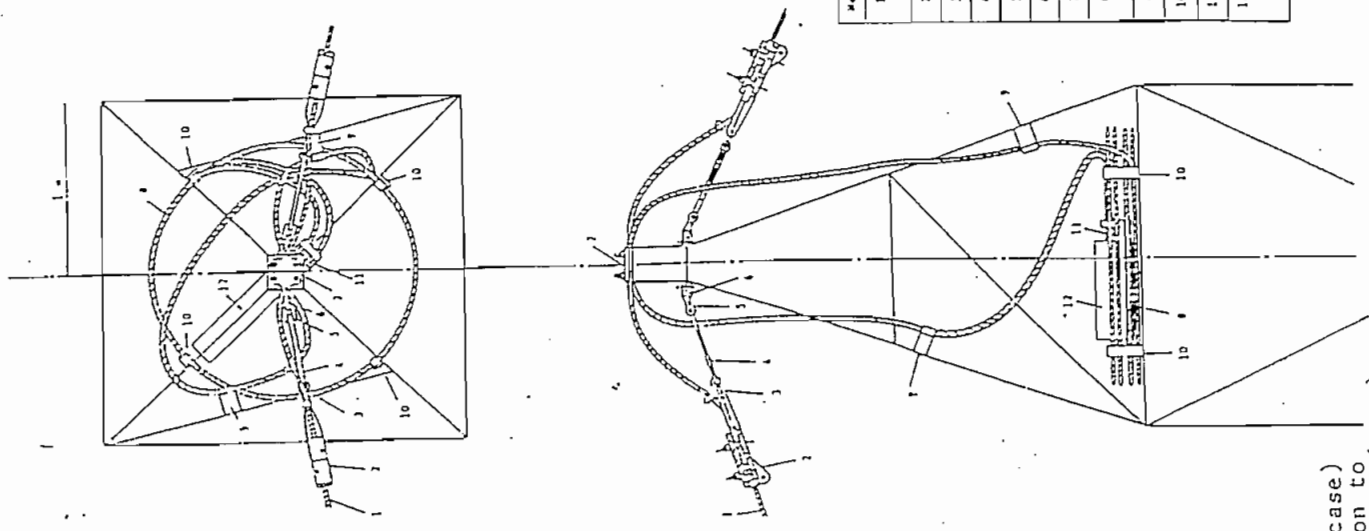


The Comealong is a device to be installed on the Conductor for the overhead installation thereof for securing on one end for tensioning. It is so designed that it can be installed anywhere on the conductor or overhead ground wire to grip it more firmly with the holding power grows automatically as the tension of the wire gripped thereby increases.

To grip the Wire or Conductor with the Wedge Clamp Comealong, loosen the Wing Nut (2) of the Clamping Sleeve (Shell) (1) to open said Sleeve (1). Apply two halves of the Cylindrical Wedge (3) to cover a portion of the Wire or Cable to be gripped or clamped by the Comealong and install said Wire or Conductor so as to bring the junction plane between closed two halves of the Cylindrical Wedge 90° away from the junction plane between the two halves of the Clamping Sleeve (Shell) (1). Then, retighten the Wing Nut (2) and drive the end of the closed Clamping Wedge (3) to ensure the extra force of gripping the Wire or Conductor applied by said Wedge (3).

WEDGE TYPE COMEALONG

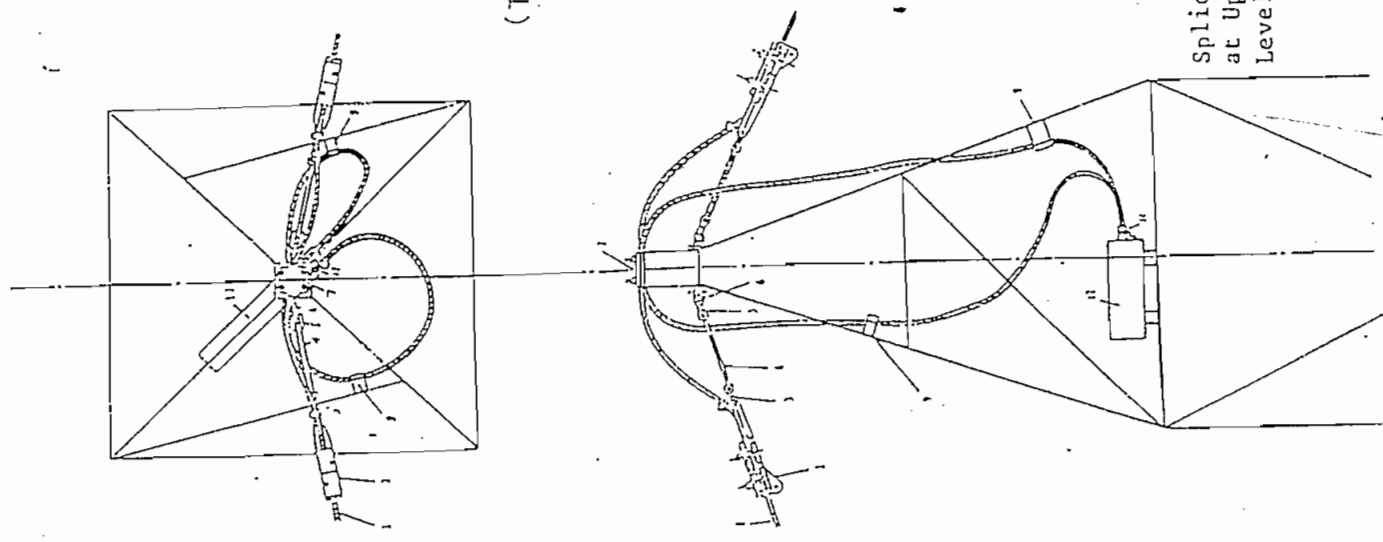
FIGURE 2-4



No.	NAME
1	Composite overhead ground wire with optical fibers
2	Strain clamp
3	Plate link
4	Extension clavus eye
5	Anchor shackle
6	Anchor shackle
7	Jumper clamp
8	Composite overhead ground wire with optical fibers
9	F.C. clamp P1
10	F.C. clamp P2
11	Jumper sleeve
12	Joint case mounting table housing

JUMPER CONNECTIONS
(TYPICAL) FOR DEADEND OR
SUSPENSION TOWER

FIGURE 2-5



Splice Box (case)
at Upper Tower
Level

Splice Box (case)
with provision to
lower splice box (case)
to ground level for splicing

INSTALLATION METHOD FOR CABLE TERMINATION

1. Outline of Installation System for OPT-GW at terminal point - The general outline is shown in Figure 1.
2. Installation Method for Cable Termination - The termination cable is installed in cable duct between the terminal tower and substation. (Reference Figure 2)

- 2.1 Laying Cable in Duct - Steel pipe (approximate 2 inches ID) for cable duct is laid underground between the terminal tower and substation. The cable pulling wires should be installed in the steel duct prior to pulling.

The minimum depth of the steel duct is typically two feet. (Reference Figure 3.)

On the terminal tower, a flexible plastic pipe (approximately 1-1/4" ID) is used as shown in Figure 4.

Both the steel and plastic pipes are to be fixed to the terminal tower by stainless bands or similar clamps. Both the steel and plastic duct connection should be sealed, to prevent moisture from entering into the duct.

- 2.2 Pulling the cable into the duct - After attaching, the pulling wire to the cable, (Reference Figure 5) the cable is pulled into the duct by hand as shown in Reference Figure 6. For additional information refer to "How to Handle Optical Fiber Cables," attached at the end of this discussion.
 - 2.3 The termination box should be mounted directly on the wall using bolts shown in Figure 7. In the case of a rack-type connection, the terminal box can be fixed to the rack by bolts or similar clamps.

Notes: The joint case located at the terminal tower can be fixed at any desired location on the tower depending on users requirements. The outline of the terminal structure is shown in Figure 2.

C. R. RUSS
CRR:a/0070r
1984-12-18

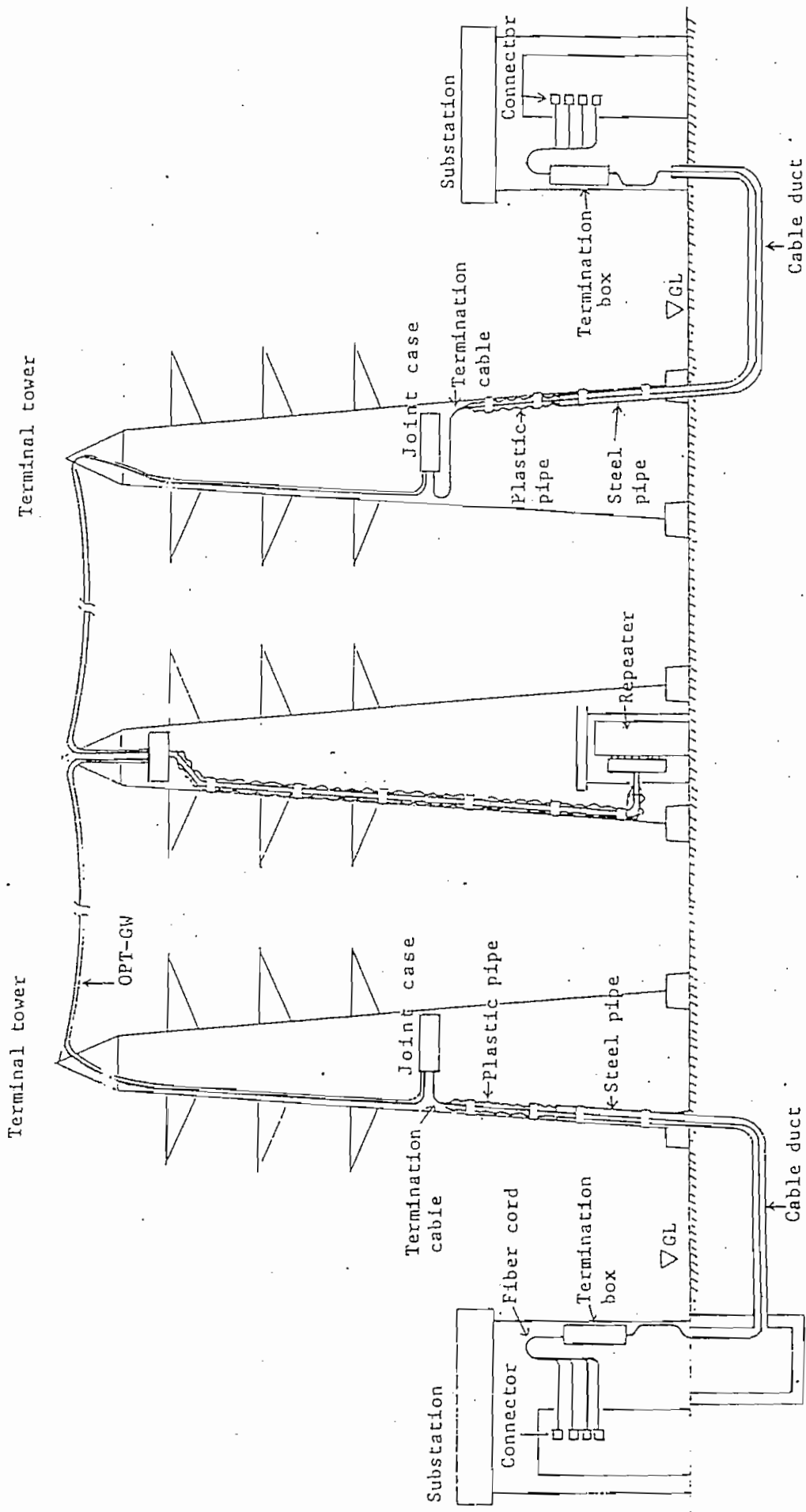
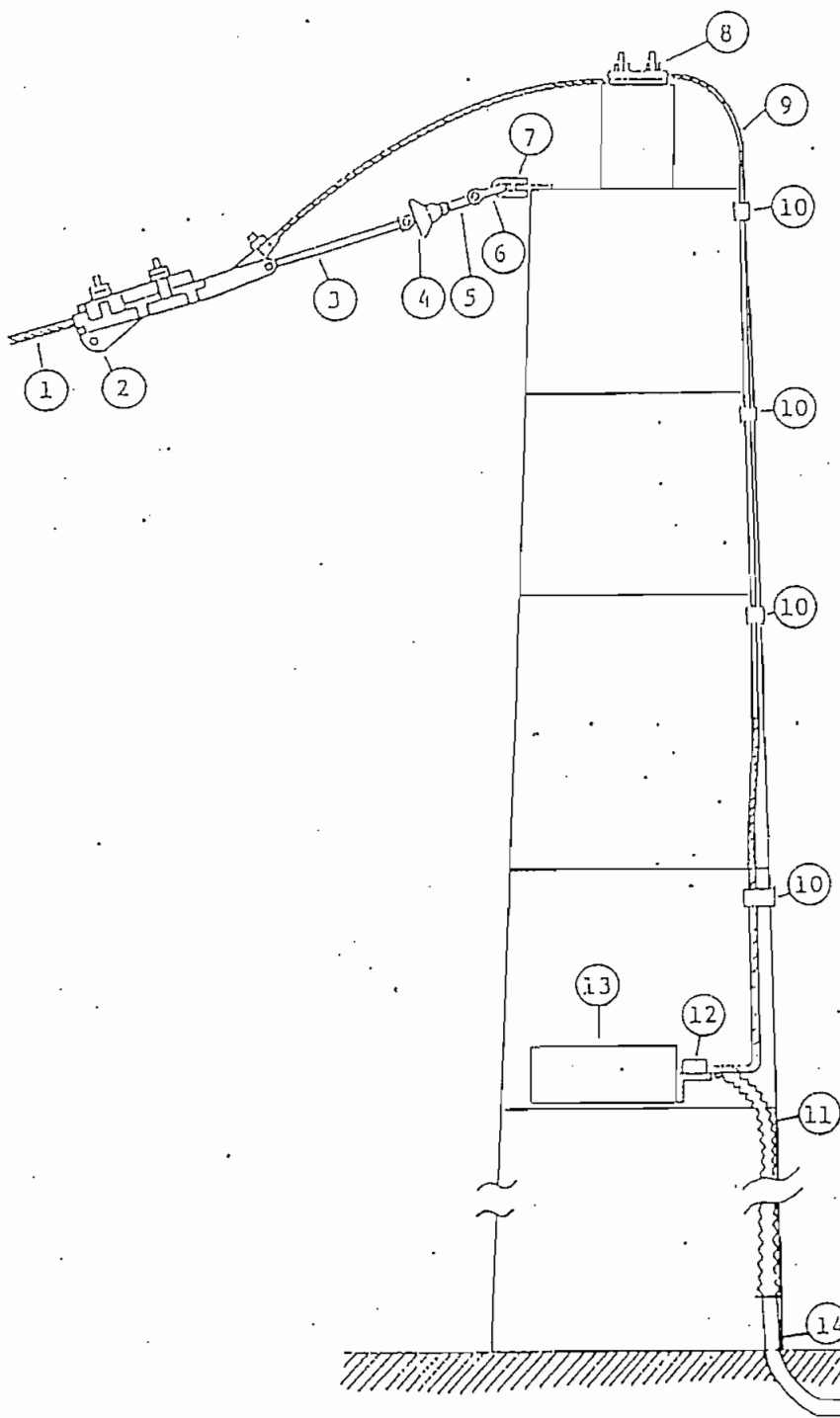


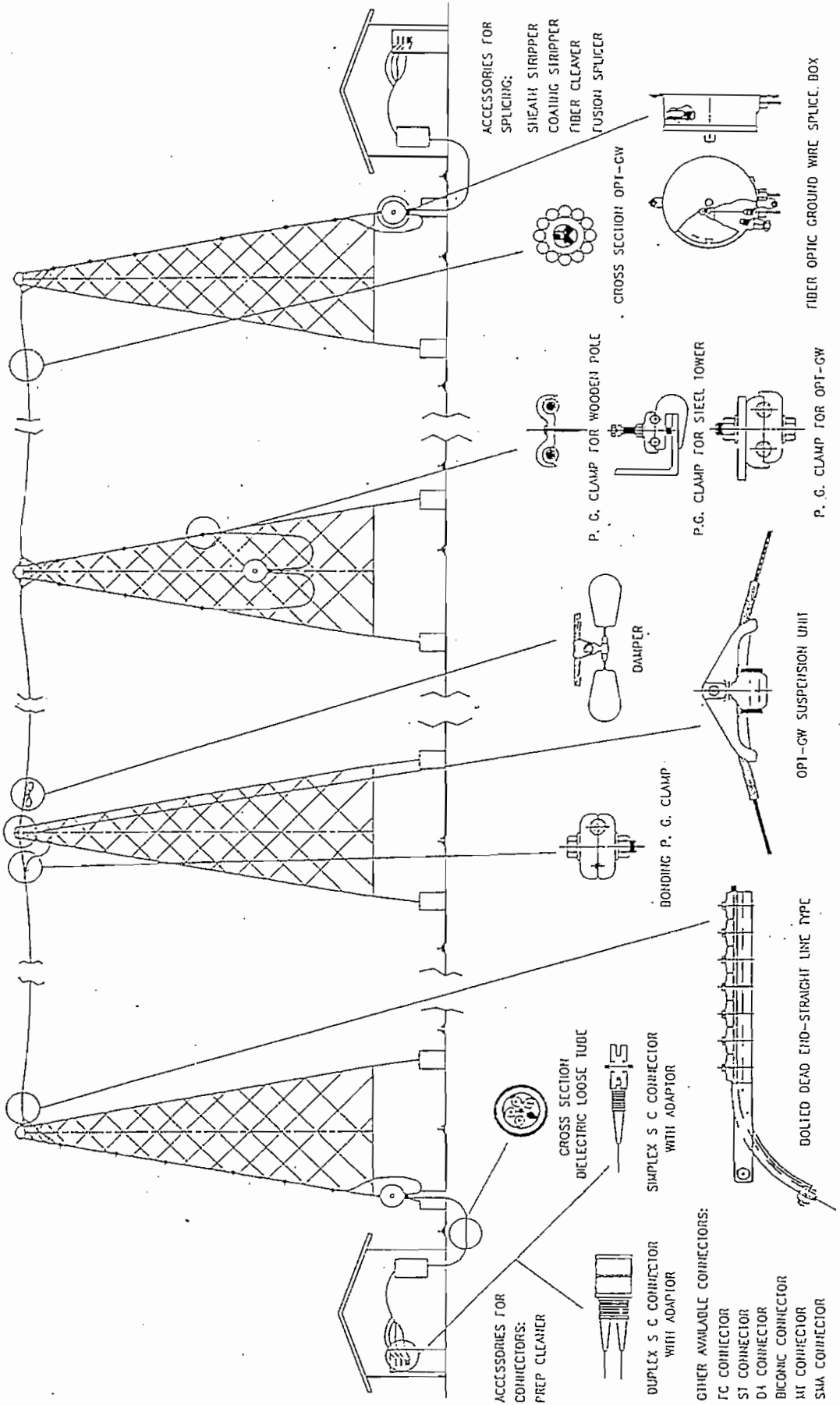
Fig. 1 General outline of terminal system



No.	NAME.
1	Composite overhead ground wire with optical fibers
2	Strain clamp
3	Extension clevis eye
5	Plate link
6	Anchor shackle
7	Anchor shackle
8	Jumper clamp
9	Composite overhead ground wire with optical fibers
10	P.G. clamp
11	Plastic pipe
12	P.G. clamp
13	Joint case, Mounting table, Housing
14	Steel pipe

Fig. 2 Outline terminal structure

OPT-GW SYSTEM SCHEMATIC



THE FIRST FAMILY OF ARC FUSION SPLICERS

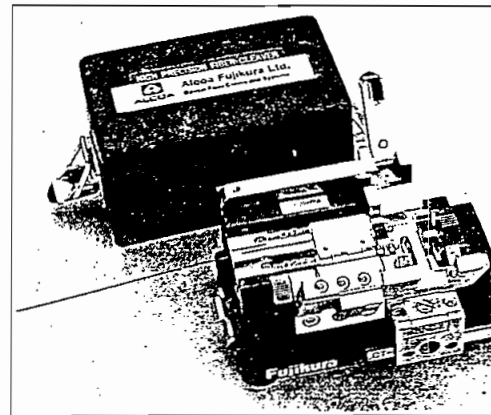
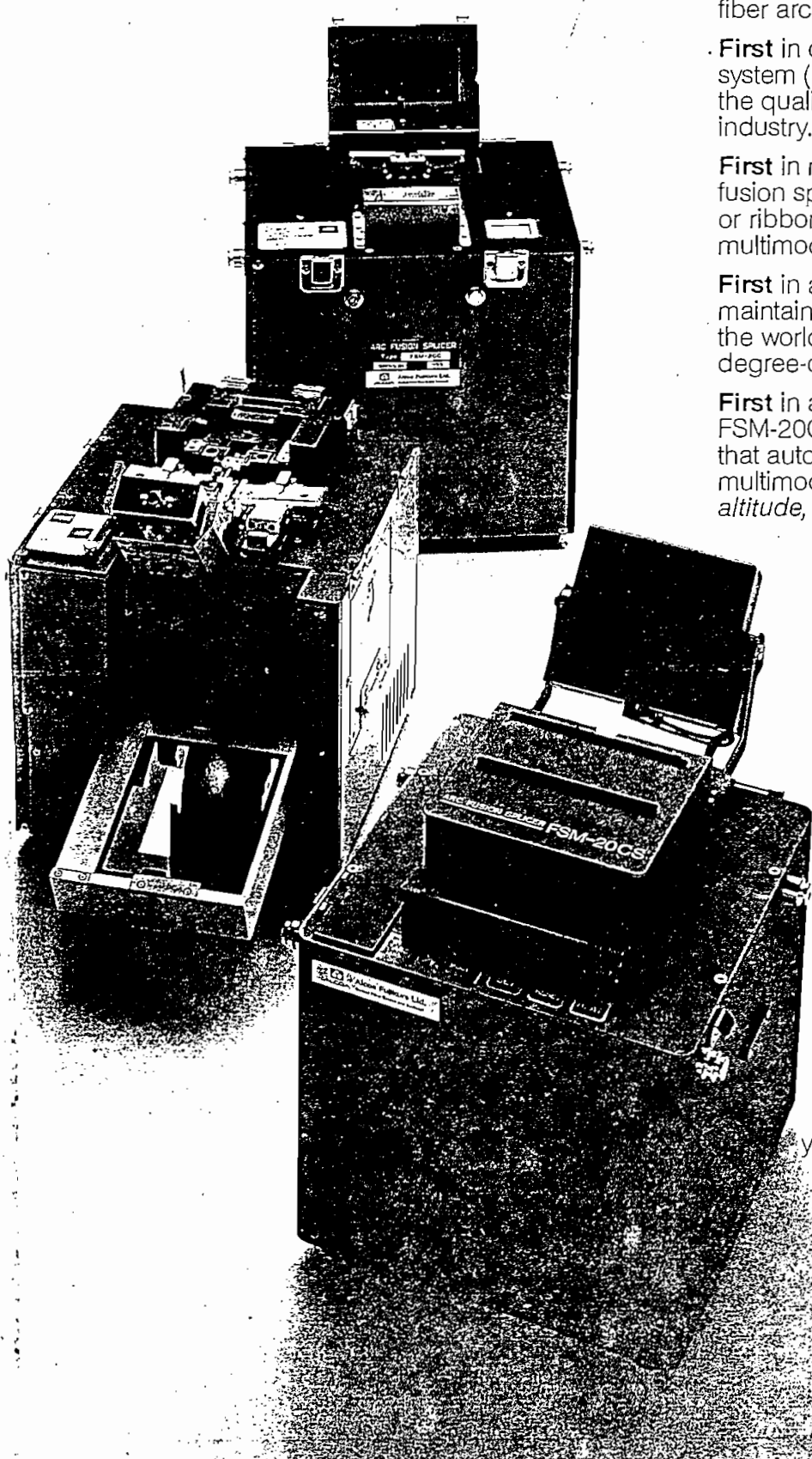
Alcoa Fujikura Ltd. is the first name in optical fiber arc fusion splicer technology and selection.

First in compact units using the profile alignment system (PAS)—with the FSM-20C fusion splicer—the quality standard of the telecommunication industry.

First in mass fusion, with the FSM-20R12 super fusion splicer that automatically splices bundles or ribbon cable of up to 12 singlemode or multimode fibers.

First in automatic splicing of polarization-maintaining fibers with the FSM-20PM, featuring the world's fastest, most sophisticated four-degree-of-freedom fiber alignment technique.

First in automatic altitude adjustment with the FSM-20CS—the advanced-technology splicer that automatically aligns and fuses singlemode multimode fiber ends in only 40 seconds at any altitude, without changing operating parameters.



And **first** in fast, error-free fiber preparation with the universal CT-07 high-precision fiber cleaver that cleaves 250/125 or 900/125 micron coated fibers in less than 30 seconds, with average 0.5° cleave angle, ready for splicing or terminating.

Alcoa Fujikura cleavers and splicers let you start and finish the job faster.

ANEXO D

ANEXO D

CARACTERISTICAS DE TERMINALES DE LINEA OPTICOS,
REGENERADORES Y EQUIPO DE CONMUTACION, MULTIPLEX
PROPORCIONADOS PARA EL PRESENTE ESTUDIO

En éste anexo se adjunta las principales características de los terminales de línea ópticos a 565 Mbit/s con estructura de trama de 4 x 140 Mbit/s, proporcionados por las empresas AT&T, NEC, SIEMENS con sus respectivos diagramas tanto del terminal de línea como del regenerador.

La unidad de conmutación utilizada para éste tipo de sistema es de 4 x 140 Mbit/s para una configuración máxima de (12 + 1) para proteger los equipos en caso de falla de un canal principal.

También se adjuntan las principales características de equipos multiplex de 34/140 Mbit/s y 2/34 Mbit/s para instalar en las estaciones terminales.

General Description

The FD-5250 565M Optical Line Terminal Multiplexer (OLTM) is designed to combine four 139.264 Mbit/s digital signals, generating an optical signal that can carry 7,680 telephone channels (CHs) or their equivalent over a single fiber cable. This equipment multiplexes the four tributary digital signals, converts the combined signal into 5B6B code and converts an electrical signal to an optical signal. It also provides an online monitoring data channel on the PAM signal, as well as additional overhead bits to carry service data. Two complete systems can be accommodated in a 2.6m N6000 Slim Rack.

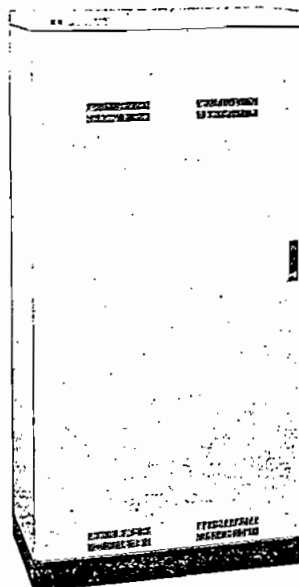
The FD-5350 565M Optical Repeater expands transmission capability.

Features

- 1) Flexible construction
 - Front access for station cable
 - Minimum floor space requirement
- 2) Intelligent operation and maintenance facilities
 - Online performance monitoring (BER, LD BIAS, ES, SES, DM, etc.), advanced fault location and various programmed functions (loopback, etc.) with Portable Control Terminal (PCT)
 - Integrated flexible Centralized Supervisory System (option)
 - Fuses, PCT access terminal, station alarm output terminal, etc. are incorporated into the Maintenance Terminal (MAINT TERM)
 - Transmission of some station alarm signals (site alarms) from OREP to OLT is possible without additional equipment
- 3) Service data channel (SD CH), available for supervisory network, orderwire system, etc.
 - OLTM, SD INTF A: 64 kbit/s × 5 CHs,
1.2 kbit/s × 1 CH
 - OLTM, SD INTF B (option): 64 kbit/s × 6 CHs
 - OLTM, 2M INTF (option): 2.048 Mbit/s × 1 CH
 - OREP, SD INTF A: 64 kbit/s × 1 CH,
1.2 kbit/s × 1 CH
- 4) Intelligent 1+1 line protection is available with optional units at OLTM. Intelligent N+1 line protection is also available with optional equipment at OLTM.
- 5) Low power consumption
 - OLTM: approx. 60W/system (without option)
 - OREP: approx. 24W/system
- 6) 5B6B line code for BSI (Bit Sequence Independency)
- 7) Adoption of 2FSK-PAM technique
- 8) Laser safety shutoff function
- 9) Use of custom-made CMOS and ECL LSIs
- 10) Use of surface mount technology
- 11) High reliability
- 12) Meets EMI, ESD requirements

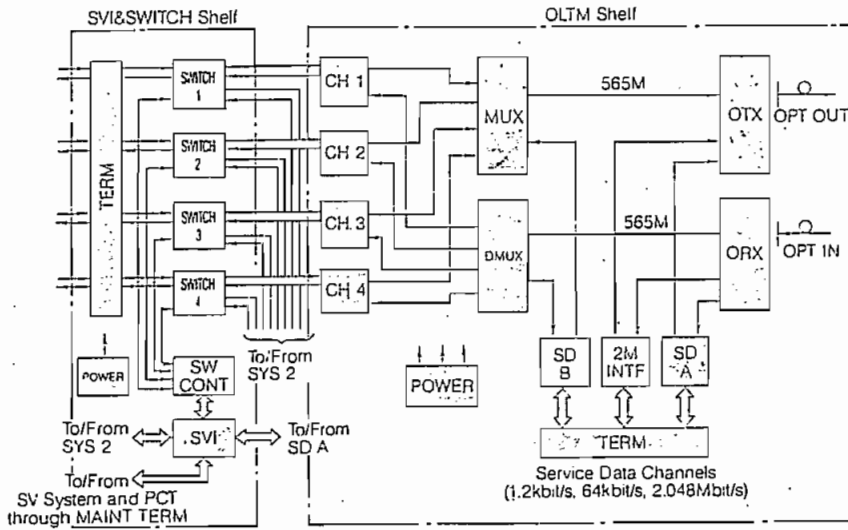
System Capacity

- 1) Rack capacity
 - FD-5250 565M
 - OLTM: 2 systems/2.6m N6000 Slim Rack
 - 2 systems/N6000 Office Cabinet
 - FD-5350 565M
 - OREP: 4 systems/2.6m N6000 Slim Rack
 - 4 systems/N6000 Office Cabinet
- 2) Shelf capacity
 - FD-5250 565M OLTM: 1 system/Shelf
 - FD-5350 565M OREP: 1 system/Shelf

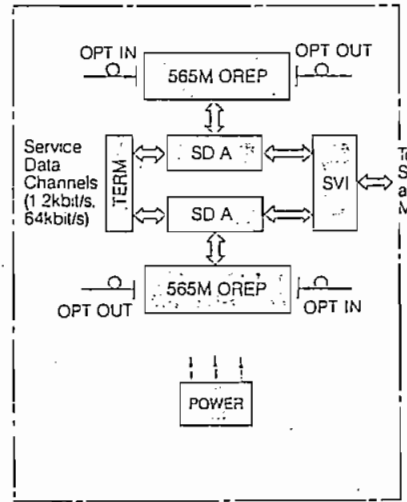


Block Diagram

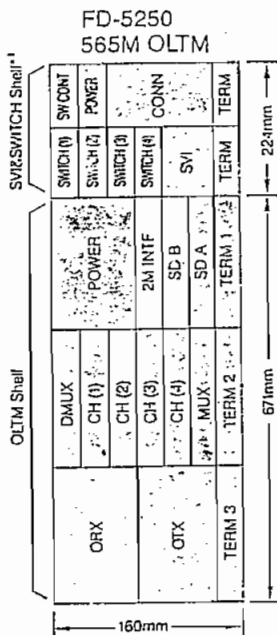
FD-5250 565M OLTM



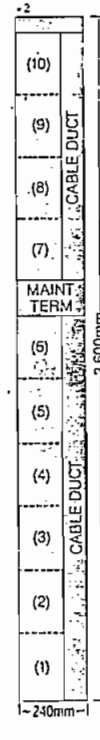
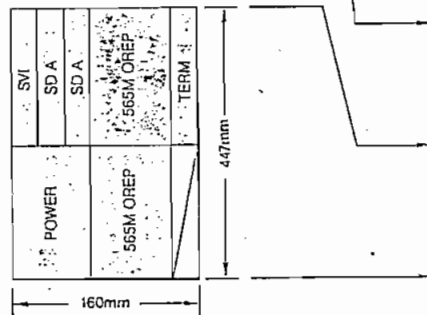
FD-5350 565M OREP



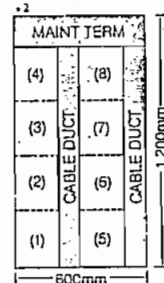
Equipment Layout



FD-5350 565M OREP



Depth: 215mm



Depth: 300mm

Typical unit layout in a shelf

N6000 Series Slim Rack

N6000 Series Office Cabinet

Notes: *1. SVI&SWITCH Shelf is used in common with up to 2 OLTM shelves.

*2. () indicates each number of place, a fixed-size position for mounting an equipment shelf.

Legends:

- | | | | |
|-----------|--------------------------|--------------|-----------------------|
| OTX : | Optical Transmitter | POWER : | Power Supply |
| ORX : | Optical Receiver | TERM : | Terminal |
| MUX : | Multiplexer | MAINT TERM : | Maintenance Terminal |
| DMUX : | Demultiplexer | OW : | Orderwire |
| CH : | Channel Unit | SWITCH : | Switcher |
| SVI : | Supervisory Interface | SW CONT : | Switch Controller |
| SD A : | Service Data Interface A | CONN : | Connector |
| SD B : | Service Data Interface B | 565M OREP : | 565M Optical Repeater |
| 2M INTF : | 2M Interface | [] : | Option |

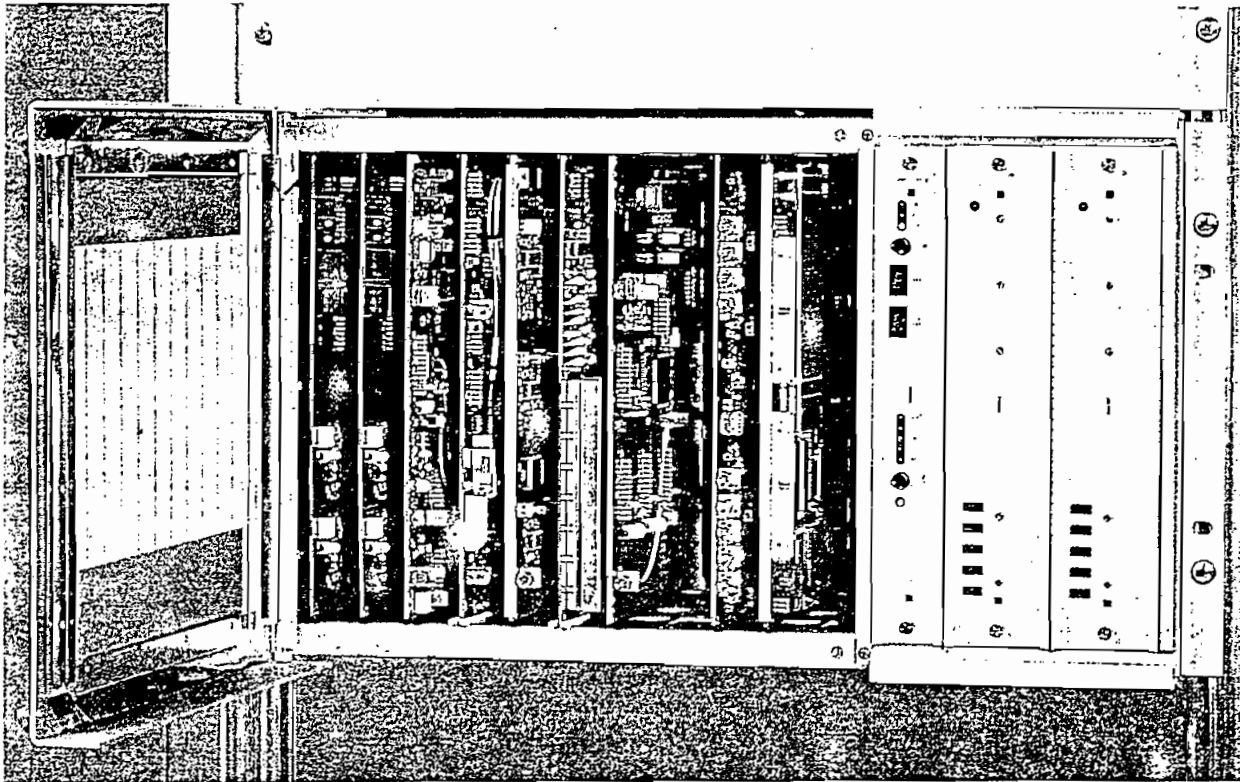
Technical Data

	FD-5250 565M Optical Line Terminal Multiplexer	FD-5350 565M Optical Repeater																																
1) System Parameters Transmission Capacity Online Monitoring Service Data Channels SD A SD B (option) 2M INTF (option) Maximum Capacity per 2.6m Slim Rack per Office Cabinet	Up to four asynchronous 139.264 Mbit/s signals (Equivalent to 7,680 voice channels) Portable control terminal (PCT) provides monitoring of any alarm status, BER, LD bias, etc., for both direction (W to E and E to W) at the remote OLT and up to 23 OREPs. 64 kbit/s × 5 CHs (V11), 1.2 kbit/s × 1 CH (V28) 64 kbit/s × 6 CHs 2,048 Mbit/s × 1 CH 2 systems 2 systems	64 kbit/s × 1 CH, 1.2 kbit/s × 1 CH 4 systems 4 systems																																
2) Electrical Interface Bit Rate Impedance Code Format Output Pulse Amplitude ONE Residual Amplitude ZERO Operation Limit	139.264 Mbit/s + 5 ppm 75Ω, unbalanced CMI 1.0Vp-p ± 0.1V 0V ± 0.1V Interconnection cable loss of 12dB at 70MHz																																	
3) Optical Interface Bit Rate Code Format Waveform	688.752 Mbit/s 5B6B RZ Unipolar with 50% duty cycle																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Optical Interface Type</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Optical Wavelength (μm)</td> <td colspan="2">1.31</td> <td>1.55</td> </tr> <tr> <td>Optical Transmission Mode</td> <td colspan="3">Single-mode</td> </tr> <tr> <td>Optical Source</td> <td>InGaAsP-LD (FP-DC-PBH)</td> <td>InGaAsP-LD (DFB-DC-PBH)</td> <td>InGaAsP-LD (DFB-DC-PBH)</td> </tr> <tr> <td>LD Oscillation Mode</td> <td>MLM</td> <td>SLM</td> <td>SLM</td> </tr> <tr> <td>Optical Detector</td> <td>Ge-APD</td> <td>InGaAs-APD</td> <td>InGaAs-APD</td> </tr> <tr> <td>Optical Connector Type</td> <td>D4-PC</td> <td>D4-PC</td> <td>D4-PC</td> </tr> <tr> <td>Typical Allowable Cable Loss* (dB)</td> <td>22.5</td> <td>24.5</td> <td>21.5</td> </tr> </tbody> </table>	Optical Interface Type	1	2	3	Optical Wavelength (μm)	1.31		1.55	Optical Transmission Mode	Single-mode			Optical Source	InGaAsP-LD (FP-DC-PBH)	InGaAsP-LD (DFB-DC-PBH)	InGaAsP-LD (DFB-DC-PBH)	LD Oscillation Mode	MLM	SLM	SLM	Optical Detector	Ge-APD	InGaAs-APD	InGaAs-APD	Optical Connector Type	D4-PC	D4-PC	D4-PC	Typical Allowable Cable Loss* (dB)	22.5	24.5	21.5	
Optical Interface Type	1	2	3																															
Optical Wavelength (μm)	1.31		1.55																															
Optical Transmission Mode	Single-mode																																	
Optical Source	InGaAsP-LD (FP-DC-PBH)	InGaAsP-LD (DFB-DC-PBH)	InGaAsP-LD (DFB-DC-PBH)																															
LD Oscillation Mode	MLM	SLM	SLM																															
Optical Detector	Ge-APD	InGaAs-APD	InGaAs-APD																															
Optical Connector Type	D4-PC	D4-PC	D4-PC																															
Typical Allowable Cable Loss* (dB)	22.5	24.5	21.5																															
	*Including cable margin Single-mode: 10/125 μm SI (Step Index) Fiber Note 1. D4-PC type connector is standard. FC-PC type connector is optional.	MLM: Multi-Longitudinal Mode SLM: Single Longitudinal Mode																																
4) Power Requirements Voltage Power Consumption	- 48V/-60V DC (-36V to -72V) - 24V DC (-21V to -29V) OLTM Shelf: Approx. 60W per system (1.31 μm) (without option) SVI&SWITCH Shelf: Approx. 2W (without option)	- 48V/-60V DC (-36V to -72V) - 24V DC (-21V to -29V) Approx. 24W per system (1.31 μm)																																
5) Environmental Conditions Ambient Temperature Guaranteed Operational Relative Humidity	0°C to +45°C -5°C to +50°C Up to 90% at 35°C																																	
6) Dimensions (in mm) Shelf	160(W) × 220(D) × 671(H) (OLTM Shelf) 160(W) × 220(D) × 224(H) (SVI&SWITCH Shelf)	160(W) × 220(D) × 447(H)																																

NEC reserves the right to change the specifications for improvement without notice.

8TR 695, optical transmission line system for 565 Mbit/s

Subbay.



Introduction

Since their introduction in the late seventies, optical fibre communications have undergone a fast and remarkable evolution. The wavelengths applied have changed from 850 nm to 1300 and 1550 nm, bitrates have increased from 2 Mbit/s to 565 Mbit/s and singlemode fibres are preferred instead of multimode, as they answer the demand for high capacity, long distance digital links better.

AT & T Network Systems International has contributed to this evolution with its range of optical line systems, covering from 2 Mbit/s through to 565 Mbit/s. These systems have been installed in more than 20 countries and have proven their reliability in the field. Until recently, optical line systems have been

mainly applied in the trunk network and on intercity links, dominated by the primary transmission function of high capacity and reliable long distance digital links. Now optical line systems are penetrating the junction and local networks. In these inter-office, intra-city networks, the serviceability, e.g. auxiliary transmission channels, maintainability and capability for supervising the whole network using a Telecommunications Maintenance Network (TMN), are of major importance.

To offer customers a system that fulfils all their demands, AT & T NSI has developed a new 565 Mbit/s optical line system, the 8TR 695, exploiting the state of the art technology.

This system meets the demand for high capacity digital links for trunk

networks as well as the supervision and functionality required for the junction and local network. The system is suitable for operation at 1300 nm and, for very long sections, a 1550 nm version is available.

Due to the well-composed design, power consumption is considerably reduced, contributing to a low thermal dissipation and a high reliability of the equipment. In addition to the 16 kbit/s maintenance channel used for communication between systems located in different nodes, a large capacity of up to 8 Mbit/s of an auxiliary channel is available to the customer. The sophisticated supervision system monitors the correct functioning of transmission medium and equipment in local and remote nodes.

Optionally, the functionality of the supervision system can be extended towards the specific requirements of a customer to offer facilities such as: performance monitoring according to G.821, interfacing to a higher hierarchical level of supervision, output of the alarm information to a printer, etc.

General system description

AT&T Network Systems International's STR 695 is an optical transmission line system providing transparent access for four bitstreams, each with an interface bitrate of 140 Mbit/s, CMI encoded. The 565 Mbit/s system is available for operation on singlemode fibres at 1300 nm and 1550 nm.

The system essentially comprises two groups of equipment: line terminating equipment and intermediate station equipment. The line terminating equipment consists of a transmit side and a receive side. The transmit side consists of two CMI interface units, a multiplexer and a transmit unit. The receive side consists of a receiver, a demultiplexer and a CMI interface unit. These seven units form one system-end which, together with a power supply, are housed in one wide subbay. The subbay also houses the supervision system.

The intermediate equipment consists of office repeaters. A one-way office repeater is a combination of a transmit and a receive unit. Four one-way office repeaters, together with power supplies and supervision equipment, can be housed in one wide subbay.

The system has been designed for minimum power consumption and size. This has been realized by full integration of the main functions using SMD and sub-micron CMOS.

CMI Input Unit

The CMI Input Unit provides two electrical 140 Mbit/s input ports. The ports are duplicated to provide a normal and a standby input.

In the transmit direction the 140 Mbit/s signal is equalized and amplified to compensate for station cabling (≤ 15 dB at 70 MHz). The BER of incoming signals is monitored. The regenerated signals are fed to the multiplex unit.

Two CMI Input Units are applied at the transmit side of the system.

Multiplex Unit

In the Multiplex Unit the four bitstreams from the CMI Input Units are multiplexed into a composite signal. This composite signal contains a frame according to CCITT Recommendation G.954 Annex B. Positive stuffing is applied in the multiplexing process. The multiplexer also contains a scrambler of the set/reset type according to CCITT Rec. G.954 Annex B appendix 1.

The multiplex frame contains four service bits, the first of which is used for transport of alarm conditions. The other bits are available for customer use for transport of various kinds of data, such as engineer's order wire or protective switch in national networks. The transmission capacity of each service bit is 210 kbit/s and the interface is V.10/V.11.

Transmit Unit

The Transmit Unit performs two main functions, i.e. line coding of the digital data signal coming from the multiplex unit and converting the electrical signal to an optical signal.

Two transmit unit versions are available, one for operation at

1300nm and one for 1550 nm.

The laser for 1300 nm is of the Fabry Perot type. For the 1550 nm version a distributed feedback (DFB) laser is applied. Both lasers are provided with a thermo-electric cooler to stabilize the temperature and, as a consequence, the wavelength of the laser. The laser bias and modulation currents are continuously monitored. Actual values of these currents can be obtained from the supervision system.

Line code

The line code for the 565 Mbit/s system is a 7B/8B block code.

The main reasons for the choice of this block code are:

- a block code contains small low frequency components.
- it enables monitoring of the transmission quality by means of error counting.
- it provides extra transmission capacity, i.e. 8 Mbit/s.
- it ensures reliable regeneration of the transmitted signal.
- limited increase of the line bitrate.

Receive Unit

The Receive Unit performs the two main functions of converting the optical signal into an electrical signal and decoding the 7B/8B coded line signal into a binary bitstream. Also, the auxiliary transmission signals of up to 8 Mbit/s are regenerated.

While the main stream is being regenerated it is continuously monitored for its BER.

There are two versions of the receive unit available. In one version the receive unit is equipped with a PIN photo-diode, for the optical to electrical conversion and in the other version with an avalanche diode for increased sensitivity.

equipment via the embedded supervision path.

The 64 kbit/s and 2 kbit/s auxiliary transmission channels, which are superimposed on the main data stream, are accessible in the office repeater for use for EOW or data.

Connecting panel											
CMI-in	CMI-in	Mux	Tx	2/8 muldex	Rx	Demux	CMI-out	MSP	ASI	PSU*	PSU

Terminal subbay

Connecting panel											
LF	REG	LF	REG	LF	REG	LF	REG	MSP	ASI	PSU*	PSU

Office repeater subbay

Legend

CMI-in	: CMI-input Unit
Mux	: Multiplex Unit
Tx	: Transmit Unit
2/8 muldex	: 2/8 Mbit/s Muldex Unit
Rx	: Receive Unit
Demux	: Demultiplex Unit
CMI-out	: CMI-Output Unit
MSP	: Maintenance Support Processor
ASI	: Alarm Station Interface Unit
PSU	: Power Supply Unit
LF	: Low freq. part of regenerator
REG	: Regenerator
*	: Optional

Mechanical design

The 8TR 695 system is housed in the D500-W (wide) construction practice.

The same high standards as for the well-known D500-S, (slim line) construction practice of AT&T-NSI, apply with respect to EMC and ESD, which is why the subbay fronts, with the exception of the PSUs and ASI, are closed off by a metal cover. This has proven to be an effective method of combatting electromagnetic interference (EMI) and electrostatic discharge (ESD).

The construction of the system is in line with internationally accepted standards, allowing possible combination of the 8TR 695 with existing equipment in telephone offices.

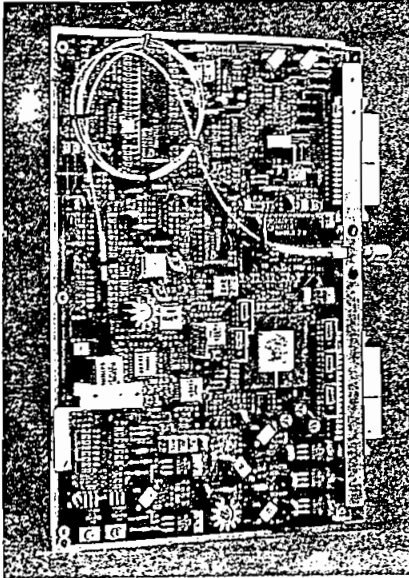
A connecting panel, is located above the subbay part providing front access to the electrical and optical interfaces.

The subbays have standard dimensions of 365 x 450 (19-inch) x 250 mm (H x W x D) and can accommodate various transmission units.

System features

- Compliance with the relevant CCITT Recommendations.
- The sophisticated supervision system provides local and remote alarm information. In addition, hard contacts are available for collecting in-station alarms.
- A so-called Q2-interface is available for providing a central Transmission Maintenance System with alarm information.
- User-friendly man-machine interface for installation, maintenance and supervision.
- Error performance monitoring according to CCITT Rec. G.821.

- The supervision system is capable of supervising both line and multiplex systems.
- Early maintenance alarm for each individual laser if the laser current exceeds a preset value.
- 8 Mbit/s, 64 kbit/s and 2 kbit/s auxiliary transmission channels available.
- EOW on fibre is available.
- In the event of a cable break, automatic laser safety switch-off available.
- Equipment construction practice meets latest EMC and ESD requirements.
- Protection switching available as option.
- Repeater section up to:
 - 40 km for 1300 nm version.
 - 100 km for 1550 nm version.
- Loopback facilities at 140 Mbit/s.



Transmit unit.

Demultiplex Unit

The signal from the receiver is descrambled and then demultiplexed into four parallel data streams.

The demultiplexer also provides access to the four service bits via the V.10/V.11 interfaces.

The four parallel data streams are fed to the CMI Output Unit.

CMI Output Unit

The CMI Output Unit provides four 140 Mbit/s output ports, each of which is duplicated.

Supervision system

To facilitate maintenance and provide a flexible application, a new supervisory system has been designed, which primarily supervises the local equipment, both in terminal and intermediate stations. Via the transmission path, the system can, however, communicate with other supervision systems to enable any remote supervision configuration. In this way an integrated local

equipment and route supervision system can be realized. The system is capable of supervising different types of equipment, e.g. primary or higher order muldex equipment.

The supervision system is organized around the MSP (Maintenance Support Processor). Each unit in the transmission system is provided with a specially designed alarm I/O circuit for monitoring the unit's performance and which is connected via a bus to the MSP.

All CCITT recommended fault conditions are detected and processed by the MSP. In addition, the values of laser bias current, laser modulation current and PIN-diode current, corresponding to received optical power, can be obtained via the supervision system. The EBER values of the incoming signals are also monitored.

In the event of a fault, the appropriate action, which is dependent on the nature of the alarm, is taken under direct control of the alarm I/O circuit itself. At the same time, the information about system performance is passed on to the MSP, which is able to take the appropriate action within the system. If necessary, the MSP also informs the maintenance engineer or a maintenance facility. A general unit hardware fail alarm is indicated at the front of the relevant unit by a LED being illuminated. In addition to this local alarm processing, the MSP interfaces to other remote MSPs via a separate bus connected to a 16 kbit/s supervision channel. Inter-MSP communication is possible via this channel, so that performance information of any remote equipment is available on request via the supervision system.

In addition to the capability of supervising local and remote equipment, the MSP provides alarm and performance information for a TMN (Telecommunications Maintenance Network) via a V.10/V.11 serial interface.

The MSP is housed in one subbay, together with the Alarm and Station Interface Unit (ASI). This interface provides a number of hard contacts which can be used for local station alarm indications.

Auxiliary transmission channels

In addition to the four 140 Mbit/s main data streams, the BTR 695 system offers a number of auxiliary transmission channels, viz.

- 8 Mbit/s CCITT Rec. G.703. Optionally, a 2/8 Mbit/s multiplexer can be added so that four 2 Mbit/s interfaces are available instead.
- Four service bits, each with a capacity of 210 kbit/s according to CCITT Rec. G.954 Annex B. One bit is for alarm transportation, while the other three are available for national use. The interfaces are according to CCITT Rec. V.10/V.11.
- 64 kbit/s, co-directional according to CCITT Rec. G.703, for data or EOW.
- 2 kbit/s, contra-directional, V.10/V.11, free or for signalling, e.g. selective calling, for EOW.

The 64 kbit/s and 2 kbit/s signals can be transported either multiplexed with the main data stream or superimposed on the main stream.

Regenerators

The intermediate station equipment is of the office repeater type. The office repeater regenerates the incoming data signal, checks for errors and applies the refreshed optical signal to the fibre. Information about the performance of the office repeater is passed to the terminal

Technical Data	STR 695		
Line rate (kBd)	: 659157		
Accordance with CCITT Rec . (Where applicable, Blue Books)	: G.703, G.821, G.823, G.921, G.954 Annex B, G.956.		
Interface	: 139 264 kbit/s CMI		
Number of tributaries	: 4		
Optical line code	: 7B/8B, full T-pulse		
Nominal wavelength	: 1300 nm (standard)	1300 nm (extended)	1550 nm
Power ratio (M3=0)	: 28 dB	33 dB	31 dB
Equipment margin (Me)	: 3 dB	3 dB	3 dB
Power budget between S and R	: 25 dB	30 dB	28 dB
Maximum allowed dispersion of total repeater section	: 100 ps/nm	2000 ps/nm	
Typical section length (depending on applied fibre-quality)	: 40 km	100 km	
Primary power input	: 24 V DC up to 60 V DC (+ 20% to - 15%)		
Power consumption (from primary power)			
- bidirectional line terminal	: 40 W		
- one-way repeater	: 7 W		
- supervision	: 8 W		
- 2/8 Mbit/s multiplexer	: 3 W		
- engineers order wire	: 1 W		
Dimensions of subbay	: 365 x 450 (19-inch) x 250 mm		
Environmental conditions			
- Ambient temperature:			
- Rated range	: - 5 to + 45°C		
- Limit range	: - 15 to + 55°C		
- Relative humidity:			
- Rated range	: 10 to 85%		
- Limit range	: 5 to 95%		
- Equipment includes facilities for	: - AIS - local alarms - remote system alarms - remote external alarms - remote control - in-service BER measurement per individual repeater and line terminal - laser end-of-life warning - EOW equipment - Serial interface to OMC/TMN		

FD-0280 34M/140M N+1 Line Switcher

FD-0290 565M N+1 Line Switcher

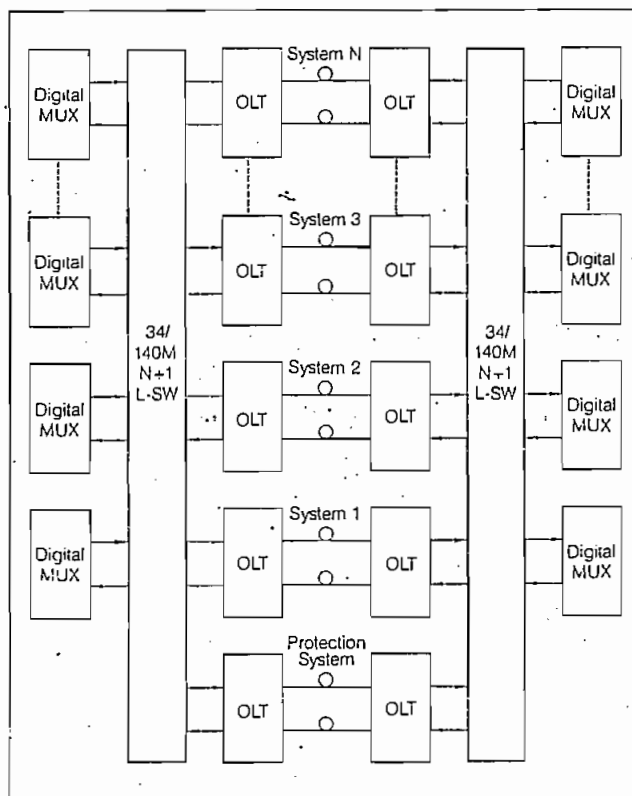
The N6000 Series Optical Line Terminals (OLT) can incorporate a 1+1 Line Switching function inside the shelf as an option. However, three N+1 Line Switchers are also available to provide N+1 protective

switching facilities for specific FOTS capacities. The FD-0280 34M is for 34Mbit/s systems, the FD-0280 140M is for 140Mbit/s systems, and the FD-0290 565M is for 565Mbit/s systems.

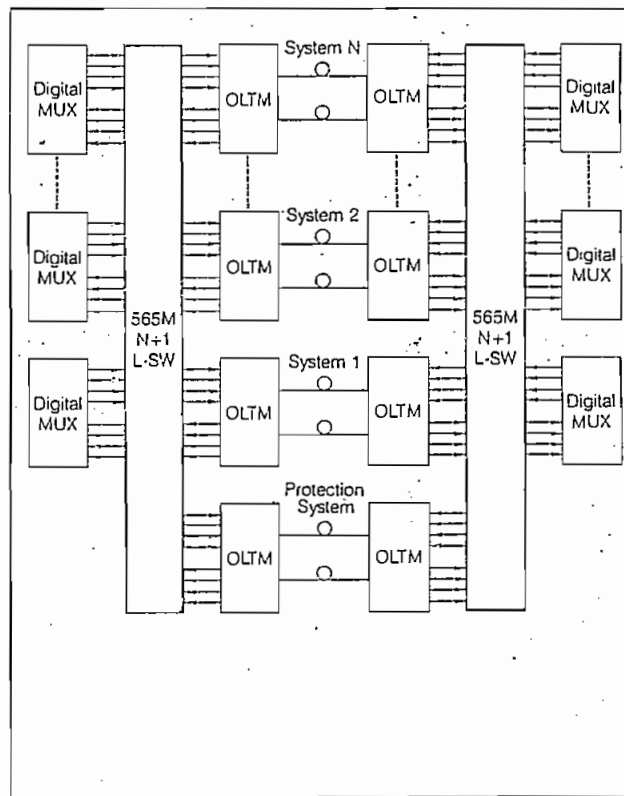
Features

- (1) Automatic Switchover and Restoration
Traffic is automatically switched to the backup system when the performance of the primary system deteriorates below acceptable levels. Once the operation of the primary system is restored to the required level, service automatically reverts to the primary system.
- (2) Manual and Forced Switching Modes
Traffic can be switched manually via the control circuit, or by using the forced switching mode, which bypasses most of the control circuits.

- (3) Remote Control Mode
Switching can be performed from a remote maintenance center with the help of the supervisory system.
- (4) Self-diagnostic Test
Self-diagnostic testing is available without switching the circuits.



FD-0280 34/140M N+1 L-SW



FD-0290 565M N+1 L-SW

- Legends:
- Digital MUX : Digital Multiplexer
 - L-SW : Line Switcher
 - OLT : Optical Line Terminal
 - OLTM : Optical Line Terminating Multiplexer



1.3 SUPERVISION SYSTEM

To facilitate maintenance and provide a flexible application, a new supervisory system has been designed, which primarily supervises the local equipment, both in terminal and intermediate stations.

Via the transmission path, the system can, however, communicate with other supervision systems to enable any remote supervision configuration. In this way an integrated local equipment and route supervision system can be realized.

The system is capable of supervising different types of equipment, e.g. primary or higher order muldex equipment. The supervision system is organized around the MSP (Maintenance Support Processor). Each unit in the transmission system is provided with a specially designed alarm I/O circuit for monitoring the unit's performance and which is connected via a bus to the MSP.

All CCITT recommended fault conditions are detected and processed by the MSP. In addition, the values of laser bias current, laser modulation current and PIN-diode current, corresponding to received optical power, can be obtained via the supervision system. The EBER values of the incoming signals are also monitored.

In the event of a fault, the appropriate action, which is dependent on the nature of the alarm, is taken under direct control of the alarm I/O circuit itself.

At the same time, the information about system performance is passed on to the MSP, which is able to take the appropriate action within the system. If necessary, the MSP also informs the maintenance engineer or a maintenance facility. A general unit hardware fail alarm is indicated at the front of the relevant unit by a LED being illuminated.

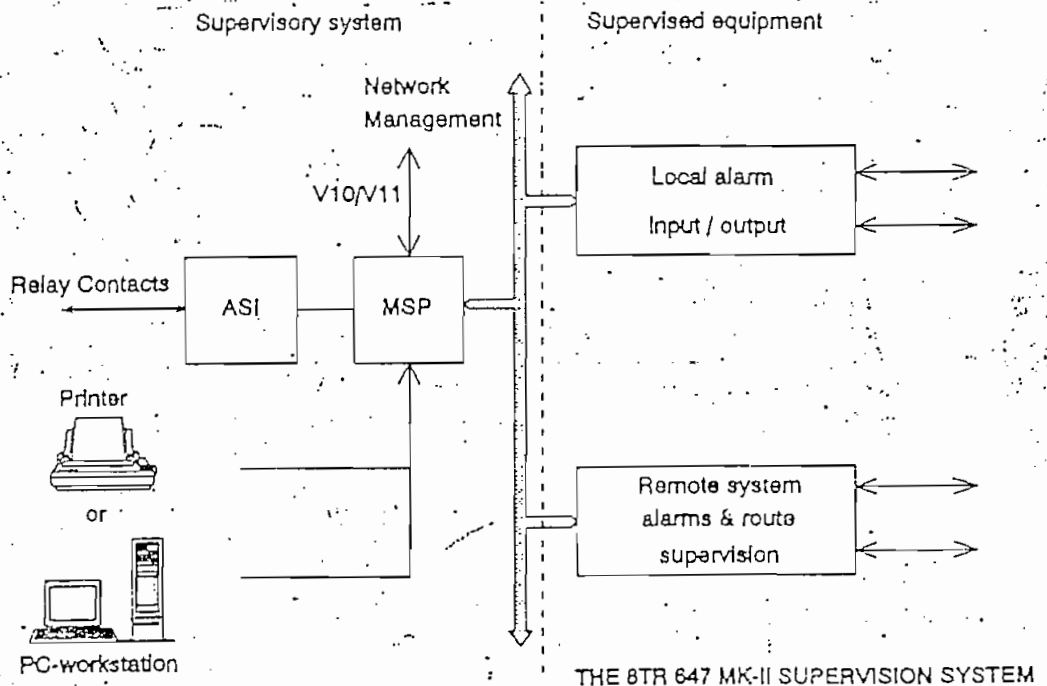


In addition to this local alarm processing, the MSP interfaces to other remote MSPs via a separate bus connected to a 16 kbit/s supervision channel.

Inter-MSP communication is possible via this channel, so that performance information of any remote equipment is available on request via the supervision system.

In addition to the capacity of supervising local and remote equipment, the MSP provides alarm and performance information for a TMN (Telecommunications Maintenance Network) via a V.10/V.11 serial interface.

The MSP is housed in one subbay, together with the Alarm and Station Interface Unit (ASI). This interface provides a number of hard contacts which can be used for local station alarm indications.



THE 8TR 647 MK-II SUPERVISION SYSTEM

Figure 1.4

General Description

NEC has succeeded in developing the N6000 Series higher order digital multiplexer. Based on a 30 channel (CH) PCM system operating at 2.048 Mbit/s, these include second (120 CH), third (480 CH) and fourth (1920 CH) order digital multiplexers. The NE6020 8M Digital Multiplexer combines four 2.048 Mbit/s digital pulse streams into a single 8.448 Mbit/s stream following CCITT Rec. G.742. The NE6030 34M Digital Multiplexer combines four 8.448 Mbit/s digital pulse streams into a single 34.368 Mbit/s stream, following CCITT Rec. G.751. The NE6041 140M Digital Multiplexer combines four 34.368 Mbit/s digital pulse streams into a single 139.264 Mbit/s stream, following CCITT Rec. G.751.

Features

- 1) Flexible construction
 - Front access for station cable
 - Accommodation of different systems
 - Minimum floor space requirement
- 2) Intelligent operation and maintenance facilities
 - Online performance monitoring, advanced fault location and various programmed functions (loopback, etc.) with Portable Control Terminal (PCT)
 - Integrated flexible Centralized Supervisory System (option)
 - Fuses, PCT access terminal, station alarm output terminal, etc. are incorporated into the Maintenance Terminal (MAINT TERM)
- 3) System unit configuration
- 4) 1+1 protection for MUX Unit function (option for NE6020/30/41)
- 5) Duplicated power supply (option)
- 6) Low power consumption
 - NE6020 8M MUX : approx. 3.3W/system
 - NE6030 34M MUX : approx. 4.7W/system
 - NE6041 140M MUX : approx. 11W/system
 - NE6058 2-34M MUX : approx. 14W/system
- 7) Use of custom-made CMOS LSIs (Analog and Digital)
- 8) Use of surface mount technology
- 9) High reliability
- 10) Meets EMI, ESD requirements

System Capacity

1) Rack capacity

NE6020 8M MUX : 40 systems/2.6m
N6000 Slim Rack
32 systems/N6000
Office Cabinet

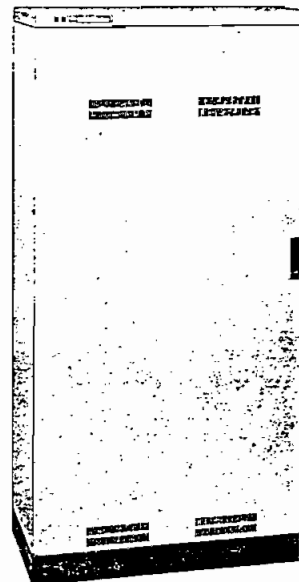
NE6030 34M MUX : 40 systems/2.6m
N6000 Slim Rack
32 systems/N6000
Office Cabinet

NE6041 140M MUX : 12 systems/2.6m
N6000 Slim Rack
8 systems/N6000
Office Cabinet

NE6058 2-34M MUX : 10 systems/2.6m
N6000 Slim Rack
8 systems/N6000
Office Cabinet

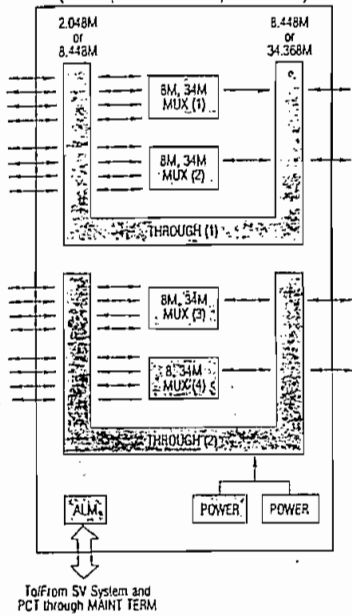
2) Shelf capacity

8M MUX : 4 systems/Shelf
34M MUX : 4 systems/Shelf
140M MUX : 2 systems/Shelf
2-34M MUX : 2 systems/Shelf



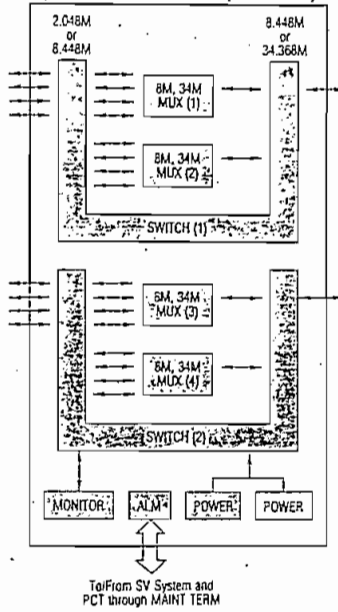
Block Diagram

NE6020 8M MUX
NE6030 34M MUX
(Independent Operation)

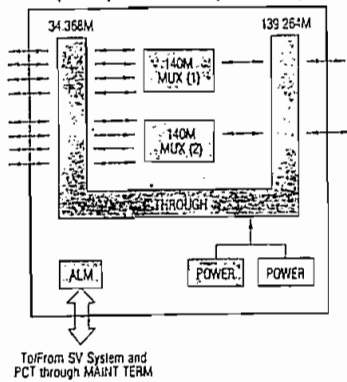


*MONITOR is required for 1-1 Protection.

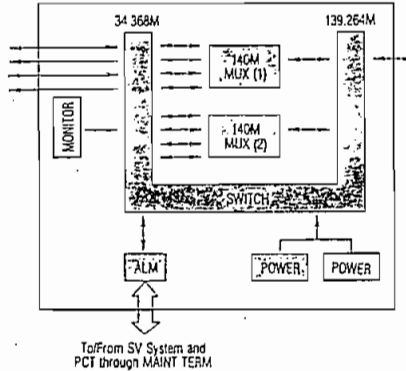
(1 + 1 Protected Operation)



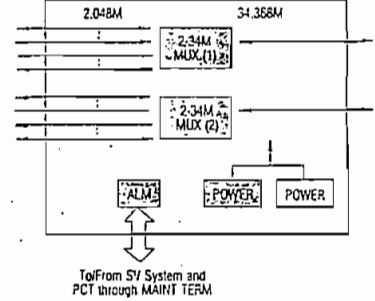
NE6041 140M MUX
(Independent Operation)



(1 + 1 Protected Operation)



NE6058 2-34M MUX

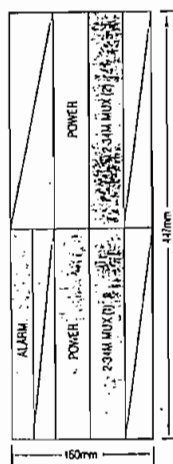


Equipment Layout

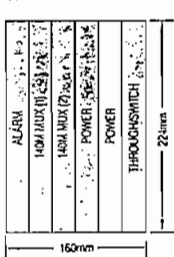
Legends:

- MAINT TERM : Maintenance Terminal
- ALARM : Alarm Unit
- THROUGH : Through Unit
- POWER : Power Supply
- SWITCH : Switcher
- 8M MUX : 8M Multiplexer & Demultiplexer
- 34M MUX : 34M Multiplexer & Demultiplexer
- 140M MUX : 140M Multiplexer & Demultiplexer
- 2-34M MUX : 2-34M Multiplexer & Demultiplexer
- MONITOR : Monitor
- [] : Option

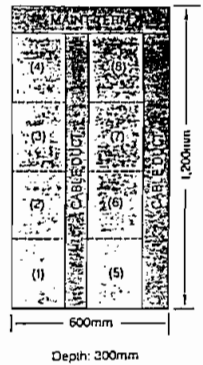
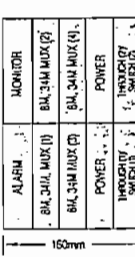
NE6058 2-34M MUX



NE6041 140M MUX



NE6020 8M MUX
NE6030 34M MUX



Typical unit layout in a shelf

N6000 Series Slim Rack

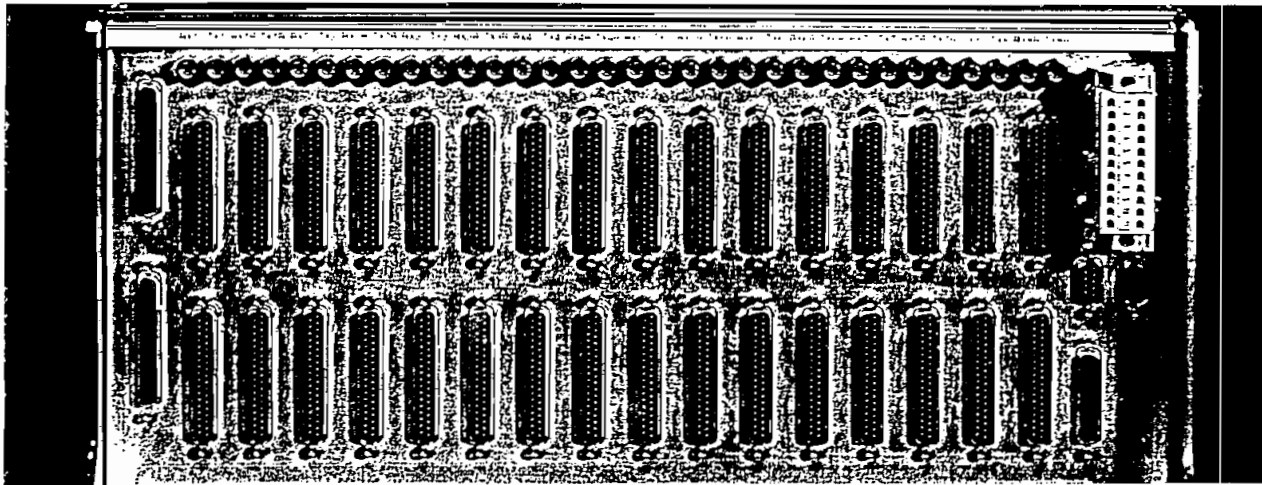
N6000 Series Office Cabinet

() indicates each number of place, a fixed-size position for mounting an equipment shelf

Technical Data

	NE6020 8M Digital Multiplexer	NE6030 34M Digital Multiplexer	NE6041 140M Digital Multiplexer	NE6058 2-34M Multiplexer
1) System Parameters Transmission Capacity Number of Tributaries Number of Telephone Channels Per tributary In multiplexed signal Multiplexing Method Synchronization Maximum Capacity per 2.6m Slim Rack per Office Cabinet	Following CCITT G.742 Four 2,048 Mbit/s streams into one 8,448 Mbit/s stream 4 30 channels 120 channels Bit-interleaving Positive justification in the fixed frame 40 systems 32 systems	Following CCITT G.751 Four 8,448 Mbit/s streams into one 34,368 Mbit/s stream 4 120 channels 480 channels Bit-interleaving Positive justification in the fixed frame 40 systems 32 systems	Following CCITT G.751 Four 34,368 Mbit/s streams into one 139,264 Mbit/s stream 4 480 channels 1920 channels Bit-interleaving Positive justification in the fixed frame 12 systems 8 systems	Following CCITT G.742 and G.751 Sixteen 2,048 Mbit/s streams into one 34,368 Mbit/s stream 16 30 channels 480 channels Bit-interleaving Positive justification in the fixed frame 10 systems 8 systems
2) Interface Bit Rate Low-speed side High-speed side Impedance Low-speed side High-speed side Code Format Low-speed side High-speed side Output Pulse Amplitude ONE Low-speed side High-speed side Residual Amplitude ZERO Low-speed side High-speed side Pulse Amplitude of CMI Operation Limit Low-speed side High-speed side	Following CCITT G.703 2,048 Mbit/s \pm 50 ppm 8,448 Mbit/s \pm 30 ppm 75 Ω , unbalanced or 120 Ω , balanced 75 Ω , unbalanced HDB3 (50% duty) HDB3 (50% duty) 2.37 Vo-p \pm 10% (75 Ω) or 3.0 Vo-p \pm 10% (120 Ω) 2.37 Vo-p \pm 10% 0V \pm 0.237V (75 Ω) or 0V \pm 0.3V (120 Ω) 0V \pm 0.237V Interconnection cable loss of 6 dB at 1,024 MHz Interconnection cable loss of 6 dB at 4,224 MHz	Following CCITT G.703 8,448 Mbit/s \pm 30 ppm 34,368 Mbit/s \pm 20 ppm 75 Ω , unbalanced 75 Ω , unbalanced HDB3 (50% duty) HDB3 (50% duty) 2.37 Vo-p \pm 10% 1.0 Vo-p \pm 10% 0V \pm 0.237V 0V \pm 0.1V Interconnection cable loss of 6 dB at 4,224 MHz Interconnection cable loss of 12 dB at 17,184 MHz	Following CCITT G.703 34,368 Mbit/s \pm 20 ppm 139,264 Mbit/s \pm 15 ppm 75 Ω , unbalanced 75 Ω , unbalanced HDB3 (50% duty) CMI 1.0 Vo-p \pm 10% 0V \pm 0.1V 1.0Vp-p \pm 0.1V Interconnection cable loss of 12 dB at 17,184 MHz Interconnection cable loss of 12 dB at 69,632 MHz	Following CCITT G.703 2,048 Mbit/s \pm 50 ppm 34,368 Mbit/s \pm 20 ppm 75 Ω , unbalanced or 120 Ω , balanced 75 Ω , unbalanced HDB3 (50% duty) HDB3 (50% duty) 2.37 Vo-p \pm 10% (75 Ω) or 3.0 Vo-p \pm 10% (120 Ω) 2.37 Vo-p \pm 10% 0V \pm 0.237V (75 Ω) or 0V \pm 0.3V (120 Ω) 0V \pm 0.237V Interconnection cable loss of 6 dB at 1,024 MHz Interconnection cable loss of 12 dB at 17,184 MHz
3) Power Requirements Voltage Power Consumption	-48V/-60V DC (-36V to -72V) -24V DC (-21V to -29V) Approx. 3.3W per system	-48V/-60V DC (-36V to -72V) -24V DC (-21V to -29V) Approx. 4.7W per system	-48V/-60V DC (-36V to -72V) -24V DC (-21V to -29V) Approx. 11W per system	-48V/-60V DC (-36V to -72V) -24V DC (-21V to -29V) Approx. 14W per system
4) Environmental Conditions Ambient Temperature Guaranteed Operational Relative Humidity	0°C to +45°C -5°C to +50°C Up to 90% at 35°C			
5) Dimensions (in mm) Shelf	160(W) x 220(D) x 224(H)	160(W) x 220(D) x 224(H)	160(W) x 220(D) x 224(H)	160(W) x 220(D) x 447(H)

NEC reserves the right to change the specifications for improvement without notice.



Connecting panel

All internal interconnections are via a multi-layer backplane. Sub-D connectors are used to terminate tributary signals (see picture). If necessary, sub-D to coaxial connector adaptors can be used.

Transmission Units

The four transmission units can be used to realise almost any configuration. All the boards are pin compatible and can therefore be inserted in any of the eight transmission slots.

- 2/34 Mbit/s muldex unit

The 2/34 Mbit/s multiplexer multiplexes sixteen 2 Mbit/s bitstreams into a 34 Mbit/s bitstream using the standard CCITT multiplex formats. The 2 Mbit/s interfaces can be looped locally or remotely with the help of the maintenance system.

A 1 + 1 protection switch is integrated in the 34 Mbit/s interface. A single Printed Circuit Board (PCB) contains both multiplexer and demultiplexer.

- 34/140 Mbit/s muldex unit

The 34/140 Mbit/s multiplexer multiplexes four 34 Mbit/s bitstreams into one 140 Mbit/s bitstream.

A 1 + 1 protection switch is integrated in the 140 Mbit/s interface.

The 34 Mbit/s interfaces can be

looped, locally or remotely, with the help of the maintenance system. Both multiplexer and demultiplexer are contained on one PCB.

- 34 Mbit/s OLTU

The 34 Mbit/s OLTU contains the equipment for converting the HDB3-coded 34 Mbit/s electrical signal into the optical line signal, and vice versa. The complete unit, comprising optical transmitter, receiver and line coder/decoder (5B/6B), is contained on a single PCB. A loop can be set at the 34 Mbit/s electrical interfaces, locally and remotely via the maintenance system. The OLTU provides the Auxiliary Transmission Channel necessary for single-ended maintenance, customer channels and for the EOW. Two power budget versions, 18 dB and 31 dB, are available.

- 140 Mbit/s OLTU

The 140 Mbit/s OLTU contains the equipment for converting the CMI-coded 140 Mbit/s electrical signal into the optical line signal, and vice versa. The line code applied is 5B/6B. The complete unit, comprising optical transmitter, receiver and line coder/decoder, is contained on a single PCB. A loop can be set at the 140 Mbit/s electrical interfaces, locally and

remotely via the maintenance system. The OLTU provides the Auxiliary Transmission Channel necessary for single-ended maintenance, customer channels and for the EOW. Two power budget versions, 18 dB and 28 dB, are available.

Alarm and Maintenance system

The Alarm and Maintenance Unit (AMU) performs the following functions:

- collects maintenance and alarm data from all units
- configures the system
- monitors performance
- locally displays maintenance and alarm data
- provides network management interface

The Alarm and Maintenance system is based on the philosophy used in all AT&T transmission equipment. Since all units of a COMBIMUX based network can be spread out over many sites, often unattended, remote terminals can be controlled from one single end, viz. the local exchange terminal.

The AMU collects and displays local alarms and passes this information to higher level management systems via hard contacts and a standard TABS/CCITT Q interface.

The AMU is also used for configuration and test set-up. The transmission units have various loop facilities that can be set with the AMU. An auto-test of the system is also controlled by the AMU.

Engineer's Order Wire

An EOW card can be inserted in the subrack to provide EOW facilities. Some features are:

- selective call
- broadcasting
- standard telephone jack
- any telephone set (DTMF) can be used.

System examples

Examples of possible COMBIMUX systems and their associated subrack configurations are shown in figs. 4, 5, 6 and 7:

2/34/140 Mbit/s Muldex System (fig. 4)

Each of the eight slots can contain a 2/34 Mbit/s or a 34/140 Mbit/s multiplexer.

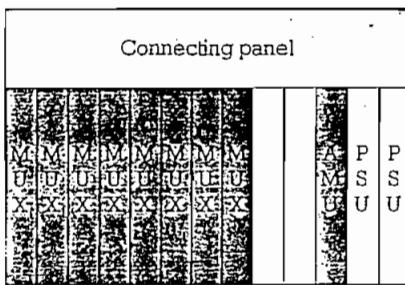


Figure 4 Subrack 2/34/140 Mbit/s Muldex System

Legend

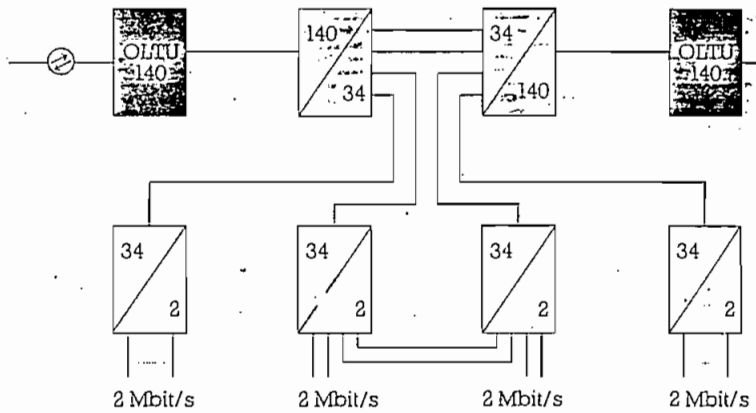
- MUX: 2/34 Mbit/s or 34/140 Mbit/s Multiplexer Unit
- 2/34: 2/34 Mbit/s Multiplexer Unit
- 34/140: 34/140 Mbit/s Multiplexer Unit
- OLTU: Optical Line Terminating Unit
- EOW: Engineer's Order Wire Unit
- AMU: Alarm and Maintenance Unit
- PSU: Power Supply Unit

64 x 2 Mbit/s Muldex and Optical Line System with Add/Drop possibilities (fig. 5)

The system comprises:

- Four 2/34 Mbit/s Muldex Units
- Two 34/140 Mbit/s Muldex Units
- Two 140 Mbit/s OLTUs

Figure 5 64 x 2 Mbit/s Muldex System and Optical Line System with Add/Drop



16 x 2 Mbit/s Muldex and Optical Line System (fig. 6)

The system comprises:

- One 2/34 Mbit/s Muldex Unit
- One 34 Mbit/s OLTU (two 34 Mbit/s OLTUs for protected system)

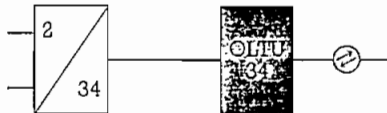
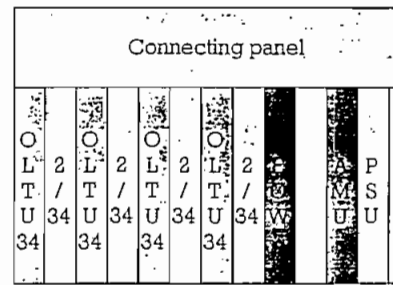
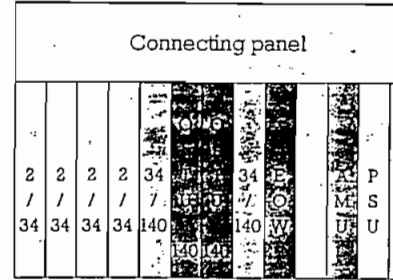


Figure 6 16 x 2 Mbit/s Muldex and Optical Line System



64 x 2 Mbit/s Muldex and 1+1 Protected Optical Line System (fig. 7)

The system comprises:

- Four 2/34 Mbit/s Muldex Units
- One 34/140 Mbit/s Muldex Unit
- Two 140 Mbit/s OLTUs

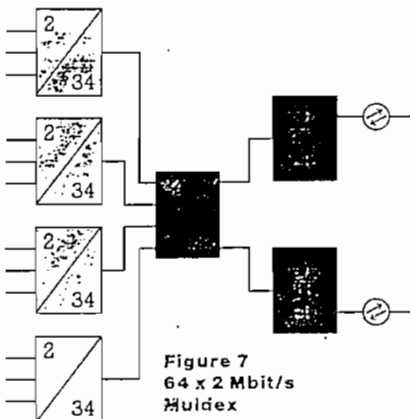
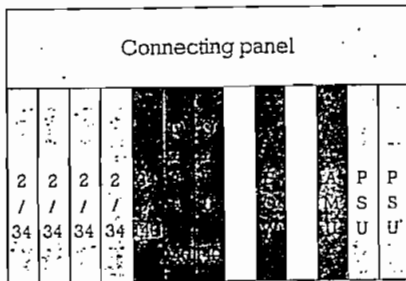


Figure 7
64 x 2 Mbit/s
Muldex and 1+1
Protected
Optical Line
System



Technical Data

Digital Interfaces

Bitrate	Code	Impedance
2048 kbit/s	HDB3	75 Ω or 120 Ω
34386 kbit/s	HDB3	75 Ω
139264 kbit/s	CMI	75 Ω

Optical Line Code at 34 Mbit/s and 140 Mbit/s

: 5B/6B

Additional Channels embedded in line code

: G.703 2048 kbit/s Customer Channel (also usable as a V.11 256 kbit/s Channel)
64 kbit/s EOW Channel
64 kbit/s Signalling and Maintenance Channel
V.10/V.11 Customer Channel:
two 64 kbit/s channels

Transmission medium

: Single mode optical fibre

**Power budget at 34 Mbit/s
Power budget at 140 Mbit/s**

: 18 dB or optionally 31 dB
: 18 dB or optionally 28 dB

Nominal wavelength

: 1300 nm

Supervision system

: Fault management
Performance management
Configuration management
Security management
Off-line configuration
Master terminal per area/domain

TMN interface

: TABS/CCITT Q Interface

Primary power inputs

Power consumption (typical)

: 24V DC to 60V DC (-20% to +20%)
: 40W from battery for 64 x 2 Mbit/s with non-protected 140 Mbit/s Line System
50W from battery for 64 x 2 Mbit/s with protected 140 Mbit/s Line System

Dimensions

: 488 x 445 x 244 mm (h x w x d)

Environmental conditions

- Operating range (for normal operation)
- Limit range (no permanent damage)

: Ambient temperature Humidity
: - 5 to +45°C 5 to 95% R.H.
: -20 to +70°C 3 to 98% R.H.

ANEXO E

PROGRAMA DE COMPUTADOR PARA DIMENSIONAR REDES DE LARGA DISTANCIA NACIONAL CON ESTRUCTURA JERARQUICA Y REDES LOCALES CON CENTRALES TANDEM.

Este programa fué desarrollado con el objetivo de optimizar y dimensionar redes telefónicas de larga distancia nacional con dos jerarquías nacionales y una internacional así como también redes locales con centrales tándem de dos jerarquías, propiedad del Departamento de Planificación de la Gerencia General de EMETEL.

Se compone de 17 Subprogramas interrelacionados automáticamente entre sí que permiten al operador mediante la contestación de preguntas e indicaciones adicionales avanzar fácilmente en su ejecución, solamente cuando aparece un menú pantalla se requiere que el operador seleccione un subprograma de arranque .

Existen dos tipos de menú de pantalla, uno es el "menú principal" que muestra los subprograma para ejecutar el cálculo de los circuitos y el otro es el " menú para el cálculo del LTC" que indica los subprogramas para calcular los valores de LTC de las rutas de alto uso de acuerdo a un análisis y comparación de costos LTC (Last Trunk Capacity) corresponde al parámetro $F(n,a)$ referido al documento del CCITT manual de planificación de redes locales y que es la función de mejora correspondiente al aumento de tráfico cursado por los circuitos de enlace de gran utilización cuando el número de los mismos pasa de n a $n+1$.

1.- CARACTERISTICAS GENERALES DEL PROGRAMA.

Las principales características del programa son las siguientes:

- Dimensiona redes de larga distancia con una o dos jerarquías nacionales y una internacional.

- Dimensiona redes locales con una o varias centrales tándem.
- Permite 18 tipos de enrutamiento de red.
- No tiene limitación en el número de centrales si la capacidad de memoria del computador lo permite.
- Tiene dos funciones de cálculo el cálculo aproximado y el cálculo detallado. El primero le permite al operador seleccionar para el cálculo cualquier valor de LTC en cambio el segundo los valores de LTC son calculados por el computador según comparaciones de costos.
- Los datos de entrada y salida son presentados en la pantalla en forma de matrices.
- Se pueden almacenar múltiples datos de tráfico en el disco del sistema mediante archivos con nombres seleccionados por el operador. También se puede grabar las condiciones y los datos de una red específica como por ejemplo número y nombre de centrales, etc.
- Existe la opción para corregir y confirmar datos.
- El programa está preparado con una función adicional para probar el programa antes de introducir los datos.

2.- COMPUTADOR Y LENGUAJE DEL PROGRAMA.

- IBM PC XT, AT o compatibles
NEC SERIE PC-9800
- LENGUAJE: BASIC y N88 BASIC (Para el computador NEC)

3.- REDES DE APLICACION

- a) Redes con una sola jerarquía nacional correspondiente a centros primarios (CPs) y un nivel internacional (CI).
- b) Redes con dos jerarquías nacionales correspondiente a los niveles de centros primarios (CPs) y secundarios (CSs) y un nivel internacional.

A continuación se adjuntan resultados obtenidos del cálculo de la matriz de tráfico de larga distancia nacional para los dos modelos de Topología de Red estudiadas.

H2DISP.BID

DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE LARGA DISTANCIA

TABLA GLOBAL DE LOS CIRUITOS DE LA RED DE LARGA DISTANCIA

CP-CP.1(AU: 0 LTC: 0.600)
 CP-CP.2(AU: 0 LTC: 0.700)
 AÑO 2010
 Final(CP-CS: 0.010 CS-CS: 0.010) * CP-CS(AU: 0 LTC: 0.700)

	CSQTO	CSGYL	IBARR	QUITO	AMBAT	GQUIL	MANTA	MACHA	CUENC	LOJA	TOT
CSQTO	-	60	0	0	0	0	0	0	0	0	
CSGYL	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	
IBARR	90	30	-	900	60	240	30	0	60	0	14
QUITO	210	150	0	-	1830	15120	810	240	1560	270	201
AMBAT	150	30	0	0	-	840	150	30	240	60	15
GQUIL	90	270	0	0	0	-	900	300	1080	300	29
MANTA	0	150	0	0	0	0	-	60	90	30	3
MACHA	0	90	0	0	0	0	0	-	60	30	1
CUENC	30	180	0	0	0	0	0	0	-	90	3
LOJA	0	120	0	0	0	0	0	0	0	-	1
TOTAL	570	1080	0	900	1890	16200	1890	630	3090	780	270

CP-CP.1:Rutas dentro de una zona servida por una central secundaria
 Con [ESC] se pasa a DISPLAY MENU.

H2DISP.BID

DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE LARGA DISTANCIA

TABLA GLOBAL DE LOS CIRUITOS DE LA RED DE LARGA DISTANCIA

Final(CP-CS: 0.010 CS-CS: 0.010)

AÑO 2010

	CSQTO	CSGYL	IBARR	QUITO	AMBAT	GQUIL	MANTA	MACHA	CUENC	LOJA	TO
CSQTO	-	19620	0	0	0	0	0	0	0	0	19
CSGYL	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	
IBARR	1350	0	-	0	0	0	0	0	0	0	1
QUITO	20610	0	0	-	0	0	0	0	0	0	20
AMBAT	3240	0	0	0	-	0	0	0	0	0	3
GQUIL	0	18690	0	0	0	-	0	0	0	0	18
MANTA	0	2100	0	0	0	0	-	0	0	0	2
MACHA	0	750	0	0	0	0	0	-	0	0	
CUENC	0	3240	0	0	0	0	0	0	-	0	3
LOJA	0	840	0	0	0	0	0	0	0	-	
TOTAL	25200	45240	0	0	0	0	0	0	0	0	70

Con [ESC] se pasa a DISPLAY MENU.

H2DISP.BID

DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE LARGA DISTANCIA

TABLA GLOBAL DE LOS CIRUITOS DE LA RED DE LARGA DISTANCIA

AÑO 1995

CP-CP.1(AU: 0 LTC: 0.600)

CP-CP.2(AU: 0 LTC: 0.700)

Final(CP-CS: 0.010 CS-CS: 0.010) * CP-CS(AU: 0 LTC: 0.700)

	CSQTO	CSGYL	IBARR	QUITO	AMBAT	GQUIL	MANTA	MACHA	CUENC	LOJA	TOT
CSQTO	-	60	0	0	0	0	0	0	0	0	
CSGYL	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	
IBARR	120	30	-	330	90	330	60	0	60	0	10
QUITO	180	90	0	-	600	5100	330	180	300	90	68
AMBAT	120	60	0	0	-	750	150	60	120	60	13
GQUIL	60	240	0	0	0	-	1050	630	600	300	28
MANTA	30	150	0	0	0	0	-	150	60	30	4
MACHA	30	120	0	0	0	0	0	-	60	60	2
CUENC	0	120	0	0	0	0	0	0	-	60	1
LOJA	30	120	0	0	0	0	0	0	0	-	1
TOTAL	570	990	0	330	690	6180	1590	1020	1200	600	131

CP-CP.1:Rutas dentro de una zona servida por una central secundaria
Con [ESC] se pasa a DISPLAY MENU.

H2DISP.BID

DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE LARGA DISTANCIA

TABLA GLOBAL DE LOS CIRUITOS DE LA RED DE LARGA DISTANCIA 2000

AÑO 2.000

CP-CP.1(AU: 0 LTC: 0.600)

CP-CP.2(AU: 0 LTC: 0.700)

Final(CP-CS: 0.010 CS-CS: 0.010) * CP-CS(AU: 0 LTC: 0.700)

	CSQTO	CSGYL	IBARR	QUITO	AMBAT	GQUIL	MANTA	MACHA	CUENC	LOJA	TOT
CSQTO	-	90	0	0	0	0	0	0	0	0	
CSGYL	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	
IBARR	90	30	-	420	30	120	0	0	30	0	
QUITO	180	90	0	-	960	7200	420	150	810	150	
AMBAT	120	30	0	0	-	450	90	30	150	30	
GQUIL	60	210	0	0	0	-	480	180	600	180	
MANTA	0	150	0	0	0	0	-	30	30	30	
MACHA	0	90	0	0	0	0	0	-	30	0	
CUENC	0	150	0	0	0	0	0	0	-	60	
LOJA	0	120	0	0	0	0	0	0	0	-	
TOTAL	450	960	0	420	990	7770	990	390	1650	450	1

CP-CP.1:Rutas dentro de una zona servida por una central secundaria
Con [ESC] se pasa a DISPLAY MENU.