



D-18518

T
621.31923
BORs



Biblioteca Central



POLITECNICA DEL LITORAL
Guayaquil - Ecuador

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

"Sistema de Cable Panamericano e Interconexión

Sección Ecuador"

PROYECTO DE TOPICOS ESPECIALES

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

ESPECIALIZACION ELECTRONICA

Presentada por:

Aura Borbor Borbor

Carolina Elizalde Pazmiño

Ernesto Ocampo Rivadeneira

Katheryn Pazos Sánchez

Guayaquil - Ecuador

1997



Biblioteca Central

AGRADECIMIENTO

A la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL donde se forjó nuestra más cara aspiración de obtener el título de Ingenieros Electrónicos.

A cada uno de nuestros profesores que con sus enseñanzas hicieron posible llegar a esta meta.

Al ING. ERNESTO MOLINEROS MERA Profesor del Tópico Especial de Comunicaciones Opticas, por saber impartir sus conocimientos, que con generosidad supo guiarnos a través de todo el proceso investigativo y desarrollo de esta tesis.

De manera especial al DR. ING. FREDDY VILLO QUEZADA, Director del Area de Telecomunicaciones, mentalizador e impulsador de este tópico, por todo su apoyo brindado durante esta primera etapa de formación como profesionales.

A nuestros compañeros con quienes compartimos inquietudes, diálogos y sugerencias que sirvieron para el debido desarrollo de este trabajo.

A todos quienes de una u otra manera supieron guiarnos en nuestra vida estudiantil, compartiendo la sabiduría de sus conocimientos guiándonos no solo en nuestro desarrollo intelectual, sino también en el crecimiento personal y espiritual.

A cada uno de ellos nuestra promesa de continuar sus pasos conforme JESUS nos enseñó en su pasaje, Eclesiástico 24,30-34:

“El autor y la comunicación de la sabiduría: Yo soy como el canal que sale del río, como acueducto que salió hacia el paraíso. Dije: Regaré mi jardín y saturaré mi bancale. Y esto se convirtió mi canal en río, y mi río se convirtió en mar. Haré brillar todavía la instrucción como aurora; y la haré resplandecer hasta muy lejos. Derramaré aún la doctrina como profecía; y la legaré a las generaciones venideras. Ved que he trabajado no solo para mí, sino para todos los que la buscan.”

DEDICATORIA



A Dios,
a nuestros padres.

TRIBUNAL DE GRADO



Biblioteca Central

ING. ARMANDO ALTAMIRANO
Presidente del Tribunal

ING. ERNESTO MOLINEROS M.
Director del Tópico

DR. ING. FREDDY VILLOO Q.
Miembro del Tribunal

ING. RAUL NORIEGA
Presidente del Tribunal

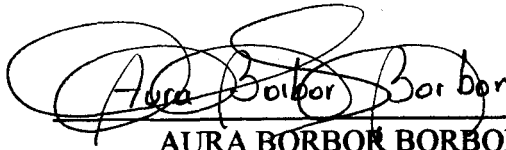


Biblioteca Central

DECLARACION EXPRESA

“ La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este proyecto, nos corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).


AURA BORBOR BORBOR


CAROLINA ELIZALDE PAZMIÑO


ERNESTO OCAMPO RIVADENEIRA


KATHERYN PAZOS SANCHEZ



Biblioteca Central

Tabla de Contenido

AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA	II
DECLARACION EXPRESA	IV
TABLA DE CONTENIDO	I
RESUMEN	VI
INTRODUCCION	IX
1. LA UTILIZACIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA EN LOS SISTEMAS SUBMARINOS	1
1.1 EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS SUBMARINOS	1
1.2 LA FIBRA ÓPTICA Y LOS CABLES SUBMARINOS	3
1.3 PLANIFICACIÓN DE LOS CABLES SUBMARINOS	5
1.4 CABLE SUBMARINO PANAMERICANO	6
2. CRITERIOS TÉCNICOS Y CONFIGURACIÓN DEL CABLE PANAMERICANO	10
2.1 PLANES TÉCNICOS FUNDAMENTALES	10
2.1.1 PLAN DE ENRUTAMIENTO	10
2.1.2 PLAN DE SEÑALIZACIÓN	12
2.1.3 PLAN DE TRANSMISIÓN	14
2.1.4 PLAN DE SINCRONISMO	14
2.2 TÉCNICA DE TRANSMISIÓN	19
2.2.1 JERARQUÍA DIGITAL PLESIÓCRONA (PDH)	19
2.2.2 JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA (SDH)	21
2.2.2.1 Normas o Estándares de la UIT-T .	26
2.2.3 MULTIPLEXACIÓN POR LONGITUD DE ONDA (WDM)	28
2.3 DEFINICIÓN DE LOS SEGMENTOS DEL SISTEMA	32
2.4 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA	36
2.4.1 CONFIGURACIÓN DE LA RUTA GEOGRÁFICA	36
2.4.1.1 Tramo de la Ruta Terrestre	36
2.4.1.2 Tramo de la Ruta Submarina	36

2.4.1.2 Tramo de la Ruta Submarina	36
2.4.2 CONFIGURACIÓN TÉCNICA	36
2.4.3 CONFIGURACIONES DE ALIMENTACIÓN DE POTENCIA	39
2.4.4 ELEMENTOS DE SISTEMA	39
2.5 FUNCIONAMIENTO DE LA SECCIÓN DE LÍNEA DIGITAL	43
2.5.1 COMPORTAMIENTO ANTE ERRORES	44
2.5.1.1 Requerimientos de Parámetros G.826 de la UIT-T	44
2.5.2 REQUERIMIENTOS DE LOS PARÁMETROS G.821 DE LA UIT-T	45
2.6 RED DE SINCRONISMO DEL SISTEMA DEL CABLE PANAMERICANO	47
2.7 RED DE GESTIÓN DEL SISTEMA DEL CABLE PANAMERICANO	49
2.8 VIDA DEL SISTEMA, CONFIABILIDAD	51
<u>3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DEL CABLE PANAMERICANO</u>	<u>53</u>
<hr/>	
3.1 GENERAL	53
3.2 EQUIPO DE ESTACIÓN TERMINAL (TSE)	54
3.2.1 FUNCIONES DEL TSE	54
3.2.2 FUENTES DE POTENCIA QUE ALIMENTA AL EQUIPO DE ESTACIÓN TERMINAL (TSE)	56
3.2.3 CONDICIONES AMBIENTALES DE OPERACIÓN	56
3.2.4 EQUIPO DE TRANSMISIÓN TERMINAL (TTE)	56
3.2.4.1 General	56
3.2.4.2 Equipo Multiplexor (ADM)	57
3.2.4.3 Equipo Terminal de Línea (LTE)	57
3.2.4.4 Cambio Automático de TTE	58
3.2.5 CANAL DE SERVICIO (OW)	58
3.2.5.1 General	58
3.2.5.2 Ejecución de Transmisión	59
3.2.6 EQUIPO DE ALIMENTACIÓN DE POTENCIA (PFE) Y LA CAJA TERMINAL DE CABLE (CTB).	59
3.2.6.1 General	59
3.2.6.2 Requerimientos de funcionamiento	60
3.2.6.3 Tierra del Sistema de Mar	61
3.2.6.4 Dispositivos de Medición	61
3.2.7 CONTROLADOR DE MANTENIMIENTO (MC)	62
3.2.7.1 General	62
3.2.7.2 Requerimientos generales de funcionamiento del MC	63
3.2.7.2.1 Funciones del Manejador de Equipo Multiplexor	63
3.2.7.2.2 Funciones del Manejador del Equipo Terminal de Línea	64
3.2.7.3 Terminales de Supervisiórr	64
3.2.7.4 Monitoreo de la Calidad de Transmisión	65
3.2.7.5 Capacidad de transferencia de datos	66
3.2.7.6 Almacenamiento a largo plazo	66
3.2.7.7 Software	66
3.3 LA FIBRA ÓPTICA Y LOS CABLES	67
3.3.1 INTRODUCCIÓN A LA ÓPTICA DE FIBRAS.	67
3.3.2 FACTORES QUE TIENEN EFECTOS SOBRE LA VIDA DE UNA FIBRA	67
3.3.2.1 Atenuación	68
3.3.2.2 Dispersión.	68
3.3.2.3 Radio De Reflexión	69
3.3.3 TECNOLOGÍAS DE FIBRAS	69
3.3.4 REQUERIMIENTOS DE LA FIBRA ÓPTICA	69
3.3.5 REQUERIMIENTOS GENERALES	70
3.3.6 TIPOS DE CABLES	71
3.3.6.1 Cable terrestre	71
3.3.6.1.1 El sistema de conexión a tierra	71

3.3.6.2 Cables Submarinos	72
3.3.7 CONDICIONES AMBIENTALES	74
3.3.8 INGRESO DE AGUAS	74
3.3.9 REQUERIMIENTOS MECÁNICOS	75
3.3.9.1 Compatibilidad cable/fibra	75
3.3.9.2 Fuerza Tensil	75
3.3.9.2.1 General	75
3.3.9.2.2 Fuerza del Cable y definiciones de roturas	76
3.3.9.3 Localización de daños	76
3.3.9.4 Acabado del cable	77
3.4 REPETIDORES, REGENERADORES, Y AMPLIFICADORES OPTICOS	77
3.4.1 GENERAL	77
3.4.2 REPETIDORES Y REGENERADORES ELECTRO-OPTICOS	78
3.4.3 AMPLIFICADORES OPTICOS	79
3.5 UNIDADES DE BIFURCACIÓN	83
3.6 INTERFACES DEL SISTEMA	83
4. INTERCONEXIÓN SECCIÓN ECUADOR	85
4.1 GENERAL	85
4.2 CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA DE AMARRE Y TENDIDO DEL CABLE EN PLAYA	86
4.3 RUTA ENTRE PUNTA CARNERO Y SALINAS II	90
4.4 UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA DE CABLE PANAMERICANO	100
4.5 INTERCONEXIÓN DE SALINAS II CON LA CENTRAL DE TRÁNSITO INTERNACIONAL DE GUAYAQUIL	101
4.5.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO DE TRANSMISIÓN PARA LA INTERCONEXIÓN DE LA CENTRAL TELEFÓNICA SALINAS II CON LA CENTRAL DE TRÁNSITO INTERNACIONAL DE GUAYAQUIL	105
4.5.1.1 Equipo Multiplex SDH	105
4.5.1.1.1 Jerarquía Digital Síncrona.	105
4.5.1.1.2 Características del Error del equipo	105
4.5.1.1.3 Fluctuación de Fase	105
4.5.1.1.4 Sincronización	106
4.5.1.1.5 Interfaz Optico.	106
4.5.1.1.6 Interfaz Eléctrica para 2 y 155 MBPS.	107
4.5.1.1.7 Estructura de la trama para STM-1	107
4.5.1.1.8 Estructura de la trama para 2 y 34 MBPS.	107
4.5.1.1.9 Interfaz de sincronización externa.	108
4.5.1.1.10 Consideraciones Generales sobre la Explotación.	108
4.5.1.1.11 Canal de Servicio (EOW) con llamadas selectivas y colectivas.	108
4.5.1.1.12 Alimentación de Energía.	108
4.5.1.2 Sistema de Gestión de la Red	109
4.5.1.2.1 Interfaz.	109
4.5.1.2.2 Alcance.	109
4.5.1.2.3 Requerimientos del NMS Local.	110
4.5.1.2.4 Facilidades Centralizadas del NMS.	111
4.5.1.3 Cable de Fibra Optica	111
4.5.1.3.1 Características de la Fibra Optica.	111
4.5.1.3.2 Características del Cable.	112
4.5.1.4 Suministro de Energía	112
4.5.1.4.1 Equipos de energía.	113
4.5.1.4.1.1 Rectificadores	113
4.5.1.4.1.2 Banco de baterías.	114
4.5.1.4.1.3 Convertidores	116
4.5.1.4.1.4 Otras fuentes de Alimentación.	116

4.5.1.4.1.5 Tablero de Control y Distribución.	116
4.5.1.4.1.6 Otros requerimientos de los equipos de energía.	116
5. INSTALACIÓN	119
5.1 GENERAL	119
5.1.1 LIMITACIONES AMBIENTALES	120
5.2 PERITAJE DE VALORACIÓN DEL ENTERRAMIENTO(BAS)	120
5.3 ACLARAMIENTO DE LA RUTA	121
5.4 REQUISITOS DE PROFUNDIDAD DE ENTERRAMIENTO.	122
5.5 PLANIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN	123
5.6 PLANIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN EN LA PLATAFORMA CONTINENTAL.	124
5.7 INSTALACIÓN GENERAL	125
5.7.1 INSTALACIÓN DEL EQUIPO DE LA ESTACIÓN TERMINAL TSE	125
5.7.2 INSTALACIÓN DE LA PLANTA SUMERGIBLE	126
5.7.2.1 Inspección Post-posicionamiento	126
5.7.3 INSTALACIÓN DEL CABLE TERRESTRE	127
5.8 EQUIPOS HA UTILIZARSE EN EL MONTAJE O INSTALACIÓN	127
5.8.1 BARCO DE POSICIONAMIENTO DEL CABLE	127
5.8.1.1 Compatibilidad del Cable con el Barco	129
5.8.2 EMPALMES DE CABLE	129
5.8.2.1 General	129
5.8.2.2 Empalmes de Fibras Opticas	130
5.8.2.2.1 Maquina de Fusión	130
5.8.2.2.2 Maquina Cortadora de Fibras	131
5.8.2.2.3 Preparación de la Fibra	131
5.8.2.2.4 Empalme de Fibra	132
5.8.2.2.5 Pérdida Estimada por Empalme	132
5.8.2.2.6 Protección de la Empalmadura	132
5.8.2.3 Empalmes terrestres	133
5.8.2.3.1 Empalmes de Cables de Conexión a Tierra.	134
5.8.2.3.2 La caja de Empalme Terrestre	135
5.8.2.4 Empalme de Playa.	135
5.8.2.4.1 Caja de Empalme en la Playa	136
5.8.2.5 Empalmes de Cables Marítimos	137
5.9 PLAN DE INSTALACIÓN	137
6. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	139
6.1 GENERAL	139
6.1.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	140
6.1.1.1 General	140
6.1.1.2 Tasa de errores del Equipo de Transmisión Terminal	140
6.1.1.3 Operación de la Sección de Línea Digital	141
6.1.1.4 Operación del Sistema de Mantenimiento	141
6.1.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	142
6.2 SISTEMA DE MANTENIMIENTO DEL CABLE Y PLANTA SUMERGIBLE	143
6.2.1 GENERAL	143
6.2.2 LOCALIZACIÓN DE FALLAS	144
6.2.3 ELECTRODIZADO	144
6.3 PUNTOS DE PRUEBA PARA MANTENIMIENTO Y MEDICIÓN DEL EQUIPO DE TRANSMISIÓN TERMINAL TTE	145
6.4 LOCALIZACIÓN DE FALLA DEL EQUIPO DE ALIMENTACIÓN DE POTENCIA PFE Y CAJA TERMINAL DE CABLES CTB	145

6.4.1 PROTECCIONES SEGURAS	145
6.5 LOCALIZACIÓN DE FALLA DEL EQUIPO DE ESTACIÓN TERMINAL TSE	146
6.5.1 ALARMAS SELECCIONADAS	146
6.5.2 EXTENSIÓN DE ALARMA	147
6.5.3 REQUERIMIENTOS DE ALARMAS.	147
6.5.4 ACCIÓN CONSIGUIENTE A UNA DETECCIÓN DE FALLA	147
6.6 EQUIPOS DE MEDICIÓN	148
6.6.1 EQUIPO REQUERIDO	148
6.6.1.1 Uso del OTDR o Reflectómetro.	148
6.6.1.1.1 Interpretación de los trazados del OTDR o Reflectómetro.	151
6.6.1.2 Equipo para Seguimiento de Cable/Electrodizado	151
6.6.1.3 Uso del megómetro.	151
6.6.1.3.1 Interpretación de los resultados del megómetro.	152
6.6.2 CORDONES Y CONECTORES	152
CONCLUSIONES	153
GLOSARIO	155
BIBLIOGRAFIA	160



RESUMEN

Biblioteca Central

El estudio del Sistema Submarino del Cable Panamericano e Interconexión con la sección Ecuador se inicia con una visión general de la utilización de la fibra óptica en los sistemas submarinos, en la que se hace referencia a la evolución de los cables desde los coaxiales con repetidores, la fibra óptica regenerada, la fibra óptica sin repetidores y la fibra óptica amplificada. Así como también, trata de las ventajas de las instalaciones transoceánicas y su planificación como concepto principal para las comunicación entre países.

El proyecto del cable submarino panamericano de fibra óptica tiene estaciones terminales en diferentes países a lo largo de su recorrido, para la transmisión y recepción de señales digitales de voz, datos e imágenes, empieza en los Estados Unidos conectando St. Thomás y St. Croix , Baby Beach en Aruba, Punto Fijo en Venezuela, Barranquilla en Colombia, Colón y la ciudad de Panamá en Panamá, Punta Carnero en Ecuador, Lurín en Perú, y termina en Arica Chile.

Se ha realizado estudios de ingeniería, elaboración de especificaciones técnicas, etc., para permitir la conectividad entre los países del grupo Andino, en la cual hay la participación de operadores de los diferentes países.

Los criterios técnicos para el diseño se han basado en los planes técnicos fundamentales como el de enrutamiento, el de señalización, el de transmisión y el de sincronismo así como en las técnica de transmisión tales como la Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH) con sus velocidades de transmisión , la Jerarquía Digital Síncrona (SDH) que se utiliza en este proyecto con una velocidad de transmisión de 2.5 Gbit/s con posibilidad de expansión, y la multiplexación por longitud de onda con sus respectivas características.

Se ha definido los segmentos y sub-segmentos del sistema así como la descripción de cada tramo.

En la configuración del sistema se ha incluido la configuración geográfica, las características principales de la ruta terrestre, la ruta submarina , se ha realizado una descripción detallada de la parte técnica en la cual se ha ubicado los nodos en los diferentes países, así como la instalación de la estación terminal con los equipos correspondiente tales como, caja terminal de cable (CTB), los equipos de alimentación de energía (PFE), el equipo multiplexor ADM-16, y en algunos casos tenemos la utilización de amplificadores ópticos (OA).

Se ha hecho el estudio de los diferentes elementos del sistema, así como también el comportamiento de errores, los requerimientos de los parámetros de las especificaciones técnicas mencionadas, la red de sincronismo del sistema, la red de gestión como un factor importante para el funcionamiento del proyecto, la vida del sistema y su confiabilidad.

Las especificaciones técnicas indicadas en el estudio son las que rigen el funcionamiento de los equipos ya mencionados así como sus interfaces, el medio de transmisión utilizado es la fibra óptica por lo que analizamos los tipos de fibra que se utilizan, los factores que intervienen sobre la vida de ésta, tales como la atenuación, la dispersión, la reflexión.

Se incluyen en el estudio las características de la fibra, su fuerza tensil, como se realizan los empalmes del cable, los requerimientos de uniones, la protección de los empalmes (terrestre y playa), los equipos utilizados para esta función como la máquina de fusión, la máquina cortadora de fibras y un análisis de la pérdida estimada por empalme.

El proyecto como ya se mencionó utiliza varios tipos de cables, es por ese motivo que tenemos un capítulo dedicado a dar a conocer los tipos de cables utilizados en este caso los terrestres y submarinos y el sistema de interconexión a tierra, que es donde se hace el empalme entre estos dos tipos de cables. Se detalla los equipos utilizados para amplificar y regenerar las señales transmitidas tales como los repetidores, regeneradores y amplificadores ópticos, así como, las unidades de bifurcación utilizadas para la interconexión de los tramos con su respectivas características.

Con referencia a la instalación de los equipos se ha realizado una investigación para su ejecución, que comprende dos tramos importantes como la instalación terrestre que se caracteriza por las facilidades de acceso con otros, la instalación marina que se realiza de acuerdo a un informe de Peritaje de Valoración de Enterramiento que identifica las áreas en peligro, los tipos de cables que deben utilizarse, etc.

La planificación de la instalación abarca cuatro zonas principales: La playa, la plataforma continental, zona de transición, las aguas profundas (se detallan su instalación de acuerdo al estudio de peritaje).

Los requisitos de profundidad de enterramiento, los equipos que se requieren para la instalación general así como la instalación de la planta sumergible e instalación del cable terrestre, el estudio de aclaramiento de la ruta (otro factor importante de seguridad para el tendido de el cable marino).

Con respecto al mantenimiento de los equipos se ha desarrollado un plan, que contiene las funciones de supervisión y mantenimiento de todos los equipos que deben ser ejecutadas.

La localización de fallas, alarmas, las facilidades de mantenimiento e inspección son dadas por las estaciones remotas que hay en cada nodo, en las estaciones remotas las alarmas se indicarán en la pantalla tales como las de la pérdida de la señal en el lado transmisor y receptor, etc.. El equipo de transmisión terminal deberá indicar los errores transmitidos al envío de la señal mediante las alarmas inmediatas y retrasadas.

En los equipos para pruebas y mantenimiento para la planta sumergible y el cable terrestre mencionamos los más importantes tal como el uso del reflectómetro u OTDR el cual mide pérdidas, atenuaciones, reflexión, se hace una interpretación de los trazos del reflectómetro, equipo de seguimiento de cable, el uso del megómetro con su interpretación.

La interconexión con la sección Ecuador del Cable Panamericano se incluye también en el estudio.

La principal característica de la sección Ecuador es la selección del punto de amarre y la ubicación de la estación terminal.

Mencionamos el lugar que fue elegido para la ubicación de los equipos que se van a interconectar con el cable marino y su respectivo esquema, y que factores se tomaron en cuenta para poder hacer la selección del punto correcto, en este caso se escogió a la Península de Santa Elena como el lugar ideal .

La construcción de la cámara de amarre y el tendido del cable en playa se lo realiza en Puerto Aguaje (Punta Carnero) en donde se va a realizar el empalme del cable que viene de la unidad de bifurcación BU - 4. De ahí el cable tiene un recorrido a la estación terminal ubicado en la Central Telefónica Salinas II.

La ruta entre Punta Carnero y Salinas II para el tendido del cable de fibra óptica terrestre, utiliza la canalización existente, debiendo reconstruirse algunas cámaras para adaptarlas a los requerimientos del proyecto.

Con referencia a la interconexión de Salinas II con la central de tránsito de Guayaquil se lo hará mediante el sistema de transmisión por fibra óptica que operará con la jerarquía digital SDH .El tendido del cable se lo realizará a través de cable canalizado o enterrado y recorrerá las poblaciones de Salinas, La libertad, Zapotal, Cerecita, Chongón y Guayaquil en una longitud aproximada de 150 Km .

Las especificaciones de los equipos están igualmente regidas por las especificaciones de la UIT - T de acuerdo a la Jerarquía Digital Síncrona, a las características de error de los equipos, la fluctuación de fase, la sincronización, su interfaz óptico, las interfaz eléctrica para 2 y 155 Mbps, la estructura de trama para STM - 1, etc.

En el sistema de gestión se habla del control del nodo , de las interfaces que se utilizan, los requerimientos y facilidades del NMS, así mismo las características del cable de fibra óptica utilizado.

INTRODUCCION

El objetivo de este proyecto es presentar un estudio del Cable Submarino Panamericano, con un sistema de transmisión SDH (Jerarquía Digital Síncrona) a 2.5 Gb/s y su correspondiente interconexión con la Red Telefónica de Ecuador, usando como medio de transmisión el empleo de Fibra Optica.

El proceso de globalización de la economía ha originado fuerte demandas a los servicios de telecomunicaciones, por esta razón para disponer de una vía de banda ancha y de alta calidad que le dé conectividad con la red mundial de cables submarino. El desarrollo de la comunicaciones se ha debido en gran medida a los nuevos sistema de transmisión SDH que permiten mayores velocidades de transmisión y que la fibra óptica, como medio de transmisión, que tiene grandes ventajas como su gran ancho de banda y con mínimas pérdidas de atenuación y dispersión.

Este proyecto se lo ha concebido con la idea de disponer en el corto y mediano plazo, de un sistema de gran capacidad, calidad y confiabilidad que amplían las posibilidades de comunicación y de nuevos servicios a nivel Nacional e Internacional. Disponibilidad de nuevos servicios tales como video-conferencias, transmisión de datos a muy alta velocidad (10 MB/S) y en un futuro se adapte a la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados), así como el uso de nuevas técnicas de multiplexaje como el WDM (Multiplexación por División de Longitud de Onda) .

Vale indicar que en este estudio se especifica la Configuración de La Red, los países que se interconectan (Aruba, Islas Vírgenes de USA, Venezuela, Colombia, Panamá, Perú, Chile y Ecuador), funciones de instalación y mantenimiento, Sistemas de Gestión de la Red y la Interconexión que hay con el Ecuador.

Como el proyecto no se ha construido y empezará a realizarse próximamente, ha sido difícil el conseguir información debido a lo reservado del tema y a el escaso número de personas que tienen información de este proyecto en el país, por lo que creemos que el estudio e investigación que hemos hecho aportará de alguna manera el conocer más a fondo y tener conocimiento de este proyecto, para no quedarnos al margen del conocimiento de grandes proyectos de comunicaciones en el mundo, debido a la centralización de la información que existe en el país.

1. La utilización de la fibra óptica en los sistemas submarinos

1.1 Evolución de los sistemas submarinos

La evolución y ejecución de un sistema de cable submarino no es algo nuevo, de hecho existe desde hace casi 150 años. Con el transcurso del tiempo, la tecnología de la transmisión ha cambiado radicalmente, pero los principios de la instalación marina y mantenimiento siguen siendo los mismos.

EL primer cable telegráfico fue tendido en 1850 entre Dover (Gran Bretaña) y Calais (Francia). Hacia 1858, se había cruzado el Atlántico, estableciendo el Telégrafo submarino como el método indiscutible de comunicaciones de larga distancia, una posición que mantuvo durante casi 100 años. Durante este período, la mayoría de los principios para el diseño, construcción, protección, instalación y mantenimiento de los cables submarinos fueron establecidos y perfeccionados. Las técnicas desarrolladas en los primeros años que han sido modificadas para incorporar mejoras tecnológicas, siguen siendo igualmente válidas en la actualidad. La construcción de cables telegráficos siguió hasta fines de los años, 50 pero en 1943, la Dirección General de Correos británica recuperó un cable coaxial, tendido entre Anglesey (Isla de Gran Bretaña) y Port Erin (Gran Bretaña) e introdujo un amplificador para aumentar la anchura de banda disponible para la telefonía. Este hecho marcó un hito en la historia, y hacia 1956, el Atlántico fue cruzado por un cable coaxial amplificado, TAT 1, anunciándose así la era de la telefonía submarina. Dos importantes cambios técnicos afectaron la instalación marina: las cajas para amplificadores en cable crearon nuevos problemas de manejo/almacenamiento a bordo de los buques, y el equipo de alimentación de potencia exigió nuevos controles de seguridad. En 1961, se introdujo el cable ligero para aguas profundas en el sistema Cantat 1, planteando nuevos problemas de manejo y almacenamiento para los armadores de buques cableros. En los años 70, el predominio de los cables coaxiales se vio amenazado por la transmisión por satélite, pero gracias a la seguridad superior y falta de demora en la transmisión,

siguieron siendo la tecnología punto a punto preferida, hasta el inicio de los cables de fibra óptica en 1986. Los sistemas de fibra óptica de gran capacidad plantearon dos graves problemas al instalador marino: una imperiosa necesidad de protección de enterramiento y cuestiones de seguridad de potencia/campo un campo magnético asociadas con el aumento de corriente de línea y cables no blindados. Los primeros sistemas ópticos fueron regenerados, y 1995 se lanzaron los amplificadores ópticos sumergidos. Aunque los amplificadores ópticos no han traído nuevas consecuencias para los instaladores marinos su desarrollo ha conducido a los “Sistemas sin repetidores”.

El primer sistema comercial de fibra óptica sin repetidores fue tendido en 1987 por BTM entre el Reino Unido y la Isla de Man (Gran Bretaña). Tenía una longitud de 80 Km, enterrado por arado y cursaba tráfico a 140 Mbits. Durante los últimos años, la tecnología del amplificador fue mejorando, aumentándose la longitud de los tramos. La tecnología actual del sistema permite tramos de más de 400 km de largo que cursan tráfico telefónico a una velocidad de 2,5 Gbits. En la Tabla 1-1 se indica la evolución que han tenido los sistemas submarinos.

	Fecha	Transmisión	Tiempo de vida
<i>Cables Telegráficos</i>	1850-1943	digital	94
<i>Coaxial con Repetidores</i>	1943-1986	analógico (250khz-45Mhz)	44
<i>Fibra óptica Regenerada</i>	1986-1995	digital (280Mbit-2.5Gbits)	10
<i>Fibra Optica sin Repetidores</i>	1987-	digital (140Mbits-)	?
<i>Fibra Opticamente Amplificada</i>	1995-	digital (2.5Gbits-)	?

Tabla 1-1 Evolución de los Sistemas Submarinos

En la Fig. # 1-1 se puede apreciar el diagrama funcional típico para sistemas submarinos de cables de fibra óptica que consiste en dos estaciones terminales unidas por un cable que se extiende sobre una masa de agua. Las señales de transmisión son conducidas por pares de fibras dentro del cable. Cuando se trata de largas distancias, se instalan repetidores a intervalos regulares para reforzar la transmisión óptica. Las estaciones terminales contienen equipos que conectan al cable marítimo con los cables terrestres de transmisión.

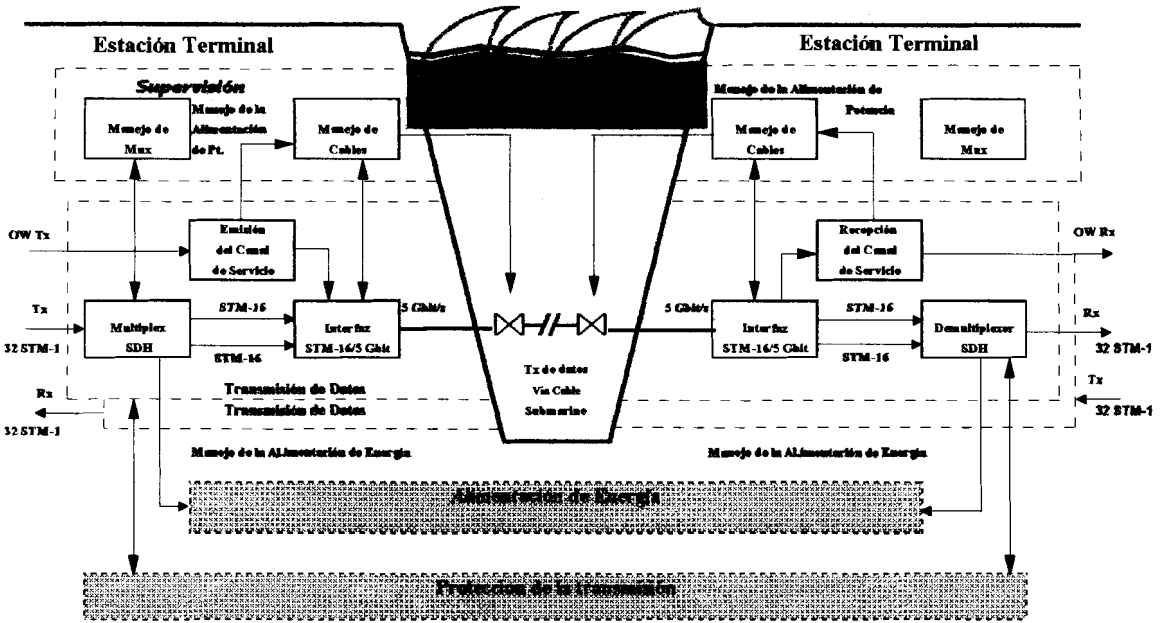


Fig. # 1-1 Diagrama Funcional del Sistema de Cable Submarino

La proyección futura de este tipo de infraestructura permitirá que muchos de los actuales servicios satelitales sean atendidos cada vez más por estas redes ópticas, pero nunca reemplazará en su totalidad a los satélites, ya que por más extensa que sea la red de fibra nunca cubrirá los sectores marginales de la poblaciones a los que llegan fácilmente los enlaces satelitales.

1.2 La fibra óptica y los cables submarinos

Las instalaciones transoceánicas de fibra óptica han sustituido con gran ventaja a los cables coaxiales teniendo como características lo siguiente:

- El menor peso de los cables de fibra estimado en un 20 % menos facilita y abarata el tendido, aunque la mayor parte del peso corresponda en ambos casos a la estructura del refuerzo.
- El volumen es netamente inferior al de los cables coaxiales, del orden de 6 a 8 veces, aspecto también repercutible en el costo del tendido.
- La capacidad de un cable de fibra óptica es muy superior a las de los coaxiales, pues mientras estos llevan un sólo tubo en los de fibra se incluyen habitualmente seis, además se puede acudir a las técnicas de multiplexación para aumentar la capacidad de información.

- La separación entre los repetidores depende, en el cable coaxial de su capacidad y esta dependencia es exponencial negativa, la distancia entre ellos oscila entre los 3 y 6 Km. Para los cables de fibra, las distancias entre regeneradores, están actualmente alrededor de los 100 Km, habiéndose llegado en algún caso a 170 Km.
- Mediante acoplamiento de fibras se puede hacer segregación de rutas en un cable de este tipo, lo que en un coaxial origina graves problemas mecánicos porque las presiones a que está sometido exigen una estructura encapsulada del punto de segregación que lo aisle del exterior.
- La fiabilidad de la transmisión varia de manera inversa al número de repetidores de la ruta.
- El cable de fibras, por sus cualidades, se presta mejor a las transmisiones digitales, máximo si se tiene en cuenta que dentro de poco se cruzarán por ellos los servicios de banda ancha.
- El estándar de fabricación para estos cables sigue siendo tan alto como para los coaxiales, ya que los esfuerzos de tracción y las presiones a que están sometidos en el lecho marino son muy altos (de 75 a 100 Knw para los primeros y hasta 80 Mnw/m², equivalentes a 800 Kg/cm², para los segundos).

En otoño de 1988, se desarrolló la primera ruta de cable submarino óptico comercial, usando la tecnología MINISUB (Barco Submarino Flotante para el tendido del cable). Como se muestra a continuación. FIG. # 1-2.



FIG. # 1-2 Submarino Flotante para tendido del cable

MINISUB es un sistema complejo, que comprende el cable mismo, el equipo de instalación del cable y un bajo costo por concepto de reparación . Esto significa que para cada aplicación hay un cable apropiado disponible, existen desde los cables con un solo blindaje, hasta los de blindaje múltiple.

1.3 Planificación de los cables submarinos

Todos los sistemas submarinos se originan en un concepto, es decir en la necesidad o deseo de establecer una transmisión entre dos o más localidades. Un sistema submarino puede ser la única solución, pero a menudo suele ser una opción entre muchas (satélite, microondas, cable terrestre, etc.). Para que los compradores potenciales puedan valorar la viabilidad de la solución del cable submarino, se deberá superar progresivamente varias fases de evaluación, que aumentará el compromiso financiero. En cada fase se obtiene más información sobre la ruta teórica del cable y los costos del sistema. A cada etapa se pueden calcular presupuestos cada vez más exactos para los gastos de instalación y mantenimiento.

Es esencial que los compradores potenciales estudien los gastos de instalación y mantenimiento en cada fase de su evaluación. Al desarrollar su plan administrativo deben considerar el costo durante toda la vida útil del sistema submarino, una duración prevista de 20 - 25 años, consiguientemente los gastos de mantenimiento será un factor importante.

Para las actividades de planificación se toman en cuenta los siguientes puntos:

- a) Selección del punto de amarre en cada una de las localidades entre las que se va a establecer una comunicación.
- b) El estudio administrativo que considera los costos del sistema desde el momento de su instalación hasta culminar su vida útil.
- c) Levantamiento hidrográfico en el cual se hace el mapa submarino de la ruta adecuada.
- d) Ingeniería de la ruta, es donde se determina la configuración del sistema, el manejo de la red y sus componentes.
- e) Estudios de instalación y mantenimiento.

Aunque algunos sistemas no abarcan toda las zonas, las zonas apropiadas se consideraran por separado y se definirán los medios necesarios, antes de combinar

los requisitos totales en un plan integrado. La planificación no se puede llevar más lejos hasta que se finalice un estudio técnico detallado de la ruta teórica.

El próximo paso de incorporar un programa de pruebas y empalmes, a menudo implica modificaciones de la longitud del sistema, cuando necesita cable adicional para empalmes y tramos separadores de emergencia. Por consiguiente el diseño básico del cable se modificará según la instalación.

1.4 Cable Submarino Panamericano

En la actualidad la comunicación internacional se la está realizando con Perú y Colombia mediante radio enlace vía microondas; con Chile, Panamá, Venezuela, Aruba y Estados Unidos nos comunicamos a través del satélite.

El proyecto del cable submarino Panamericano se ha consolidado, debido al éxito obtenido en la reunión de potenciales inversionistas efectuadas en St. Thomas (Islas Vírgenes Americanas), durante los días del 24-28 de Julio de 1995, la cual fue organizada por la compañía AT&T de los Estados Unidos y contó con la participación de los principales operadores de servicios internacionales de telecomunicaciones de América, Europa y Asia.

Consiste en la instalación de un cable submarino de fibra óptica con estaciones terminales en diferentes países a lo largo de su recorrido, para la transmisión y recepción de señales digitales de voz, datos e imágenes.

Se utiliza la fibra óptica teniendo en cuenta que un par de fibras puede transportar grandes volúmenes de información (miles de millones de bits por segundos - Gps), con excelente calidad en cables físicamente pequeños.

La concepción inicial de un cable submarino de fibra óptica por el pacífico, con estaciones terminales en Sudamérica, Centroamérica y Estados Unidos sufrió una modificación substancial para adaptarse a condiciones más favorables de costo y utilización de su capacidad.

La nueva configuración del cable incluye un tramo por el Océano Pacífico y otro por el Océano Atlántico por el caribe, para interconectarse en las isla Vírgenes Americanas con otros cables existentes que van hacia Estados Unidos, Europa y Brasil. Esta configuración fue objeto de gran aceptación por parte de nuevos inversionistas de América, Europa y Asia.

Como podemos apreciar en la Fig. # 1-3, los puntos terminales de la configuración definitiva están ubicados en Chile (Arica), Perú (Lurín), Ecuador (Punta Carnero), Panamá (Panamá, Colón), Colombia (Barranquilla), Venezuela (Punto Fijo), Aruba (Baby Beach) y Estados Unidos (St. Croix, St. Thomas). El

cruce por Panamá incluye dos tramos terrestre, que conforman un anillo, de 90 Km aproximadamente cada tramo.

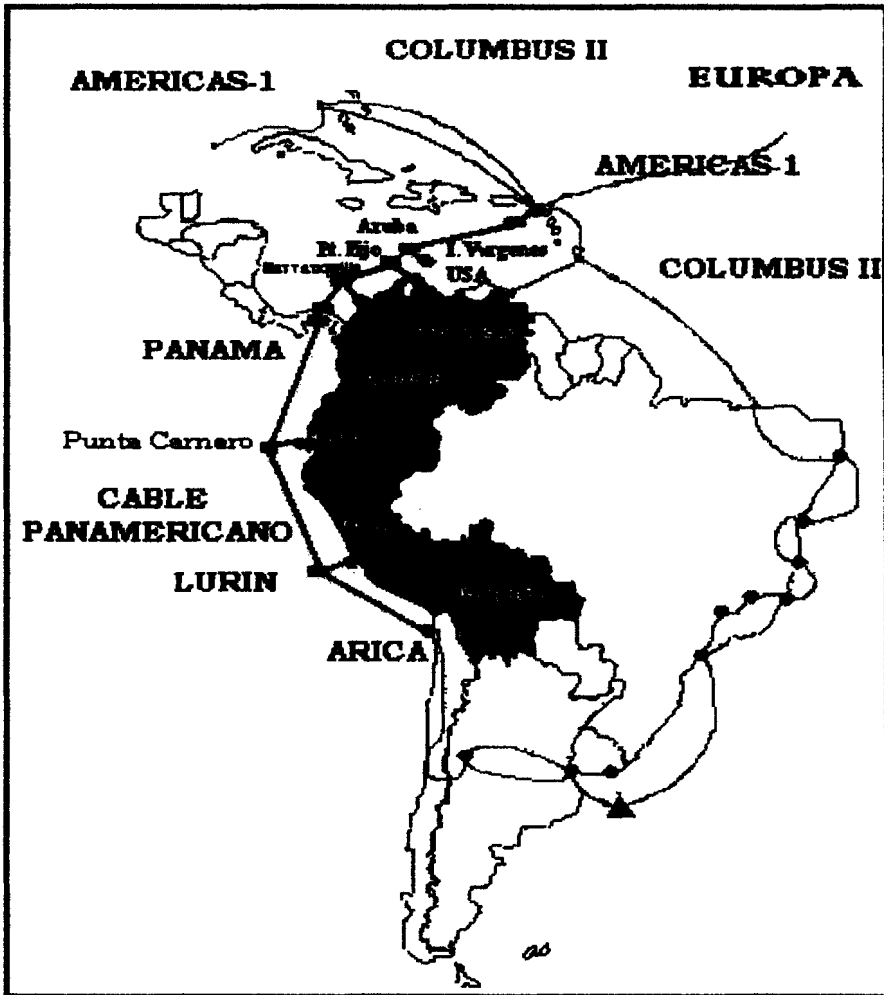


Fig. # 1-3 Cable Submarino Panamericano

El contrato para la construcción e instalación fue suscrito el 5 de Diciembre de 1996 con el consorcio AT&T Submarine Systems y Alcatel Submarine Networks.

La longitud del cable será aproximadamente de 7500 Km. Y se utilizará la más reciente tecnología, para transmisión, que corresponde a la jerarquía Digital Síncrona (SDH), con sistemas de 2,5Gbits/s y una vida útil aproximada de 25 años.

El costo estimado del proyecto es del orden de los US\$333 millones.

Durante el segundo semestre de 1995 se llevaron a cabo los estudios de ingeniería, elaboración de especificaciones técnicas y condiciones comerciales para su adquisición mediante concurso.

Los Participantes en el proyecto se clasifican en:

- Partes Iniciales
- Partes Adicionales
- Partes Corresponsales
- Partes Terminales

Las partes iniciales, son las empresas que suscribieron el acuerdo de construcción y mantenimiento el 5 de diciembre de 1996. Corresponden a las empresas operadoras operacionales, dentro de las cuales están incluidas las empresas miembro de ASETA (Asociación de Empresas de Telecomunicaciones del Acuerdo Subregional Andino).

Las partes adicionales son las empresas que firmaron el Acuerdo de Construcción y Mantenimiento, después del 5 de diciembre de 1996:

Las partes iniciales y las partes adicionales integran las partes corresponsales.

Las partes terminales son las empresas que tendrán las estaciones terminales del cable en su respectivo países y corresponde a:

- ✓ AT&T-USA (Islas Vírgenes)
- ✓ CANTV - Venezuela
- ✓ CTC MUNDO - Chile
- ✓ EMETEL - Ecuador
- ✓ ENTEL - Chile
- ✓ INTEL - Panamá
- ✓ SETAR - Aruba
- ✓ TELECOM - Colombia
- ✓ TELEFONICA DEL PERU - Perú

El cable Submarino Panamericano nos permitirá conectividad a nivel subregional entre los países del grupo Andino - Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia -, y a nivel regional con los diferentes países de América y a nivel mundial con todos los países que tengan acceso a la Red Global de cables submarinos.

Los países que no cuenten con estaciones terminales del Cable Panamericano podrán acceder a este a través de interconexiones digitales de otros sistemas. Por

ejemplo Bolivia podrá acceder a través de la interconexión digital terrestre de fibra óptica con Perú; Argentina a través de su fibra óptica con Chile; Brasil por la interconexión del Cable Submarino Américas I; los países Centroamericanos utilizando la Red Digital que los unirá con Panamá; México por la interconexión del Cable Submarino Columbus II; los países Europeos y Asiáticos a través de los cables submarinos que unen América con esos continentes.

Por ser un cable de fibra óptica tendrá la posibilidad de transportar grandes volúmenes de información con gran confiabilidad y alta calidad, para servicios internacionales de voz, datos e imágenes.

Será un medio que contribuirá efectivamente a la conformación de las “autopistas” de la información, a los procesos de integración y desarrollo de los países involucrados.

Los operadores y su porcentaje de participación en el Cable Panamericano lo detallamos en Tabla 1-2.

OPERADOR	PORCENTAJE	PAIS
AT&T	7.99%	Usa
CANTV	6.75%	Venezuela
CTC.MUNDO	6.91%	Chile
EMETEL S.A	8.42%	Ecuador
ENTEL	7.13%	Chile
INTEL S.A	2.00%	Panamá
MCII	14.08%	Usa
TELECOM	7.74%	Colombia
SETAR	2.83%	Aruba
TELEFONICA ITALIA	11.57%	Italia
TELE.INTAR	3.07%	Argentina
TELEFONICA PERU	17.72%	Perú
TELEFONICA ESPAÑA	3.79%	España
TOTAL	100%	

Tabla 1-2 Operadores en el Cable Panamericano

2. Criterios Técnicos y Configuración del Cable Panamericano

2.1 Planes Técnicos Fundamentales

Los planes técnicos fundamentales exponen las principales características técnicas para la planificación de una red, proporcionan una perspectiva general y facilita la comprensión de los aspectos técnicos más importantes de la planificación, los planes técnicos generalmente constituyen la base a largo plazo de una red.

Deben asegurar que la tecnología aplicada constituya una base adecuada para que el desarrollo de la red se opere de la forma más armoniosa posible. Incluye en la descripción de los planes técnicos fundamentales el enrutamiento, señalización, transmisión, sincronización ,entre otros.

Los cuales se van a tratar en los siguientes puntos.

2.1.1 Plan de Enrutamiento

El objeto de un plan de enrutamiento es definir las rutas reales que forman una red, y asegurar que obedecen a principios coherentes, lógicos y eficientes.

La UIT-T ha determinado en la Recomendación E.171 normas básicas de enrutamiento, que una administración debe adoptar a fin de ofrecer una conexión de calidad entre dos abonados de cualquier lugar del mundo.

La mayor parte del tráfico telefónico internacional se encamina por circuitos directos (es decir sin puntos de conmutación intermedios) entre centros de conmutación internacional.

En el plan de enrutamiento se ha definido los siguientes puntos para la interconexión y encaminamiento entre las diferentes centrales :

a) El objetivo de planificación con respecto al número máximo de enlaces en una conexión, unas directas, encaminamiento alternativo, encaminamiento de tránsito, encaminamiento jerárquico deben estar de acuerdo con los planes de conmutación, señalización, numeración o transmisión.

b) El número máximo de enlaces de tránsito permisible con combinaciones particulares de conmutación y transmisión.

c) Los administradores son libres de ofrecer las posibilidades de tránsito que deseen, siempre que se ajusten a los lineamientos de este plan.

d) En una conexión internacional no deberán existir más de 4 circuitos internacionales en cascada entre el de origen y el de destino.

El Centro de Conmutación Internacional de origen deberá seleccionar primero la ruta directa al punto de destino, si dicha ruta está disponible, si la ruta directa no está disponible (ya sea porque todos los circuitos están ocupados o porque no se ha previsto una ruta directa), el Centro de Conmutación Internacional de origen podrá seleccionar una ruta hacia cualquier Centro de Conmutación Internacional de tránsito. Para la utilización de estas rutas de tránsito deberá mediar un acuerdo previo entre las Administraciones de origen, de destino y de tránsito. Los ejemplos del enrutamiento internacional lo podemos observar en la Fig. # 2-1.

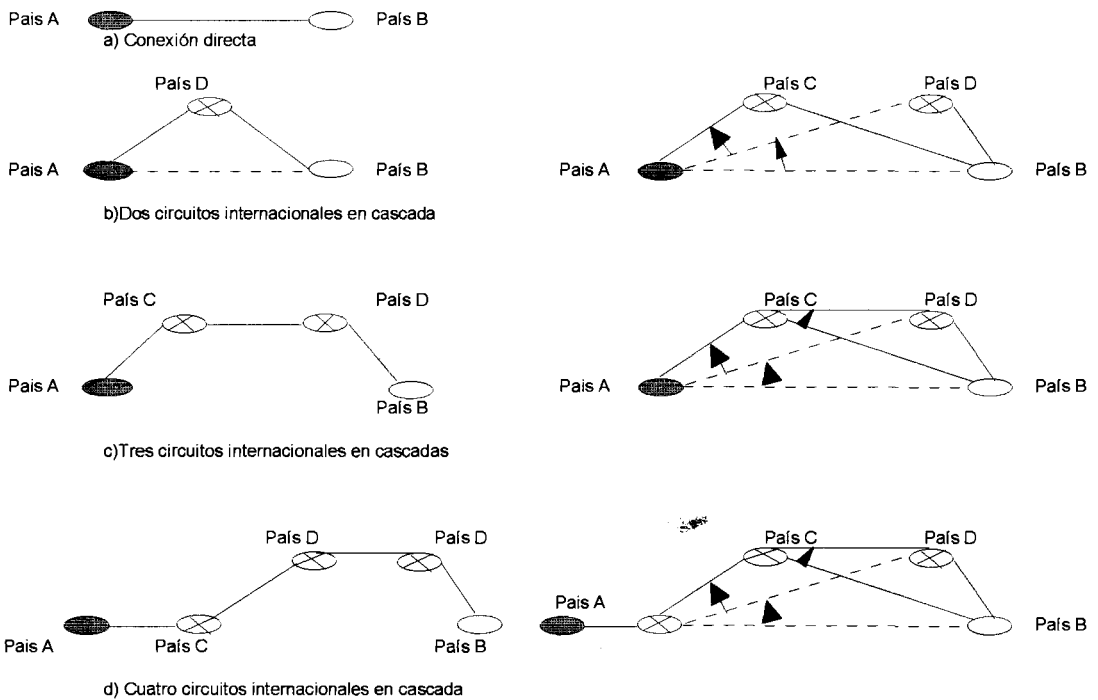


Fig. # 2-1 Ejemplos de Enrutamiento Telefónico Internacional

Los sistemas digitales trae consigo muchas nuevas ventajas de encaminamiento que deben usarse, considerarse y que comprenden:

- a) Un aumento del número de enlace que pueden intervenir en una conexión;
- b) Número muy elevados de rutas a partir de un nodo de conmutación;
- c) Una gran rapidez de conmutación y señalización que permite una gestión perfeccionada de la red;
- d) Un enfoque completamente nuevo del concepto de encaminamiento jerárquico;
- e) La provisión más económica de centrales de mayor capacidad, lo que implica un menor número de nodos de conmutación.

2.1.2 Plan de Señalización

Las funciones primordiales de la señalización consiste en originar las acciones de los sistemas de conmutación:

- 1) alertar al abonado (o servicio) llamado, y
- 2) conectar correctamente al abonado que llama con el abonado llamado

La información que debe contener:

- 1) Lista de señales a intercambiar entre abonado y central, y entre centrales:
- 2) tipos de señalización entre registradores con sus especificaciones técnicas:
- 3) tipos básicos de señalización entre abonado y central, con sus especificaciones técnicas:
- 4) ventajas e influencias del plan
- 5) métodos de introducción de los sistemas de señalización.

En general los requisitos de señalización son el resultado de especificaciones definidas en otros planes técnicos y por tanto el plan de señalización depende inherentemente de estos planes. Por otra parte, el equipo que esté cumpliendo la función de señalización y que está estrechamente relacionado con el equipo de conmutación habrá requerido muy probablemente una gran inversión y por lo tanto causará considerable inercia. En las redes más desarrolladas la modificación de la señalización en escala nacional puede ser uno de los mayores problemas para la planificación de la red.

Los entre los tipos de señalización que se utilizan las señales se envían por canales de conversación, ya sea dentro o fuera de la banda de frecuencias vocales y están permanentemente asociadas con un canal de conversación

determinado, se denomina señalización asociadas al canal común. Una de las principales limitaciones de la señalización asociada al canal es la imposibilidad de enviar señales complejas durante la transmisión de las señales vocales.

Esto problemas pueden resolverse utilizando un canal especial constituido por un enlace de datos (de 2,4 Kbit/s a través de modems por una ruta analógica, o de 64Kbit/s por una ruta digital) reservado a la señalización, y que transmite toda la que sea necesaria para un gran número de canales de conversación, con etiquetas que indican el canal de conversación al que cada señal corresponde. Este método se denomina señalización por canal común.

Los sistemas modernos de transmisión y conmutación acompañados de la eficiente señalización por canal común, ofrecen además la ventaja de una gran reducción en el tiempo medio de establecimiento de las comunicaciones y en la cantidad de equipos de señalización necesarios. Esto puede ser muy importante para la gestión de la red.

El sistema de señalización N.º 7 del CCITT o señalización por canal común está optimizado para las redes digitales y sus especificaciones son apropiadas tanto para las redes de servicios integrados como para las de servicios especializados.

En la señalización por canal común todas las señales que deben transmitirse por una ruta determinada se cursan por un solo canal. Por ello, este método sólo es económico en las rutas de gran capacidad, y debe prestarse atención a su seguridad. La señalización por canal común suprime la necesidad de equipos, tales como los grupos de relés de señalización que van provistos en equipos analógicos circuito por circuito.

Las ventajas que pueden ofrecer la señalización por canal común, desde el punto de vista de red, son por lo tanto lo siguientes:

- a) Mayor eficiencia en la utilización de los canales, por la consiguiente reducción de los costos, que puede ser importante.
- b) Economía en equipos de señalización;
- c) Una mayor variedad de señales, y por tanto de servicios;
- d) Una señalización más rápida, simultánea en ambos sentidos;
- e) La ausencia de problemas de interferencia en la conversación;
- f) Dado que los mensajes llevan etiquetas y no están necesariamente relacionados con un circuito o llamados determinados, pueden emplearse como medio de gestión de la red;
- g) La señalización no está obligada a seguir el mismo trayecto físico que la conversación;

h) mayor disponibilidad de la red, con detección de errores y retransmisión / reencaminamiento.

Los inconvenientes son los siguientes:

- 1) Complejidad;
- 2) Exigencia de seguridad: debe proveerse por lo menos dos canales;
- 3) Costo si se trata de una ruta de poca capacidad

2.1.3 Plan de Transmisión

Define los objetivos de calidad de transmisión que deben satisfacerse, y el modo en que se ha de alcanzarlos para todos los tipos de señales.

Un plan de transmisión deberá tener los siguientes objetivos generales:

- Asegurar una señal de elevada calidad en lo que respecta al ruido, al nivel y otras características.
- Proporcionar el mejor servicio posible en la situación económica existente.
- Ofrecer una flexibilidad de transmisión para el mayor número posible de servicios.
- Modernizar la red de la manera más rápida y eficiente posible.
- Minimizar los costos de nuevos equipos y de los que sean necesarios, temporalmente, para asegurar el interfuncionamiento.
- Minimizar las interrupciones de servicio por razones técnicas.

El plan de transmisión debe contener la siguiente información:

- Un plan completo de encaminamiento, que muestre la distribución de la degradación de las señales entre todos los nodos, indicándose claramente los casos más desfavorablemente posibles.
- Métodos para la introducción de nuevos sistemas de transmisión.
- Ventajas y efectos del plan, el modo en que puede proporcionar una transmisión de buena calidad para los nuevos servicios que eventualmente se introduzcan.

2.1.4 Plan de Sincronismo

Existen para el plan de sincronización dos soluciones básicas: que sea plesiócrona o síncrona, y la posibilidad de elegir entre varias normas de

transmisión en términos de tasa de errores en los bits, etc. Es esencial respetar los límites establecidos por la UIT-T, y proporcionar el equipo perfeccionado necesario. Los requisitos para los servicios no telefónicos son en la mayoría de los casos más estrictos que para telefonía, ya que una mala sincronización puede dar lugar a una pérdida de información esencial para estos servicios.

La sincronización de un sistema es una expresión colectiva para todas aquellas medidas que aspiran a originar y mantener una velocidad de bits común y evitar, como resultado, que los deslizamientos deterioren la calidad de transmisión.

La transmisión y la conmutación de los bits a través del sistema se llevan a cabo con una frecuencia específica. Para mantener la armonía en todo el sistema se necesita de relojes de alta precisión.

El éxito de la sincronización de red consiste en lograr la mejor fuente de temporización posible para todos los nodos de la red. Los dos requerimientos fundamentales son:

- 1) Una fuente exacta de temporización y
- 2) Un “mensajero confiable” que distribuya la temporización a todos los nodos.

La arquitectura empleada hasta la fecha para lograr la sincronización de red ha estado basada en la distribución jerárquica de temporización.

La distribución jerárquica de temporización involucra el establecimiento de localizaciones de Reloj de Referencia Primario (PRC) las cuales alimentan entonces a los nodos derivados de calidad ya sea Reloj Nodal de Tránsito (TNC) o Reloj de Nodo Local (LNC). Estas locaciones PRC cumplen el primer requerimiento fundamental de la red jerárquica para una fuente exacta. Estas locaciones típicamente contienen relojes de Cesio replicados calibrado manualmente al Tiempo Coordinado Universal (UTC).

El segundo requerimiento de distribución de temporización jerárquica es llenado mediante conexiones de líneas terrestres calificadas que sirven como los mensajeros confiables para el transporte de la temporización desde un nodo al siguiente. Estas líneas terrestres son típicamente diseñadas y mantenidas para minimizar los efectos de los re-arreglos en de la red para distribución de sincronización.

La operación Plesiócrona consiste en que los relojes que controlan las centrales son independientes unos de otros, no obstante su precisión de frecuencia debe mantenerse.

El método síncrono tiene por finalidad evitar los deslizamientos utilizando cierta técnica de control de frecuencia o de fase en toda la red digital. A continuación se describen los métodos de control de frecuencia:

- a) Maestro - esclavo.- Este método se basa en el principio de que uno de los relojes actúa como reloj director (maestro). Los demás relojes están enganchados en fase (esclavo) al reloj maestro.
- b) Mutuo.- Este es un método elaborado con vistas a asegurar la sincronización en una red digital con una gran densidad de interconexiones, que evita la inseguridad resultante de disponer de un solo reloj maestro. Cuando se emplea el método de la sincronización mutua cada uno de los relojes están enganchados al valor medio de las cadencias de reloj entrantes. Si cada reloj funciona de esta manera es evidente que todos los relojes tenderán a funcionar a la misma cadencia. Así, se obtiene una frecuencia común del sistema haciendo que un cierto número de relojes funcionen de modo interdependiente.

El método tradicional para asegurar la integridad de la red de sincronización jerárquica existente es usar la estructura maestro-esclavo. Este enfoque hace uso de los niveles jerárquicos establecidos de relojes para pasar la temporización entre puntos en la red. En esta arquitectura una locación de reloj de nivel superior pasa la temporización a una locación de nivel igual o inferior. La Fig. # 2-2 ilustra esta estructura.

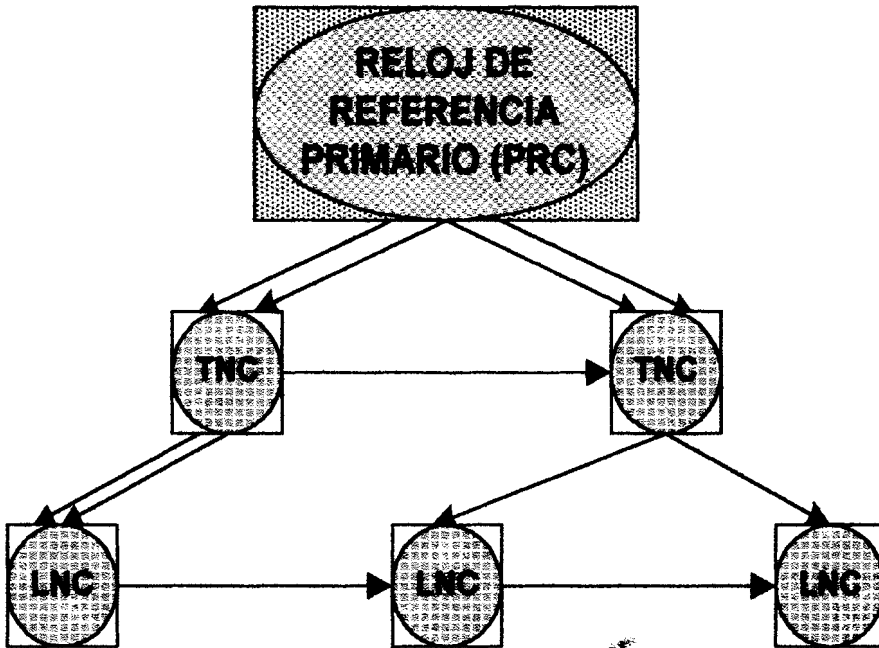


Fig. # 2-2 Distribución de Temporización Jerárquica

Las reglas de sincronización prohíben que un nivel inferior alimente a una locación superior (es decir, LNC no debe alimentar TNC). La temporización es pasada en un única dirección; desde niveles superiores hacia niveles equivalentes o inferiores de funcionamiento de reloj. Facilidades separadas son empleadas tanto

como sea posible para rutear las alimentaciones de temporización primarias y secundarias hasta una locación particular.

A menudo esto requiere que una alimentación de reloj desde una estación PRC hasta un sitio TNC sea ruteada a través (no retemporizada por) de una oficina que es un nodo LNC en un nivel inferior. En una red plesiocrónica, puesto que la temporización no es transmitida dependientemente, el ruteo de alimentaciones de sincronizaciones diversas puede ser acomodado.

En la FIG. # 2-3 el "nodo A" pasa la temporización al "nodo B" y al "nodo C". Una alimentación diferente desde el "nodo D" pasa también temporización al "nodo C" y al "nodo B". La jerarquía es mantenida puesto que el reloj en el "nodo C" (LNC) no retemporiza la alimentación de sincronización que va desde el "nodo D" al "nodo B" (sólo se emplea equipamiento plesiocrónico).

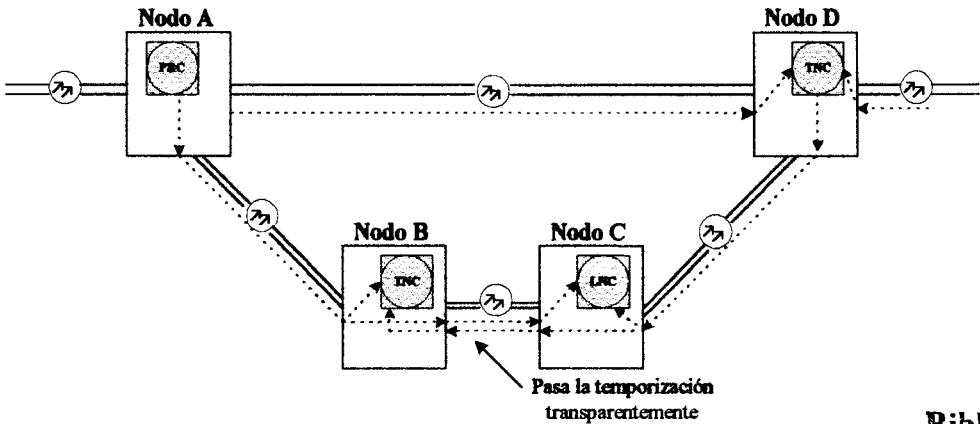


FIG. # 2-3 Temporización Trnasmitida Sobre una Red Plesiócrona

La administración de alimentaciones de temporización es aún más compleja en una red SDH. Puesto que las facilidades de fibra óptica son ahora sincrónicas y la temporización de nodos es derivada desde la tasa de línea STM-N, las alimentaciones de sincronización no pueden más realizar transparentemente su paso a través de un nodo (contrario a la red plesiocrónica). En la *fig*, 2.4, la alimentación de temporización que viene desde el "nodo D" ya no es viable puesto que ésta no pasa a través del "nodo C" sin ser "tocada" (consecuentemente la integridad de la temporización es perdida; el LNC no debe alimentar al TNC).



Biblioteca Central



Biblioteca Central

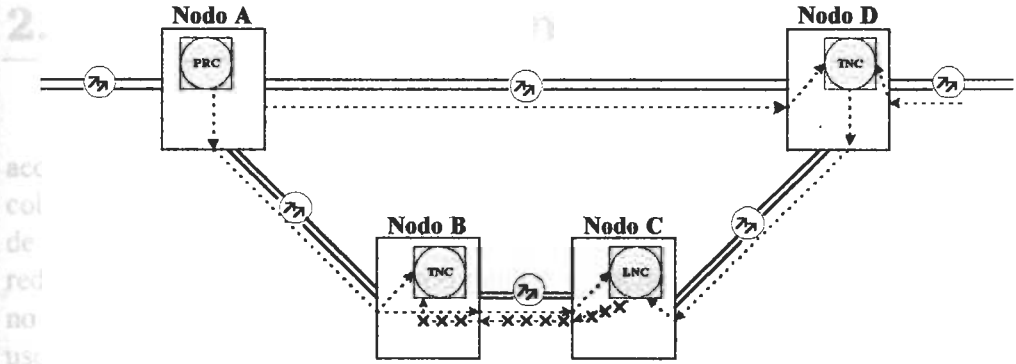


FIG. # 2-4 Temporización Transmitida Sobre una Red SDH

Con el propósito de crear una mejor integridad de temporización y facilitar la administración dentro del ambiente de anillos y cadenas SDH, una nueva arquitectura de sincronización que comprende un PRS (fuente de referencia primario) distribuido está actualmente siendo considerada en Norteamérica por la arquitectura SONET. Bellcore recientemente ha distribuido un documento de Requerimientos Genéricos (GR-2830-CORE) para fuentes de referencnia primarias relevante a SONET. El PRS distribuido puede ser interpretado como el proceso de "aplanamiento" de la distribución de sincronización. Con una distribución más plana, cada nodo puede seguir teniendo dos alimentaciones de referencia distintas directamente traceables a una fuente de reloj de orden superior. Esta optimización en el acceso a la sincronización entre un nodo en particular y la fuente de mayor orden disponible (el PRS) garantiza un óptimo funcionamiento de la red. Vea la FIG. # 2-5.

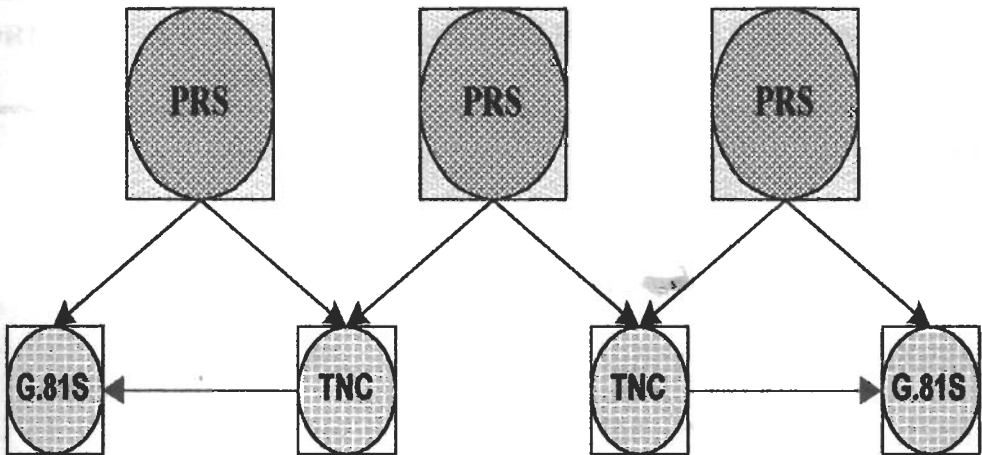


FIG. # 2-5 Distribución de PRS (Topología Aplanada)

2.2 Técnica de transmisión

Al final de los años 70, en muchos países del mundo los abonados tenían acceso al servicio telefónico automático por medio de una red universal de amplia cobertura, basada en la tecnología analógica, teniendo como unidad básica el ancho de banda vocal de 4 KHz. Para los años ochenta comienza a tomar posición en la red la tecnología digital y al mismo tiempo se incrementa la necesidad de servicios no telefónicos que se encuentran con limitaciones en velocidad y calidad, debido al uso del módem para transmitir textos, gráficos y datos. Esto provoca la aparición de diferentes redes para diferentes servicios, tal es el caso de la conmutación de paquetes o mejor conocida como X.25, para manejar datos de baja velocidad.

Con el avance de la digitalización en la conmutación y transmisión a nivel de unidad básica digital de 64 Kbit/s. y para evitar que un abonado tenga múltiples terminales que responden a diferentes servicios, se introduce el concepto de incorporar a la red digital integrada (RDI), los servicios por medio de una única conexión. En el momento actual se instalan los sistemas correspondientes a la Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH).

2.2.1 Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH)

Una de las características principales de la Jerarquía Digital Plesiócrona es que el reloj es independiente en cada nivel de multiplexación, lo que ocasiona los "deslizamientos".

Las velocidades de multiplexación de la Jerarquía Digital Plesiócrona en el sistema Europeo y por consiguiente el Latinoamericano es el siguiente:

ORDEN	VELOCIDAD (Mbit/s)	CANTIDAD DE CANALES	MEDIOS DE Tx
1	2,048 (2)	30	Cable de Cobre
2	8,448 (8)	120	FO/Radio
3	34,368 (34)	480	FO/Radio
4	139,264 (140)	1920	FO/Radio
5	564,992 (565)	7680	FO/Radio

Tabla 2-1 Velocidades de Multiplexación de la Jerarquía Digital Plesiócrona

Hay dos tipos de modelos básicos de interconexión de centros de conmutación utilizados en la red PDH:

- En malla
- En estrella

Las redes reales son el resultado de una combinación de esos dos tipos básicos; la configuración depende del número de abonados y de la situación geográfica.

En Malla:- Una red básica en malla tiene una estructura en la que cada central está directamente conectada con todas las demás. Por lo tanto no existe central de tránsito (tandem), ya que las llamadas entre centrales se encaminan a través de un solo enlace como máximo, todas las centrales están conectadas entre sí. El principio de una red en malla se lo ilustra en la FIG. # 2-6.

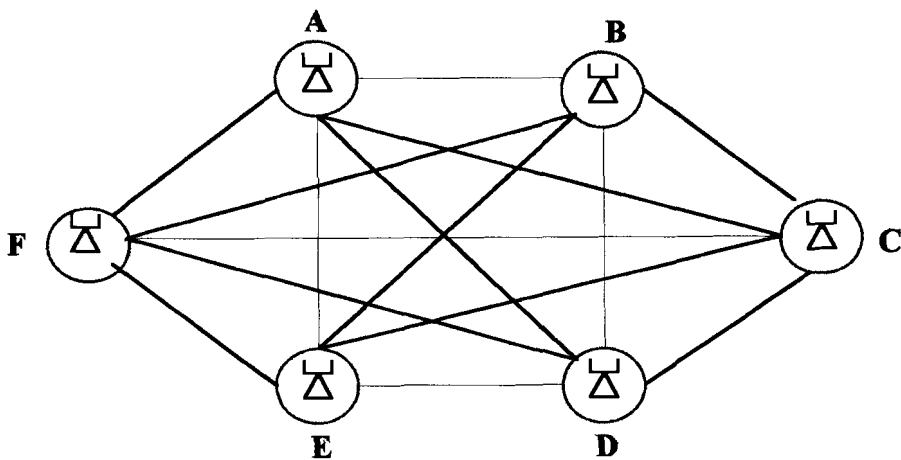


FIG. # 2-6 Conexión de Malla

Para una red de n nodos el número de haces de circuitos unidireccionales está dado por $n(n-1)$

En Estrella:- En una red básica en estrella, todas las llamadas entre dos centros de conmutación del mismo nivel pasan a través de rutas directas a la central de tránsito; es necesario que todas las centrales estén conectadas por rutas directas a esta central intermedia (tránsito). En la FIG. # 2-7 se representa una configuración de una red en estrella.

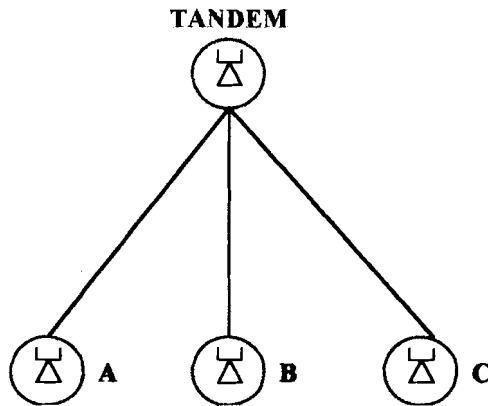


FIG. # 2-7 Conexión en Estrella



Redes mixtas en malla y estrella:- Las formaciones en malla y en estrella coexiste en la práctica en las redes de telecomunicaciones.

La estructura en estrella es adecuada en aquellos casos en los que el volumen de tráfico entre los centros del mismo nivel jerárquico es poco elevado, mientras que cuando el tráfico entre estos centros es muy intenso se suele optar por una formación en malla.

2.2.2 Jerarquía Digital Síncrona (SDH)

Como ya se ha mencionado la Técnica de transmisión que se va a utilizar para el Sistema de Cable Panamericano va hacer la Jerarquía Digital Síncrona (SDH).

Es una red de transporte que puede representar grandes beneficios. Nos permite proporcionar servicios de alta calidad en forma rápida y eficiente; acepta reconfiguración dinámica de sus recursos de transmisión en una red de múltiples servicios; además le ayuda a maximizar la productividad del personal operativo reduciendo sus necesidades de personal de campo.

Con SDH contamos con una red mucho más flexible y poderosa, cuyas funciones son en su mayoría controlada por software. Sin embargo debemos considerar que todo este potencial depende de un eficiente sistema de manejo que será la clave para obtener todos sus beneficios.

La SDH (Synchronous Digital Hierarchy) se desarrolló para definir un formato estándar de transmisión que permita la interconexión de terminales ópticos de diferentes fabricantes.

Hay una gran diferencia con relación a los otros sistemas existentes como el PDH: ya que SDH usa un multiplexaje síncrono que permite un demultiplexaje más sencillo desde las troncales de alta velocidad, a canales con tasas de 64 kbit/seg, por lo que resulta más económico el uso de los ADM (*Add-Drop multiplexer*) ó multiplexor de inserción/extracción. En otras palabras, significa que las señales tributarias individuales pueden multiplexarse directamente hacia un rango mayor de SDH sin etapas intermedias; y, demultiplexarse de igual forma.

Otra diferencia es la fracción del ancho de banda de la señal SDH destinadas a funciones de control y encabezado, con un orden mayor que en los sistemas existentes, lo que añade más inteligencia a la red de transmisión y permite la posibilidad de programación, supervisión y control remoto automático de los elementos de la red (*NEs*).

La SDH ha sido diseñada para transportar todas las señales existentes y permitir cualquier servicio futuro, desde 2 Mbit/seg hasta ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), así como 1,5 Mbit/seg y 45 Mbit/seg del sistema americano. Resultando muy sencillo para una red evolucionar de una arquitectura plesiócrona a una síncrona.

El CCITT desarrolló normas para SDH, que la actual UIT-T los ha mantenido y actualizado. La mayoría de estos estándares permiten construir equipos compatibles a nivel de transmisión. La actividad normativa actual se concentra en los mensajes estandarizados para los canales de control de la red, que todavía transportan formatos propios de cada fabricante e impiden la interconexión de equipos de varios proveedores.

Los estándares clave para el nivel lógico de la interface con el nodo de la red (*NNI*) son G.707 (*sobre las tasas de transmisión*), G.708 (*sobre la estructura de la trama*), G.709 (*sobre el ensamblado*).

La SDH es un conjunto jerárquico de estructuras de transporte digitales, normalizadas para el transporte, por redes de transmisión físicas de contenidos útiles correctamente adaptados.

Un STM es la estructura de información utilizada para soportar conexiones de capa de sección en la SDH. Consta de campos de información de contenido útil de información y de tara de sección (*SOH*) organizados en una estructura de trama de bloque se repite cada 125 μ s. La información está adaptada para su transmisión por el medio elegido a una velocidad que se sincroniza con la red. El STM básico se define a 155.520 kbit/s. Se denomina STM-1. Los STM de mayor capacidad se constituyen a velocidades equivalentes a N veces la velocidad básica. Se han definido capacidades de STM para N=4, N=16 y N=64; están en estudio valores superiores.

El primer nivel de la jerarquía digital síncrona será 155.520 kbit/s.

Velocidades binarias de jerarquía digital síncrona superiores se obtendrán como múltiplos enteros de la velocidad binaria de primer nivel y se indicarán mediante el correspondiente factor de multiplicación de la velocidad de primer nivel.

Las velocidades binarias indicadas en la siguiente Tabla 2-2 constituyen la jerarquía digital síncrona:

Nivel de jerarquía digital síncrona	Velocidad binaria jerárquica (kbit/s)
1	155. 520
4	622 .080
16	2 488. 320
64	9 953. 280
NOTA - La especificación de niveles superiores a 64 queda en estudio.	

Tabla 2-2 Velocidades Binarias Jerárquicas SDH

La estructura de trama STM-N se muestra en la FIG. # 2-8 Se indican los tres sectores principales de la trama STM-N:

- tara de sección (SOH);
- punteros de AU;
- contenido útil de información.

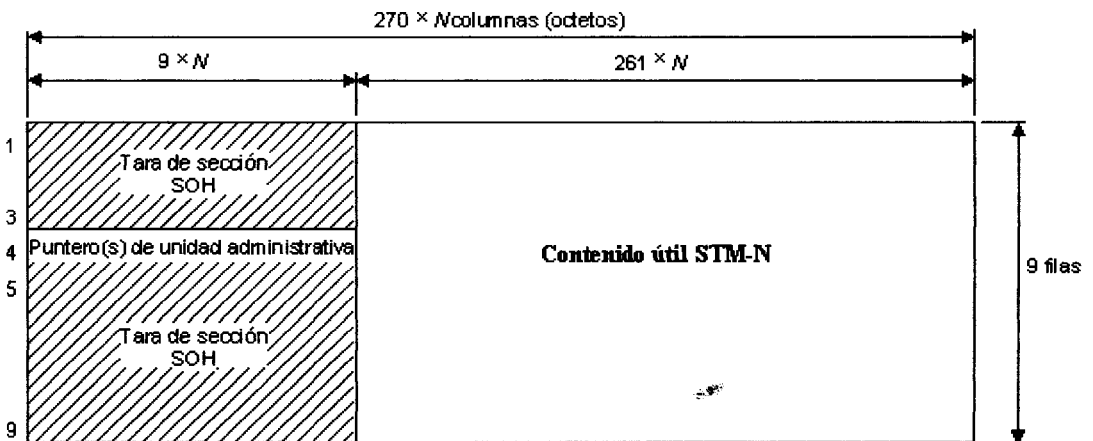


FIG. # 2-8 Estructura de Trama STM-N

Las filas 1 a 3 y 5 a 9 de las columnas 1 a $9 \times N$ del STM-N de la FIG. # 2-8 están dedicadas a la tara de sección. La información de SOH se añade el contenido útil de información para crear un STM-N. Incluye información de alineación de trama de bloques e información para el mantenimiento y la supervisión de la calidad de funcionamiento y otras funciones operacionales. La información de SOH se clasifica además en tara de sección de regeneración (RSOH), que se termina en funciones de regeneración, y tara de sección de multiplexación (MSOH), que pasa transparentemente a través de los regeneradores y se termina allá donde los AUG son ensamblados y desensamblados.

Las filas 1 a 3 de la SOH se designan como RSOH, mientras que las filas 5 a 9 se designan de modo que sean la MSOH.

La fila 4 de las columnas 1 a $9 \times N$ de la FIG. # 2-8 están disponibles para punteros de AU.

El contenido útil del STM-N puede soportar N AUG

El STM-1 incluye un solo grupo de unidades administrativas (AUG) así como la tara de sección (SOH). El STM-N contiene N AUG así como la SOH. Las velocidades binarias jerárquicas del STM-N

Interfaz situada en un nodo de red que se utiliza para la interconexión con otro nodo de red.

La FIG. # 2-9 muestra una posible configuración de red para ilustrar la ubicación de la interfaz de nodo de red (NNI).

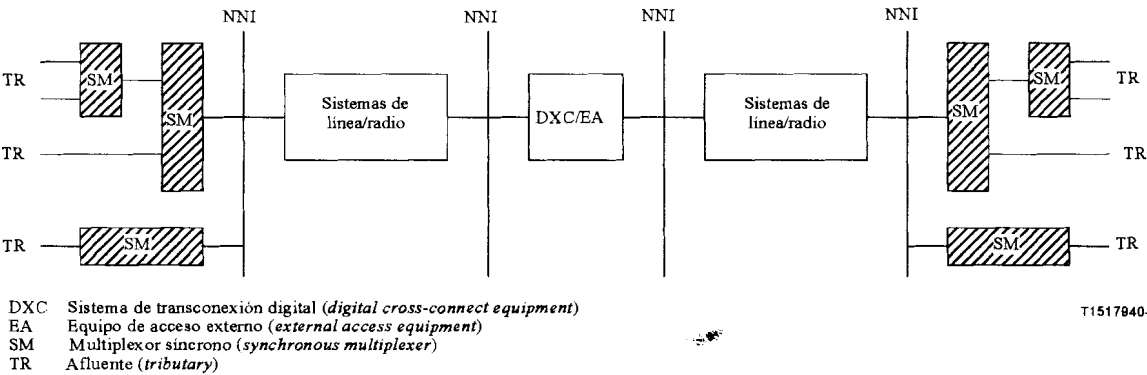
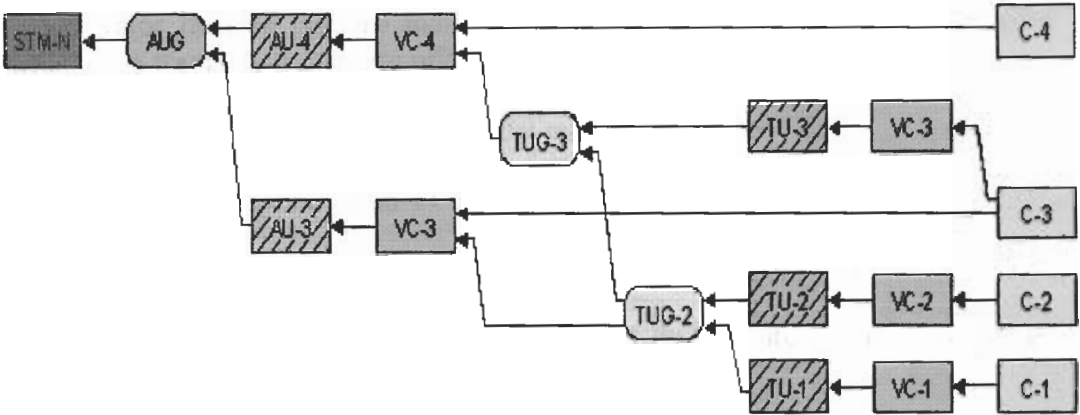


FIG. # 2-9 Ubicación de la NNI

La FIG. # 2-10 muestra la relación entre diversos elementos de multiplexación que se definen más adelante.



C-n Contenedor-n (container-n)

FIG. # 2-10 Estructura de Multiplexación

✂ **Contenedor-n (n=1-4):** Un contenedor es la estructura de información que forma el contenido útil de información síncrona de red para un contenedor virtual. Para cada uno de los contenedores virtuales definidos existe el correspondiente contenedor. Se han definido funciones de adaptación de muchas velocidades binarias de red comunes en un número limitado de contenedores normalizados. Entre ellas se incluyen las velocidades ya definidas en la Recomendación G.702. En el futuro se definirán otras funciones de adaptación para nuevas velocidades binarias de banda ancha.

✂ **Contenedor Virtual-n (VC-n):** El VC es la entidad administrada por la red SDH. Un contenedor virtual es la estructura de información utilizada para soportar conexiones de capa de trayecto en la SDH. Consta de campos de información de cabida útil de información y de la tara de trayecto (POH) organizados en una estructura de trama de bloque que se repite cada 125 ó 500 μ s.

Se han identificado dos tipos de contenedores virtuales.

- Contenedor virtual-n de orden inferior: VC-n (n=1, 2, 3)
Este elemento comprende un solo contenedor-n (n=1, 2, 3) más la POH de contenedor virtual de orden inferior adecuada a ese nivel.
- Contenedor virtual-n de orden superior: VC-n (n=3, 4)
Este elemento comprende un solo contenedor n (n=3, 4) o un conjunto de grupos de unidades afluentes (TUG-2 o TUG-3), junto con la POH de contenedor virtual adecuada a ese nivel.

✂ **Unidad Administrativa-n (AU-n):** La unidad administrativa está compuesta por un contenedor virtual de orden superior y por un puntero de unidad administrativa.

El valor de este puntero indica la ubicación del comienzo del contenedor virtual en la trama de transporte utilizada.

La AU4 se compone de un VC4 y del puntero asociado.

La AU3 se compone de un VC3 y del puntero asociado.

Un AUG consta de un conjunto homogéneo de varias AU-3 o de una AU-4.

✂ **Unidad Afluente-n (TU-n):** La unidad de afluente se compone de un contenedor de orden inferior y de un puntero.

El puntero indica la ubicación del VCn en la trama.

2.2.2.1 Normas o Estándares de la UIT-T .

Las normas que se utilizan son los estándares del multiplexador G.781 - G.783 (Operación de multiplexores SDH, sus funciones y especificaciones), G.784 (Supervisión del desempeño y control de la red SDH).

Los estándares de línea. G.957 (*interfaces ópticas de SDH*), G.958 (*otras características de los sistemas de línea, incluyendo el "jitter"*)

Durante más de una década, el desempeño de las transmisiones ha sido medido según las normas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T, por sus siglas en Español, antiguamente llamadas recomendaciones de la CCITT y ahora de la UIT-T). Las redes de interconexión que presentan el mayor interés en relación a los sistemas submarinos, son la interconexión de señal eléctrica y óptica de 155 Mbits/s y la interconexión de señal eléctrica y óptica de 140 Mbits/s del módulo de transferencia sincrónico de la jerarquía digital sincrónica (SDH). Las normas más importantes de desempeño de las transmisiones, son las recomendaciones G.821 (*Característica De Error De Una Conexión Digital Internacional Que Forme Parte De Una Red Digital De Servicios Integrados*) y G.826 (*parámetros y objetivos de característica de error en trayectos digitales internacionales de velocidad binaria, constante a la velocidad primaria o a velocidad superior*) de UIT-T, definen las normas de desempeño para las líneas de transmisiones digitales nacionales e internacionales para cualquier medio de transporte. La Recomendación G.826 es nueva: se creó en 1993 e impone normas de desempeño más exigentes que la recomendación G.821. También refleja un cambio en la métrica hacia bloques de datos sin errores a la velocidad de bits de la línea de transmisión, en lugar de segundos sin errores en los canales de 64 Kbits/s, como en G.821. La Tabla 2-3 muestra los requisitos de desempeño de la recomendación G.826 que se aplican a las líneas de transmisión transportadas por secciones de línea digital a la velocidad del STM-1.

PARAMETRO	Objetivo de desempeño para una línea de transmisión digital internacional de 27500 km	Objetivo de desempeño para una porción de 500 km de una línea de transmisión digital internacional
Relación de segundo con error (ESR)	0.16	0.0016
Relación de segundo con errores graves (SESR)	0.002	$2 \cdot 10^{-5}$
Relación de error de bloque de fondo (BBER)	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-6}$

Tabla 2-3 Objetivos de Desempeño de las Transmisiones para una Sección de Línea Digital STM-1 Derivada de la Recomendación G.826 de UIT-T

Los compradores de sistemas submarinos, así como los proveedores de servicios de telecomunicaciones, demandan en forma consistente un desempeño del sistema que sean mejor que el especificado en las normas internacionales, tal como la recomendación G.826 de UIT-T, por que previenen las expectativas siempre crecientes en cuanto a una mayor calidad en la transmisión para poder brindar nuevos servicios.

Las normas de desempeño que rigen al mercado de hoy, se originaron en las necesidades del servicio realizado con troncales digitales plesiócronas (o casi sincrónicas). Los requisitos de los compradores reflejan la transición de la red hacia la jerarquía digital síncrona y se anticipa la necesidad de un modo de transferencia asíncrona (ATM). Actualmente se está estudiando el impacto de un bitio o error de bloque en un servicio que utiliza ATM, y los compradores de sistemas submarinos están disminuyendo sus riesgos al no poder aún brindar tales servicios demandando mayores niveles de desempeño de la transmisión que los especificados en las normas de tipo recomendaciones G.826 de UIT-T.

La disponibilidad es el porcentaje de tiempo que un sistema de transmisión puede transportar el tráfico de un cliente. Es el complemento de corte, que es el tiempo no disponible, definido como, intervalos de al menos 10 segundos de degradación de la transmisión, los cuales son suficientes para provocar segundos con errores graves (SES) que son peores a una relación de error de 10^{-6} . Para sistemas submarinos, el corte no incluye el tiempo no disponible debido a fallas en la porción submarina del sistema que requiere reparaciones efectuadas desde un barco es la métrica apropiada.

Un sistema submarino debe interconectarse con las infraestructuras de comunicación domésticas de los países que se conectan mediante el sistema. Hasta hace poco las redes domésticas eran predominantemente plesiócronas y las

diferencias entre las jerarquías del código y multiplexación utilizadas en diversas regiones del mundo impedían la existencias de interconexiones digitales simples. Para superar este problema y aprovechar las ventajas de los troncales digitales de alta capacidad ofrecidos por los sistemas submarinos, se definió una jerarquía “interfuncional” especializada CEPT-4 que exige un equipo especializado en las terminales.

Con el advenimiento de las redes sincrónicas, tal como se definen en SDH y en las normas de red óptica sincrónica (SONET), la interconexión entre las redes domésticas y los sistemas submarinos están dirigiéndose hacia los STM-1 (155,52 Mbits/s). Esto permite que el equipo estandarizado sea usado e interconectado con redes terrestres/domésticas y con redes internacionales. La flexibilidad de la SDH también permite que los sistemas de cable transporten eficientemente el tráfico de telecomunicaciones tradicional y los nuevos tráficos de datos conmutados en paquetes usando protocolos tales como los ATM.

A medida que se expanden los beneficios de los sistemas de fibra óptica submarinos y que más países del mundo reconocen y actúan en función de su necesidad de estar conectados a la red de telecomunicaciones internacional, los volúmenes de tráfico aumentan y los patrones cambian para incluir nuevas áreas del mundo. Por ejemplo, hace diez años el flujo del tráfico garantizaba el uso de sistemas de cables submarinos únicamente en los troncales transoceánicos entre los centros comerciales principales y dentro de amplias regiones desarrolladas.

Hoy en día se está prestando más atención a las aplicaciones regionales y domésticas en los nuevos mercados, tales como América del Sur y la India. En los mercados nacientes, los clientes están interesados en los diseños de sistemas que permitan el aumento de la capacidad posterior de la instalación. Por el lado del suministro dentro de la ecuación, la cantidad de opciones de capacidad e interconexión disponibles por medio de sistemas submarinos con tecnología de vanguardia se está expandiendo rápidamente. Las capacidades de los sistemas han aumentado con el advenimiento de los diseños con cables multifibra y los repetidores, con el aumento de la velocidad en bits desde 140 Mbits/s a 5 Gbits/s y con el uso de tecnología de multiplexación de longitud de onda (WDM) para transmitir varias corrientes digitales por la misma línea de transmisión óptica.

2.2.3 Multiplexación por Longitud de Onda (WDM)

Los Acopladores selectivos de longitud de onda, como con otros dispositivos ópticos, las respuestas de los acopladores ópticos pueden depender de la longitud de onda de la luz incidente. En general la relación de la luz acoplada en dos o más puertos de salida puede depender de la longitud de onda. En los acopladores independientes de longitud de onda, las diferencias son despreciables, pero puede ser muy útil el separar las diferentes longitudes de ondas. Muchos sistemas ópticos usan dispositivos llamados Beamsplitters (divisores de haz) para separar las diferentes longitudes de onda de un haz común de señal.

Los acopladores selectivos de longitud de onda, FIG. # 2-11, son configuraciones para distancias pequeñas y tramos sin regeneradores intermedios. Para ello se utiliza transductores electro-ópticos con diferentes longitudes de onda. La potencia lumínica emitida es combinada mediante acopladores selectivos ópticos.

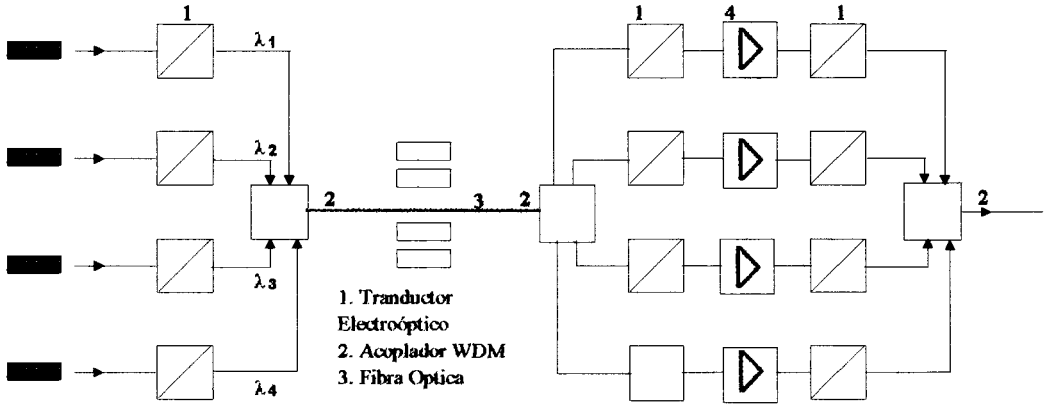


FIG. # 2-11 Selectividad de Longitud de Onda

La principal aplicación de estos acopladores selectivos de longitud de onda esta en la “multiplexación por división de longitud de onda”- WDM, en la que dos o más señales se pueden enviar a través de una sola fibra a diferentes longitudes de onda como se muestra en la FIG. # 2-12.

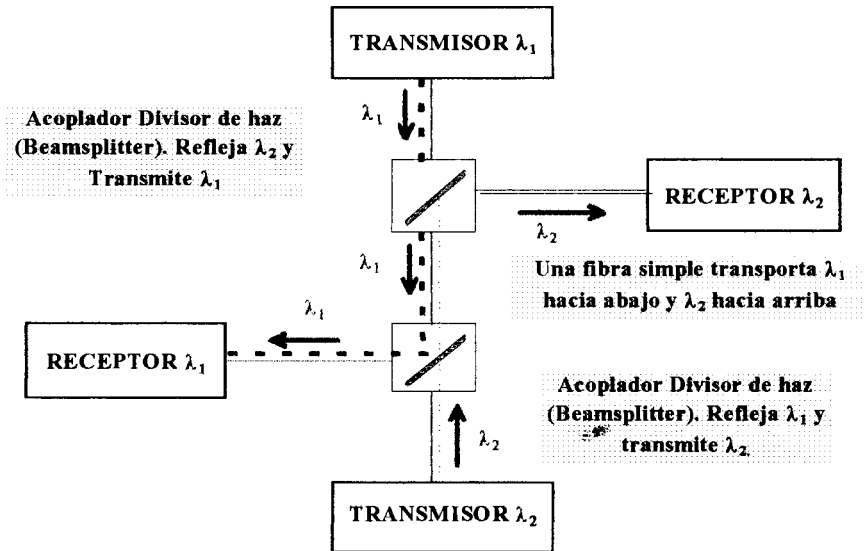


FIG. # 2-12 Multiplexación WDM

La técnica de multiplexación por longitud de onda o sea la transmisión por varias portadoras ópticas sobre una única fibra, puede ser aplicada tanto en forma unidireccional como en forma bidireccional como se muestra en la FIG. # 2-13.

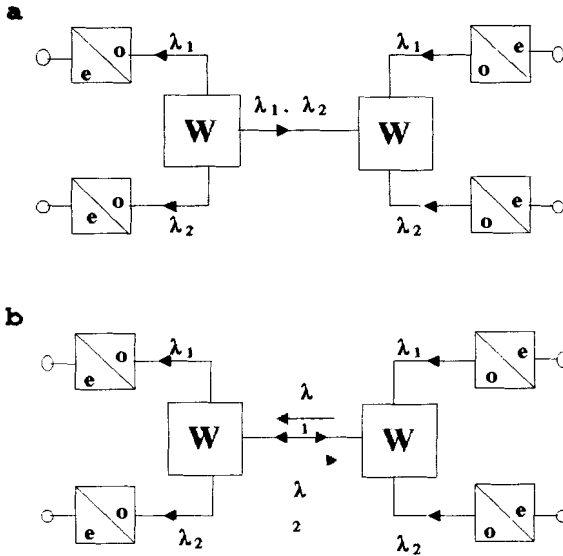


FIG. # 2-13 Equipos Multiplex de Longitud de Onda para Dos Longitudes de Onda λ_1 y λ_2 . a)unidireccional, b)bidireccional

La operación unidireccional, la transmisión de señales se hace en una sola dirección, esta operación solo tiene sentido en los casos, en los cuales la longitud de sección regeneradora este limitada por el ancho de banda. El alcance esta limitado por la atenuación. La inevitable atenuación de los filtros ópticos de separación sólo constituye otra limitación para la longitud de la sección regeneradora. A esto se agrega el gasto de transductores optoelectrónicos para cada longitud de onda

En la operación Bidireccional, la transmisión de señales se hace en dos direcciones opuestas, aquí si bien es cierto que también hay disminuciones de alcance por los motivos citados, pero permite prescindir la segunda fibra óptica. Es una cuestión económica a partir de que distancia mínima el uso de filtros WDM es más rentable que la segunda fibra óptica. Tratándose de líneas muy largas, la técnica WDM encuentra su limitación por longitud de campo reducida debido a la atenuación de los filtros WDM.

Multiplexores /demultiplexores por división de longitud de onda tiene cada uno de ellos una fibra óptica continua (pasante). En el recorrido de la luz existe una capa dieléctrica transmisor (filtro de interferencia). Una o más fibras pueden acoplarse con la fibra óptica continua(pasante) a través de ramas reflectivas del

filtro de interferencia. En los equipos terminales, las fibras ópticas pueden ser accedadas por medio de conectores o pigtails.

La separación de canales es, para diodos emisores de luz de 400 nm, para sistemas con diodos láser de 40 a 50 nm. Se debe tener en cuenta que la atenuación en la transmisión en los acopladores WDM es de por ejemplo 0.8 a 1dB para tres puertos WDM (2 canales). Con respecto a las comunicaciones simples punto a punto, estos acopladores acortan las longitudes de los trayectos.

Cuando se planifican las atenuaciones se deben tener en cuenta que para las diferentes longitudes de onda se producen distintas atenuaciones; entonces la planificación se debe orientar de acuerdo al caso más desfavorable.

Los acopladores WDM son aptos para los conductores de fibras ópticas Monomodo y Multimodo (Perfil Gradual).

En la *fig2.14* siguiente se muestra un ejemplo practico de los acopladores WDM.

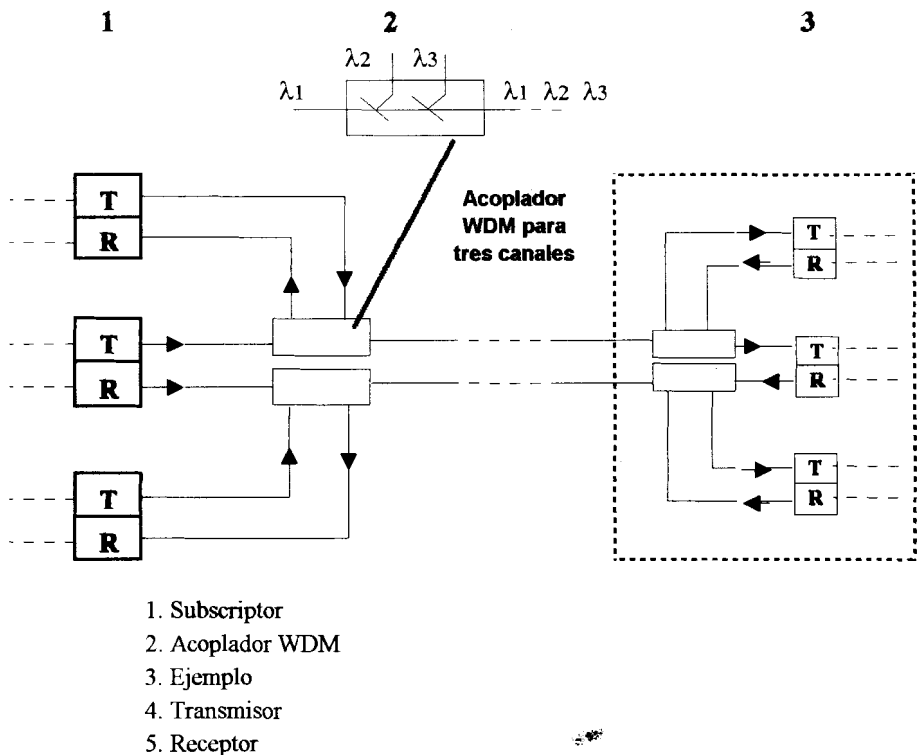


FIG. # 2-14 Ejemplo Práctico de los Acopladores WDM

Los acopladores selectivos de longitud de onda, son diseñados para separar longitudes de onda cercanas o lejanas. Algunos pueden separar señales de las ventanas 2 y 3 (1300 nm y 1550 nm), otros aíslan señales a 1.293 y 1.308 nm. En la FIG. # 2-15 se observa en acoplador selectivo de onda.

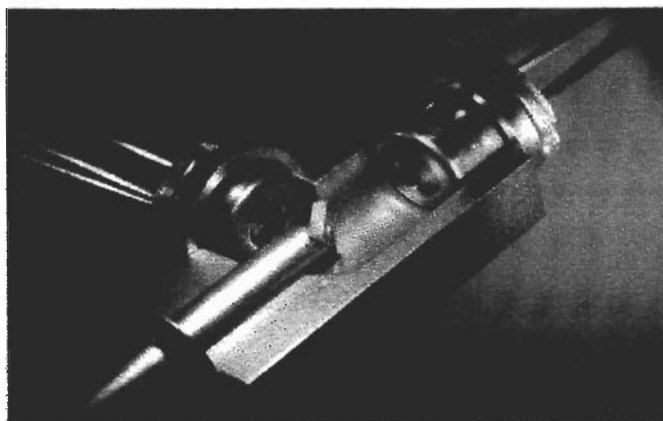


FIG. # 2-15 Acoplador Selectivo de Longitud de Onda

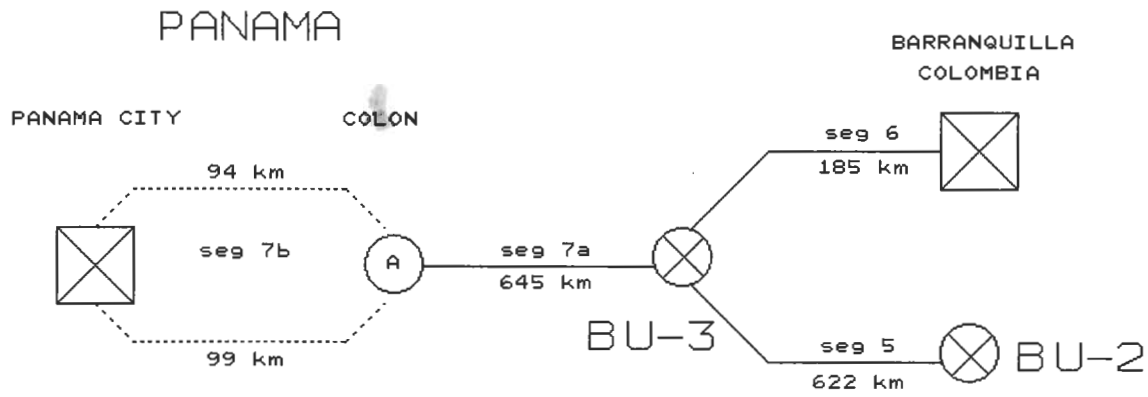
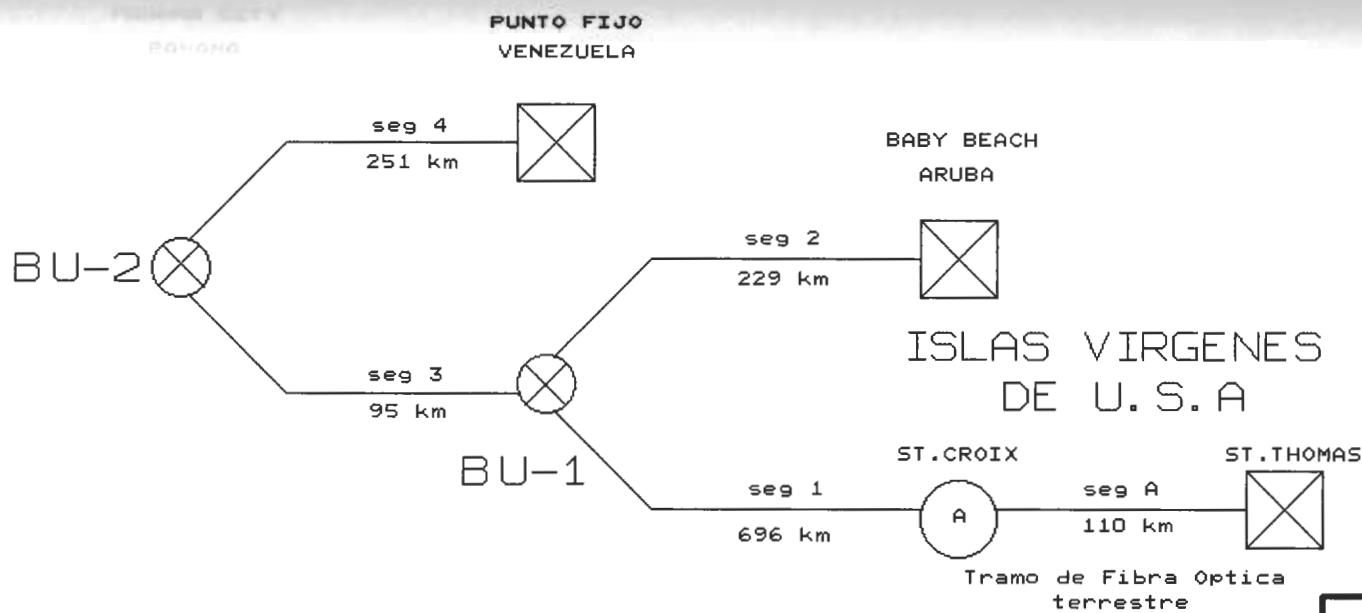
2.3 Definición de los segmentos del sistema

Para una mayor comodidad la Ruta del Sistema del Cable Submarino se lo ha dividido en segmentos y en algunos casos en sub-segmentos también, se lo puede observar en FIG. # 2-16, FIG. # 2-17 . A continuación tenemos la Tabla 2-4 representativa de la definición de los segmentos del sistema y una descripción de cada tramo.

SEGMENTOS	DESCRIPCIÓN	DISTANCIA DEL CABLE EN (KM)	
		TRAMO TERRESTRE	TRAMO MARINO
A	Tramo de F.O terrestre, une St. Thomas y St. Croix	110	-
1	Cable submarino, une St. Croix con BU-1	-	696
2	Cable Submarino, une Baby Beach con BU-1	-	229
3	Cable Submarino, une BU-1 con BU-2	-	95
4	Cable Submarino, une Punto Fijo con BU-2	-	251
5	Cable Submarino, une BU-2 con BU-3	-	622
6	Cable Submarino, une Barranquilla con BU-3	-	185

SEGMENTOS	DESCRIPCIÓN	DISTANCIA DEL CABLE EN (KM)	
		TRAMO TERRESTRE	TRAMO MARINO
7a	Cable Submarino, une BU-3 con Colón	-	645
7b	Tramo de F.O. terrestre, une Colón con Panamá City	94	-
7b	Tramo de F.O. terrestre, une Colón con Panamá City	99	-
8a	Cable Submarino, une Panamá City con BU-4	-	1.403
8b	Cable terrestre, une punto de amarre con estación terminal (PANAMA)	2	-
9a	Cable Submarino, une Punta Carnero con BU-4	-	138,5
9b	Cable terrestre, une punto de amarre con estación terminal (ECUADOR)	7,5	-
10	Cable Submarino, une BU-4 con BU-5	-	1.458
11a	Cable Submarino, une BU-5 con Lurín (punto de amarre)	-	249,5
11b	Cable terrestre, une punto de amarre con estación terminal (PERU)	3,5	-
12a	Cable Submarino, une BU-5 con Arica	-	1.146,6
12b	Cable terrestre, une punto de amarre con estación terminal CTC MUNDO (CHILE)	4,3	-
12b.1	Cable terrestre que une el punto 1 con la estación terminal CTC MUNDO (CHILE)	3,8	-
12b.2	Cable terrestre que une el punto 1 con la estación terminal ENTEL (CHILE)	2,3	-
B	Cable terrestre, une las estaciones terminales CTC MUNDO y ENTEL (CHILE)	6	-
TOTAL:		332,4	7.118,6

Tabla 2-4 Segmentos del Sistema



Tramo de Fibra Optica terrestre

Fig. 2.16

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
AURA BORBOR		
CAROLINA ELIZALDE		
ERNESTO OCAMPO		
KATHERYN PAZOS		
Size	Document Number	REV
A	DOMINIO DEL CARIBE	
Date:	November 10, 1997	Sheet 15 of

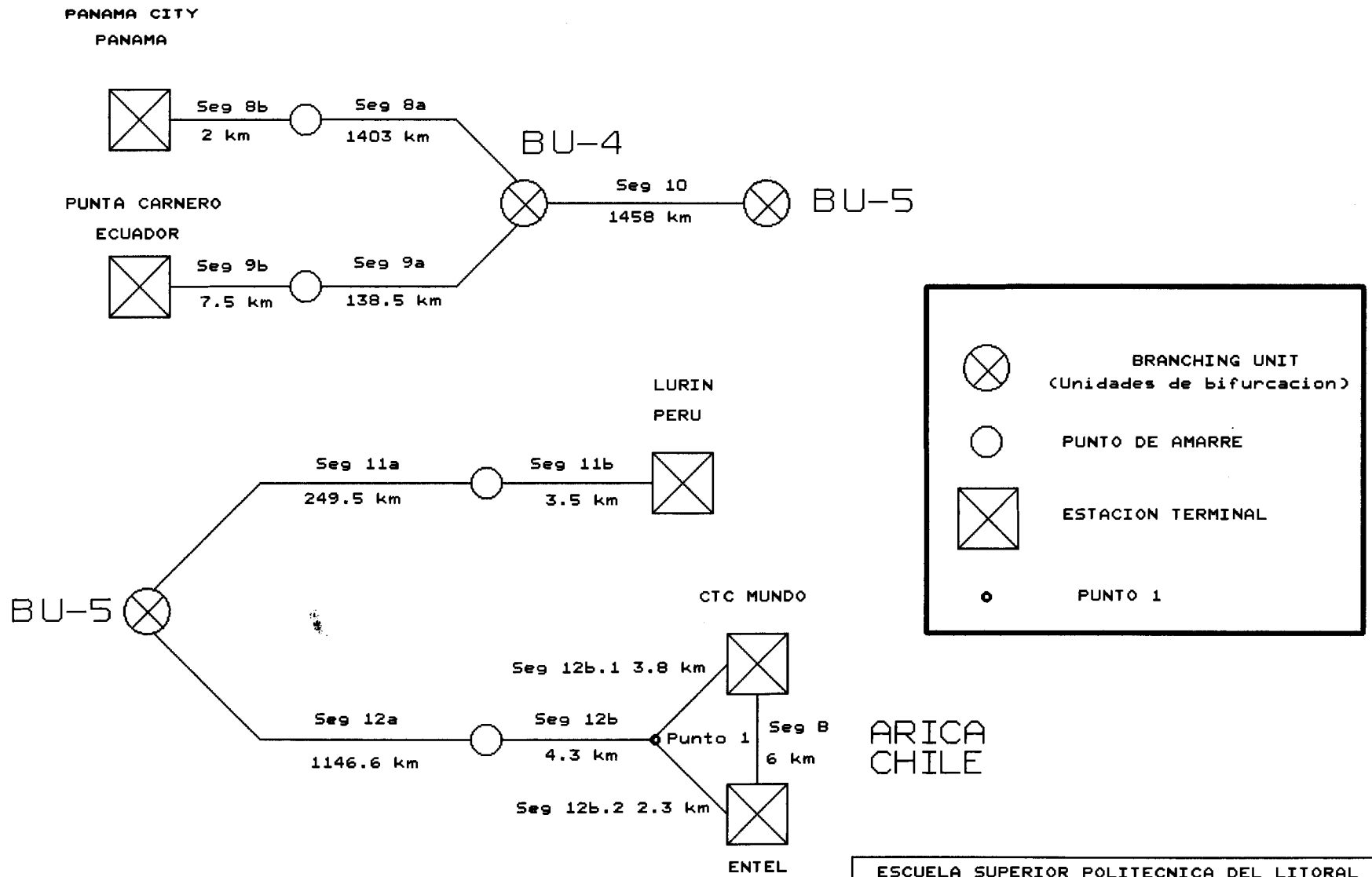


Fig. 2.17

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
AURA BORBOR		
CAROLINA ELIZALDE		
ERNESTO OCAMPO		
KATHERYN PAZOS		
Size	Document Number	REV
A	DOMINIO DEL PACIFICO	
Date:	November 10, 1997	Sheet 14 of

2.4 Configuración del sistema

2.4.1 Configuración de la Ruta Geográfica

La configuración del Sistema del Cable Panamericano incluye un tramo por el Océano Pacífico y otro por el Océano Atlántico en el Caribe para interconectarse con las Islas Vírgenes Americanas con otros cables existentes que van hacia los Estados Unidos y Europa.

El Cable Panamericano se lo ha configurado en dos dominios:

- Dominio del Caribe.
- Dominio del Pacífico

La arquitectura utilizada es una configuración con dos anillos lógicos, que se interconectan en Panamá City.

Para el Cable Panamericano vamos a tener dos clases de rutas: Ruta Terrestre y Ruta Submarina. Una de las características de la ruta terrestre es la Cámara de Amarre, que sirve para el empalme entre el Cable Submarino y el Cable Terrestre.

2.4.1.1 Tramo de la Ruta Terrestre

En Panamá tenemos un tramo de fibra óptica terrestre, donde se unen las ciudades de Panamá y Colón, se la configuró de esta manera para la interconexión entre el anillo del Caribe y el anillo del Pacífico.

En las Islas Vírgenes Americanas también hay otra ruta terrestre en la cual se unen St. Croix y St. Thomas.

2.4.1.2 Tramo de la Ruta Submarina

En el Dominio del Caribe tenemos la ruta que une los siguientes puntos: St. Thomas (Islas Vírgenes de USA), Baby Beach (Aruba), Barranquilla (Colombia), Punto Fijo (Venezuela) y Colón (Panamá).

Para el Dominio del Pacífico la ruta que sigue el Cable Panamericano es: Panamá City (Panamá), Punta Carnero (Ecuador), Lurín (Perú) y Arica (Chile).

2.4.2 Configuración Técnica

El Sistema de Cable Panamericano se lo ha configurado con una tecnología SDH (Jerarquía Digital Síncrona.) y por Nodos.

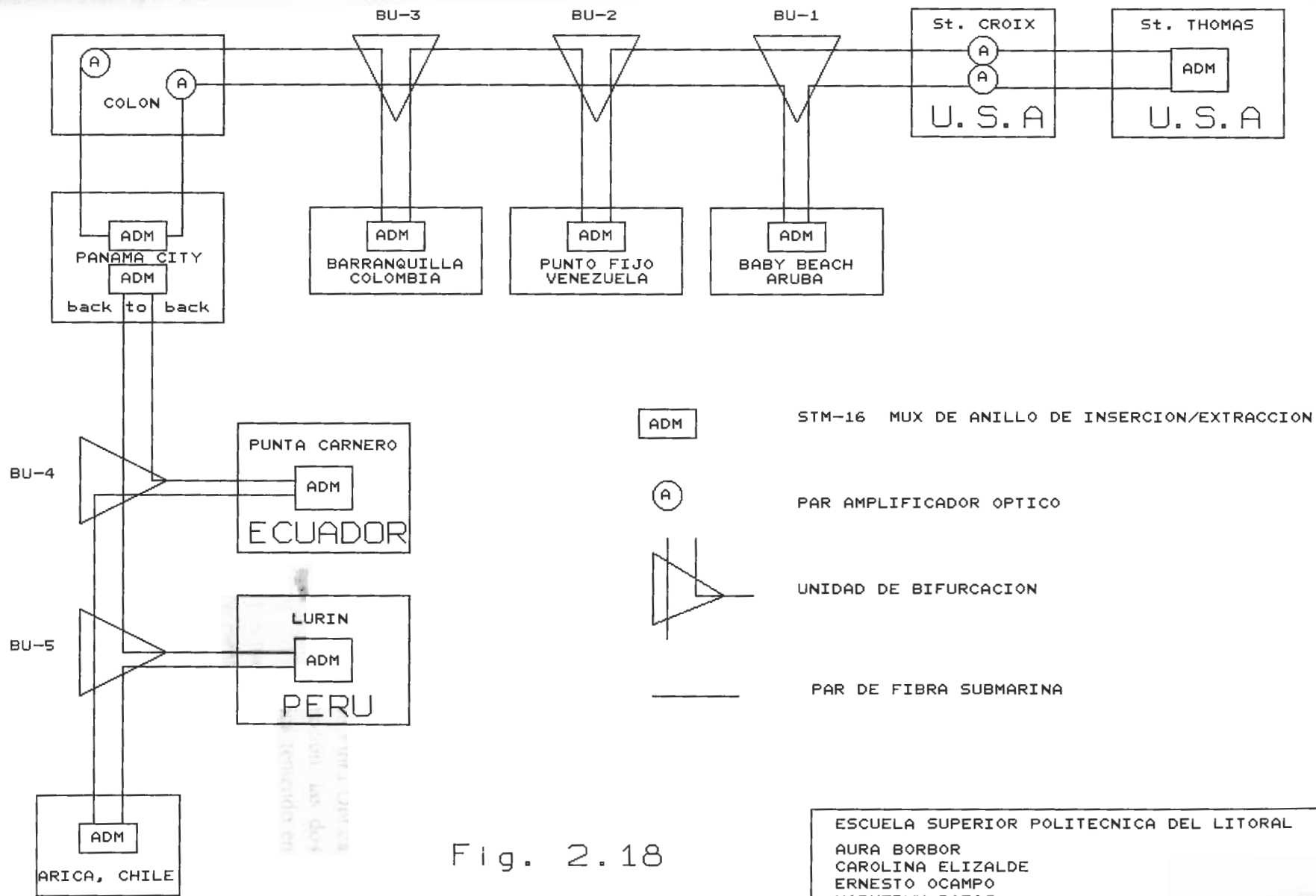


Fig. 2.18

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
 AURA BORBOR
 CAROLINA ELIZALDE
 ERNESTO OCAMPO
 KATHERYN PAZOS

Size	Document Number	REV
A	CONFIGURACION ANILLO LOGICO	
Date:	November 10, 1997	Sheet 2 of

Como lo vemos en la FIG. # 2-18. los Nodos se encuentran ubicados en los siguientes puntos: St Thomas, Baby Beach, Punto Fijo, Barranquilla, Ciudad de Panamá, Punta Carnero, Lurín y Arica.

En cada Nodo está ubicado un Equipo Terminal de Línea (LTE), la Caja Terminal de Cable (CTB), los Equipos de Alimentación de Energía (PFE) y un Equipo Multiplexor ADM-16, y en algunos casos tenemos la utilización de Amplificadores Ópticos (OA), como se muestra en la FIG. # 2-19.

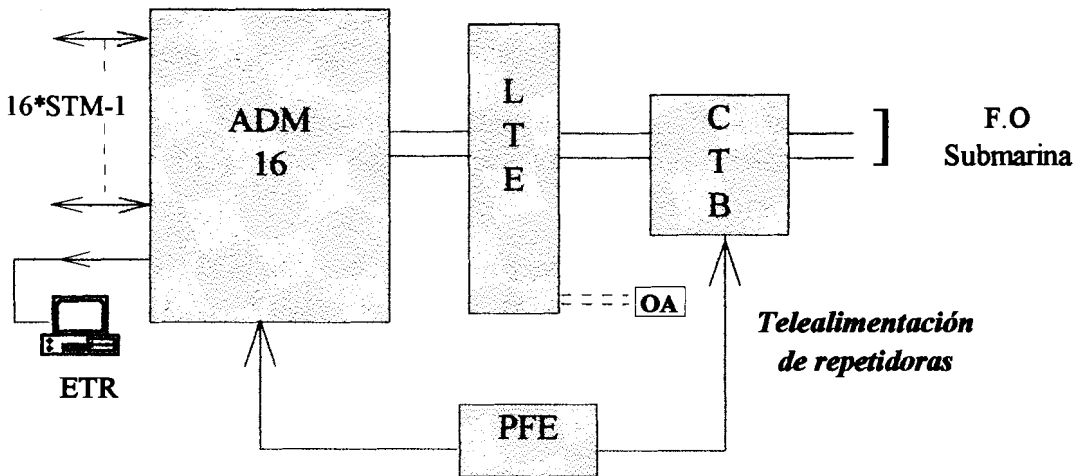


FIG. # 2-19 Elementos de un Nodo

Los amplificadores ópticos están ubicados en St. Croix y en Colón, dos en cada punto. Los cuales sirven para reforzar las señales ópticas debilitadas o la atenuación de la fibra a causa de la distancia recorrida y las pérdidas causadas por las conexiones y empalmes.

Las Unidades de Bifurcación (BU), que sirven para la interconexión de los nodos las cuales son unidades ópticamente pasivas.

El medio de transmisión a utilizarse será un cable de 4 pares de Fibra Óptica Monomodo, donde uno será para la Transmisión, otra para Recepción, las dos restante para el respaldo (Conmutación 1+1). Se utiliza la fibra óptica teniendo en cuenta que un par de fibras puede transportar grandes volúmenes de información (miles de millones de bits por segundo- Gps), con una excelente calidad, en cables físicamente pequeños.

Se requiere que trabaje en la tercera ventana (1.550 nm) y su velocidad de transmisión va hacer de 2,5 Gb/s.

Utilizaremos Repetidoras que serán puestas aproximadamente cada 120 Km.

El servidor central (ITM-SC), que es el Equipo Terminal Centralizado está localizado en St. Thomas.

Tendremos estaciones Remota, que tendrán las funciones de:

- ☒ Sistema de diagnóstico y localización de fallas
- ☒ Aislador de fallas

2.4.3 Configuraciones de Alimentación de Potencia

El Equipo de Alimentación de Potencia (PFE), deberá energizar la planta sumergible proporcionándole una corriente DC constante.

El sistema será alimentado en ambos extremos, compartiendo la potencia por igual. Se deberá proporcionar redundancia en las unidades de poder en cada estación terminal.

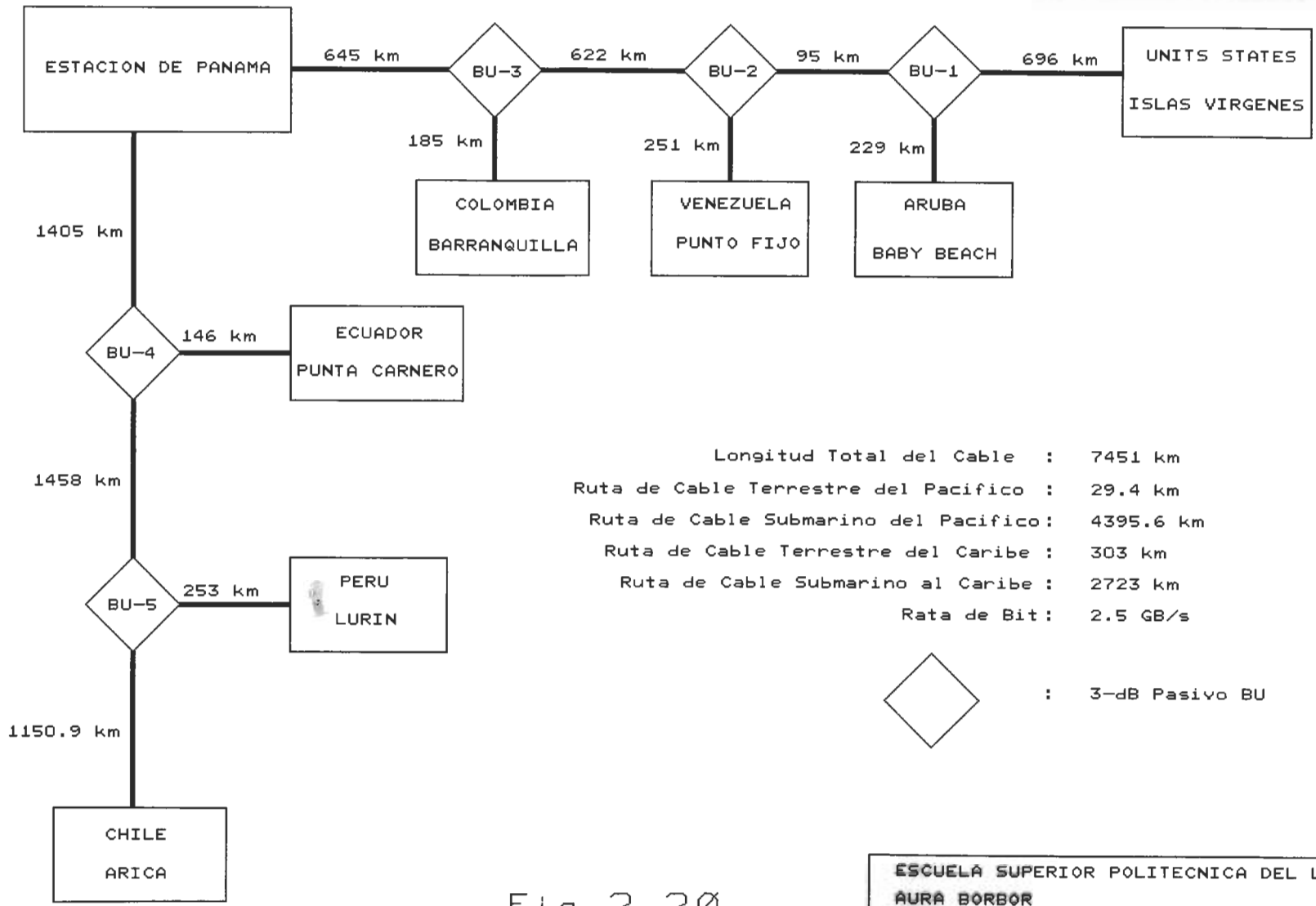
En caso de fallo total del PFE en una estación terminal, se requiere que el PFE de la otra estación terminal sea capaz de proporcionar el segmento completo de energía de forma individual de manera que se mantenga la capacidad completa de servicio. Además, no habrá posibilidad alguna de tener apagado simultáneo en ambos PFEs mientras operen.

En el evento de tener pérdida en el cable, el PFE deberá ser capaz de balancearla, manteniendo la capacidad de servicio total. Cualquier falla en alguna unidad de potencia no deberá afectar el tráfico en el sistema. El sistema deberá ser tal que garantice la seguridad del personal que opere en el cable durante alguna reparación.

La rotura de un cable en sistema energizado puede provocar picos de energía superiores a los 200 amperios. Por lo tanto, se incorporan circuitos especiales en la línea de energía de los repetidores para evitar que los componentes sean dañados por tales picos. A su vez, los (PFE) no deben empeorar los picos causados por la rotura de cables. De hecho, los PFE deben protegerse a sí mismo del daño ocasionado por los picos, al tiempo que deben aislar la planta submarina de los sobre voltajes provocados por los rayos y los picos de energía de la red eléctrica doméstica.

2.4.4 Elementos de Sistema

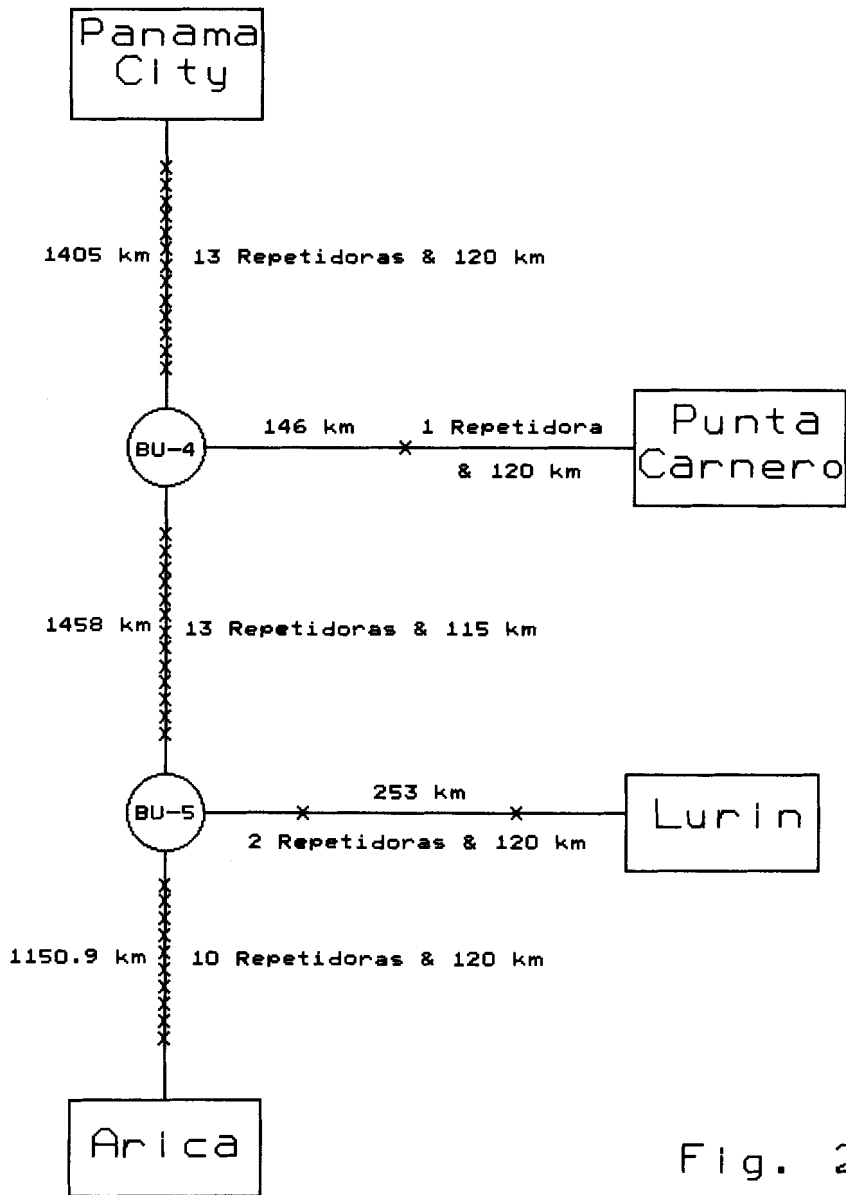
En las FIG. # 2-20, FIG. # 2-21, FIG. # 2-22 se muestran donde estarán ubicados cada uno de los elementos mencionados en la Tabla 2-5.



Longitud Total del Cable : 7451 km
 Ruta de Cable Terrestre del Pacifico : 29.4 km
 Ruta de Cable Submarino del Pacifico: 4395.6 km
 Ruta de Cable Terrestre del Caribe : 303 km
 Ruta de Cable Submarino al Caribe : 2723 km
 Rata de Bit: 2.5 GB/s

Fig. 2.20

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL AURA BORBOR CAROLINA ELIZALDE ERNESTO OCAMPO KATHERYN PAZOS		
Size	Document Number	REV
A	ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CABLE P.	
Date: November 10, 1997 Sheet 12 of		



SEGMENTO DE LINEA DIGITAL	LONGITUD KM	NUMERO DE REPETIDORAS
Arica-Punta Carnero	2754.9	24
Arica-Lurin	1403.9	12
Punta Carnero-Panama City	1551	13

Total de Repetidoras : 39

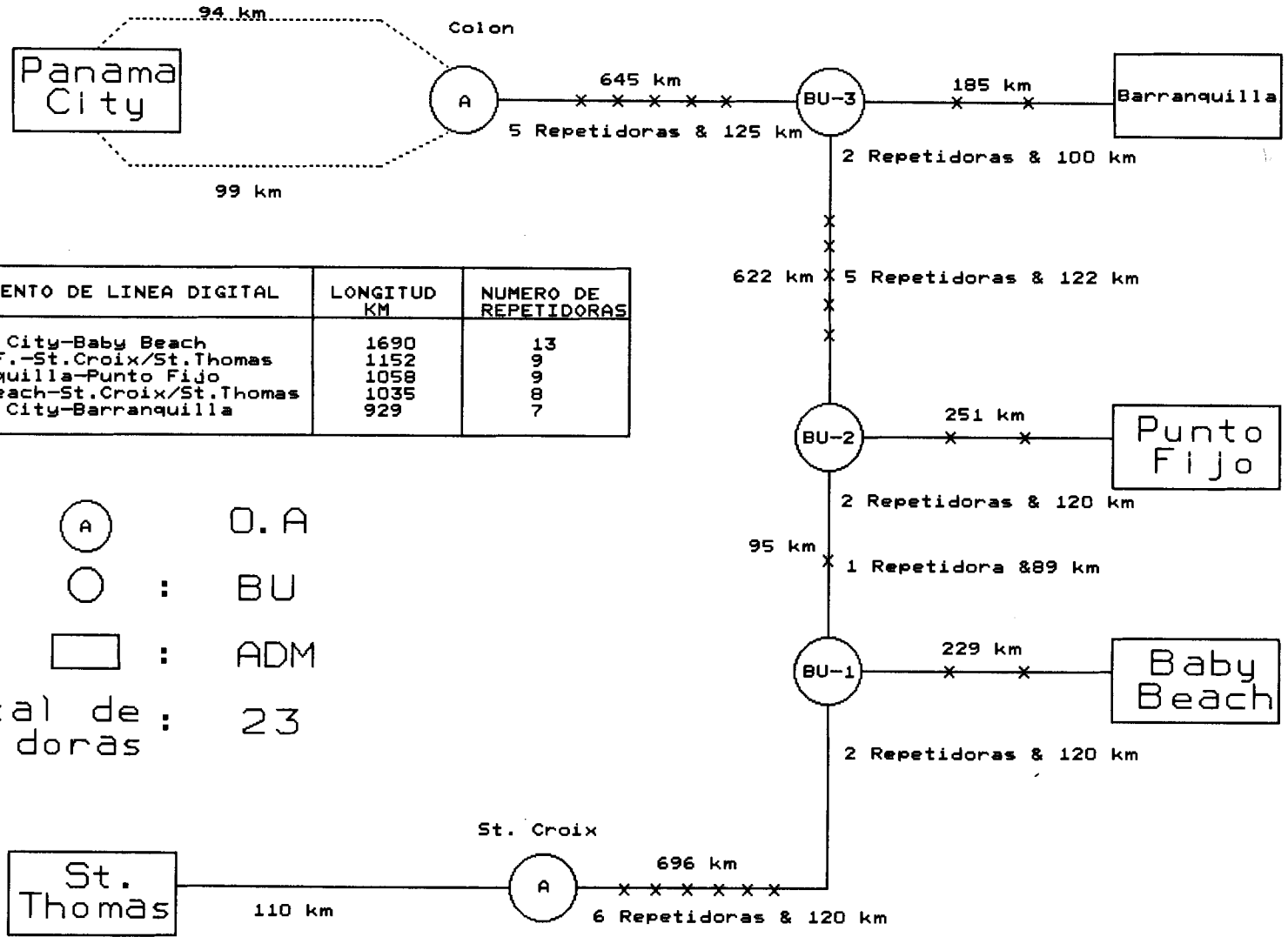
□ : ADM
 ○ : BU

Biblioteca Central



Fig. 2.21

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
AURA BORBOR CAROLINA ELIZALDE ERNESTO OCAMPO KATHERYN PAZOS	
Size Document Number	REV
A	REPETIDORAS PARA EL PACIFICO
Date: October 29, 1997	Sheet 16 of



SEGMENTO DE LINEA DIGITAL	LONGITUD KM	NUMERO DE REPETIDORAS
Panama City-Baby Beach	1690	13
Punto F.-St.Croix/St.Thomas	1152	9
Barranquilla-Punto Fijo	1058	9
Baby Beach-St.Croix/St.Thomas	1035	8
Panama City-Barranquilla	929	7

(A) : O.A
 ○ : BU
 □ : ADM
 Total de Repetidoras : 23

Fig. 2.22

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL AURA BORBOR CAROLINA ELIZALDE ERNESTO OCAMPO KATHERYN PAZOS		
Size	Document Number	REV
A	REPETIDORAS PARA EL CARIBE	
Date: November 10, 1997		Sheet 17 of

A continuación en la Tabla 2-4 mencionaremos los componentes, y la cantidad de equipos, que consta el sistema del Cable Panamericano:

EQUIPO	PACIFICO	CARIBE	TOTAL
Equipo de Estación Terminal (TSE)	5	5	10
Equipo de Alimentación de Energía (PFE)	5	5	10
Caja Terminal de Cables (CTB)	5	5	10
Canal de Servicio (OW)	5	5	10
Controlador de Mantenimiento (MC)	5	5	10
Equipo de Transmisión Terminal (TTE)	5	5	10
Equipo Terminal de Línea (LTE)	5	5	10
Equipo Multiplexor (ADM)	5	5	10
ITM-SC (Servidor Central)	0	1	1
Estación de Trabajo Remota	4	3	7
Fibra Optica Submarina (Km)	4395.6	2723	7118.6
Fibra Optica Terrestre (Km)	29.4	303	332.4
Amplificadores Opticos (OA)	0	4	4
Repetidora	39	23	62
BU (Unidad de Bifurcación)	2	3	5

Tabla 2-4 Elementos del Sistema

2.5 Funcionamiento de la Sección de Línea Digital

- 1) El funcionamiento de cada Sección de Línea Digital (DLS) que conforme el Sistema deberá ser tolerante con las Recomendaciones ITU-T aplicables y con las Especificaciones Técnicas presentes durante la Vida del Sistema.
- 2) De manera concordante, el Sistema fue diseñado con el propósito de tomar en cuenta lo siguiente:

- Los efectos del envejecimiento y las variaciones de temperatura estacional a lo largo de la ruta del cable y en las estaciones terminales
 - Permitir cualquier tipo de reparación al sistema.
 - Las condiciones ambientales de la estación terminal, por ejemplo regulación de potencia DC, descargas electrostáticas, interferencias electromagnéticas y caídas de rayos.
- 3) Mas aún, el TSE (Equipo de Estación Terminal) deberá ser concordante con los estándares del país donde éste sea instalado.

2.5.1 Comportamiento ante Errores

El comportamiento ante errores a 155 Mbit/s deberá satisfacer los límites indicados en las Recomendaciones G.826 (*Redes Digitales. Parámetros y objetivos de característica de error en trayectos digitales internacionales de velocidad binaria constante a la velocidad primaria o a velocidad superior*) y G.821 (*Redes Digitales . Características de una conexión digital internacional que forme parte de una Red Digital de Servicios Integrados*) para asegurar que el Sistema pueda ser integrado en una red digital sincrónica.

2.5.1.1 Requerimientos de Parámetros G.826 de la UIT-T

El comportamiento de errores entre puertos de Interfaces de 155 Mbit/s deberá satisfacer los límites mostrados mas abajo. Con el propósito de valorar el comportamiento de cada Sección de Línea Digital éstos deberán ser especialmente tasados en forma lineal tomando en cuenta la longitud efectiva del enlace.

Cada DLS deberá ofrecer tratamiento de errores durante la Vida del Sistema siguiendo rígidamente los requerimientos siguientes derivados de la Rec. G.826 de la UIT-T de Marzo de 1993, Tabla 2-6 .

PARÁMETRO DE ERROR	TRATAMIENTO DE ERROR
Razón de Segundos Fallosos. (ESR). (A nivel STM-1)	$\leq 3.2 \times 10^{-3} + (1,6 \times 10^{-3} \text{ cada } 500 \text{ km.})$ promediado sobre cualquier período de 30 días
Razón de Segundos Severamente Fallosos (SESR). (A nivel STM-1)	$\leq 4 \times 10^{-5} + (2 \times 10^{-5} \text{ cada } 500 \text{ km.})$ promediado sobre cualquier período de 30 días
Razón de Errores de Bloqueo Fundamental (BBER). (A nivel STM-1)	$\leq 4 \times 10^{-6} + (2 \times 10^{-6} \text{ cada } 500 \text{ km.})$ promediado sobre cualquier período de 30 días
OUTAGE	$\leq 10^{-8}$ por km promediado sobre cualquier período de 1 año

Tabla 2-6 Parámetros de Error Rec. G.826

Con respecto a estos valores:

- 1) Los requerimientos establecidos son inclusivos de las condiciones ambientales de la estación terminal.
- 2) Los límites relacionados con los primeros tres parámetros mostrados en la Tabla 2-6 deberán ser respetados únicamente cuando el sistema esté disponible. Es decir, cuando sea capaz de realizar las funciones para las que fue diseñado. Esto asegura que los Segundos Fallosos (ES), Segundos Severamente Fallosos (SES) y Errores de Bloqueo Fundamental (BBE) no son contados cuando el sistema está en la condición Outage.
- 3) La condición de Outage empieza en el caso de 10 segundos consecutivos, cada uno con un $BER > 10^{-3}$ (se incluyen los 10 segundos como Outage); finaliza cuando hay 10 segundos consecutivos, cada uno con $BER \leq 10^{-3}$ (no se incluyen los 10 segundos como Outage).
- 4) Las fallas que requiera reparación de la nave no son contadas cuando se calcula el tiempo establecido como valor límite para la condición outage.
- 5) Durante los segundos severamente fallosos (ya sean aislados o consecutivos con un máximo de 9) el sistema es considerado disponible pero con conducta no satisfactoria.
- 6) Siempre que ocurra una pérdida en la alineación del cuadro, el segundo de tiempo correspondiente será considerado como un segundo severamente falloso.
- 7) Los requerimientos de los Segundos Fallosos, Segundos Severamente Fallosos y Errores de Bloqueo de Fondo deben ser cubiertos al nivel de 155 Mbit/s

2.5.2 Requerimientos de los Parámetros G.821 de la UIT-T

La ejecución de errores entre puertos de interface de 140 Mbit/s deberá satisfacer los límites mostrados en la Tabla 2-7. Los valores se referencia a 1 km de la línea de transmisión; consecuentemente, con el propósito de cuantificar el rendimiento de cada Sección de Línea Digital éstos tienen que ser prorrateados linealmente tomando en consideración la longitud efectiva del enlace.

PARÁMETRO DE ERROR	EJECUCIÓN DE ERROR POR KM.
ES (Referido a 64 Kbit/s)	$\leq 5.53 \times 10^{-2}$ ES por día promediado sobre cualquier período de 30 días
SES (BER $\geq 10^{-3}$)	$\leq 6.9 \times 10^{-4}$ SES por día promediado sobre cualquier período de 30 días
OUTAGE	$\leq 10^{-8}$ promediado sobre cualquier período de 1 año

Tabla 2-7 Parámetros de errores de la Rec. G.821

Con respecto a los valores de la Tabla 2-7:

- 1) Los requerimientos establecidos abajo son inclusivos de las condiciones ambientales de la estación terminal.
- 2) Los límites relacionados con los primeros dos parámetros mostrados en la Tabla 2-7 de arriba deberán ser respetados únicamente cuando el sistema esté disponible. Es decir, cuando sea capaz de realizar las funciones para las que fue diseñado. Esto asegura que los Segundos Fallosos (ES) y Segundos Severamente Fallosos (SES) no son contados cuando el sistema está en la condición Outage.
- 3) La condición de Outage empieza en el caso de 10 segundos consecutivos, cada uno con un BER $> 10^{-3}$ (se incluyen estos 10 segundos como Outage); finaliza cuando hay 10 segundos consecutivos, cada uno con BER $\leq 10^{-3}$ (no se incluyen estos 10 segundos como Outage).
- 4) La condición de Outage referida en este párrafo es aquella causada por los componentes del sistema con la exclusión de fallas accidentales causadas por traineras u otros factores externos.
- 5) Las fallas que requiera reparación del navío no son contadas cuando se calcula el tiempo establecido como valor límite para la condición outage.
- 6) Durante los segundos severamente fallosos (ya seas aislados o consecutivos con un máximo de 9) el sistema es considerado disponible pero con conducta no satisfactoria.
- 7) Siempre que ocurra una pérdida en la alineación del cuadro, el segundo de tiempo correspondiente será considerado como un segundo severamente falloso.

- 8) Los requerimientos de los Segundos Fallosos deben ser cubiertos al nivel de 64 kbit/s acorde con el mapeo dado en las Rec. G.821 Apéndice 2 de la UIT-T
- 9) Los requerimientos de los Segundos Severamente Fallosos deben ser cubiertos al nivel de 140 Mbit/s

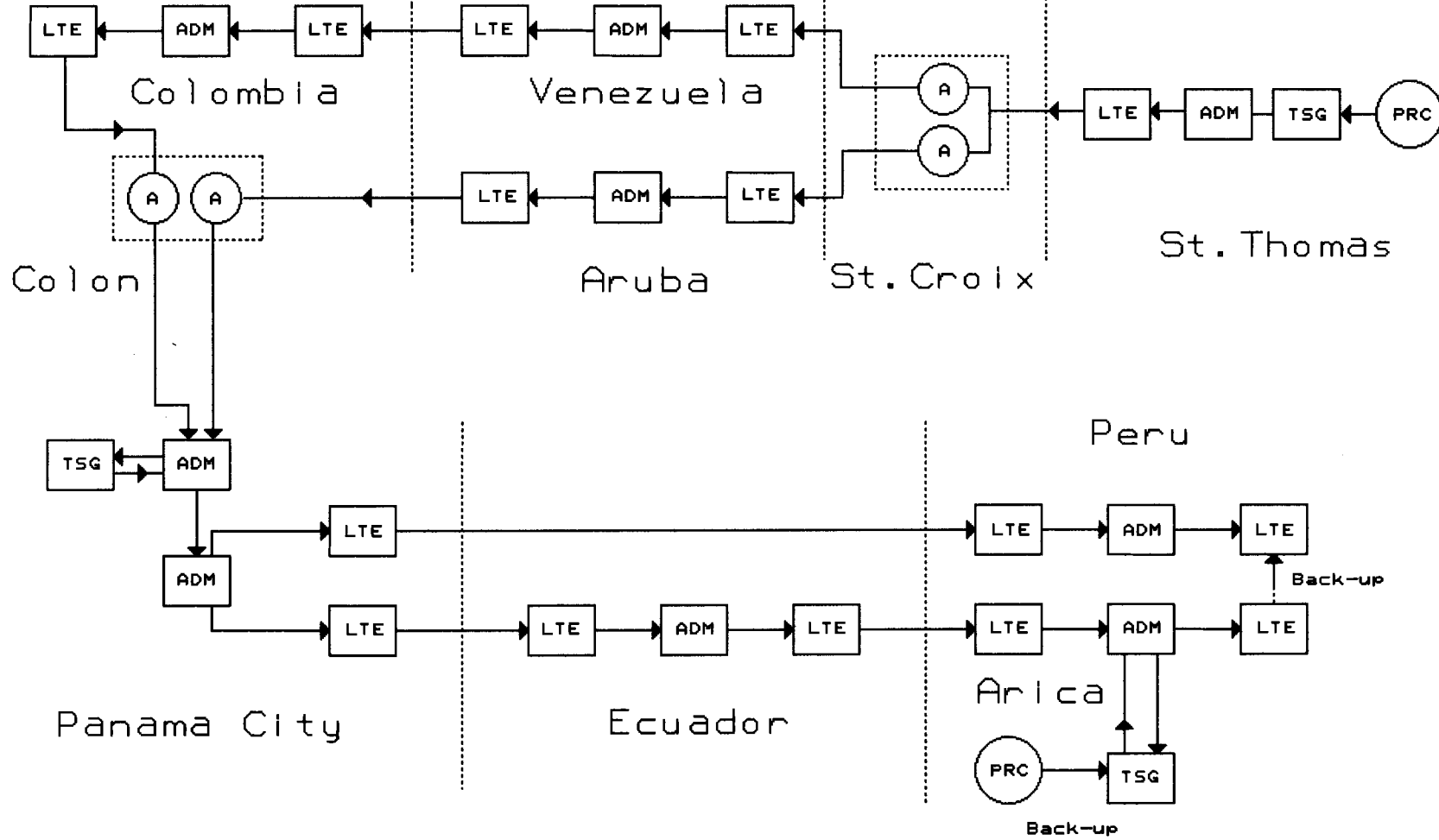
2.6 Red de Sincronismo del Sistema del Cable Panamericano

La red de sincronismo utilizada para el Sistema del Cable Submarino es el método Maestro - Esclavo donde el reloj de referencia primario se encuentra en St Thomas con respaldo en Arica, como se muestra en la FIG. # 2-23.

Los generadores de fuente de sincronización se encuentra en St. Thomas, Ciudad de Panamá y Arica.

La temporización y sincronización deberá ser en concordancia con las Rec. G.703 (*par. 6 a 10: Referida a las Interfaces de 2048 KB/s, 8448 Kb/s, 34.368 Kb/s, 139.269 Kb/s y la 10 se refiere a la Interfaz de Sincronización a 2048 Khz*) y G.783 (*par. 6: Características de los bloques funcionales del Equipo de la SDH*) de la UIT-T.

Un reloj interno con exactitud y estabilidad deberá estar disponible en concordancia con la Rec. G.812 (*Requisitos de Temporización en las salidas de relojes subordinados adecuados para explotación Plesiócrona de Enlaces Digitales Internacionales*) de la UIT-T y G.81s.



48

G.811 Reloj de Referencia Primario (PRC) en St. Thomas con Back-up en Arica
 G.812 Generadores de fuentes de Sincronizacion (TSG) en St. Thomas, Panama City y Arica

Fig. 2.23

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL AURA BORBOR CAROLINA ELIZALDE ERNESTO OCAMPO KATHERYN PAZOS		
Size	Document Number	REV
A	SINCRONIZACION PANAMERICANA	
Date: November 10, 1997		Sheet 13 of

2.7 Red de Gestión del Sistema del Cable Panamericano

El sistema de manejo de la red NMS (Network Manangement Systems) de cables submarinos requiere de lo siguiente:

- ⌘ Gestión del cable físico
- ⌘ Amplia visión del sistema
- ⌘ Control automático de defectos
- ⌘ Reconocimiento de alarmas
- ⌘ Almacenamiento de datos a largo plazo
- ⌘ Base de datos con salida de transmisión de extremo a extremo
- ⌘ Seguridad en la gestión de la red
- ⌘ Gestión de averías
- ⌘ Protección automática de la red
- ⌘ Gestión de la fibra
- ⌘ Gestión de enrutamiento/tráfico

Las generaciones previas de cable consistían principalmente en sistemas punto a punto, con sistemas de mantenimiento dedicado y exclusivos para la planta y el equipo de la terminal submarinos. Los sistemas de cable SDH modernos se están volviendo más tipo red, es decir, estructuralmente más complejos, y el mantenimiento esta evolucionando hacia el objetivo de lograr compatibilidad con múltiples proveedores, basándose en la Recomendación G.784 (*Aspectos Generales de los Sistemas de Transmisión Digital, Equipos terminales. Gestión de la Jerarquía Digital Síncrona*) de UIT-T. La parte esencial del mantenimiento es la “Interfase Q” externa conectada a la red flexible de comunicación de datos que permite que la supervisión y el control sean llevados a cabo desde virtualmente cualquier parte del planeta. La interfase Q utiliza dispositivos de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI) y las series de protocolos predefinidos G.773 de UIT-T (*Aspectos Generales de los Sistemas de Transmisión Digital. Series de Protocolos de interfaces Q para la Gestión de sistemas de transmisión*) con varios objetos registrados manejados por SDH (G.774). o sea , elementos del hardware y software. En el futuro también se prevé que la evolución de los sistemas de cable submarino generará la necesidad de nuevas clases de objetos manejados.

El sistema de manejo de la red lo describimos a continuación:

La Interfaces Qx del servidor ITM/SC con los elementos de la red SDH es soportada vía Q-LAN utilizando DCC- SDH. Las capacidades de extensión Q-LAN de los ADMs posibilitan la continuidad de extremo a extremo del DCC donde los ADMs son back- to-back.

Un sistema ITM/SC puede manejar a la red del cable Panamericano y monitorearla (ver FIG. # 2-24).

El sistemas ITM/SC están separados de todos los demás componentes de la red, y mantienen copias de las configuraciones de cada elemento de la red.

Las estaciones de trabajo se comunican con el servidor ITP/SC mediante una conexión ITP/SC. Cada estación de trabajo puede ofrecer acceso a ITM/SCs.

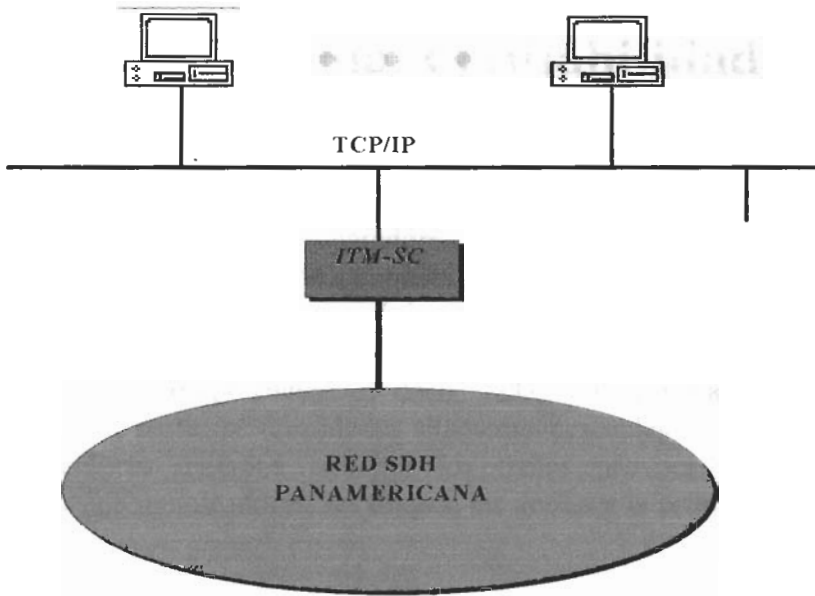


FIG. # 2-24 Sistema de Manejo de la Red

Las estaciones de cables denotada por un asterisco (*), mostradas en la FIG. # 2-25, están equipadas con una estación de trabajo ITM-SC, para lograr un total de 7. Las estaciones de trabajo se comuniquen con un servidor ITM-SC mediante una conexión TCP/IP (Se muestra la estación de trabajo de Perú como ejemplo).





FIG. # 2-25 Sistema de Manejo de la Red de Cable Panamericano

2.8 Vida del sistema, Confiabilidad

Las reparaciones de las porciones submarinas de los sistemas de cable submarinos son muy costosos y requieren varios días para complementarlas. Por esta razón los compradores y los operadores de los sistemas submarinos exigen un nivel extremadamente alto de confiabilidad en las plantas submarinas. Tradicionalmente, un sistema transoceánico de 27 años de antigüedad no requirió de más de tres reparaciones asistidas por barco y provocadas por fallas espontáneas de los componentes, es decir, fallas no provocadas por factores externos: por otra parte, se consideran altamente deseables los niveles aún más bajos. Los factores externos incluyen los daños provocados a los cables submarinos por los remolcadores, las dragas, las anclas y la propia abrasión de los cables.

Las fallas en el equipo de las terminales pueden provocar cortes y segundos con errores graves, al tiempo que requieren el mantenimiento y el reemplazo de los componentes fallados. Sin embargo, los niveles de confiabilidad típicamente terrestres de los componentes, contenidos en estructuras adecuadamente duplicadas y protegidas de las conmutaciones, pueden limitar las interrupciones del tráfico a niveles aceptables.

1. La vida del sistema no debe ser menos de 25 años.
2. Todas las partes y materiales usadas en el sistema deberán ser calificadas y probadas para asegurar que los requerimientos de confiabilidad sean satisfecho.
3. Se debe establecer un presupuesto de confiabilidad, partiendo de un presupuesto de confiabilidad para cada tipo de componente. La figura de confiabilidad adoptada para cada componente deberá considerar la temperatura estimada en su unidad completa para las peores condiciones ambientales.

4. La confiabilidad del sistema deberá ser consistente como el requerimiento de outage.
5. La confiabilidad general debe ser tal que el número de reparaciones requeridas que se esperen no sea mas de 1 durante la vida del diseño del sistema (25 años).

La vida del TSE debe ser idéntica a la Vida del Sistema, ambas considerando el funcionamiento de los componentes individuales, unidades de equipamientos y el TSE como un todo.

Las características de confiabilidad deben ser proporcionadas tomando en cuenta las condiciones reales de la estación terminal (temperatura ambiental, principales características, etc). La disponibilidad del TSE debe ser tomada en consideración en la disponibilidad de todo el Sistema.

3. Especificaciones Técnicas de los Equipos del Cable Panamericano

3.1 General

En el capítulo 2 hicimos mención en la Tabla 2-5 de los equipos que constan en el Sistema del Cable Panamericano, (FIG. # 3-1); en este capítulo daremos a conocer las especificaciones técnicas a las que se deben registrar dichos componentes antes mencionados, así también como de las interfaces que se deben utilizar.

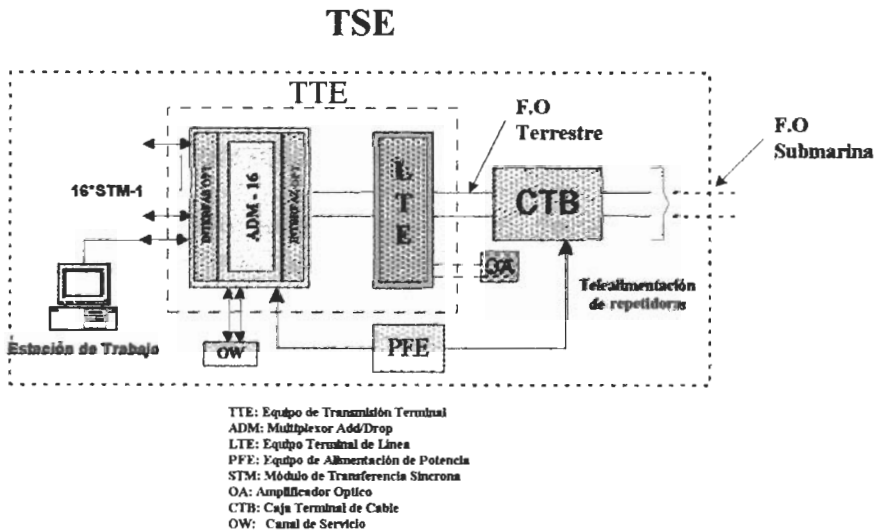


FIG. # 3-1 Equipos del Sistema de Cable Panamericano

3.2 Equipo de Estación Terminal (TSE)

La función principal del Equipo de Estación Terminal (TSE) es proporcionar indistintamente 16 entrantes y 16 salientes señales tributarias de 155.520 kBit/s (ó 139.264 kBit/s según sea aplicable) por cada par de fibra óptica en conformidad con las Recomendaciones relativas a los Aspectos generales de los sistemas de transmisión digital, la G.703 (*Equipos terminales: Características físicas y eléctricas de los interfaces digitales jerárquicos*), G.707 (*Velocidades Binarias de la SDH*), G.708 (*Interfaz de Nodo de Red para la Jerarquía Digital Síncrona*) y G.709 (*Estructura de Multiplexación Síncrona*) de la UIT-T para señales de 155.520 kBit/s (ó 139.264 kBit/s según sea aplicable).

El TSE, según como se describe aquí, deberá incluir el Equipo de Transmisión Terminal (TTE), Canal de Servicio (OW), caja Terminal de Cable (CTB), Equipo de Alimentación de Potencia (PFE), sistema de alarma de TSE, Controlador de Mantenimiento (MC), junto con cualquier ítem auxiliar requerido para operar el sistema en cumplimiento con la presente especificación técnica.

3.2.1 Funciones del TSE

Como mínimo, las funciones del TSE deben incluir:

- 1) Equipo de Transmisión Terminal (TTE)
 - Para proveer terminaciones DLS (Digital Line Section);
 - Para ensamblado, codificación, conversión y acondicionamiento de las señales tributarias de llegada de 155.520 kBit/s (ó 139.264 kBit/s) hacia la señal de línea óptica inyectada en cada fibra óptica de salida.
 - Para acondicionamiento, conversión, decodificación y desensamblaje de la señal de línea óptica recibida hacia la señal tributaria de salida de 155.520 kBit/s (ó 139.264 kBit/s).
- 2) Terminación del Canal de Servicio (OW)
 - Para proveer terminaciones y equipos de circuitos de voz y datos;
 - Para proveer equipos de transferencia de circuitos de voz y datos a las facilidades instaladas remotamente.
- 3) Caja Terminal de Cable (CTB).
 - Para proveer la terminación de cable, repartición de las fibras ópticas y el conductor de potencia;
 - Para proveer acceso al cable de línea para pruebas eléctricas y ópticas;

- Para proveer facilidades de inyección de corriente electrodizante.

5) Controlador de Mantenimiento (MC), equipo del NMS

- Para registrar y procesar toda la información de manejo y supervisión (ej. configuración, alarmas de línea o de terminal, datos de monitores de la calidad de la transmisión) desde el TTE;
- Para registrar e identificar cualquier falla de línea o de terminal;
- Para proveer asistencia para una acción curativa y correctiva pronta y para llevar a cabo esta acción en forma automática, semi automáticamente o por pedido expreso del operador.;
- Para desarrollar registros diarios incluyendo resultados diarios de calidad de transmisión;
- Para grabaciones en términos largos de tiempo y procesamiento en forma de cuadros de los datos mantenimiento de rutina;
- Para soportar la conexión futura con un Sistema de Red de Manejo de Telecomunicaciones vía una interface tipo Q3 y los protocolos asociados;
- Para asegurar que la función de transmisión del sistema no sea perjudicada por sus condiciones de operación o de no operación.

6) Supervisión de la Planta de Línea

- Para proveer monitoreo de las operaciones de la línea y alarmas de línea;
- Para proveer localización de fallas permanentes e intermitentes dentro de una sección repetidora.

7) Supervisión de Planta Terminal

- Para proveer puntos de prueba para ser interconectados al MC, alarmas sonoras y visuales para monitorear el funcionamiento del TSE e iniciar alarmas de estación, según sea aplicable;
- Para proveer detección e identificación de fallas del TSE;
- Para realizar de forma automática o bajo pedido de un operador la reconfiguración del sistema involucrando las unidades redundantes.

- Para realizar de forma automática o bajo pedido de un operador la reconfiguración del sistema involucrando las unidades redundantes.

3.2.2 Fuentes de Potencia que Alimenta al Equipo de Estación Terminal (TSE)

El equipo de estación terminal debe ser diseñado para operar desde corriente directa nominal de -48V (sin interrupciones).

La fuente de energía del rack deberá convertir el voltaje negativo directo de 48 V en el voltaje requerido por el Equipo de Estación Terminal. La frecuencia de conversión deberá ser mayor que 20 kHz.

3.2.3 Condiciones Ambientales de Operación

El equipo debe ser tal que reúna los requerimientos de operación a Condiciones Ambientales Normales.

Los valores de las Condiciones Ambientales Normales serán aquellos medidos a cualquier altura entre la base y el tope del equipo a una distancia de 0.5 metros desde el equipo mismo, en un ambiente de 30 m³ de volumen aproximadamente, sin ventilación externa forzada.

El equipo deberá ser capaz también de operar bajo Condiciones Ambientales Severas, pero, en este caso, no se permitirá ninguna figura diferente a aquella especificada para los parámetros de ejecución.

Se indicará la degradación de ejecución que se esperará y el máximo tiempo que el TSE puede operar bajo Condiciones Ambientales Severas sin afectar la vida del sistema.

Luego de cualquier período de operación bajo Condiciones Ambientales Severas, el TSE deberá recobrar su funcionamiento nominal dentro de las 24 horas de retorno a las Condiciones Ambientales Normales.

Las condiciones ambientales de referencia son:

$$20^{\circ}\text{C} \leq T \leq 24^{\circ}\text{C}$$

3.2.4 Equipo de Transmisión Terminal (TTE)

3.2.4.1 General

El equipo de Transmisión Terminal (TTE) debe comprender un camino de transmisión y otro de recepción por cada par de fibra óptica y cualquier ítem auxiliar para la supervisión de la Planta de Línea y de la Planta Terminal, localización de fallas y terminaciones de los canales de servicio.

La señal de la interface DLS (Sección de Línea Digital) deberá ser a la tasa nominal de 155.520 kBit/s (o 139.264 kBit/s) y cumplir con las recomendaciones, G.708, la G.703 (*Equipos terminales: Características físicas y eléctricas de los interfaces digitales jerárquicos*), G.707 (*Velocidades Binarias de la SDH*), G.708 (*Interfaz de Nodo de Red para la Jerarquía Digital Síncrona*) y G.708 (*Aspectos Generales de los Sistemas de Transmisión Digital. Interfaces de nodo de red para la Jerarquía Digital Síncrona*), G.921 (*Secciones Digitales basadas en la jerarquía de 2.048 Kb/s*) y G.957 de la UIT-T.

Debido al objetivo de confiabilidad, cualquier redundancia es concebida y a que nivel es aplicada. Como mínimo, cada láser transmisor deber ser duplicado.

El TTE debe requerir únicamente acceso frontal para su instalación, operación y mantenimiento.

El TTE debe tener dos funciones diferentes siguientes:

- a) Equipo Multiplexor (ADM) y
- b) Equipo Terminal de Línea (LTE)

3.2.4.2 Equipo Multiplexor (ADM)

El camino de transmisión del equipo multiplexor (ADM) ensambla, codifica y convierte las señales tributarias de llegada, las señales de los canales de servicio y las señales relevantes MC en una señal de línea óptica del estándar SDH (STM-N) para transmisiones directas a través del sistema de cable submarino; el camino de recepción del ADM desensambla, descodifica y convierte la señal de línea óptica del estándar SDH recibida desde el sistema de cable submarino en las señales tributarias de salida, las señales del canal de servicio y las señales relevantes MC.

El ADM no debe aplicar restricción alguna a las cadenas de bits de información que sean transmitidas por el sistema.

3.2.4.3 Equipo Terminal de Línea (LTE)

El camino de transmisión del equipo terminal de línea (LTE) convierte y acondiciona la señal de línea óptica del estándar SDH ingresada (STM-N) en la señal de línea óptica submarina inyectada en cada fibra óptica de salida; El camino de recepción del LTE acondiciona y convierte la señal de línea óptica submarina recibida de cada fibra óptica que llega en la señal de línea óptica del estándar SDH de salida (STM-N) para la subsecuente función demultiplexadora.

Se deberá proveer detalles completos de la señal de Interface de Línea Submarina subrayando todas las formas en que ésta difiere de una señal óptica STM-N estándar como se define en las Rec. G.957 (*Interfaces ópticas para equipos y sistemas basados en la jerarquía digital síncrona*) y G.958.

Se debe proveer detalles funcionales completos del equipo usado para realizar la conversión y acondicionamiento entre la señal de la Interface de Línea de Multiplexado (MLI) estándar STM-N y la señal de la Interface de Línea Submarina (SLI) en las direcciones de transmisión y recepción (ej. amplificación de potencia óptica, conversiones de longitud de onda, adaptación de código de línea, modulación de señalización de supervisión, etc).

El LTE debe proveer los medios para generación de su propia información de supervisión y tener disponible la información de supervisión de la planta sumergible para su uso por el MC.

3.2.4.4 Cambio Automático de TTE

El cambio de redundancias debe ser automático, el cambio debe ser inhibido si hubiere alguna condición de falla en el módulo stand-by; más aún, el cambio debe ser inhabilitado si lo requiere y solicita el operador.

La degradación del tráfico debido al cambio debe ser compatible con el funcionamiento general del sistema según se describió antes.

La indicación del módulo en servicio actual debe ser proporcionada a nivel de módulo, a nivel de TTE y a nivel de estación.

3.2.5 Canal de Servicio (OW)

3.2.5.1 General

El equipo escogido para la provisión de canales de servicio debe ser proporcionado en cada estación terminal.

El sistema deberá proporcionar canales de servicio OW (Order Wire), cuyas operaciones no requerirán soporte específico ni acción mecánica específica alguna.

Por lo menos, el sistema deberá ser capaz de proveer las siguientes redes OW por subsistema entre las estaciones terminales:

⇒ 2 circuitos de voz OW permitiendo conexión directiva;

⇒ 2 circuitos OW permitiendo transmisiones de datos a 64 Kbit/s.

Los canales OW de voz deberán concordar con las Rec. G.712 de la UIT-T. Estos circuitos OW son seteados entre los dos extremos de cualquier subsistema; la llamada deberá activar una alarma audible y visible de la estación y una alarma aguda en la estación distante. Se deberá proporcionar un aparato telefónico en cada extremo de todos los subsistemas.

El canal OW de 64 Kbit/s deberá concordar con las Rec. V.11 y G.703.

Deberán ser posibles las extensiones de estos circuitos OW mas allá de las estaciones terminales del sistema. Los OWs del TSE y los OWs extendidos deben ser completamente intercambiables y capaces de trabajar simultáneamente en cualquier momento que lo requiera el operador.

3.2.5.2 Ejecución de Transmisión

La ejecución de errores debe estar en concordancia con los requerimientos de operación generales para el DLS.

Se debe vigilar el funcionamiento del TTE, en términos de:

- a) Tiempo promedio entre cuadros de alineamiento perdidos debido a errores distribuidos aleatoriamente;
- b) Tiempo promedio entre de-justificaciones incorrectas debido a errores distribuidos aleatoriamente, y
- c) Tiempo de alineación fuera de cuadro, en concordancia con el Anexo B, Par. 13.4 de la Rec. G.954 (*Sistemas de Línea Digital basados en la jerarquía de 2.048 Kb/s en cables de pares coaxiales. El anexo B trata de la estrategia de multiplexación digital para sistemas a 4*139.264 Kb/s*) de la UIT-T.

Se deberá establecer el tiempo necesario para detectar la pérdida de alineación de cuadro así como el tiempo máximo para recobrar la alineación del cuadro.

Siempre que ocurra una pérdida de la alineación del cuadro, el segundo correspondiente deberá ser considerado como Segundo Severamente Falloso.

3.2.6 Equipo de Alimentación de Potencia (PFE) y la Caja Terminal de Cable (CTB).

3.2.6.1 General

La caja terminal para cables (CTB) sirve para bornear al cable terrestre (o el cable marítimo cuando la estación terminal se encuentra cerca de la costa) a los paneles de alimentación de energía eléctrica en la estación terminal. La transmisión óptica y la alimentación de la energía eléctrica se separan en la caja terminal y se conectan al equipo de transmisión y de alimentación de la energía eléctrica respectivamente.

El equipo de alimentación de potencia (PFE) provee la energía que requieren los repetidores para amplificar las señales ópticas a lo largo del sistema de cables. El equipo provee una corriente constante a los repetidores. Las interferencias se eliminan en la energía eléctrica de la estación terminal para así alimentar al sistema de cables con una energía eléctrica libre de interferencias.

El Equipo de Terminación de Cable (CTB) y el Equipo de Alimentación de Potencia (PFE) comprenden el equipo para terminar el cable de línea, para separar las fibras ópticas del conductor del cable de potencia y para convertir la potencia proporcionada por la planta de potencia D.C. de la estación a la forma requerida para alimentar permanentemente la planta sumergible., permitiendo el monitoreo del enlace a través del equipo d monitores de cable DC.

La capacidad de voltaje de PFE debe tomar en cuenta diferencias de potencial de tierra de hasta 0,3 V/km.

En el caso de que el PFE tenga un diseño modular, el número y arreglo de los módulos de supervisión y potencia deberá ser tal que el PFE cumpla con los requerimientos de salida del sistema. La rutina de mantenimiento del PFE debe ser posible sin que exista impacto alguno en la calidad de la transmisión y sin interrupciones del servicio.

El PFE y el CTB deben proveer puntos de acceso para que se puedan llevar a cabo pruebas en el cable durante la instalación y/o operación. Tales pruebas pueden incluir, pero no se limitarán a, reflectometría óptica, medición de impedancia del cable, inyección de corriente electrodzante, etc.

La alimentación de potencia será instalada con los elementos de la respectiva y suficiente redundancia, con conmutación automática; con alimentación en extremo doble, por ser PFE de largas distancias se utiliza también para alimentar ramificaciones del sistema, como se lo muestra en la FIG. # 3-2.

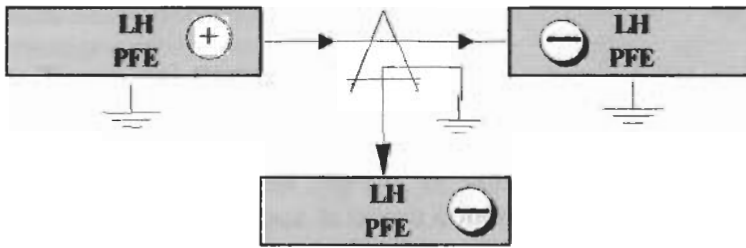


FIG. # 3-2 PFE de Largas Distancias

Siempre que sea posible, lo cambios en la alimentación de potencia, operación o configuración deberán ser en una base sin interrupciones (transferencia de calor). Si es necesario, se debe incluir una máquina de apagado lento.

3.2.6.2 Requerimientos de funcionamiento

Los requerimientos de corriente de salida, regulación de voltaje y estabilidad del equipo deben ser compatibles con los requerimientos de la planta sumergible y de funcionamiento del sistema.

Se proporcionará, en particular, la siguiente información:

- a) Corriente de operación nominal y límites para la operación.
- b) Voltaje de salida máximo
- c) Voltaje de salida máximo limitado
- d) Estabilidad a largo término del voltaje de salida
- e) Características de carga/regulación
- f) Estabilidad de corriente de salida
- g) Tiempo de reconfiguración del PFE entre voltaje normal y cero y viceversa
- h) Ejecución de electrodizado
- i) Rizo de voltaje de salida
- j) Corriente de oleada proveniente del encendido del PFE

Cualquier ruido eléctrico inyectado en el camino de potencia debe estar a un nivel lo suficientemente bajo como para permitir la operación normal del sistema.

Se debe establecer qué condiciones, si hay alguna, se aplican al ruido eléctrico y al voltaje de oleada inyectado en el camino de potencia, las cuales puedan crear riesgos considerables.

3.2.6.3 Tierra del Sistema de Mar

El PFE se conecta al conductor del cable de potencia y a la tierra del sistema de mar. Si la tierra del sistema marino es común a otros sistemas de cable submarino, se deberá asegurar que la nueva conexión no afecte el funcionamiento general de la Tierra de Alimentación de Potencia de los otros sistemas de cable submarino, principalmente en términos de interferencia electromagnética y protección contra oleadas de voltaje.

El PFE debe limitar la diferencia de voltaje entre la Tierra del Sistema de Mar y la tierra de la estación terminal a niveles seguros.

3.2.6.4 Dispositivos de Medición

Medidores y grabadores, donde sean necesarios, se deberán proporcionar para observar las funciones del PFE y CTB y para proporcionar datos de asistencia en la localización de fallas y problemas de la planta sumergible.

Como mínimo, esto incluirá medidores de corrientes de la Tierra de Alimentación de Potencia, y medidores y grabadores para el voltaje y corrientes de salida del PFE.

Los medidores de indicación de corrientes o voltajes en las diferentes secciones del circuito que operen normalmente a altos voltajes deberán ser adecuados con cristales de seguridad libres de estática (o la protección equivalente) y, donde sea posible, deberán estar eléctricamente aislados del alto voltaje o corriente que está siendo medido.

3.2.7 Controlador de Mantenimiento (MC)

3.2.7.1 General

El Controlador de Mantenimiento (MC) debe detectar, identificar, desplegar y procesar las alarmas del sistema y mensajes, y, cuando sea necesario, actuar en toda la información de manejo y supervisión (ej. datos de monitoreo de la configuración, alarmas y transmisión de calidad) proporcionada por la planta sumergible y el TSE de las estaciones terminales del extremo cercano y extremo lejano; el MC debe ejecutar un diagnóstico en caso de falla del TSE o de la línea digital, registrar todos los datos de mantenimiento necesarios durante la Vida del Sistema, desarrollar registros diarios, reportar parámetros de funcionamiento del sistema y ejecutar diagnósticos y localizaciones en caso de fallas del sistema.

Para el sistema, se debe instalar en cada estación terminal un computadora con sus capacidades completas.

En caso de falla alguna del MC, debe ser posible comunicar los TSEs locales con el MC distante a través del sistema de cable.

Donde se proporcione redundancia conmutada de la planta sumergible, ésta deberá estar normalmente controlada desde la Estación Terminal y deberá ser reversible. El MC deberá llevar a cabo automáticamente acciones correctivas, pero deberá ser posible relevar sus capacidades por un operador.

Usualmente, una falla del sistema puede producir una serie de subsecuentes alarmas las cuales son más o menos independientes. El MC debe adquirir, grabar y fechar todas estas alarmas en su orden cronológico, más aún, el MC debe extraer las alarmas más significantes de todas las alarmas adquiridas y proponer un diagnóstico de la falla.

El MC deberá ser inmune a los cortes de energía A.C. estando conectado a la fuente de potencia D.C. sin cortes.

3.2.7.2 Requerimientos generales de funcionamiento del MC

La operación del MC (incluyendo toda la generación y comunicación de la información de supervisión) debe ser hecha con el sistema llevando tráfico y sin degradar el funcionamiento del sistema en manera alguna.

Los parámetros a ser monitoreados y las consecuentes acciones deberán incluir todas aquellas requeridas para cumplir con las Rec. G.783 (*Características de los bloques funcionales del Equipo de la jerarquía digital Síncrona*) y G.784 (*Aspectos Generales de los Sistemas de Transmisión Digital, Equipos Terminales. Gestión de la Jerarquía Digital Síncrona*) de la UIT-T

El MC deberá tener una interface Q3 que proporcione la interconexión con la Red de Manejo de Telecomunicaciones (TMN), permitiendo la configuración, ejecución de fallas y funcionalidades de manejo de seguridad, como se estableció en las Rec. G.773 (*Series de Protocolos de Interfaces Q para la Gestión del Sistema de transmisión*), M30 (*Principios de la Red de Gestión de Telecomunicaciones -RGT*) y G.784 de la UIT-T. La integración puede ser lograda por medio de las interfaces F y Q y siguiendo las recomendaciones de la UIT-T.

La interface física asociada con la interface Q3 deberá ser de tipo V.24/28 (RS-232) a 9600 bps, en concordancia con la Rec. G.773 anexo A de la UIT-T.

El MC proporciona las siguientes particiones lógicas (no necesariamente una división física):

- a) Manejador del Equipo Multiplexor (MEM) para la supervisión y control del ADM;
- b) Manejador del Equipo Terminal de Línea (LTEM) para la supervisión y control del LTE.

3.2.7.2.1 Funciones del Manejador de Equipo Multiplexor

Como un mínimo, el MEM es capaz de reunir los siguientes requerimientos funcionales generales:

- a) Adquisición de todas las alarmas y mensajes producidos por el ADM;
- b) Identificación de fallas del ADM y localización a nivel de tarjeta o unidad conectada;
- c) Operación automática (con relevo manual) de cualquier redundancia conmutada provista dentro del ADM para reunir los requerimientos de confiabilidad y disponibilidad del sistema;
- d) Monitoreo y procesamiento de los parámetros de ejecución de error de cada sub-sistema;

- e) Provisión de interfaces de comunicación seleccionables para permitir la extensión de la información de manejo apropiada hasta un Sistema de Manejo de Red remoto.

3.2.7.2.2 Funciones del Manejador del Equipo Terminal de Línea

Como un mínimo, el LTEM es capaz de reunir los siguientes requerimientos funcionales generales:

- a) Adquisición de todas las alarmas y mensajes producidos por el LTE;
- b) Identificación de fallas del LTE y localización a nivel de tarjeta o sub-unidad;
- c) Monitores y control de la corriente de polarización del láser de cada transmisor óptico funcionando del LTE o cualquier otro parámetro escogido permitiendo así la constante supervisión del transmisor, con alarma de "fuera de límite";
- d) Indicación de la potencia de salida y monitoreo de la potencia óptica de salida continua o cuasi continua de los LTEMs y de cada amplificador óptico de cada repetidora con alarma de "fuera de límite";
- e) Control de ganancia automática de cada receptor óptico funcionando del TTE u otro parámetro escogido permitiendo así la constante supervisión del receptor;
- f) Cualquier parámetro que habilite el monitoreo continuo de cada diodo receptor funcionado;
- g) Monitoreo automático de cualquier componente óptico redundante con el propósito de saber su estatus y la posibilidad de operación manual;
- h) Corriente de línea del PFE;
- i) Voltaje del PFE;
- j) Provisión de interfaces de comunicación seleccionables para permitir la extensión de la información de manejo apropiada hasta un Sistema de Manejo de Red remoto.

3.2.7.3 Terminales de Supervisión

Ambas funciones LTEM y MEM deben ser integradas en una única plataforma física en la estación terminal, proporcionando la siguiente funcionalidad:

- a) Despliegue de la configuración, estatus, alarmas y/o datos de ejecución de errores del ADM/LTE y de la planta sumergible;
- b) Control de las funciones de configuración del ADM/LTE y de la planta sumergible;
- c) Arreglos de seguridad para prevenir el acceso no autorizado ni al despliegue (pantalla) del terminal ni a las funciones de control del terminal.

3.2.7.4 Monitoreo de la Calidad de Transmisión

El MC registra y procesa toda la data requerida para monitorear la Calidad de Transmisión de cada Sub-sistema en concordancia con las Rec. G.826 (*Parámetros y objetivos de característica de error en trayectos digitales internacionales de velocidad binaria constante a la velocidad primaria o a velocidades superiores*) y G.821 (*Características de error de una conexión digital internacional. Que forma parte de una RDSI*) de la UIT-T, según sea aplicable.

El monitoreo de la calidad de la transmisión SDH es realizado por chequeo de paridad de los bytes B1 y B2 del cuadro STM-1.

El monitoreo de la calidad de la transmisión PDH es realizado contando el número de Errores de Paridad por Segundo (PES).

El MC debe procesar la base de datos con el propósito de derivar los siguientes parámetros:

Para parámetros G.826:

- a) Tasa de Segundos con Errores - Error Second Ratio (ESR) -;
- b) Tasa de Segundos Severamente Errados - Severely Errored Second Ratio (SESR) -;
- c) Tasa de Errores de Bloque Fundamental - Background Block Error Ratio (BBER) -;
- d) Salida;

Para parámetros G.821:

- a) Segundos con Errores - Errored Second (ES) -;
- b) Segundos Severamente Errados- Severely Errored Second (SES) -;
- c) Salida;

Cada uno de los parámetros de arriba debe ser determinado a las tasas de línea indicadas en los requerimientos de los parámetros de las recomendaciones G.826 y G.821.

3.2.7.5 Capacidad de transferencia de datos

El MC permite la transferencia de archivos de datos seleccionados hacia o desde un computador remoto, para su posterior procesamiento:

- a) Se da un derecho de acceso limitado a los archivos de datos seleccionados.
- b) La transferencia es dirigida por el computador remoto, ya sea programado (en función del tiempo) o por pedido del operador.

La transferencia es hecha usando ya sea una línea dedicada o la Red Telefónica Conmutada Pública (PSTN), bajo protocolo X.25 (Interfaz entre equipos terminales de datos y equipos terminales de circuitos de datos para terminales que operan en el modo paquete sobre redes de datos públicas).

3.2.7.6 Almacenamiento a largo plazo

La capacidad de almacenamiento del MC permite un almacenaje por un año. Las facilidades de capacidad almacenada, respaldos y transferencias de datos deben ser proporcionadas para almacenaje por largos períodos.

La capacidad de almacenamiento del MC debe proveer los mecanismos adecuados (ej. reproducción exacta del disco y otros servicios adecuados disponibles) para evitar, tanto como sea posible, la aparición de falla alguna.

El MC será capaz de indicar la capacidad de almacenaje libre para el control de la capacidad de memoria.

Se detalla los soportes de hardware y procedimientos.

3.2.7.7 Software

El software de las estaciones terminales es de estructura modular, escrito en un lenguaje de alto nivel reconocido internacionalmente y está completamente protegido contra cambios que sean inadvertidamente introducidos durante el uso operacional. Existe un soporte de software durante toda la Vida del Sistema.

3.3 La Fibra Óptica y Los Cables

3.3.1 Introducción a la óptica de fibras.

Una fibra óptica es un hilo delgado, flexible y sólido de vidrio que consiste en un núcleo de vidrio con un recubrimiento de vidrio de distinto tipo y un revestimiento de acrílico. El núcleo es el corazón de la fibra y lleva la transmisión de luz. El recubrimiento cubre el núcleo y el revestimiento de acrílico protege la fibra de los daños resultantes del manejo.

La fibra de vidrio es una guía de ondas ópticas y la luz es conducida a través del núcleo por medio de reflexión interna.

La reflexión y la refracción se producen a medida que la luz es conducida a lo largo del núcleo de la fibra.

La reflexión ocurre cuando la luz choca contra el límite del revestimiento del núcleo y regresa para viajar en el núcleo.

La refracción ocurre cuando la luz choca contra el límite del revestimiento del núcleo y sale del núcleo y viaja en el revestimiento del vidrio del núcleo.

La velocidad a la cual viaja la luz a través del núcleo de la fibra está determinada por el índice de refracción del núcleo.

El índice de refracción es un número que representa la relación de la velocidad de la luz en el vacío con respecto a la velocidad de la luz en algún otro medio.

Tanto la atenuación como la dispersión tienen efectos sobre el comportamiento de un sistema óptico de fibras. A medida que la luz viaja a través de un sistema, la señal de transmisión pierde potencia (atenuación) y definición (dispersión).

3.3.2 Factores que tienen efectos sobre la Vida de una Fibra

El hecho de doblar una fibra implica que se ejerce presión sobre la misma y esta presión produce un efecto sobre la vida de la fibra. El radio de flexión mínimo especificado se ha obtenido mediante ensayos de envejecimiento lo cual asegura una vida proyectada de 25 años con una baja probabilidad de que se produzcan fallas.

Si una fibra sufre un leve corte es posible que se desarrolle una fractura en el transcurso del tiempo lo cual desembocará en una rotura en algunos años en el futuro. Por lo tanto, es necesario evitar el contacto entre la fibra y objetos cortantes o superficies ásperas.

La fibra sufre una atenuación cuando está expuesta al hidrógeno. Se toman los recaudos necesarios en el proceso de diseño de cables y de los empalmes a fin de asegurar que la generación del hidrógeno dentro de los componentes del sistema no provoque una atenuación que tenga efectos en el comportamiento del sistema en el transcurso de la vida proyectada.

3.3.2.1 Atenuación

A medida que la luz es guiada a través del núcleo, las propiedades que se indican a continuación pueden causar atenuación.

- La **ABSORCION** se produce cuando la luz choca contra impurezas en el vidrio del núcleo y es absorbida.
- El **ESPARCIMIENTO** se produce cuando la luz choca contra un área donde la densidad material cambia.
- La **MACROFLEXION** es una flexión en gran escala de la fibra que excede el radio de flexión de la fibra y que provoca que la luz abandone el núcleo y viaje en el revestimiento del núcleo. Esto normalmente se produce cuando la fibra se utiliza o se instala de manera inadecuada.
- La **MICROFLEXION** consiste en las distorsiones microscópicas de la fibra que hacen que la luz abandone el núcleo y viaje en el revestimiento. Esto generalmente ocurre durante el proceso de fabricación.

La atenuación resultante de las causa mencionadas más arriba tiene como resultado una pérdida de potencia del pulso de la luz a medida que es conducida a través de la fibra.

3.3.2.2 Dispersión.

La dispersión es la propagación de un pulso de luz a medida que es conducida a través de la fibra.

A continuación se indican dos tipos de dispersión que se experimentan en fibras de modo simple.

- La dispersión del **MATERIAL** ocurre porque diferentes longitudes de onda (colores) de luz viajan a distintas velocidades a través de la fibra.
- La dispersión de **GUIAS DE ONDAS** ocurre porque la luz viaja tanto en el núcleo como en el revestimiento metálico a velocidades levemente diferentes.

3.3.2.3 Radio De Reflexión

El radio de reflexión mínimo para el almacenamiento a largo plazo de la generación actual de fibras de cables submarinos es de 30mm. Durante el manejo es permisible doblar la fibra aplicando un radio menor por periodos cortos pero la fibra no debe a ningún tipo de tracción o presión.

3.3.3 Tecnologías de Fibras

Los sistemas amplificados largos operan en la franja de transmisión de 1.550 nm, usando fibras con dispersión controlada (DSF) con una dispersión mínima de la longitud de onda que está próxima a la longitud de onda de la señal de funcionamiento. Debido al alto índice de núcleo y al pequeño tamaño de núcleo de las DSF, éstas exhiben pérdidas mayores y niveles más altos de dispersión en modo de polarización (PMD) que las fibras de modo único convencional y que las fibras con núcleo de sílice. Así mismo, el tamaño menor de su núcleo tiende a exacerbar los problemas de transmisión asociados con las propiedades ópticas no lineales de vidrio. Sin embargo, los recientes avances en el diseño y fabricación de DSF han mejorado notablemente las tres características: la pérdida promedio de fibra cableada para DSF es inferior a 0,207 dB/km, los PMD se han mantenido por debajo de los 0,15 ps/km y el área efectiva del núcleo es superior a los 50 μm^2 .

La dispersión de modo de polarización se produce cuando diferentes estados de polarización se propagan en estados diferentes en la fibra, el efecto se reduce por el acoplamiento del modo de la fibra. Como el acoplamiento del modo es aleatorio, el PDM producirá la variación de Q con el tiempo. El PDM es controlado por el diseño y el, proceso de la fibra y el cable

Los EDFA requieren más empalmes, necesitándose más tipos de fibra que los repetidores regenerativos, haciendo de los empalmes de fibra un tecnología crítica en la producción de EDFA.

3.3.4 Requerimientos de la fibra óptica

Las características de la fibra óptica monomodo a ser usada son:

- 1) La longitud de onda de operación y la velocidad de propagación;
- 2) Las características dimensionales según la recomendación de la UIT-T aplicable G.652 (*Característica de un cable de Fibra Óptica monomodo*), G.653 (*Características de los cables de Fibra Óptica monomodo con dispersión desplazada*) y G.654 (*Característica de los cables de Fibra Óptica monomodo con pérdida minimizada a una longitud de onda de 1.550nm*);
- 3) La atenuación de las fibras ópticas cableadas, incluyendo las pérdidas en juntas, referidas a 1 km de fibra (valor promedio y desviación estándar u otros parámetros característicos), junto con los valores máximos aceptables de incremento de atenuación localizada debido a la heterogeneidad local del

núcleo de la fibra que ocurra durante el proceso de producción de la fibra; se especificará su sensibilidad de medida para detectar incrementos de atenuación localizados debido a esfuerzos localizados inducidos en la operación de cableado. Debe establecer su criterio de aceptación con relación a este factor;

- 4) La dispersión cromática y el costo de dispersión resultante en el presupuesto de ejecución de extremo a extremo;
- 5) La longitud de onda de corte, según sea medida por el Método de Prueba de Referencia de la UIT-T, o cualquier otro método que proporcione resultados equivalentes;
- 6) Las variaciones en la atenuación de la fibra cableada para rangos de temperatura entre -10 °C y +50 °C para cables de tierra y dentro de -10 °C y +35 °C para cables submarinos;
- 7) La elongación de la fibra durante la pruebas de esfuerzos y los valores de duración de las pruebas; estos valores deben ser tales que el efecto acumulativo de la elongación de la fibra durante el posicionamiento, recuperación y reparación y de cualquier elongación permanente de la fibra debido a elongación residual del cable esté en cumplimiento con el objetivo de Vida de Diseño del Sistema.

Los métodos de prueba adoptados para medición de las características geométricas, ópticas y de transmisión de la fibra deben proveer resultados en concordancia con los resultados obtenidos por los Métodos de Pruebas de Referencia como se indican en las recomendaciones de la UIT-T.

Si la temperatura induce variaciones en las pérdidas en las fibras ópticas, esta variación debe ser reversible y tomada en cuenta en el presupuesto de funcionamiento óptico de cada segmento.

3.3.5 Requerimientos generales

El cable, juntas de cable y las transiciones de cable están diseñados para proteger las fibras contra el ingreso de agua, presión, elongación excesiva, corrosión por agua y químicos, hidrógeno y efectos de radiación, etc., de forma que los requerimientos de funcionamiento generales del sistema, como se han especificado, puedan ser asegurados durante toda la vida del sistema.

El diseño del cable y el método de empalme deberán ser tales que una rotura de cable pueda ser reparada y la sección asociada restaurada sin introducir ningún mecanismo de falla dentro de la Vida del cable.

Cable de tipo convencional, esto es, el tipo de cable tradicionalmente usado en Cables Submarinos de Fibra Óptica, teniendo un diámetro de cable base de alrededor de 21,5 mm.

3.3.6 Tipos de Cables

Los cables utilizados son para uso marino y de tierra. El diseño de los diferentes tipos de cable debe asegurar que ellos puedan ser unidos sin complejidad excesiva.

3.3.6.1 Cable terrestre

El cable terrestre asegura las transmisiones y el transporte de la energía eléctrica entre el cable marítimo en la boca de acceso en la playa y la caja de cables en la estación terminal. El cable puede ser de construcción liviana o de construcción blindada. El cable de construcción liviana se instala en conductos portacables para asegurar su protección, mientras que el cable blindado se sumerge directamente. En ambos diseños de cable se incorpora una pantalla que minimiza las interferencias al sistema de alimentación de la energía eléctrica que ocasionan las corrientes telúricas locales.

Este tipo de cable debe tener protección a rayos en concordancia con la Rec. K.25 (Protección de los cables de Fibra Optica contra el rayo) de la UIT-T, y debe estar garantizado contra mordeduras de roedores.

La fuerza tensil del cable terrestre debe ser suficiente para posibilitar que el cable sea instalado en ductos existentes. El cable terrestre deberá tener un NTTS mínimo de 30 kN.

La fuerza tensil del cable terrestre debe ser suficiente para posibilitar la instalación del cable en ductos existentes. El Cable terrestre (LC) debe tener la suficiente robustez mecánica y similar al Cable Protegido Liviano (LWP) a través de toda la ruta terrestre.

3.3.6.1.1 El sistema de conexión a tierra

La alimentación de la energía eléctrica para el sistema del cable depende de un sistema de retorno por tierra para completar el circuito de corriente continua (DC) que alimenta los repetidores. El sistema de conexión a tierra consiste en un grupo de electrodos o en una placa de tierra enterrada en tierra conductora, preferentemente cerca de la estación terminal. El sistema de conexión a tierra también puede estar compuesto por una placa o electrodo colocado en el mar y conectado a la boca de acceso en la playa por un cable blindado.

Para evitar la interferencia eléctrica y para aumentar al máximo la protección contra los rayos, es posible conectar la pantalla a un punto de conexión a tierra en cada boca de acceso a la cámara de empalme. Los requerimientos de la conexión a tierra son examinados por el ingeniero en sistemas antes de la instalación y es posible que se necesite una configuración especial para adaptarla a las condiciones del lugar. Allí donde sea posible, también debe conectarse a tierra la pantalla en la boca de acceso de la estación terminal.

El cable debe incorporar un conductor de cobre que proporcione continuidad eléctrica entre las estaciones terminales.

Este conductor de cobre deberá tener características D.C. y A.C. de baja frecuencia consistentes con la localización de fallas y objetivos de electrodizado especificados en otras parte de estas especificaciones y con la corriente DC del sistema y el máximo voltaje (considerando eventos electromagnéticos naturales tales como tormentas magnéticas, rayos y diferencias de potenciales de tierra).

3.3.6.2 Cables Submarinos

El cable se ha fabricado para asegurar una vida útil mínima de 25 años. El cable contiene las fibras ópticas que transportan las transmisiones y cuando es necesario, transportan la electricidad necesaria para los repetidores ópticos. La construcción propiamente dicha del cable varía según la protección que se requiera y según la profundidad de cableado para el emplazamiento dado. Por lo general, los cables más livianos se colocan en aguas más profundas, mientras que los cables blindados se colocan en aguas menos profundas donde se requiere un mayor grado de protección.

Estos tipos de cables deben ser adecuados para posicionamientos, recuperación y reuso en aguas bajas hasta las profundidades establecidas posteriormente y su diseño comprende protección externa contra la abrasión, roturas por tensión y cualquier agente externo tanto natural como hecho por el hombre. Cada cable submarino debe ser diseñado convenientemente para su situación y garantizado contra mordeduras de peces. Los tipos de cables submarinos a ser usados son especificados más adelante y, donde sea aplicable, deben ser adecuados para enterramiento en el lecho marino cuando se lo requiera.

A continuación detallamos los diferentes tipos de Cables blindados, y los podemos apreciar en la FIG. # 3-3.

Lightwire Armoured Cable (LWA)

Para soterramiento o para ser utilizado e un fondo marino donde se requiera una cierta protección. Cable adecuado para posicionamiento, enterramiento, recuperación y reuso en aguas profundas hasta 1000 metros. El Lightwire Armoured Cable (LWA) debe tener la suficiente robustez mecánica para ser recobrado desde 1000 m de profundidad y debe ser factible enterrarlo con dispositivos submarinos y bajo condiciones de operación adversas del barco de cable (Fuerza 7 en escala de Beaufort).

Single Armoured Cable (cable de armadura simple) (SA)

Cable adecuado para posicionamiento, recuperación y reuso en aguas profundas hasta 1000 metros. El Cable Blindado Simple (SA) debe tener la

suficiente robustez mecánica para ser recobrado desde 1000 m de profundidad y bajo condiciones de operación adversas del barco de cable (Fuerza 7 en escala de Beaufort).

Double Armoured Cable (cable de armadura doble) (DA)

Cable adecuado para posicionamiento, recuperación y reuso, y para proveer de protección en aguas profundas hasta 200 metros. El Cable Blindado Doble (DA) debe tener la suficiente robustez mecánica para ser recobrado desde 200 m de profundidad y bajo condiciones de operación adversas del barco de cable (Fuerza 7 en escala de Beaufort).

Cable de Armadura de Roca (RA)

Este cable es utilizado especialmente en entornos agresivos

Cables para Aguas Profundas

Lightweight Protected Cable (cable protegido liviano) (LWP)

Cable adecuado para posicionamiento, recuperación y reuso en aguas profundas hasta la máxima profundidad de posicionamiento. Este tipo de cable debe tener un blindaje de protección circunferencial adicional en alguna parte entre del conductor de cobre y el aire (agua de mar), esto es, estructura coaxial, con el propósito de proteger el sistema contra daños potenciales debidos a mordeduras de peces, abrasión, etc.

El Cable Protegido Liviano (LWP) debe tener la suficiente robustez mecánica para ser recobrado desde la máxima profundidad de posicionamiento y bajo condiciones de operación adversas del barco de cable (Fuerza 7 en escala de Beaufort).

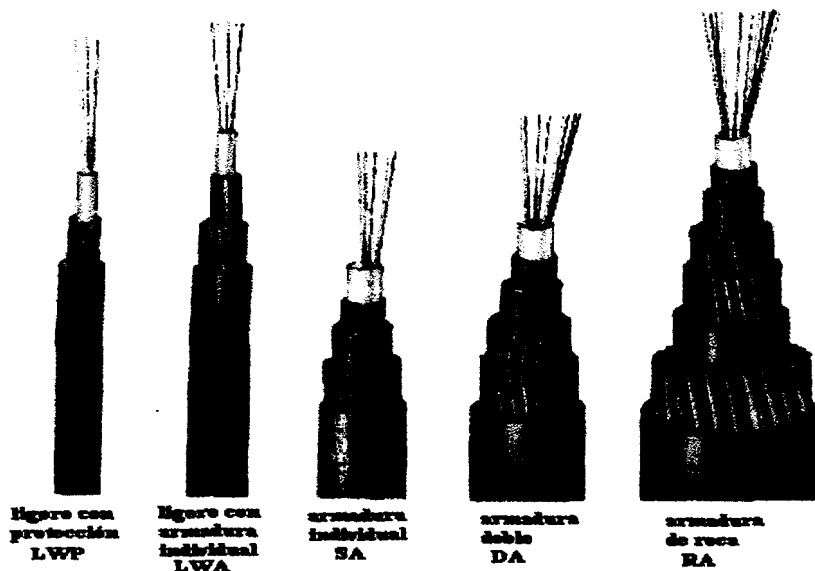


FIG. # 3-3 Tipos de Cables Blindados

3.3.7 Condiciones Ambientales

- 1) Los cable, juntas de cable y terminaciones deben operar al menos dentro de los rangos de temperatura indicados abajo sin afectar el funcionamiento general del sistema.
 - Cable submarino: desde 0 °C a +35 °C
 - Cable de tierra: desde -10 °C a +50 °C

- 2) Los cables, juntas de cable y terminaciones, deben también ser capaces de ser almacenados o transportados al menos dentro del rango de temperaturas entre -20 °C a +50 °C sin que se ocasione daño permanente al cable o a la resistencia de la fibra. Los cables, juntas de cables y terminaciones deben ser capaces de ser manejados y desplegados dentro de un rango de temperaturas entre -10 °C y +50 °C sin que se ocasione daño permanente al cable o a la resistencia de la fibra.

3.3.8 Ingreso de Aguas

El diseño del cable deberá inhibir el ingreso de agua hacia la estructura del cable bajo condiciones de operación normales.

Si ocurriera daño al cable, la máxima longitud de cable a ser remplazada debido al ingreso de agua desde el punto del daño no debe exceder de:

- Aguas profundas - 1.000 m en cada dirección
- Aguas superficiales - 250 m en cada dirección

Estas condiciones deben ser cumplidas cuando del cable dañado se deja en el fondo del mar por un período de hasta dos semanas.

3.3.9 Requerimientos Mecánicos

- 1) El cable, las juntas de cable y terminaciones deben ser diseñados con las suficientes características mecánicas para evitar la generación de enroscamientos durante el posicionamiento, enterramiento u operaciones de reparación.
- 2) El diseño del cable deberá evitar también la tendencia del cable a resistir las condiciones de doblado sufridas durante su enrollamiento en el depósito.

3.3.9.1 Compatibilidad cable/fibra

El diseño del cable será tal que asegure la compatibilidad entre las propiedades mecánicas del cable y la fuerza de la fibra de forma tal que la fibra no cambie sus características mecánicas, ópticas, de transmisión o confiabilidad antes de que uno de los siguientes requerimientos sea excedido.

3.3.9.2 Fuerza Tensil

3.3.9.2.1 General

El cable, juntas de cable y terminaciones de cable deben ser lo suficientemente robustos para soportar el posicionamiento, enterramiento (éste deberá ser, donde sea apropiado y posible, a una profundidad típica de 0.9 m), recuperación, reuso, reparación y manejo normal sin degradar el funcionamiento general del sistema o sin molestar sus propiedades mecánicas o aquellas de la fibra óptica.

El cable y las juntas de cable deben ser capaces de sostener durante la vida del sistema cualquier tensión oscilante o permanente que se espere en el fondo del mar (corriente, suspensiones, inclinaciones, etc.).

El diseño y la construcción del cable y las juntas de cable deberán ser tal que no resulten molestias eléctricas, mecánicas o de transmisión cuando se encuentren en suspensión sobre la proa del barco de cable operando en la máxima profundidad de diseño del tipo de cable sobre el mínimo período de tiempo requerido para hacer tres juntas de cable de línea completas. Este requerimiento debe ser cumplido bajo condiciones operativas adversas del barco de cable. (Fuerza 7 en escala de Beaufort).

Para cables blindados el requerimiento para tres juntas completas del cable de línea debe ser cumplido sin modificar los puntos de contacto del cable.

Debe ser posible acomodar los efectos acumulativos de posicionamientos, recuperaciones y relevaciones repetitivas y la tensión residual del fondo de mar.

3.3.9.2 Fuerza del Cable y definiciones de roturas

Los siguientes parámetros para cada tipo de cable son:

- 1) La Fuerza Tensil Permanente Nominal (NPTS) es la máxima tensión que el cable puede soportar durante la del sistema sin daño alguno de la fibra o degradación del funcionamiento general del sistema.
- 2) La Fuerza Tensil Operativa Nominal (NOTS) es la máxima tensión que el cable puede soportar durante un tiempo necesario para hacer tres juntas completas de cable sin la reducción significativa del NPTS.
- 3) La Fuerza Tensil Transiente Nominal (NTTS) es la máxima tensión que el cable puede soportar durante un período acumulativo de 1 hora sin la reducción significativa del NPTS/NOTS.
- 4) La Fuerza Tensil Ultima Nominal (NUTS) es la máxima tensión aplicada al cable que resulta en un 30% de ruptura de la fibra.
- 5) La Fuerza de Ruptura de Fibra (FBS) es la máxima fuerza aplicada al cable resultante en una ruptura instantánea de la fibra.
- 6) La Fuerza de Ruptura de Cable (CBS) es la máxima fuerza aplicada al cable resultante en una ruptura instantánea del cable.

Para cada tipo de cable, el FBS debe ser preferentemente no menor que el CBS y el CBS debe ser compatible con el manejo normal por parte de un barco de cable.

El NTTS de la planta sumergible (cables, juntas, transiciones, acopladores y cajas) instalada en aguas superficiales no debe ser menor que 120 kN. En adición, la fuerza tensil debe ser suficiente para posibilitar la recuperación y reuso cuando sea enterrada en el lecho marino (deliberado u otro) hasta una profundidad típica de 0,9 m.

El NTTS de la planta sumergible (cables, uniones, transiciones, acopladores y cajas) posicionada en aguas profundas no debe ser menor que 80 kN. En adición, la fuerza tensil debe ser suficiente para posibilitar la recuperación desde la máxima profundidad de posicionamiento bajo las condiciones descritas arriba.

3.3.9.3 Localización de daños

El evento de daño del cable debido a agentes externos, por ejemplo anclas, enganches o traineras de barcos de pesca, la longitud de cable que se extiende desde la ruptura hasta donde la confiabilidad del funcionamiento de las fibras ópticas esté comprometido, debe ser tan corto como sea posible y en ningún caso mayor a 1.000 metros en cada dirección. Para evaluar la longitud de cable a ser reemplazado se debe tener en mente los requerimientos de ingreso de aguas.

3.3.9.4 Acabado del cable

La superficie externa del cable debe proveer la adecuada protección contra:

- 1) Abrasión
- 2) Corrosión
- 3) Movimientos bruscos
- 4) Ataque de especies marinas
- 5) Luz (donde sea aplicable)

3.4 Repetidores, Regeneradores, y Amplificadores Ópticos

3.4.1 General

Refuerzan las señales ópticas debilitadas por la atenuación de la fibra a causa de la distancia recorrida y las pérdidas causadas por las conexiones y empalmes. Los repetidores y los regeneradores convierten la señal óptica en eléctrica antes de amplificarla; los amplificadores ópticos trabajan directamente con la luz, como se muestra en la FIG. # 3-4.

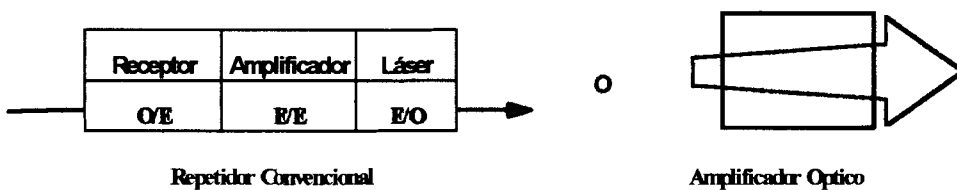


FIG. # 3-4 Gráfico Comparativo entre el Repetidor y el Amplificador Óptico

Sin embargo, para muchas aplicaciones la ventaja de los amplificadores ópticos está en que pueden amplificar cualquier señal que la fibra óptica está acarreando, dentro de su rango de operación. Los repetidores electro-ópticos deben ser diseñados para operar a cierta tasa de datos, tal como 34 Mb/s. Este no es el caso para los amplificadores ópticos; ya que pueden acarrear 155 Mb/s tanto como 34 Mb/s, siempre que las dos señales estén dentro del rango de amplitudes de onda del amplificador. Además los amplificadores ópticos tienen un nivel de ruido muy bajo.

Otra importante ventaja potencial de los amplificadores ópticos es su habilidad para poder amplificar simultáneamente señales de diferentes longitudes de onda en su banda de operación. Por ejemplo, un amplificador de fibra dopada de Erblio puede amplificar señales a 1.530, 1.540 y 1.550 nm, sin que existan interferencia entre ellas. Esto da la oportunidad a los diseñadores de redes de mejorar las capacidades de transmisión de una red instalada.

3.4.2 Repetidores Y Regeneradores Electro-Opticos

Hay amplificadores ópticos y electrónicos. La mayoría de los sistemas de fibra utilizan los electrónicos, convirtiendo primero la señal óptica en eléctrica y luego amplificándola para entregarla a la fibra a través de un transmisor que forma la última etapa del dispositivo.

Los repetidores se acoplan a intervalos regulares en los sistemas submarinos más largos. Los repetidores están conectados eléctricamente en serie para poder transmitir la energía eléctrica desde uno o ambos extremos del sistema.

Los repetidores y regeneradores electro-ópticos están formados por un receptor y un transmisor juntos en una misma unidad. El terminal de entrada desempeña las funciones de un receptor, el terminal de salida hace las funciones de un transmisor normal.

Debido a que contiene componentes electrónicos sensibles, los regeneradores y repetidores requieren condiciones de operación controladas. Las compañías telefónicas ubican los repetidores dentro de las centrales o de otras instalaciones. Los repetidores instalados fuera de estos ambientes controlados, requieren tener sellamientos para protección ambiental, incluyendo control de temperatura y humedad. Para los cables submarinos deben ser construidos de modo que soporten altas presiones y la corrosión del agua salada.

Como complemento a los detalles sobre los receptores y transmisores, indicados en los puntos relativos a estos temas, hay que dar énfasis en los siguientes aspectos:

- 1) Los repetidores y regeneradores son diseñados para operar a una velocidad y en un formato de datos específicos. Pueden contener circuitos de temporización que generen señales de reloj a tasas determinadas, y su electrónica puede ser optimizada para operar a esa tasa. Los circuitos hechos para operar a 34Mb/s pueden contener componentes muy lentos para 155Mb/s o más. De igual forma pueden requerirse señales específicas. En resumen, los repetidores y regeneradores no son transparentes al formato de la señal.
- 2) La regeneración puede ser importante en sistemas con distancias largas, en los cuales el ruido y la dispersión del pulso pueden acumularse para oscurecer la señal. La dispersión del pulso es el problema más importante en muchos casos, pero un diseño cuidadoso para controlar la dispersión debería considerarse el uso de amplificadores ópticos.

- 3) La regeneración verdadera está limitada a los sistemas digitales, donde los impulsos hacen posible la discriminación entre el ruido en la señal.

Siempre que los pulsos puedan ser reconocidos como tales, el regenerador puede producir nuevos "unos" con la misma temporización e información de señal. Los receptores sin embargo, no tienen forma de remover el ruido de las señales analógicas, ya que los repetidores los amplifican.

3.4.3 Amplificadores Ópticos

Un amplificador óptico toma una señal óptica debilitada y la amplifica directamente, generando una señal más fuerte sin cambiarla a eléctrica. Sin embargo no filtran el ruido de la señal, ya que lo amplifica junto a ella. Son mucho más sencillos y su demanda se está incrementando. Son costosos todavía pero se avisa una futura producción masiva que bajará los costos notablemente. Los amplificadores ópticos ofrecen alta confiabilidad, porque contienen pocos componentes. Esto es crítico para cables submarinos, porque cambiar repetidores dañados del fondo del mar es muy difícil y costoso.

Los amplificadores ópticos aumentan el nivel de la señal óptica internamente, sin convertir la señal a la forma eléctrica. Estos amplificadores operan con el principio de la emisión estimulada que es la base de los lasers, y son esencialmente lasers de propósitos especiales diseñados para amplificar señales de una fuente externa en vez de generar su propia luz. Amplifican un haz de luz leve que ingresa por el lado de entrada, y produce una señal fuerte que sale por el otro lado.

Se han desarrollado dos tipos básicos de amplificadores ópticos. Las fibras ópticas dopadas con elementos que amplifican la luz a ciertas longitudes de onda están encontrando muchas aplicaciones en sistemas de distancias mayores. La longitud de onda de operación depende del elemento dopante. Los amplificadores ópticos de semiconductor son lasers de semiconductor, con sus terminales revestidos para suprimir las reflexiones que pueden entrar al elemento, y que amplifican la luz que pasa a través de ellos.

Un aspecto crítico para el uso de los amplificadores ópticos es su longitud de onda de operación, la cual determina su compatibilidad con los sistemas existentes y como pueden ser insertados en los sistemas nuevos. El mayor interés es centrado en las dos ventanas de menor atenuación: 1.300 y 1.550 nm. La mayoría de sistemas instalados operan a 1.300 nm, pero los mejores amplificadores ópticos son para la ventana de 1.550 nm. Como resultado, los diseñadores de sistemas nuevos de alto desempeño y larga distancia está conmutando a 1.550 nm.

La FIG. # 3-5 muestra el trabajo básico de un amplificador de fibra:

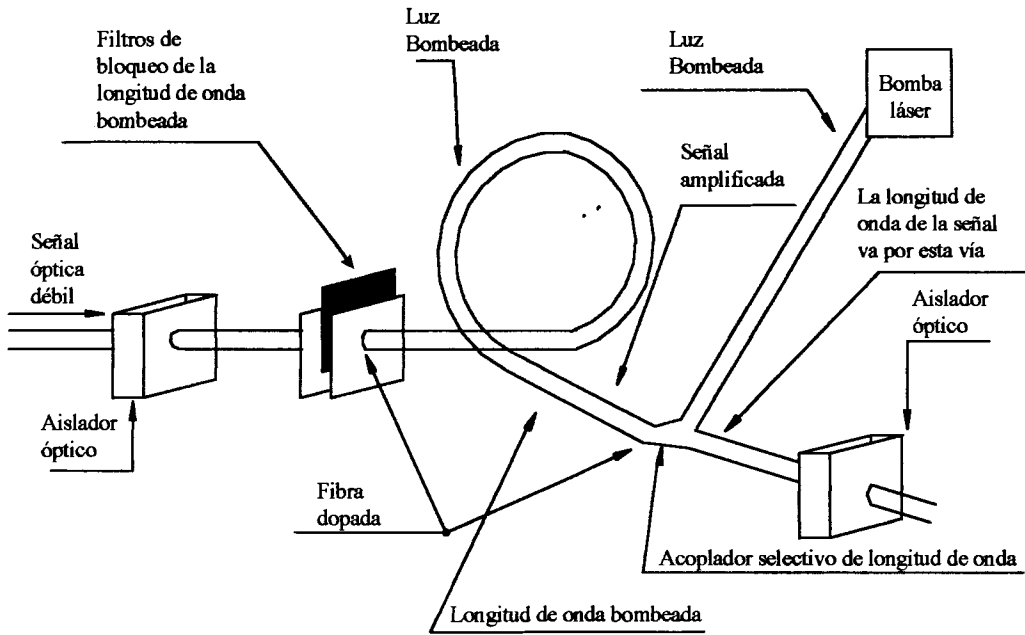


FIG. # 3-5 Trabajo Básico de un Amplificador Optico

Los amplificadores de fibra óptica son fibras con núcleos dopados con elementos que amplifican la luz con una determinada longitud de onda. Esta longitud de onda depende del dopante y de la composición de la fibra. Los mejores amplificadores de fibra desarrollados son los dopados con ERBIO, que es una tierra rara que da una buena ganancia entre 1.520 y 1.560 nm. Una señal óptica débil entra por la izquierda, pasa a través de un aislador óptico (cuyo bloqueo dispersa la luz que podría causar ruido) y por un filtro que transmite la longitud de onda de la señal. Esta señal entra entonces a una bobina de fibra dopada de algunos metros de longitud. El amplificador de fibra es iluminado desde el otro terminal por un haz fuerte de luz de longitud de onda mas corta, generado por un láser externo.

La luz de la bomba láser excita a los átomos del material dopante, elevándolos a un nivel mas alto de energía. La luz a longitud de onda de bombeo puede estimular estos átomos excitados para que emitan su exceso de energía en forma de luz a la longitud de onda de la señal, y en fase con los pulsos de la señal. Un acoplador al final del amplificador de fibra enruta la señal amplificada hacia la fibra saliente, separándola de la bomba de luz.

Entre los desarrollos más importantes podemos destacar el uso de amplificadores de fibra con pequeñas cantidades de erbio (EDFA), que actúan como amplificadores de alta potencia de salida en los transmisores ópticos, el uso de amplificadores de línea en los repetidores submarinos y los preamplificadores de bajo nivel de ruido en los receptores ópticos. En los sistemas sin repetidores, la máxima distancia de transmisión se puede extender varios Km usando amplificadores ópticos “bombeados” en forma remota. Estos amplificadores poseen unos pocos metros de EDF insertados en la línea de transmisión , a muchos kilómetros de la terminal , y “bombeados” con luz de 1.480nm inyectada

desde la terminal. En los sistemas con repetidores, los amplificadores ópticos reemplazan a los regeneradores ópticos, haciendo posible que un repetidor tenga menos componentes, sea más confiable y resulte independiente de la velocidad en bits. La mayoría de los amplificadores de fibra que se utilizan hoy en día son variaciones del esquema de amplificador básico que se muestra en la FIG. # 3-6.

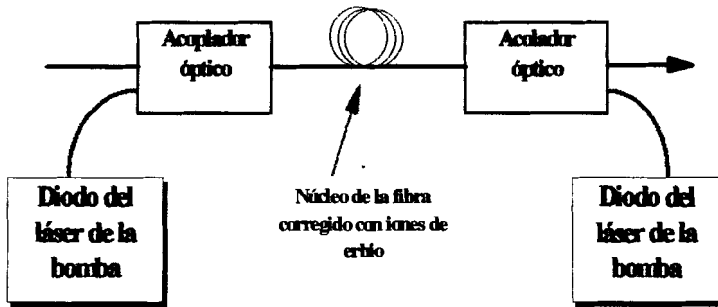


FIG. # 3-6 Esquema de un Amplificador de Fibra Dopada con Erblio

Hay varias características de los amplificadores de fibra con pequeñas cantidades de erbio que los hacen recomendables para utilizar en los sistemas de transmisión de alta capacidad. En primer lugar, presentan una ganancia máxima a longitudes de ondas cercanas a los 1.558 nm, donde la pérdida de las fibras ópticas está próxima a su valor mínimo. Con potencias de “Bombeo” óptico inferiores a 20 milivatios (mW), se pueden diseñar para que tengan un amplio rango de ganancia y un bajo nivel de ruido, haciendo que su ganancia se torne muy poco sensible al estado de la polarización de la señal. El medio de ganancia es una pequeña fibra con pequeñas cantidades de sílice, que es inherentemente estable y se puede unir directamente a las fibras de transmisión por medio de empalmes de fusión.

En segundo lugar, un EDFA se puede operar de modo de que su ganancia aumente con una potencia óptica de entrada más baja. Esta característica, llamada compresión de la ganancia, se usa para fortalecer los sistemas submarinos. La ganancia del amplificador aumentará para compensar por la pérdida de incrementos en los componentes de fibra óptica que reducen la potencia de entrada del amplificador, ayudando así a estabilizar los niveles de señal óptica en un valor próximo al valor del diseño durante la vida útil del sistema. Debido a que los procesos físicos responsables por la compresión de la ganancia son lentos, con constantes de tiempo del orden de un milisegundo (ms), la compresión de la ganancia no afecta la forma del pulso óptico de los datos transmitidos.

La ganancia en un EDFA es el resultado de la excitación de los iones de erbio en la fibra hasta un estado de energía diferente al estado fundamental por la energía correspondiente a un fotón en la longitud de onda de 1.558 nm. Cuando hay más iones de erbio en el estado excitado que en el estado fundamenta , las fibras con pequeñas cantidades de erbio presentan una ganancia a través del proceso de

emisión estimulada. Sin embargo, donde quiera que haya un ión de erbio excitado, también puede emitir espontáneamente un fotón y decaer al estado fundamental. Debido a que la emisión espontánea no está correlacionada con la señal de transmisión, produce un ruido o interferencia óptica. Este ruido se puede agravar aún más debido a la saturación provocada por la saturación confinada a un estrecho rango de frecuencia dentro de una transición no homogéneamente ampliada cuando la radiación saturante se confina a frecuencias dentro de este rango, lo cual puede amplificar selectivamente el ruido relativo a la señal. Este efecto puede minimizarse despolarizando la señal. La magnitud de la señal debe superar el ruido acumulando de todos los EDFA, en series, con una relación suficientemente grande de modo que no se excedan los requisitos de la relación bitio a error.

Además de la disponibilidad de las fibras con pequeñas cantidades de erbio, el éxito de los amplificadores de fibra como un componente del sistema fue posible gracias a los avances en el desempeño y la confiabilidad de los láser de inyección de alta potencia, que emiten a 1.480 nm.

Los dispositivos capaces de generar 10 a 25 milivatios de potencia óptica en los EDFA se encuentran ampliamente disponibles y han demostrado ser ampliamente confiables.

Los componentes pasivos, sean los acopladores ópticos, los filtros ópticos o aisladores, se usan en los repetidores para dirigir la señal y enviar luz a fin de lograr ganancia, implementar el monitoreo del desempeño y suprimir las reflexiones que degradan la transmisión. En estos dispositivos se han realizado importantes avances en las áreas de reducción de las pérdidas, reducción de la dependencia de la polarización y aumento de la confiabilidad.

Para obtener la mejor calidad de la señal óptica, los transmisores de las terminales utilizan modulación externa proveniente de un láser de frecuencia única. La fuente láser se ajusta a la longitud de onda con pérdida mínima de la línea de transmisión óptica, que se controla con el pico de ganancia del amplificador óptico. Se han logrado enormes progresos en los últimos años en los procesos de diseño y fabricación de modulares externos, especialmente en los moduladores niobato de litio y en los electro-absorbentes. Los moduladores de niobato de litio también se pueden configurar como conmutadores de fase óptica, pudiéndose utilizar como moduladores de polarización. Este se ha convertido en algo muy importante al enfrentar los impedimentos de la transmisión provocados por la variación de la ganancia del amplificador con los cambios en la polarización de la señal; usando moduladores de polarización en el transmisor, la señal puede acondicionarse para evitar ganancias preferenciales de emisiones espontáneas amplificadas en sistemas largos.

3.5 Unidades de Bifurcación

Las unidades de ramales submarinos (BU) permiten conexiones a tierra múltiples en un sistema dado y el aumento de la funcionalidad de las líneas de transmisión con las unidades de ramales hace posible la existencia de diversos conjuntos de estructuras de sistemas que atiendan una amplia variedad de necesidades de tráfico y restauración, como se muestra en la FIG. # 3-7. Este patrón de tráfico y los cambios tecnológicos generan una gran variedad de posibilidades para el cliente, creando entonces requisitos adicionales en los sistemas submarinos en cuanto a opciones de flexibilidad y mejoramiento.

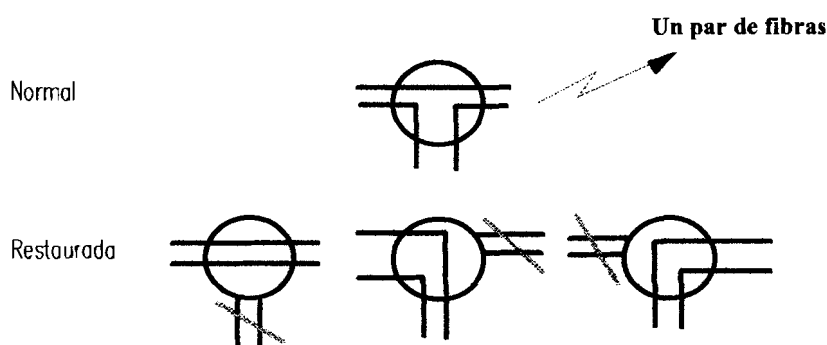


FIG. # 3-7 Unidad de Bifurcación

En los sistemas donde se requiere más de una conectividad de extremo a extremo, se puede instalar una o más unidades de derivación. Estas unidades derivan uno o más pares de fibras del circuito principal a una línea derivada, permitiendo de este modo que las estaciones que se encuentren a lo largo de la ruta del cable principal puedan conectarse al sistema. Las unidades de derivación contienen conmutadores eléctricos internos para que cada rama de cable pueda ser independientemente conectada a un cable submarino de tierra montado en uno de los empalmes de las Unidades de Derivación (B.U).

3.6 Interfaces del Sistema

1) Las interfaces del sistemas deberán ser las siguientes

- Puertos de interfaces CMI de 140 Mbit/s acordes con las Recomendaciones G.703 de la UIT-T

- Puertos de interfaces eléctrica1 de 155 Mbit/s STM-1 acordes con las Recomendaciones G.707, G.708, G.709 y G.703 de la UIT-T
 - Puertos de interfaces óptica de 155 Mbit/s STM-1 acordes con las Recomendaciones G.707, G.708, G.709 y G.957 de la UIT-T
- 2) Los puertos de las interfaces están designados como sigue
- I 155i perteneciente a cada uno de los tributarios entrantes de 155.520 Kbit/s
 - I 155o perteneciente a cada uno de los tributarios salientes de 155.520 Kbit/s
- 3) Las interfaces de temporización para reloj externo (si es que son aplicables) serán proporcionadas en concordancia con las Recomendaciones G.703 y G.708 de la UIT-T. Se debe describir las facilidades de Sincronización de Red ofrecidas en los equipos.
- 4) El sistema debe tener la posibilidad de operar las dos tasas de 140 y 155 Mbit/s simultáneamente y el modo de selección de las interfaces relacionadas con las tasas de bits arriba mencionadas (ej. vía software o vía hardware, etc).
- 5) El sistema debe tener la posibilidad de que incorpore interfaces STM-4 de 622 Mbit/s acorde a la recomendación G.957 de la UIT-T.

4. Interconexión sección Ecuador

4.1 General

La principal característica en la sección Ecuador es la selección del punto de amarre y ubicación de la estación terminal del Proyecto del Cable Panamericano.

Se escogió a la Península de Santa Elena por su situación geográfica, como la más ideal, para la ubicación de la Estación Terminal y frente a sus playas realizar el empalme del tramo marino con el tramo terrestre (Punto de Amarre).

Se seleccionó varios puntos para la selección del punto de amarre entre ellos:

- ☺ La Libertad
- ☺ La Chocolatera (Salinas)
- ☺ Capaes (Ballenita)
- ☺ Punta Carnero (Puerto Aguaje)

La pesca de arrastre es otro de los aspectos que se tomó en cuenta para la selección del Punto de Amarre.

El estudio final dio como resultado la elección de Punta Carnero en Puerto Aguaje como el lugar que reunía las características más adecuadas.

Para la instalación de la Estación Terminal, se ubicó a la población con la infraestructura de telecomunicación más avanzada en este caso se escogió el edificio de la Central Telefónica Salinas II.

El recorrido del tramo terrestre del Cable Panamericano se realiza como se muestra en la FIG. # 4-1:

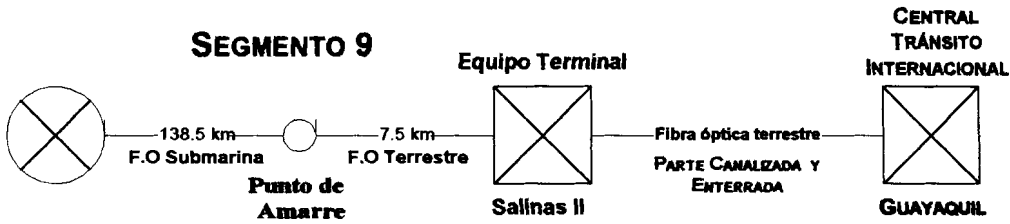


FIG. # 4-1 Esquema de la Interconexión de la Sección Ecuador

El recorrido se inicia en la Unidad de Bifurcación (BU-4) con una distancia de 138.5 Km de Fibra Optica Submarina hasta la Cámara de empalme (Punto de Amarre) ubicada en la playa.

De la Cámara de empalme se recorre 6.611 metros, usando como medio de transmisión Fibra Optica, a la Estación Terminal ubicada en la Central Telefónica Salinas II.

La Estación Terminal se interconectará usando cable de Fibra Optica con la Central Internacional ubicado en Guayaquil.

4.2 Construcción de la Cámara de Amarre y Tendido del Cable en Playa

La cámara de amarre se la construirá en Puerto Aguaje (Punta Carnero) dentro de la zona de playa a 200 metros del mar, para visualizar mejor en los gráficos se la denominará P43A.

El Pozo de amarre se lo construirá de hormigón ($F_c=280 \text{ K/cm}^2$), el espesor de las paredes será de 20 cmts, tendrá un recubrimiento de hierro de 5 cmts. Las medidas del pozo de playa serán:

- Largo: 4metros
- Ancho: 3 metros
- Alto: 2 metros

De la cara lateral frente al mar saldrán cuatro ductos directos a la playa que tendrán respectivamente 150 mm (6") de diámetro y de aproximadamente 5 metros de largo. De la cara paralela a esta habrá un ducto de PVC de 4" de diámetro para el ingreso del cable terrestre, en la parte superior tendrá una boca de acceso de 1 m2, tal como se muestra en la FIG. # 4-2 y el diseño de la cámara de amarre en la FIG. # 4-3.

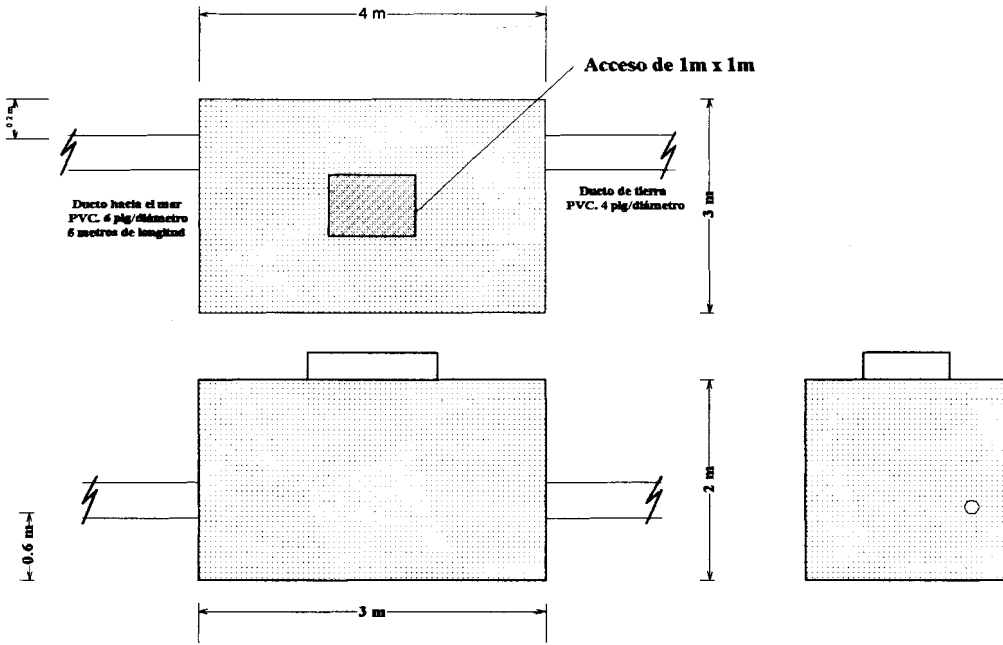


FIG. # 4-2 Bosquejo de la Boca de Acceso a la Cámara de Amarre

TAPA DE REGISTRO:
Hormigon Armado según diseño
Dimensiones: 1.00X1.00X0.10

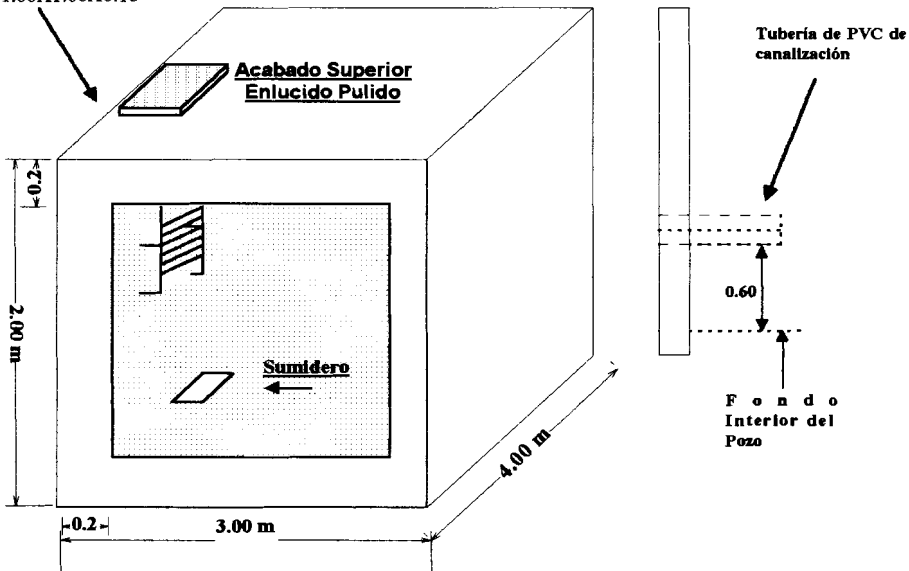


FIG. # 4-3 Esquema de Diseño de la Cámara de Amarre o Pozo de Empalme

Como podemos apreciar en la FIG. # 4-4 antes del tendido en playa normalmente se instala la ruta terrestre que conecta el punto de amarre a la estación terminal. En casos excepcionales, el cable marino se puede tender en playa

y arrastrar directamente a la estación terminal. para algunos sistemas, la ruta terrestre consiste en un cable armado de enterramiento directo, pero la mayoría de los sistemas tienen una ruta por conducto desde la estación terminal hasta el Punto de Amarre. Aquí se construye una cámara de amarre para el empalme entre el cable marino y terrestre, esta cámara tiene un subconducto para el acceso al cable marino desde la playa.

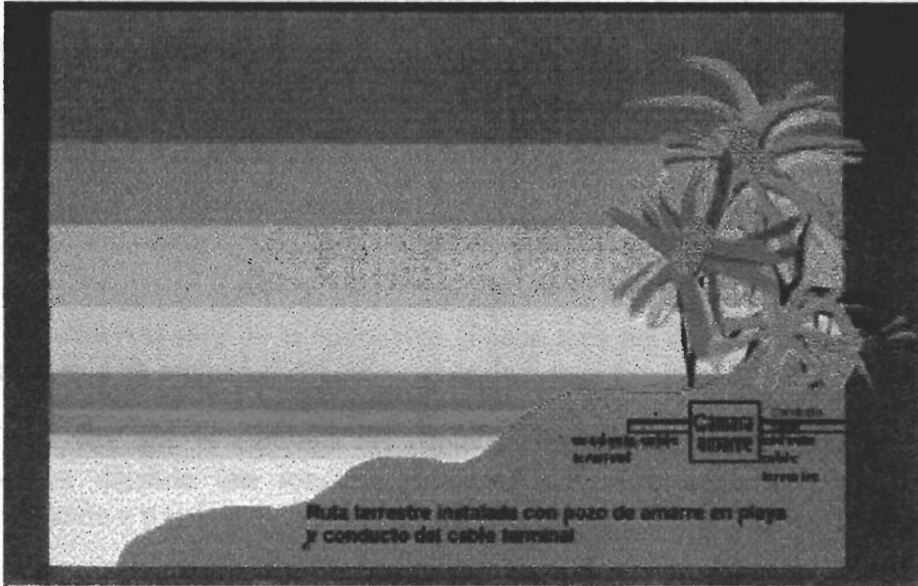


FIG. # 4-4 Ruta Terrestre Instalada con Pozo de Amarre en Playa y Conducto del Cable Terminal

Para iniciar el tendido en playa, el buque se posicionará en un punto previamente determinado a la altura de la playa. Para mantener esta posición, el buque utilizará máquinas y hélices, ancla o bien en ciertas circunstancias, se podrá tener una configuración especial de ancla.

En tierra la brigada de playa excavará para dejar **expuesta la boca del conducto del terminal de conexión** y se preparará para **arrastrar el cable a tierra**.

Se coloca un cable ligero de polietileno flotante desde el buque, el cual es remolcado a tierra por una pequeña embarcación y entregado a la **brigada de playa**.

Una vez que el cable guía está en tierra y se pasa por la **polea**, se conecta el extremo de a bordo al cable mediante un grillete giratorio. **Seguidamente el cable se hala a tierra**, bajo el control del buque, que ubica el **cable coordinadamente**. Dado su peso en el agua, el cable necesita ser soportado **por flotadores colocados a intervalos regulares a todo el largo**. Estos flotadores se **colocan manualmente a bordo antes del lanzamiento del cable**, lo podemos ver en la **FIG. # 4-5**.



FIG. # 4-5 Tendido del Cable Marino a Playa

Durante esta fase de la operación, el cabo guía del cable está sometido a una alta tensión y la seguridad del personal es de primordial importancia.

Una vez que el extremo del cable se aproxima a la playa se cortan los flotadores, dejando una longitud suficiente del cable sobre la playa para su manipulación a través del conducto de cable terminal hasta la cámara de amarre.

Una vez posicionado el extremo del cable en la cámara de amarre se coloca una boza para impedir que sea arrastrado de vuelta al mar y comienza el corte de flotadores por los buceadores, desde la playa hasta el buque. A medida que aumenta la profundidad del agua, los buceadores tienen que seguir el cable hasta el fondo del mar para comprobar que está perfectamente posicionado. El buque puede hilar cable adicional, si fuera necesario. Al subir a la superficie los flotadores son recogidos por una pequeña embarcación y trasladados al buque, tal como se muestra en la FIG. # 4-6.

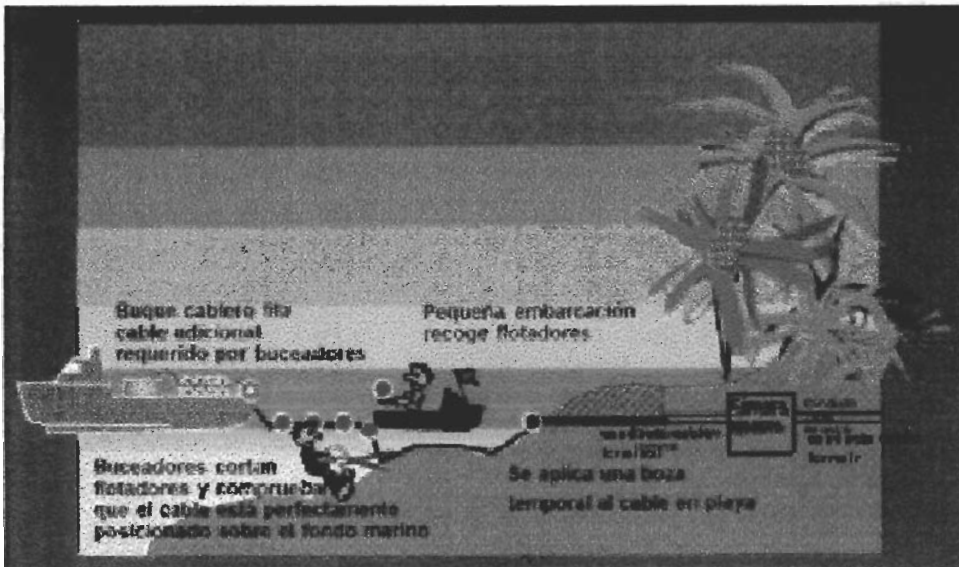


FIG. # 4-6 Conexión del Cable Marino a la Cámara de Amarre

Una vez cortados todos los flotadores, se realizarán pruebas que permitan asegurar el buen estado del cable, para que el cable pueda comenzar el tendido. Cuando el buque se haya alejado una distancia suficiente de la playa se eliminará la boza temporal, y el cable se enterrará en la marca de la bajamar. La armadura del cable se terminará con una mordaza del cable, anclándose en el interior de la cámara de amarre en el lado del mar y seguidamente se realizará el empalme con el cable terrestre.

Se colocaran todas las protecciones necesarias en playa y los buceadores realizarán una inspección final antes de desmovilizar a la brigada de playa.

Conviene incluir, siempre que sea posible, una longitud adicional de cable en playa. Este cable se debe enrollar en espiral, y no en bobina, dejando una longitud suficiente para imprevistos; por las razones siguientes:

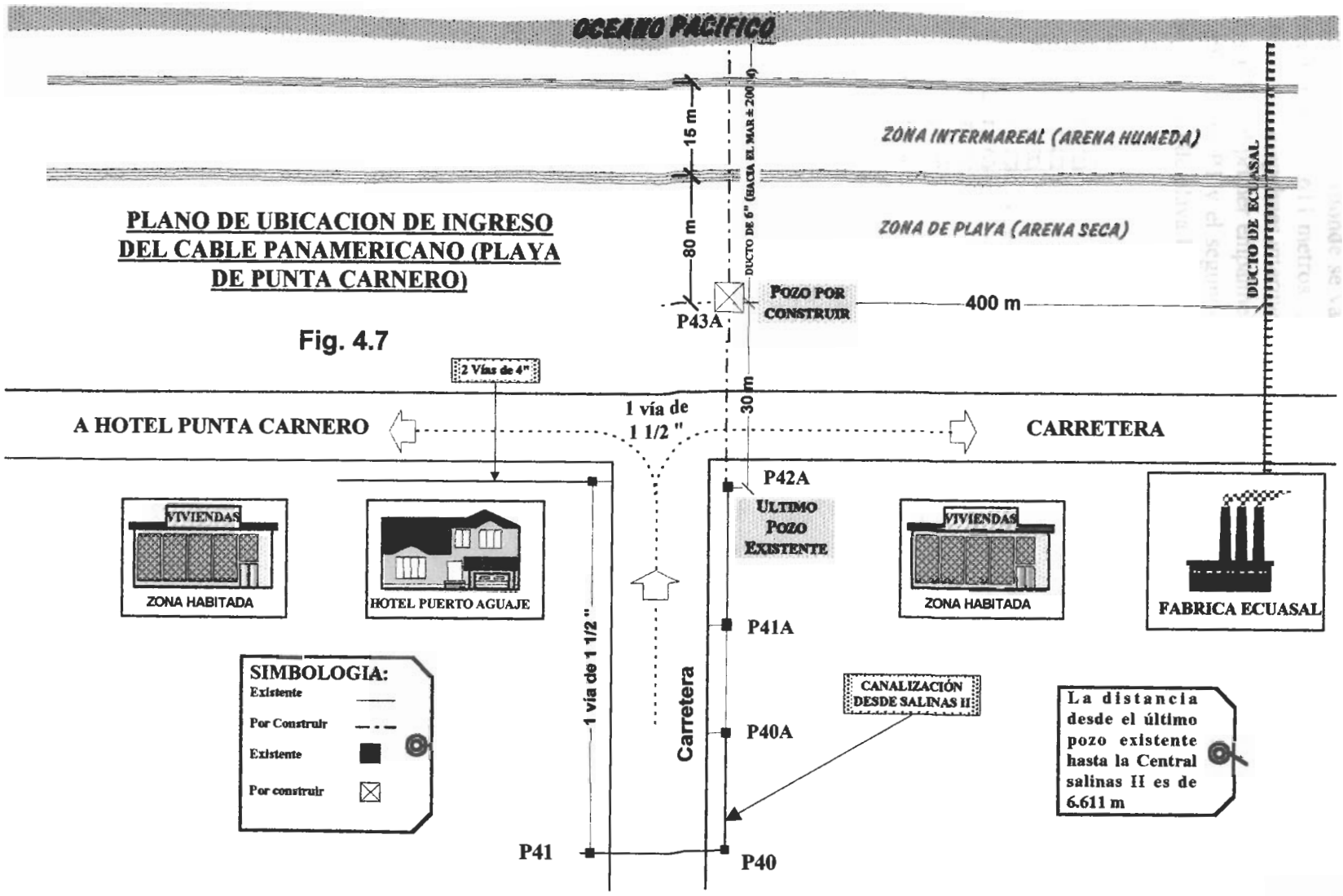
1. En primer lugar, los buceadores encuentran suspensiones durante la inspección final, parte del sobrante puede alimentarse hacia el mar para aliviarlas.
2. En caso de que un buque enganche el cable con el ancla, el cable sobrante sirve de amortiguador e impide que se aplique tensión a la cámara de amarre y empalme en la playa hasta que el cable haya sido arrastrado a bastante distancia. Si el cable está enrollado en bobina, las tensiones apretarán el bucle y estropearán el cable.
3. Si la cámara de amarre sufre averías y se precisa rehacer el empalme de playa, el cable marino sobrante puede extraerse de la cámara de amarre sin que sea necesario reinstalar el cable en la playa.

4.3 Ruta entre Punta Carnero y Salinas II

En el plano de ubicación de ingreso del Cable Panamericano, ver FIG. # 4-7 apreciamos que el cable de fibra óptica ingresará desde el mar aproximadamente a 200 metros de distancia de la playa de Punta Carnero, el mismo que se empalmará por medio de un ducto de 6" hasta un pozo de canalización (P43A) y cruzar la carretera (30 metros) al pozo existente P42A y continúa su recorrido a través de la canalización libre existente de EMETEL hasta llegar a la central telefónica de Salinas II, donde se instalaran los equipos de la estación terminal.



Biblioteca Central



Como se puede apreciar en el diagrama de enlace (ver FIG. # 4-8) la distancia desde el bastidor en la sala del proyecto Panamericano, en la central de Salinas II, hasta el pozo 43^a (donde se va hacer el empalme del cable submarino con el cable terrestre) es de 6.611 metros. En la ruta terrestre desde Punta Carnero a Salinas II se harán dos empalmes **intermedios** y para esto se modificarán dos pozos especiales (P1 y P22), el primer empalme se lo realizará a 1871,5 metros de la central Salinas II, en el pozo P1 y el segundo empalme ubicado en el pozo P2 a 2345,2 metros desde el pozo de playa P43A (Cámara de Amarre.)

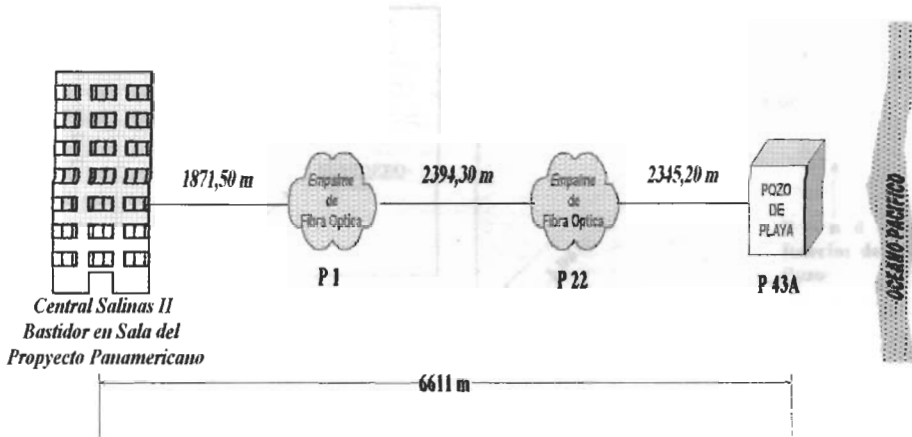


FIG. # 4-8 Diagrama de Enlace

Se requiere modificar las posiciones de pozo para poder realizar los empalmes intermedios, como se muestra en la FIG. # 4-9 las dimensiones ideales de estos pozos son:

- Largo: 3 metros
- Ancho: 2 metros
- Alto: 2 metros

TAPA DE REGISTRO:
 Hormigon Armado según diseño
 Dimensiones: 1.00X1.00X0.10

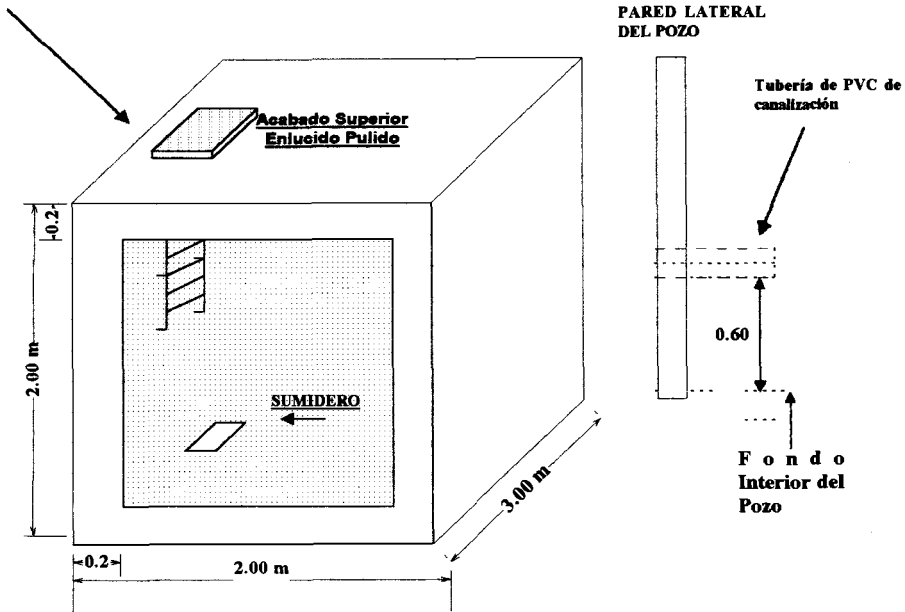


FIG. # 4-9 Dimensiones de los Pozos P1 y P22

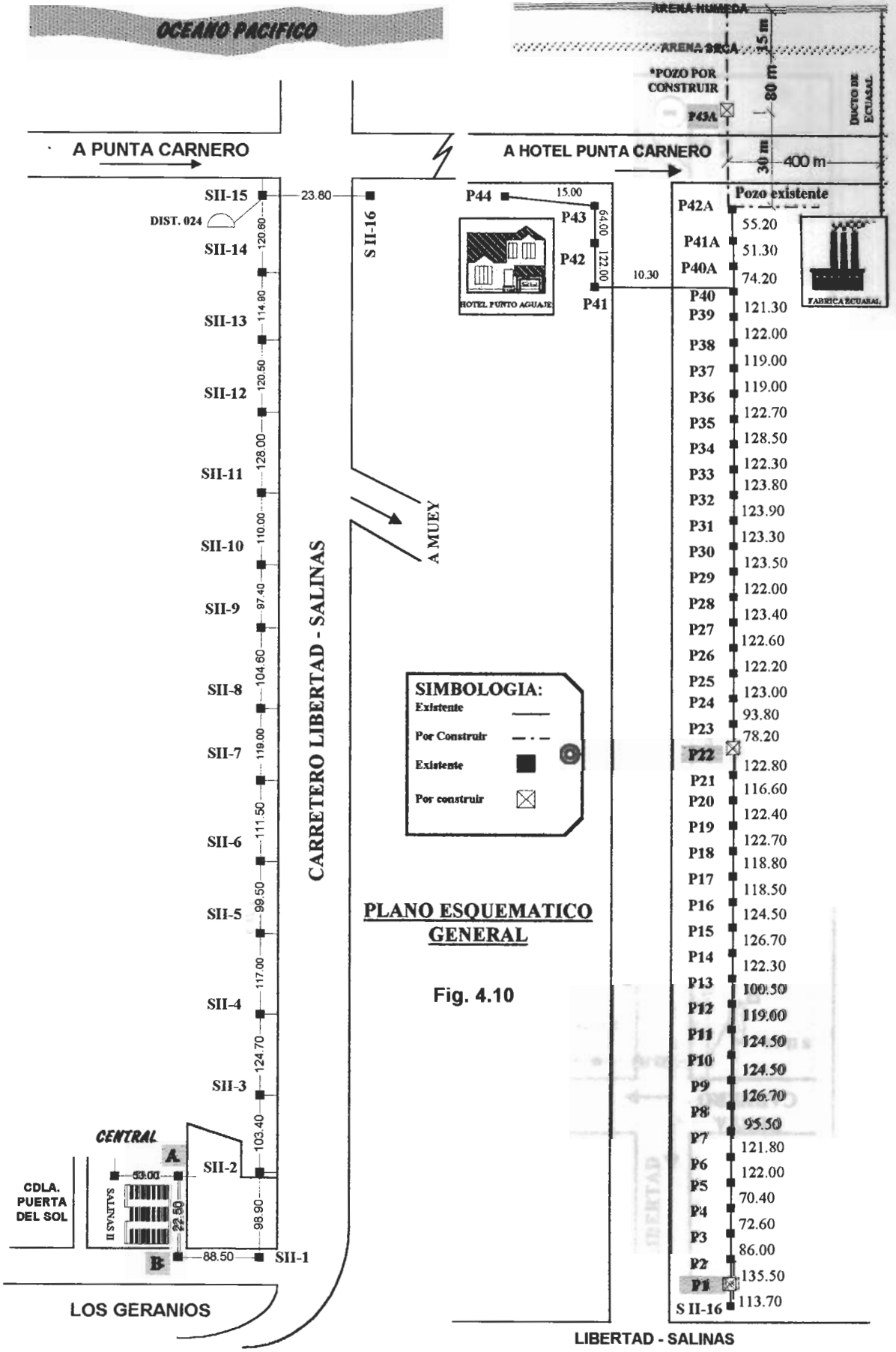
Como ya se mencionó antes para el tendido del cable terrestre se utilizará la canalización existente, para lo cual se requiere instalar subductos de protección de los cables tanto de transmisión como de tierra. Cada subducto será de 2" (50,8mm).

En la Tabla 4-1 mostramos las distancias que hay entre los pozos de la ruta Punta Carnero (Puerto Aguaje) hasta la Central Telefónica Salinas II (Salinas).

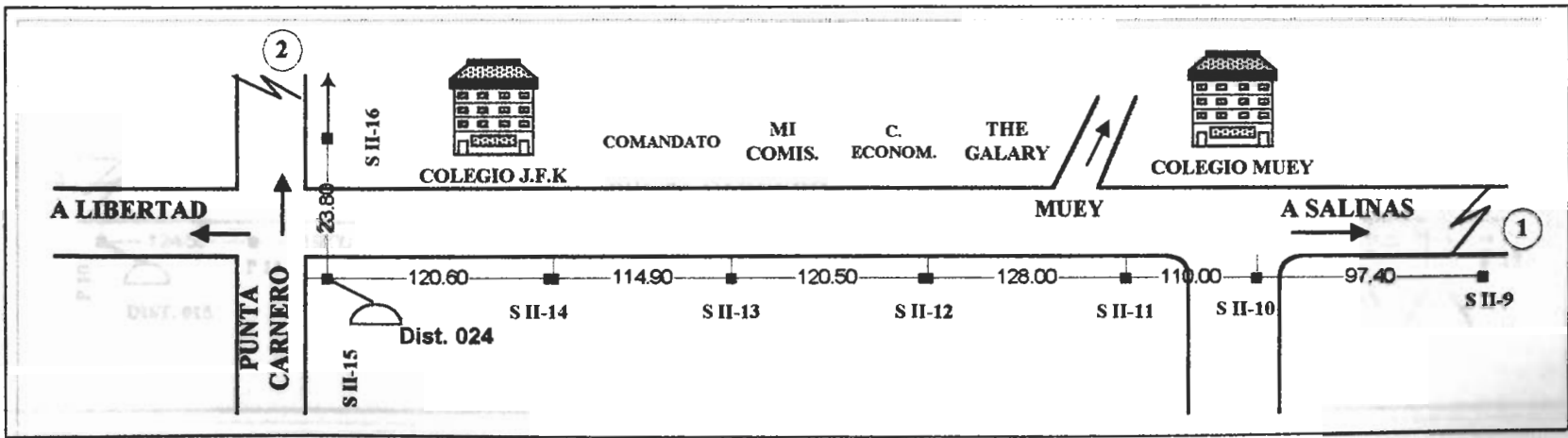
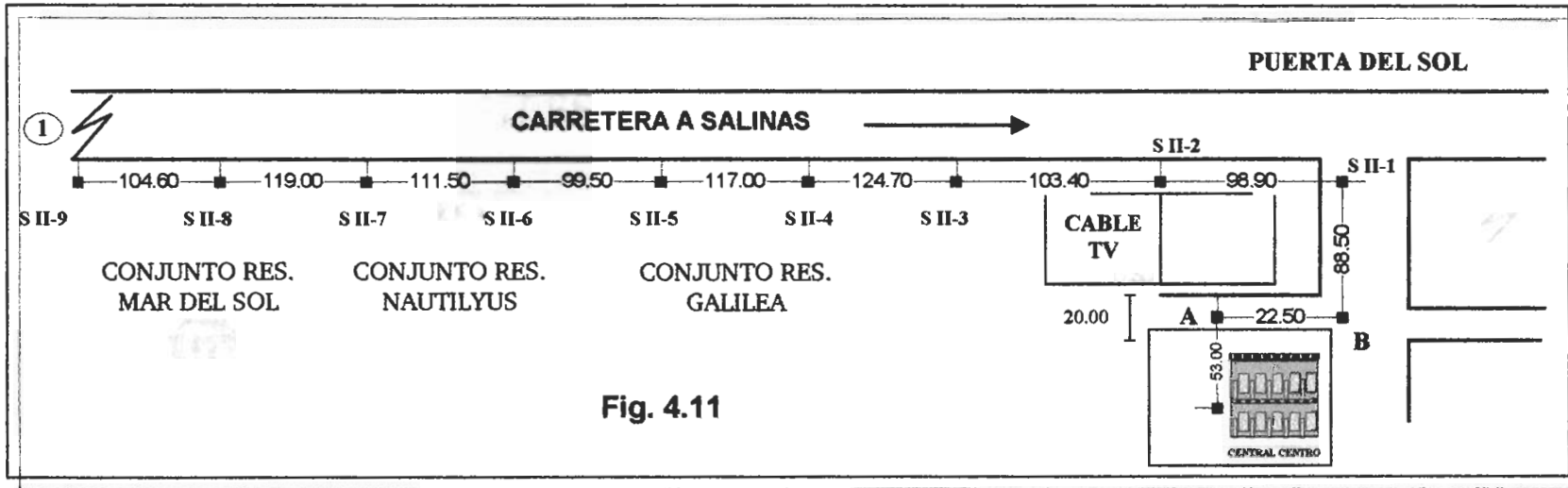
POZOS		DISTANCIA (m)	ACUMULADO (m)	POZOS		DISTANCIA (m)	ACUMULADO (m)
BASTIDOR	A	53.00	53.00	P 13	P 14	122.30	3292.80
A	B	22.50	75.50	P 14	P 15	126.70	3419.50
B	S II 1	88.50	164.00	P 15	P 16	124.50	3544.00
S II 1	S II 2	98.90	262.90	P 16	P 17	118.50	3662.50
S II 2	S II 3	103.40	366.30	P 17	P 18	118.80	3781.30
S II 3	S II 4	124.70	491.00	P 18	P 19	122.70	3904.00
S II 4	S II 5	117.00	608.00	P 19	P 20	122.40	4026.40
S II 5	S II 6	99.50	707.50	P 20	P 21	116.60	4143.00
S II 6	S II 7	111.50	819.00	P 21	P 22	122.80	4265.80
S II 7	S II 8	119.00	938.00	P 22	P 23	78.20	4344.00
S II 8	S II 9	104.60	1042.60	P 23	P 24	93.80	4437.80
S II 9	S II 10	97.40	1140.00	P 24	P 25	123.00	4560.80
S II 10	S II 11	110.00	1250.00	P 25	P 26	122.20	4683.00
S II 11	S II 12	128.00	1378.00	P 26	P 27	122.60	4805.60
S II 12	S II 13	120.50	1498.50	P 27	P 28	123.40	4929.00
S II 13	S II 14	114.90	1613.40	P 28	P 29	122.00	5051.00
S II 14	S II 15	120.60	1734.00	P 29	P 30	123.50	5174.50
S II 15	S II 16	23.80	1757.80	P 30	P 31	123.30	5297.80
S II 16	P 1	113.70	1871.50	P 31	P 32	123.90	5421.70
P 1	P 2	135.50	2007.00	P 32	P 33	123.80	5545.50
P 2	P 3	86.00	2093.00	P 33	P 34	122.30	5667.80
P 3	P 4	72.60	2165.60	P 34	P 35	128.50	5796.30
P 4	P 5	70.40	2236.00	P 35	P 36	122.70	5919.00
P 5	P 6	122.00	2358.00	P 36	P 37	119.00	6038.00
P 6	P 7	121.80	2479.80	P 37	P 38	119.00	6157.00
P 7	P 8	95.50	2575.30	P 38	P 39	122.00	6279.00
P 8	P 9	126.70	2702.00	P 39	P 40	121.30	6400.30
P 9	P 10	124.50	2826.50	P 40	P 40A	74.20	6474.50
P 10	P 11	124.50	2951.00	P 40A	P 41A	51.30	6525.80
P 11	P 12	119.00	3070.00	P 41A	P 42A	55.20	6581.00
P 12	P 13	100.50	3170.50	P 42A	P 43A	30.00	6611.00

Tabla 4-1 Distancias entre Pozos

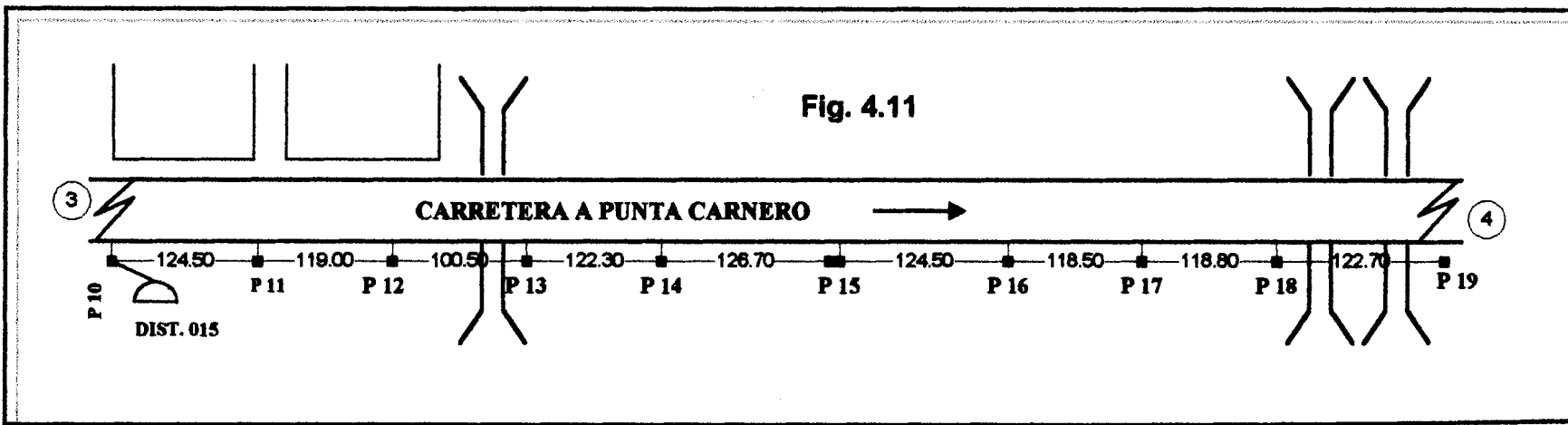
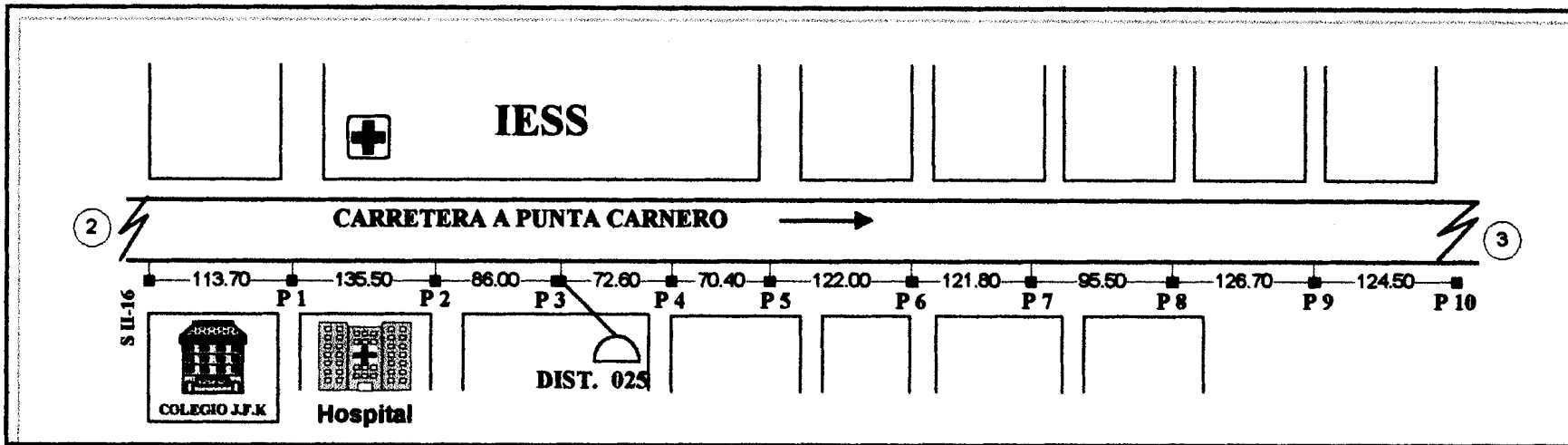
A continuación mediante un gráfico haremos un planteamiento de la ruta de Punta Carnero - Salinas II, basándonos en la canalización existente. Ver FIG. # 4-10 y FIG. # 4-11.



ESQUEMA DE LA RUTA SALINAS II - PUNTA CARNERO



ESQUEMA DE LA RUTA SALINAS II - PUNTA CARNERO



ESQUEMA DE LA RUTA SALINAS II - PUNTA CARNERO

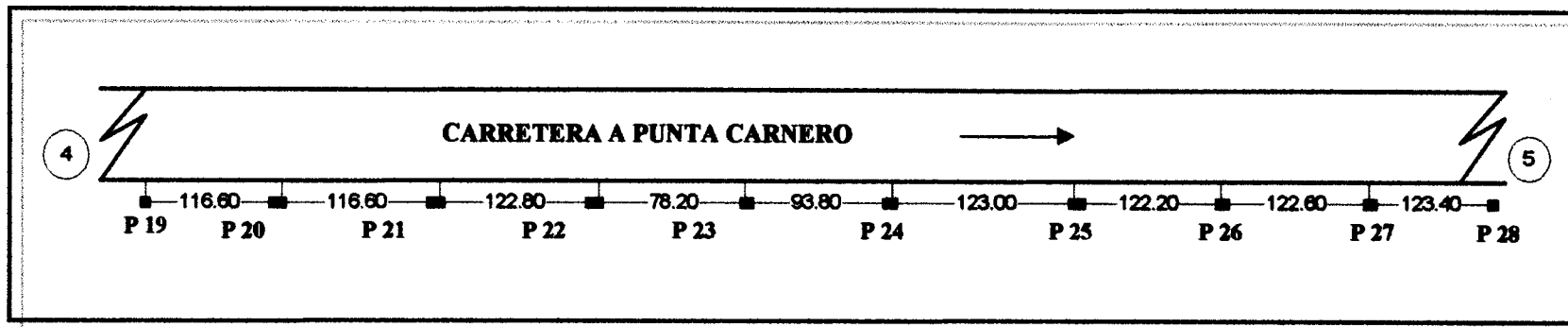
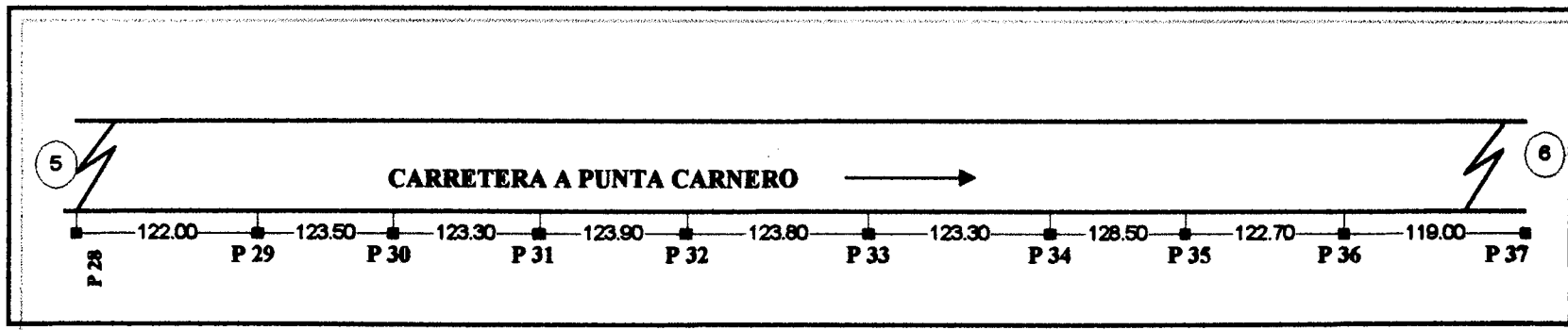
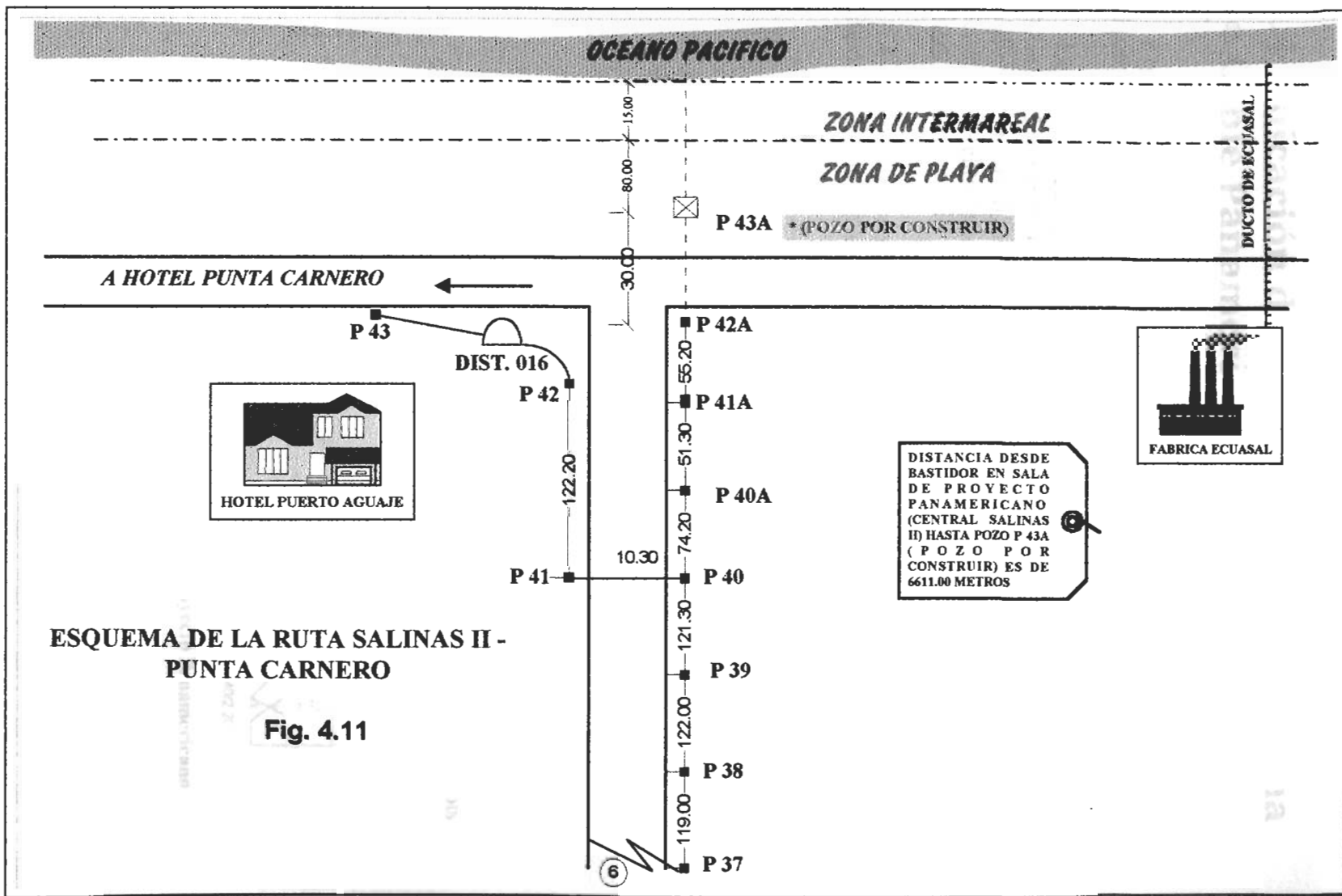


Fig. 4.11





4.4 Ubicación de los Equipos del Sistema de Cable Panamericano

Los equipos de transmisión para el sistema de Cable Panamericano estarán ubicados en la estación terminal que se encuentra ubicada en la Central Salinas II.

La infraestructura será por cuenta de EMETEL y consiste en un local de 6.00 m x 7.5 m (45 m²), en el segundo piso del edificio donde funciona la Central Telefónica Salinas II, en el que se realizará las adecuaciones de obras civiles, eléctricas y de climatización para la instalación de los nuevos equipos del proyecto Panamericano.

A continuación mostramos en la FIG. # 4-12 un plano de ubicación de los equipos del proyecto Panamericano, de Salinas II.

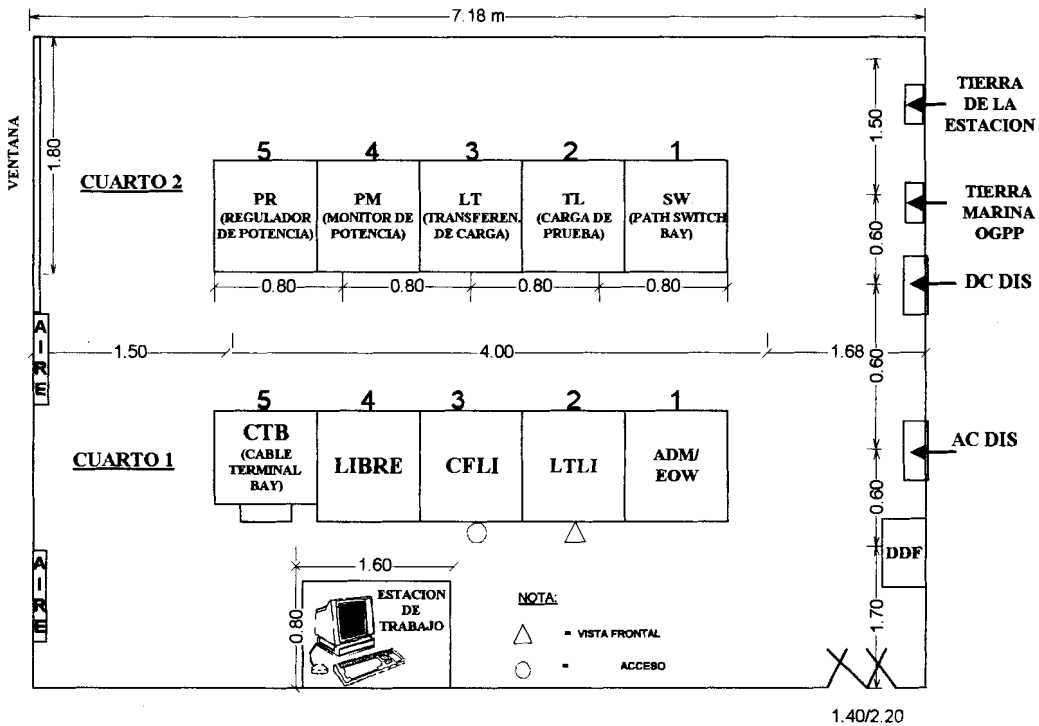


FIG. # 4-12 Plano de Ubicación de los Equipos del Proyecto Panamericano

4.5 Interconexión de Salinas II con la Central de Tránsito Internacional de Guayaquil

La interconexión de las ciudades de Guayaquil y Salinas se lo hará mediante un sistema de transmisión por fibra óptica que operará con la jerarquía SDH, a una velocidad de 2,5 Gbps. El sistema servirá para interconectar el Sistema Cable Panamericano a la Red Nacional. Este contará con un Sistema de Control de Nodo, uno en Salinas y otro en Guayaquil. La ruta del sistema de cable se describe en la FIG. # 4-13.

Para la construcción del sistema de cable del proyecto, se ha considerado utilizar cable canalizado o enterrado directamente en el suelo a un costado de vía en la ruta Guayaquil, Chongón, Cerecita, Zapotal, La Libertad y Salinas con una longitud aproximada de 150 Km. No se prevé ninguna derivación a lo largo de la ruta.

RUTA DEL CABLE DE FIBRA OPTICA SALINAS II - CENTRAL TRANSITO INTERNACIONAL (GUAYAQUIL)

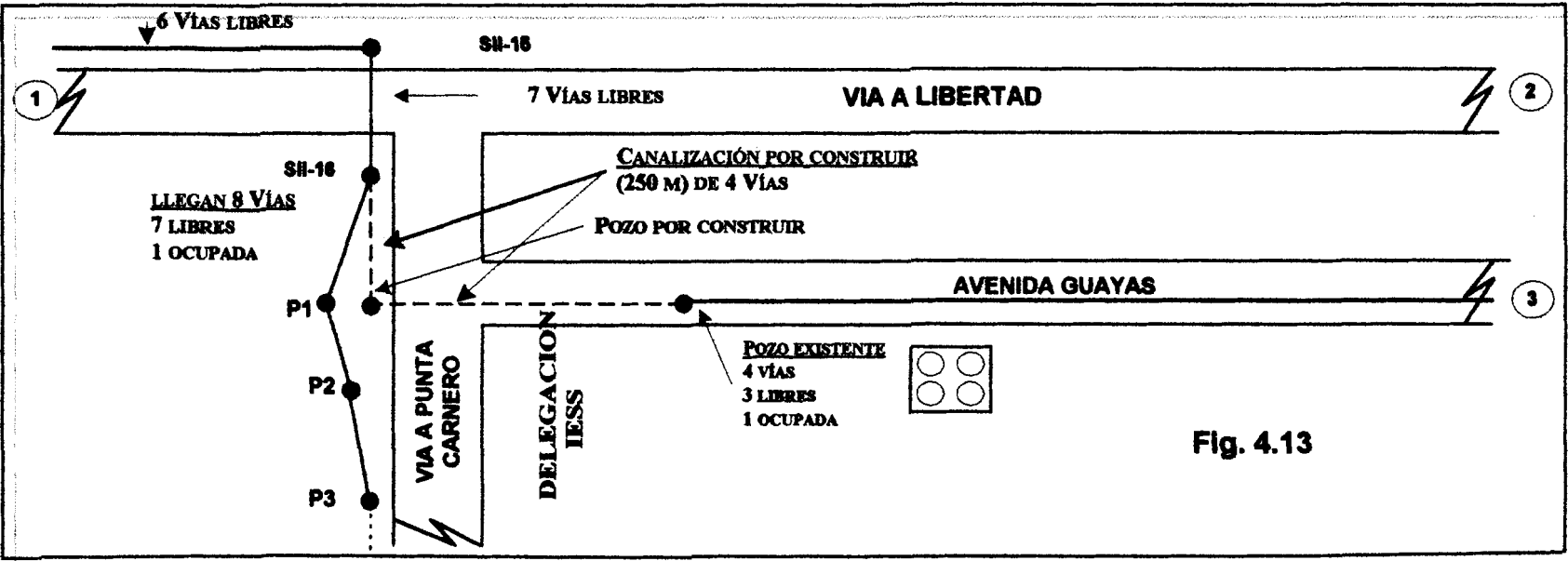
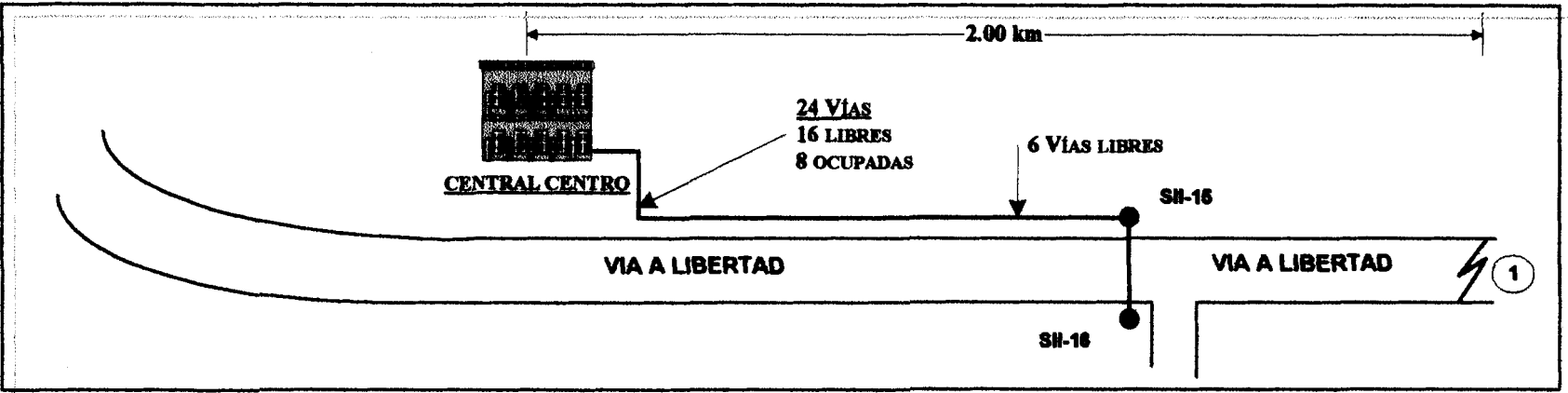


Fig. 4.13

RUTA DEL CABLE DE FIBRA OPTICA SALINAS II - CENTRAL TRANSITO (GUAYAQUI

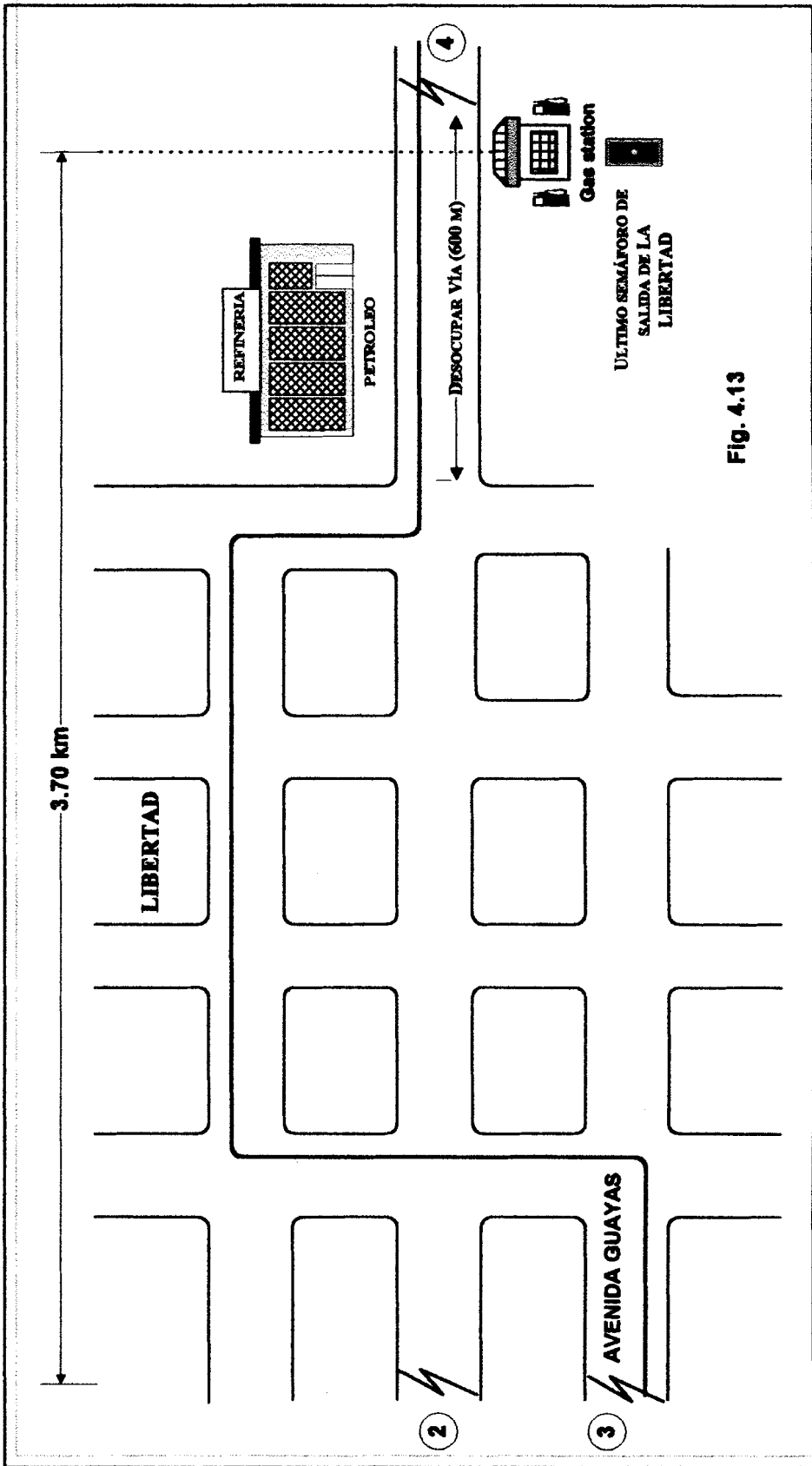


Fig. 4.13

RUTA DEL CABLE DE FIBRA OPTICA SALINAS II - CENTRAL TRANSITO INTERNACIONAL (GUAYAQUIL)

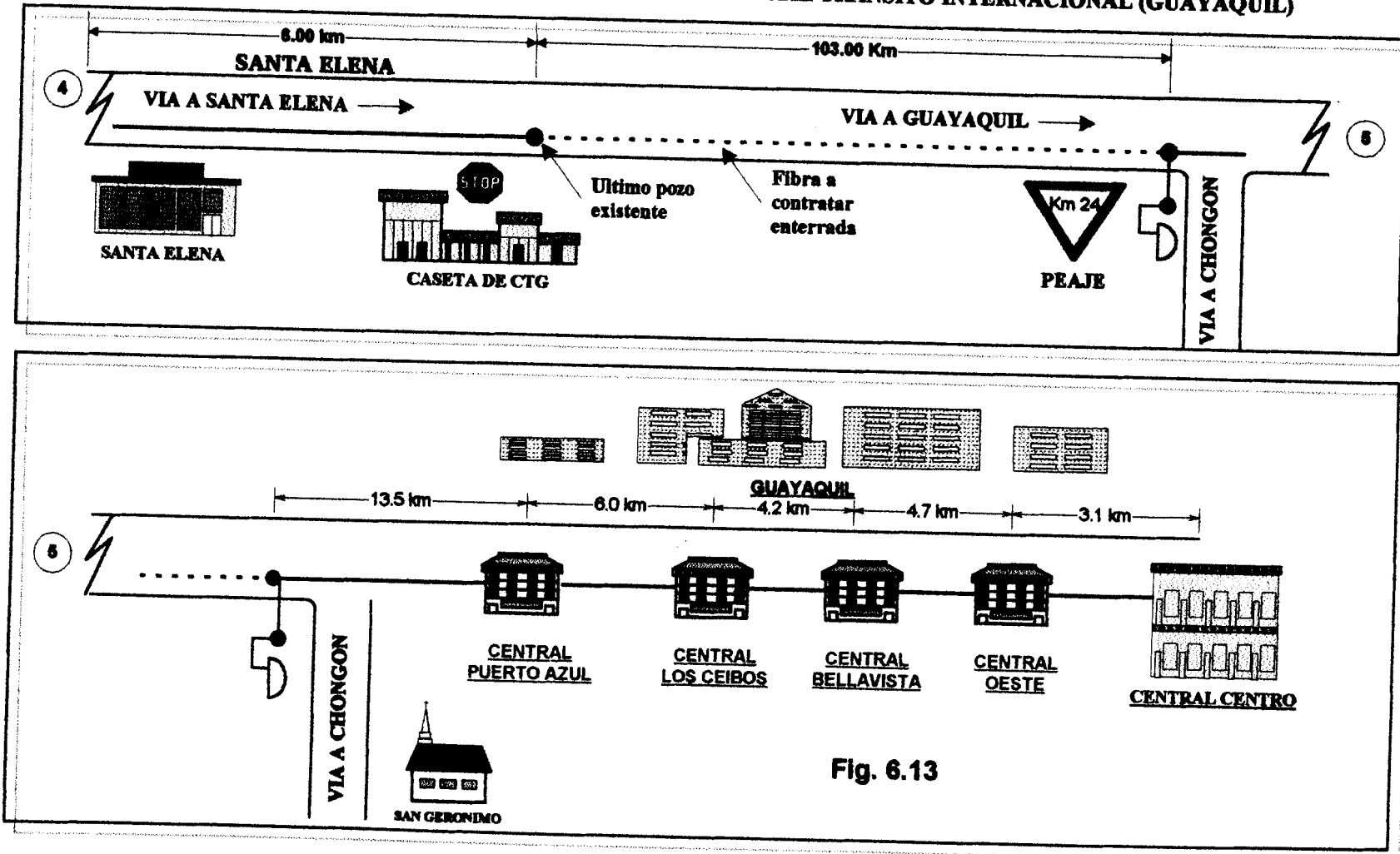


Fig. 6.13

4.5.1 Especificaciones Técnicas del Equipo de Transmisión para la interconexión de la Central Telefónica Salinas II con la Central de Tránsito Internacional de Guayaquil

4.5.1.1 Equipo Multiplex SDH

Los equipos deberán cumplir con las siguientes especificaciones técnicas que para este tipo de equipos se encuentran definidas en la recomendación de la UIT-T,

4.5.1.1.1 Jerarquía Digital Síncrona.

- a) G.707: Velocidades binarias de la jerarquía digital síncrona
- b) G.708: Interfaz de nodo de red para la jerarquía digital síncrona
- c) G.709: Estructura de multiplexación síncrona.
- d) G.781: Estructura de las recomendaciones sobre el equipo de la SDH
- e) G.782: tipos y características generales de multiplexación para la jerarquía digital síncrona.
- f) G.783: Características de los bloques funcionales del equipo de multiplexación para la jerarquía digital síncrona.

4.5.1.1.2 Características del Error del equipo

- a) G.821: Características de error de una conexión digital que forme parte de una red digital de servicios integrados.
- b) G.826: Parámetros y objetivos de características de error de trayectos digitales internacionales de velocidad binaria constante a la velocidad primaria o superior.
- c) G.782/1.2: Tipos y características generales de multiplexación para la jerarquía digital síncrona.

4.5.1.1.3 Fluctuación de Fase

- a) Para interfaces síncronas:
 - i) G.783.7: Características de los bloques funcionales del equipo de multiplicación para la jerarquía digital síncrona

- ii) G.782/4.1.3: Tipos y características generales de multiplexación para la jerarquía digital síncrona.
- iii) G.958/6.3: Sistemas de línea digital basados en la jerarquía digital síncrona para utilización en cables de fibra óptica.
- iv) G.825 Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía digital síncrona.

b) Para tributarios

G.823: Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía de 2.048 Kbit/s.

4.5.1.1.4 Sincronización

- a) G.703: características físicas y eléctricas de los interfaces digitales jerárquicos.
- b) G.783: Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía.

4.5.1.1.5 Interfaz Optico.

- a) G.957: Interfaces ópticos para equipos y sistemas de jerarquía digital síncrona; se debe considerar lo siguiente:
 - i) Del cuadro 1/G.957 se tomarán los parámetros correspondientes a "larga distancia".

Aplicaciones		Larga distancia		
Longitud de onda nominal de la fuente (nm)		1310	1550	
Tipo de fibra		Rec. G.652	Rec. G.652 Rec. G.654	Rec. G.653
Distancia (km)		~ 40	~ 80	
Nivel STM	STM-1	L-1.1	L-1.2	L-1.3
	STM-16	L-16.1	L-16.2	L-16.3

Tabla 4-2 CUADRO 1/G.957

- ii) Del cuadro 4/G.957 se utilizaran los parámetros correspondientes al "código de aplicación": L-16.2.

Parámetros especificados para las interfaces ópticas STM-16

Código de aplicación	Unidad	L-16.2
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	1500-1580
Tipo de fuente		SLM
– anchura eficaz máxima (σ)	nm	–
– anchura a –20 dB máxima	nm	< 1
– relación de supresión de modo lateral mínima	dB	30
Potencia inyectada media		
– máxima	dBm	+3
– mínima	dBm	–2
Relación de extinción mínima	dB	8,2
Gama de atenuación ^{e)}	dB	10-24
Dispersión máxima	ps/nm	1200-1600
Pérdida de retorno óptico mínima de la planta de cable en el punto S, incluidos todos los conectores	dB	24
Reflectancia discreta máxima entre S y R	dB	–27
Sobrecarga mínima	dBm	–9
Penalización máxima en el trayecto óptico	dB	2
Reflectancia máxima del receptor medida en el punto R	dB	–27

Tabla 4-3 Cuadro 4/G.957

- b) G.958: Sistemas de línea digital basados en la jerarquía digital síncrona para utilización en cables de fibra óptica.

4.5.1.1.6 Interfaz Eléctrica para 2 y 155 MBPS.

G.703 Características físicas y eléctricas de los interfaces digitales jerárquicos.

4.5.1.1.7 Estructura de la trama para STM-1

G.708 Interfaz de nodo de red para la jerarquía digital síncrona.

4.5.1.1.8 Estructura de la trama para 2 y 34 MBPS.

- a) G.704: Estructuras de trama síncrona utilizadas en los niveles jerárquicos primario y secundario.

- b) G.751: Equipos múltiplex digitales que funcionan a la velocidad binaria de tercer orden de 34.368 kbit/s y a la velocidad binaria de cuarto orden de 139.264 kbit/s y utilizan justificación positiva.

4.5.1.1.9 Interfaz de sincronización externa.

G.703: Características físicas y eléctricas de los interfaces digitales jerárquicos.

4.5.1.1.10 Consideraciones Generales sobre la Explotación.

- a) Sistema de línea digital:

G.958.7: Sistemas de línea basados en la jerarquía digital síncrona para utilización en cables de fibra óptica

- b) Condiciones de alarma:

- i) G.782: Tipos y Características generales de multiplexación de la jerarquía digital síncrona. Figura 2-2/G.782: Interacción de señales de mantenimiento.
- ii) G.783: Características de bloques funcionales del equipo de multiplexación para la jerarquía digital síncrona. (Averías y acciones consiguientes).

- c) Para tributarios plesiócronicos:

- i) G.732: Características del equipo múltiplex MIC primario que funciona a 2.048 kbit/s.
- ii) G.751: Equipos múltiplex digitales que funcionan a la velocidad binaria de tercer orden de 34368kbit/s y a la velocidad binaria de cuarto orden de 139.264 kbit/s y utilizan justificación positiva.

4.5.1.1.11 Canal de Servicio (EOW) con llamadas selectivas y colectivas.

- a) Se proveerá un canal de servicio para voz que opere con llamada selectiva y colectiva y cumpla con la Recomendación G.712.
- b) Se proveerá un canal de servicio para datos a 64 Kbps que opere con llamada selectiva y colectiva y cumpla con las Recomendaciones V.11 y G.703.

4.5.1.1.12 Alimentación de Energía.

- a) El equipo suministrado deberá recibir alimentación de energía eléctrica de una fuente de -48 voltios DC con el positivo conectado a tierra.

- b) Las fuentes serán duplicadas para cada bastidor.

4.5.1.2 Sistema de Gestión de la Red

No se requiere un Sistema de Gestión sino solamente los sistemas de Control de Nodo para realizar las funciones de Operación y Mantenimiento en Guayaquil, a continuación se describe las especificaciones técnicas relacionados con el Sistema de Gestión (NMS), y aplicación en los Sistemas de Control de Nodo.

4.5.1.2.1 Interfaz.

- a) Se utilizarán interfaces Q1, Q2 y Q3 normalizadas de acuerdo con las recomendaciones que se indican a continuación:
- i) M.30: Principios de una red de gestión de las telecomunicaciones.
 - ii) G.771: Interfaces Q y protocolos asociados para los equipos de transmisión en la red de gestión de las telecomunicaciones.
 - iii) G.773: Series de protocolos de interfaces Q para la gestión de sistemas transmisión.
 - iv) G.774: Modelo de información de gestión de la jerarquía digital síncrona desde el punto de vista de elementos de red .
 - v) Q.773: Formatos y codificación de las capacidades de transmisión.
 - vi) Q.812: Reloj Interno.

4.5.1.2.2 Alcance.

- a) El NMS es capaz de cubrir todos los aspectos relacionados con la operación, administración y gestión de la red de transmisión SDH.
- b) El NMS proveerá a EMETEL de un interfaz eficiente y de fácil uso que permita obtener datos de comportamiento y estados de alarmas y que dé la capacidad de realizar la reconfiguración, restauración y control de la red.
- c) Debe proveerse de herramientas apropiadas para planificar, instalar, mantener , restaurar, operar y administrar la red al nivel de señales E1.
- d) La red debe ser completamente configurable y operativa, mediante la operación local o remota del NMS.
- e) Una falla del NMS no debe afectar otras funciones de la red diferentes a aquellas aquí definidas como funciones del NMS.

4.5.1.2.3 Requerimientos del NMS Local.

- a) Se deberá proveer interfaces para operadores localizadas en cada punto que tenga múltiplex ADD/DROP, para realizar funciones locales de mantenimiento de cada estación que tenga esta función y recibir información de otros puntos con múltiplex ADD/DROP en un anillo particular.
- b) La interfaz hombre-máquina en cada punto local del NMS utilizaría un formato conocido, funciones tipo ventana (windowing).
- c) Se deberá proveer la facilidad de ingresar remotamente en el equipo terminal múltiplex de un punto de la red diferente al punto donde se encuentra el operador y llevar a cabo todas las funciones provistas por la NMS local, en dicha estación remota.

La información para la Gestión de Desempeño GD deberá suministrar los datos necesarios para llevar a cabo las actividades de mantenimiento que asegure un apropiado Grado de Servicio.

- a) El monitoreo de los datos para mantenimiento estará diseñado para detectar degradaciones del sistema de transmisión antes de alcanzar el umbral que afecte el servicio.
- b) Los datos de la GD deberán ser calculados por los múltiplex ADD/DROP SDH y almacenados de acuerdo con las recomendaciones de la UIT-T que sean aplicables.

En la Gestión de Fallas (GF) se requiere:

- a) Todas las alarmas generadas por falla del cable y las alarmas generadas por el equipo múltiplex deberán ser indicadas en el NMS local.
- b) Las alarmas deberán ser filtradas a través de proceso de reducción de alarmas, diseñado para mostrar solamente la causa de múltiples señales de alarma para prevenir una sobrecarga de información al operador.
- c) Los estados de alarma de las condiciones del cable de fibra óptica incluirán indicaciones del umbral de la GD y una presentación de detección de fallas según las recomendaciones de la UIT-T, en un nivel apropiado del múltiplex involucrado. Las alarmas generadas dentro del terminal múltiplex deberán ser identificadas al nivel de tarjeta cuando sea posible.

Para la Gestión de Configuración el NMS proveerá la capacidad de medir todos los aspectos de la operación del múltiplex ADD/DROP aplicable al múltiplex involucrado.

- a) En todos los anillos se dispondrá de la facilidad de “end-to-end provisioning”.

- b) Mecanismo de creación, por ejemplo creación de caminos alternos (shadow path) al camino de tráfico normal.
- c) Visión de la Red (network view).

Para Gestión de Seguridad se requiere que el acceso al NMS será controlado a través de un “login” y una contraseña (password) independientemente de la ubicación del operador.

4.5.1.2.4 Facilidades Centralizadas del NMS.

- a) El NMS tendrá una facilidad centralizada para controlar todos los elementos de le red conectados por una canal común de comunicación de datos (DCC) o conectados en paralelo mediante una interfaz Q de una Red de Area Local (LAN).
- b) El NMS proveerá toda la funcionalidad del NMS local más un nivel funcional más alto que provea acceso simultáneo a múltiples elementos de la red para asistir a los operadores en la coordinación de actividades que involucren a múltiples elementos de la red.
- c) Las alarmas recibidas de los elementos de la red serán registradas en la base de datos del NMS para luego ser reportadas.
- d) Los usuarios autorizados serán provistos también con facilidades para borrar alarmas registradas en la base de datos.
- e) El interfaz de usuario NMS proveerá un ambiente gráfico de usuario.
- f) El procesador central del NMS será ubicado en el sitio que sea determinado por EMETEL posteriormente, pero será remota y simultáneamente accesible desde varias estaciones de trabajo para llevar a cabo actividades de mantenimiento.

4.5.1.3 Cable de Fibra Optica

4.5.1.3.1 Características de la Fibra Optica.

El tipo de fibra que se va a utilizar en el Diseño de Ingeniería del Sistema se describe en la siguiente Tabla 4-4:

TIPO DE SISTEMA	RECOMENDACIÓN APLICABLE DE LA UIT-T	DENOMINACION DE LA FIBRA
Amplificacion Optica	G.653	Monomodo con Dispersion Desplazada

Tabla 4-4 Fibra a Utilizarse

El sistema se lo ha diseñado para que en el futuro pueda ser ampliado mediante la técnica de multiplexaje por longitud de onda, o mediante la utilización de la nueva jerarquía SDH de 10 Gbps, sin que sea necesario reemplazar el cable de fibra óptica.

4.5.1.3.2 Características del Cable.

El cable dispondrá de 12 fibras ópticas y será estructurado de acuerdo con el uso previsto en el diseño del sistema.

- i) Cable canalizado en ductos de plástico, de cemento o de fibra cemento (Cable Tipo “A”)
- ii) Cable enterrado directamente en el suelo (Cable Tipo “B”)

De manera general los cables canalizados o enterrados están formados de los siguientes elementos :

- ◆ El núcleo del cable que contienen el miembro tensor, las fibras ópticas y la primera cubierta plástica.
- ◆ El blindaje del cable, cuando éste es requerido, generalmente formado por varias capas de alambre de acero.
- ◆ La cubierta de cobre que junto con el blindaje de acero forman el conductor compuesto del cable.
- ◆ Las cubiertas plásticas que sean necesaria para darles las características mecánicas que se requieran.

4.5.1.4 Suministro de Energía

EL equipo de transmisión será instalado, en locales donde se encuentren instaladas Centrales Telefónicas, que normalmente disponen de sistemas de energía. Los sitios donde se instalarán los equipos deberán disponer de la capacidad suficiente para el normal funcionamiento, en caso contrario se deberá proveer los siguientes equipos:

- a) Tablero de distribución (baja tensión).
- b) Rectificador.
- c) Baterías
- d) Convertidor.

EMETEL S.A suministrará la energía alterna que sea requerida bien sea que ésta provenga de la red de distribución pública o de generadores propios de EMETEL S.A. El suministro de energía eléctrica alterna puede hacerse en el tipo

trifásico con voltaje nominal de $208 \pm 5\%$ voltios entre fases, o monofásica con voltaje nominal de $120 \pm 5\%$ voltios ; la frecuencia es en los dos casos de $60 \pm 5\text{Hz}$.

4.5.1.4.1 Equipos de energía.

- a) Se deben incluir todo el equipo de fuerza necesario para que el equipo de transmisión y sistema de gestión, funcionen normalmente incluso cuando se interrumpa hasta por ocho horas continuas, con la capacidad de baterías en hora pico, el suministro de corriente alterna ya sea está proveniente de la red pública o de motogeneradores.
- b) Los equipos de transmisión deben operar con un voltaje nominal de 48 VCD $\pm 10\%$.
- c) Los rectificadores requeridos deben tener un ruido psfométrico menor que 5mV y ondulación menor que 400mV P-P.
- d) Los circuitos de protección y los filtros de los rectificadores permitirán que las corrientes y voltajes transitorios que se produzcan, por ejemplo, cuando acciona el fusible, no sea peligroso para el equipo de transmisión.
- e) Los rectificadores proporcionarán permanentemente corriente de carga a bancos de baterías “flotantes” de tal manera que no exista ninguna interrupción ni variación en el servicio ante eventuales faltas de la corriente alterna.

4.5.1.4.1.1 Rectificadores

Los rectificadores permitirán:

- a) Alimentar todo el equipo pertinente con corriente continua (-48 VCD).
- b) Mantener cargados los bancos de baterías.
- c) Recargar las baterías al 100% en un tiempo de 15 a 20 horas durante el período de mayor tráfico, al mismo tiempo que alimentar a la central y más equipos conexos.
- d) Acoplarse en paralelo con otro u otros rectificadores.
- e) Limitar su corriente entre $\pm 10\%$ de su capacidad nominal, en la modalidad automática o manual.
- f) Funcionar con un factor de potencia superior a 0,85 para todos los valores de carga hasta el 100% de su capacidad nominal.
- g) Deberá disponer de dispositivos que permitan:

- i) Cambio a funcionamiento automático, manual o carga.
 - ii) Ajuste en los voltajes y límites de corriente.
 - iii) Auto-protección.
- h) Cuando funcione automáticamente, el rectificador debe estar conectado en operación paralela con los otros rectificadores, de tal forma que la carga se distribuya en los rectificadores de acuerdo a cierta programación.
 - j) Cuando se conecte en “manual” deberá trabajar independientemente de los otros rectificadores y sus niveles de tensión se ajustarán manualmente.
 - k) Cuando se conecten en “carga”, deberá proporcionar a las baterías una corriente de carga, que no sobrepase los límites de carga nominal de las baterías; el voltaje de los rectificadores tampoco deberá sobrepasar el nivel máximo de tensión de distribución. Se necesitarán ventiladores contra explosión de gas, durante la recarga de baterías, los mismos que funcionan automáticamente cuando el rectificador recarga las baterías.
 - l) El cambio de funcionamiento “carga” a “flotante” podrá realizarse manual o automáticamente. El cambio automático de funcionamiento dependerá del voltaje de carga o del tiempo (hasta máximo 12 horas).
 - m) Cuando sufra una avería, el rectificador se pondrá fuera de servicio, emitirá una alarma y pasará sus funciones a los otros rectificadores en forma automática.
 - n) El sistema total de rectificadores deberá dimensionarse con redundancia del tipo $n+1$, es decir, en la hora plena de carga de la central podrá tenerse una unidad completa fuera de servicio sin que ello obligue a suplir energía desde las baterías.
 - o) Se deberán indicar las características requeridas de rectificadores como sigue:
 - i) Variación del voltaje de salida en relación al de entrada.
 - ii) Rango ajustable del voltaje de salida
 - iii) Voltaje de ruido psfométrico.
 - iv) Voltaje de rizado.

4.5.1.4.1.2 Banco de baterías.

a) Función de las baterías.

El banco de baterías operará en paralelo con los rectificadores y la carga. Las funciones principales son:

- i) Alimentar los equipos de transmisión y asociados en caso de falla de los rectificadores o de la alimentación de corriente alterna; y
- ii) Servir de filtro de los componentes de corriente alterna proveniente de los equipos rectificadores.

b) Tipo de baterías.

Las baterías serán del tipo que normalmente se utiliza para equipos de telecomunicación, con una vida útil mínima de 15 años.

Las baterías serán del tipo estacionario, con electrodo a base de plomo cuyo electrolito es una solución de ácido sulfúrico de agua.

c) Características principales:

i) Capacidad.

La capacidad en amperios-horas de las baterías se calculará de manera que pueda alimentar a los equipos de transmisión y anexos durante ocho horas, la capacidad máxima de tráfico y sin contribución de otras fuentes de energía.

ii) Tensión nominal de cada banco de baterías suministra a los equipos: 48 voltios.

iii) Se deberá indicar los valores siguientes:

- I. Rendimiento en amperios-hora
- II. Temperatura de régimen
- III. Rendimiento en voltios-hora
- IV. Autodescarga a 20°C por mes
- V. Mínima corriente de carga en operación.

d) Proceso de carga y descarga.

- i) Las baterías deberán venir cargadas en seco siendo únicamente necesaria una ligera carga de igualación para que esté en condiciones de trabajo.
- ii) Con cada batería deben proporcionarse instructivos en español para la instalación, la puesta en servicio y el mantenimiento. En dicho documento deben figurar el nombre del fabricante, el tipo de batería, el año de fabricación, la capacidad y espacios para registrar la fecha de carga inicial.

- iii) Obligatoriamente debe indicarse el tiempo máximo que las baterías podrán mantenerse sin uso.
- iv) Antes de la puesta en servicio se ejecutarán dos ciclos de carga y descarga y si la batería no entrega más del 85% de su capacidad será rechazada.

4.5.1.4.1.3 Convertidores

Los equipos convertidores CD/CD estarán conectados a la salida de cada banco de baterías para que en el caso de una prolongada descarga de éstas siempre se mantenga una tensión de -48 V:CD. Estos equipos entrarán en operación cuando la tensión de la batería disminuya y se acerque al límite inferior permisible por el equipo telefónico.

En caso de que exista uno o más equipos que operen solamente con corriente alterna, se utilizarán también los convertidores CD/CA para que en caso de falla de la alimentación de corriente alterna y solamente se cuente con la alimentación de baterías, estos equipos siguen operando.

4.5.1.4.1.4 Otras fuentes de Alimentación.

Si el equipo de transmisión o el sistema de gestión necesitan de otras tensiones de corriente continua diferentes a -48 V:CD, tales fuentes deberán alimentarse a la red de distribución de CD.

Estas fuentes deberán tener sus protecciones y alarmas en caso de avería y su sistema redundante a fin de garantizar la confiabilidad de todo el equipo suministrado.

4.5.1.4.1.5 Tablero de Control y Distribución.

En el tablero de control y distribución se instalarán aparatos de medida, los botones de arranque, las lámparas de señalización y alarmas, el esquema sinóptico de las barras, etc. Los letreros y leyendas serán en español.

Se suplirán posiciones de fusibles libres para un 10% de la capacidad del tablero lo que será utilizado por EMETEL S.A. para alimentar los equipos asociados.

4.5.1.4.1.6 Otros requerimientos de los equipos de energía.

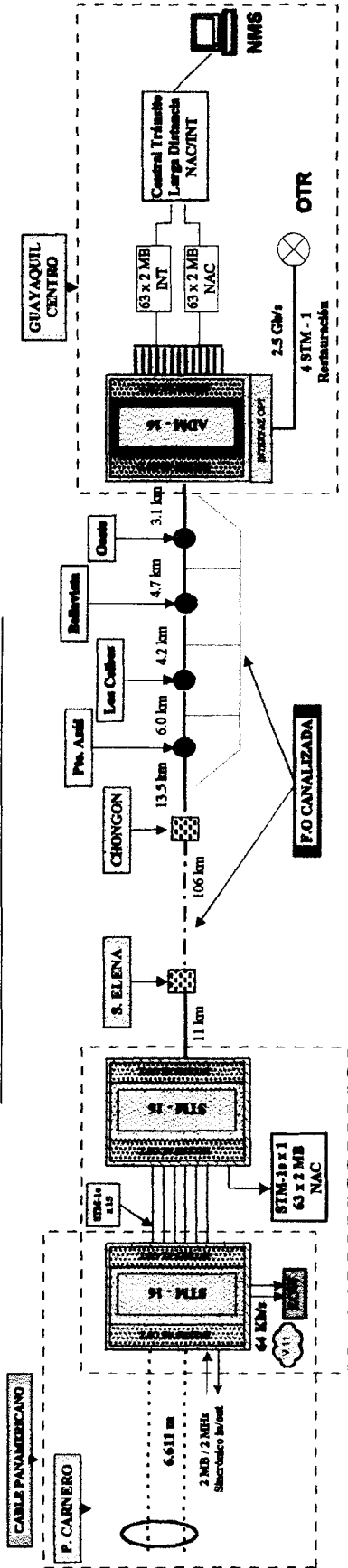
Protección contra sobre-voltajes y sobre-corrientes transitorias .

El sistema de energía eléctrica, constituidos por los rectificadores, convertidores, conectores, fusible, etc. deben tener las protecciones adecuadas contra el régimen transitorio que se desarrolla al producirse un cortocircuito e interrumpirse el fusible, de manera que no se vea afectado el equipo electrónico.

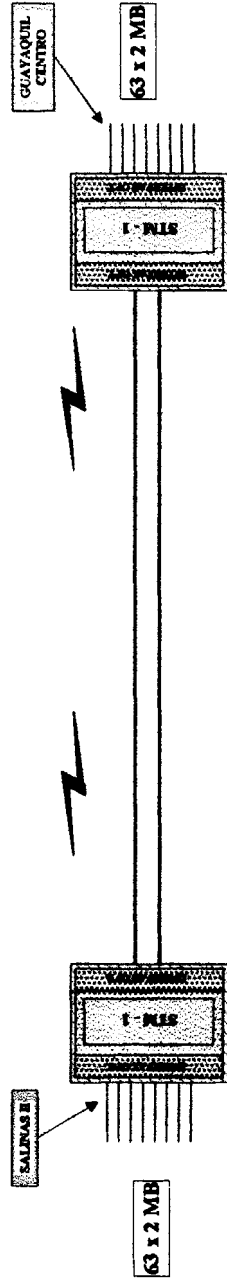
A continuación damos un Esquema General del Sistema de Fibra Optica de Guayaquil - Salinas (FIG. # 4-14). Mostramos la configuración del sistema, los equipos a utilizarse (STM-1/16, ADM-16), la ruta por donde va a ir la fibra óptica y los tramos donde la fibra a contratar es enterrada o canalizada. Para mayor comodidad este esquema lo hemos dividido en dos parte:

- ☒ La parte a), que es la Interconexión con el Cable Panamericano.
- ☒ La parte b), que es la Interconexión Nacional.

INTERCONEXION CABLE PANAMERICANO



INTERCONEXION NACIONAL



- OTR** Transmisor/Receptor Optico
- CON** Canal de Servicio
- NMS** Sistema Administrador de la Red

- Fibra Existente
- Fibra a Contratar Enterrada
- _____ Fibra a Contratar Canalizada

Fig. 4.14

5. Instalación

5.1 General

La instalación de los sistemas de cables submarinos se basa en dos puntos importantes: instalación terrestre e instalación marina.

a) **Instalación terrestre:** se realiza en base a las facilidades de comunicación, a los lugares de más fácil acceso, sitios en los cuales se realice la canalización adecuada, etc.

En la ruta terrestre son características:

La cámara de amarre.- Para el empalme del cable terrestre con el cable submarino.

La canalización de interconexión.- Entre la cámara de amarre y la estación terminal.

El cable de fibra óptica.- Sin diseño especial.

b) **Instalación Marina:** se realiza inicialmente de acuerdo a un estudio teórico de una ruta preliminar viable, haciendo una investigación de la información que se pueda disponer, como estado del fondo marino, puntos finales de embarque en la costa, climas, factores estacionales, petróleo y otras actividades de exploración, rutas de barco y actividades pesqueras, luego por un Peritaje de Valoración del Enterramiento (BAS), mediante un examen electrónico se hará un desarrollo de la ruta con una sintonización precisa salvando obstáculos artificiales (otros cables, oleoductos, buques naufragados) y naturales (montañas marinas, corrientes elevadas, actividad en el fondo marino) en el cual se dará a conocer toda la información requerida, tal como:

- 1) Tipos de cables que deben usarse, y el tipo de protección que se requiere
- 2) Identificación de las áreas de peligro.
- 3) Identificación de las áreas en las cuales se puede instalar los equipos, entre otras, etc.

En el plan de instalación marina: se hace una cobertura completa del trabajo, tal como: movilización de los medios, cargado de cable, atracado, posicionamiento del cable superficial, enterramiento del cable, descarga de repuestos, etc.

Especificaremos los requerimientos para la instalación de la planta sumergible y el cable terrestre, que deberán incluir:

- 1) Cargado, Posicionamiento y Enterramiento
- 2) Aclaramiento de Ruta (Route Clearance - RC)
- 3) Peritaje de Valoración del Enterramiento(BAS)
- 4) Instalación de la planta Sumergible.

La instalación de la planta sumergible incluirá además:

- 1) Inspección Post-Puesta (si es requerida)
- 2) Enterramiento Post-Puesta (donde sea necesaria)

5.1.1 Limitaciones Ambientales

Luz del día.- es esencial para la mayoría de los trabajos.

Visibilidad.- si está afectada por la neblina no se llevará a cabo la operación.

Fuerza y dirección del viento.- lo ideal sería que soplara un viento suave en dirección de la línea del cable.

Estado del mar, marejada.- debe ser un factor importante para decidir si se desembarca el cable.

Rompientes.- es peligroso desembarcar el cable si hay rompientes en la playa.

Pronósticos del tiempo.- la operación no se llevará a cabo si el pronóstico del tiempo indique que todos los factores ambientales permanecerán dentro de los límites de seguridad en el trabajo desde el principio hasta el fin.

5.2 Peritaje de Valoración del Enterramiento(BAS)

Esta inspección es requerida para proveer de la máxima cantidad de información para la selección de cables, operaciones de enterramiento de cables y

el mantenimiento subsiguiente a la Planta Sumergible y para establecer la viabilidad de enterramiento de cables, en cualquier punto relevante a lo largo de la ruta.

El BAS proveerá la información necesaria para:

- 1) Determinar la profundidad alcanzable por el equipo enterrado seleccionado a lo largo de porciones específicas de la ruta de cable.
- 2) Determinar el método apropiado de protección de cable a través de la ruta de cable, ej. enterramiento en canales, enterramiento correctivo, etc.
- 3) Predecir posiciones para el mantenimiento planeado del equipo enterrado.
- 4) Predecir profundidades de enterramiento posibles por el equipo de muelle sumergible y tasar los requerimientos para las operaciones de mantenimiento subsiguientes.
- 5) Predecir tensiones de arrastre.
- 6) Identificar áreas donde el equipo enterrado correría peligro de daño.
- 7) Predecir la necesidad de Enterramiento Post-Puesta.

Las actividades a lo largo de la ruta confirmarán o modificarán la ruta tentativa de forma tal que se logre la óptima protección del cable dentro del área inspeccionada electrónicamente. Cualquier ajuste de ruta propuesto será discutido hasta que se encuentre y acuerde una ruta aceptable.

Estas actividades serán llevadas a cabo tan cerca de la plataforma como sea seguro y al menos a 10 m de profundidad de la línea de contorno.

5.3 Aclaramiento de la Ruta

El uso de herramientas de enterramiento para mejorar la seguridad de la Planta Sumergible requiere que el lecho marino, a lo largo de la ruta acordada, esté limpio de toda obstrucción artificial de superficie o sub-superficie.

Esta operación será realizada previo al BAS, posicionamiento y enterramiento para posibilitar que las operaciones sean emprendidas con alto grado de confiabilidad.

El objetivo de esta actividad es asegurar que la ruta post-inspección acordada esté clara y libre de todos los escombros de la superficie y sub-superficie del lecho marino y peligros artificiales de forma tal que las operaciones de instalación y el subsiguiente mantenimiento no sean dificultados por la presencia de tales riesgos.

Se intenta que, al concluir esta actividad, la ruta esté, hasta donde sea posible:

- 1) Limpia de sistemas de cable submarino fuera de uso
- 2) Limpia de cualquier tipo de cadenas, alambres, cuerdas, deformaciones, equipos de pesca, equipos militares y equipos perdidos, abandonados o desechados.
- 3) Declarado seguro para el tendido y enterramiento de cable dentro de los confines de la ruta aclarada al momento de empezar la operación de aclaramiento de ruta.

Siempre que se detecten/localicen cables submarinos fuera de uso, se recobrará la suficiente longitud para asegurar un camino limpio de al menos 500 m. a ambos lados de la ruta seleccionada. Los extremos sobrantes del cable deberán ser reubicados en forma plana sobre el lecho marino de manera tal que no comprometa responsabilidades futuras con terceras personas ni cause problemas a otros usuarios del lecho marino.

En el caso de que cables submarinos registrados en los mapas no sean localizados/detectados, las herramientas de aclaramiento de rutas serán haladas por el lecho marino para asegurar que exista un corredor seguro de hasta 500 m a cada lado de la ruta seleccionada. Una pequeña ancla puesta a 0.8 m será arrastrada a lo largo de la ruta planeada por 500 m de cada lado de la posición indicada en el mapa.

En el evento de que se encuentren en el mapa cables submarinos dentro de los 1500 m de la ruta seleccionada, sin cruzarla, el área será probada como se indica arriba para asegurar la no presencia de cables submarino fuera de uso.

La limitación de estas actividades serán garantizadas tan cerca de la plataforma como sea seguro y práctico y al menos tan cerca como 10 m de profundidad de la línea de contorno.

5.4 Requisitos de Profundidad de Enterramiento.

Los reconocimientos de ruta establecen directivas sobre las profundidades de enterramiento, las cuales deben cumplirse en la medida de lo posible. no obstante, debe tenerse en cuenta que el cable se entierra para protegerlo contra los equipos de pesca. El equipo de pesca está diseñado para penetrar en el fondo marino y enterrar el cable, por consiguiente, si durante la operación no se logra la profundidad de enterramiento adecuada, no significa que el cable estará expuesto a mayor riesgo. Si no se puede enterrar el cable a la profundidad recomendada a causa de la gran resistencia del suelo, el cable no corre ningún riesgo ya que es poco probable que el aparejo de pesca pueda penetrar en el fondo marino hasta la misma profundidad que el equipo de enterramiento. Por último se advierte que el enterramiento demasiado profundo en el fondo marino puede ser tan perjudicial

como el enterramiento poco profundo. El cable debe enterrarse a una profundidad suficiente para que esté protegido contra los riesgos previstos y para que se pueda recuperar fácilmente para el mantenimiento.

El tercer ámbito a considerar, “La zona de transición”, es relativamente nuevo y se basa en la protección del cable contra los riesgos creados por el hombre. Durante los últimos años se ha experimentado un aumento notable de las averías causadas a los cables por el aparejo de pesca a profundidades de 1000-1500 metros, a medida que el hombre busca nuevas fuentes alimentarias viables, situadas a veces en la profundidad del océano.

La cota de 1.000 metros es la profundidad de transición del cable armado al cable ligero. Dados que los diseños actuales de cables no ofrecen la protección necesaria, los cables deben de protegerse por medio del enterramiento.

La cota de 1.000 metros es el límite práctico para el enterramiento con arado.

Aunque se han logrado mayores profundidades con el arado, esta ha sido en condiciones favorables y no pueden lograrse con regularidad.

La única solución práctica es utilizar un ROV. La problemática que plantea este sistema es el seguimiento acústico del ROV debido a las dificultades para predecir las termoclimas y, a estas profundidades, las condiciones meteorológicas son aún más críticas para las operaciones.

La cuarta y última zona de la planificación de la instalación es en las aguas profundas. No siempre es necesario considerar esta zona al proyectar una instalación ya que muchos sistemas nacionales y regionales no se alejen de la plataforma continental. En esta zona, los riesgos previsibles son naturales y estos problemas se abordarán mediante la selección de la ruta y el tipo de cable.

El manejo del cable en esta zona es más bien un arte que una ciencia y la experiencia es el criterio clave.

Una vez que se han considerado las cuatro zonas independiente e identificado los medios para satisfacer los requisitos de especificación, todos estos factores se combinarán para formar un plan integral

5.5 Planificación de la Instalación

Cuando se plantea el problema de desarrollar un plan de instalación para un sistema de cable determinado. Hay cuatro zonas principales a considerar:

Playa, 0-15 metros : zona definida por la profundidad mínima a la que un buque carguero se aproxima para el tendido en playa, o para el lanzamiento del arado.

Plataforma continental, 15 - 1.000 metros: la zona donde el cable generalmente necesita protección contra riesgos creados por el hombre como, por ejemplo, anclas, pesca, exploración de yacimientos, etc.

Zona de transición, 1.000 - 2.000 metros: una zona relativamente nueva a considerar, a causa de la expansión de la pesca comercial a las aguas más profundas en algunas regiones del mundo.

Aguas profundas, 2.000 - 9.000 metros: el resto del océano, zona normalmente benigna y caracterizada por el empleo de cable de peso ligero, aunque en algunas rutas todavía se necesita protección especial.

Aunque algunos sistemas no abarcan todas las zonas, las zonas apropiada se considerarán por separado y se definirán los medios necesarios, antes de cambiar los requisitos totales en un plan integrado.

Por consiguiente, el diseño básico del cable se modificará según la instalación.

5.6 Planificación de la Instalación en la Plataforma Continental.

En esta parte de la ruta, la preocupación principal del instalador marino es proteger el cable contra los riesgos creados por el hombre; la protección contra los riesgos naturales se logra mediante la selección de la ruta y la armadura del cable. Desde el punto de vista económico, la única protección viable es contra riesgos de la pesca comercial, ya es poco práctico asegurarse contra los riesgos aleatorios causados por anclas. El método normal contra la pesca consiste en enterrar el cable en las zonas tradicionales de pesca o en los caladeros previstos durante la vida útil del sistema.

En los sitios donde no se practica la pesca, el cable se puede tender sobre el lecho marino. Cuando es necesario enterrar el cable, se puede tender y enterrar el cable simultáneamente utilizando un arado remolcado detrás del buque cablero, o bien se puede tender sobre el fondo y luego enterrar por separado. Si se adopta el método con arado se tendrá en cuenta las dos operaciones siguientes:

Despeje de la ruta: esta operación quita los estorbos de la ruta, como los cables fuera de servicio en el fondo marino que podrían obstruir el arado y dañar el cable.

Operación con razón antes del tendido. Durante la operación del arado, una pequeña embarcación va delante del buque cablero y quita todos los estorbos depositados sobre el fondo marino que podrían obstruir el arado.

Existen dos métodos para el enterramiento postendido (PLB): uno mediante un vehículo sumergible telemandado (ROV), y el otro utilizando un tractor de oruga sobre el fondo marino. Por lo tanto, hay que tomar en consideración cuatro enfoques diferentes a la instalación en la plataforma continental, cada uno de estos factores operativos distintos.

5.7 Instalación General

Para la instalación general se requiere:

1) Instalación del Equipo de la Estación Terminal

En el cual se encuentra los siguientes equipos:

- a) Equipo de transmisión Terminal (TTE).
 - b) Caja de terminación de Cable (CTB).
 - c) Equipo de Alimentación de Potencia (PFE).
 - d) Equipos de Alarmas.
 - e) Controladores de mantenimiento
- ### 2) Instalación de la Planta Sumergible (instalación del Cable de Fibra Optica Marino).
- ### 3) Instalación del cable de Fibra Optica Terrestre.

5.7.1 Instalación del equipo de la Estación Terminal TSE

La instalación del equipo dentro de las estaciones terminales concuerdan ampliamente con la forma de disposición básica para equipo terminal submarino. Se debe dejar el suficiente espacio de piso dentro del área para permitir la subsecuente instalación de todo el equipamiento necesario para utilizar completamente el sistema. El espacio de piso para crecimiento de cualquier tipo de equipo.

El equipo se instaló de tal forma que quede el espacio adecuado entre ellos y al final de ellos para permitir un fácil acceso de los equipos de prueba, escaleras y personal, etc., para propósitos de mantenimiento.

5.7.2 Instalación de la Planta Sumergible

La planta sumergible será posicionada en la ruta inspeccionada y acordada y será además enterrada en las secciones de la ruta que fueron acordadas y dentro de la exactitud del sistema navegacional especificado luego.

La planta sumergible será permanentemente energizada y probada durante el posicionamiento y enterramiento. Se hará la excepción únicamente por razones de seguridad del personal, quitando la energía en los momentos en que temporalmente se manejen juntas, repetidoras y unidades de salto.

Las pruebas a realizarse son: eléctricas, ópticas y de transmisión durante las operaciones de posicionamiento y de la provisión de pruebas, alimentación de energía y equipos asociados y de la interpretación de los resultados de las pruebas.

Entre la alcantarilla de playa y la marca de agua baja, el cable será enterrado y protegido por tuberías articuladas en trincheras de 2 metros de profundidad, lo suficientemente amplias para permitir que el cable sea instalado en la playa formando senos, cada uno con un radio de alrededor de 5 m. Adicionalmente, el cable será enterrado (tan lejos como sea posible) entre las agua baja y, al menos, -2 m de profundidad de la línea de contorno.

El cable submarino no deberá cruzar ningún otro sistema submarino previamente instalado y deberá ser protegido con medios tipo tubos de hierro.

Se empieza el enterramiento desde una profundidad de 20 m en el peor de los casos, y la profundidad buscada de cubierta deberá estar en concordancia con las categorías recomendadas en el reporte BAS.

La tensión del cable residual no excederá un promedio de 10 kN o picos de 20 kN durante las operaciones de surcado para el enterramiento.

En las secciones de la ruta que sean acordadas luego del análisis de la Inspección de Ruta y los reportes BAS, el cable será enterrado donde sea posible a una profundidad típica de 0.9 m.

Las únicas excepciones para este requerimiento pueden ser hechas solamente en lugares donde manchas locales con lecho marino duro o las rocas/piedras eviten que el equipo de enterramiento penetre a las profundidades requeridas. Las posiciones geográficas y la cantidad de cable no enterrado deberán ser claramente anotadas en el registro de posicionamiento junto con la explicación del incidente.

5.7.2.1 Inspección Post-posicionamiento

La inspección post-posicionamiento tiene la intención de inspeccionar el apropiado posicionamiento y correcto enterramiento del cable en el lecho marino. Esta operación será ejecutada en las siguientes áreas:

- 1) Desde la orilla abajo hasta -20 m de profundidad de aguas con buzos.

- 2) Aguas profundas y poco profundas con algún dispositivo sumergible.

Se presentará un reporte completo de las zonas inspeccionadas junto con grabaciones en vídeo.

5.7.3 Instalación del cable terrestre

El cable terrestre deberá ser instalado en ductos existentes .

Los trabajos civiles, el posicionamiento y todas las juntas relevantes de los cables serán supervisadas.

5.8 Equipos ha utilizarse en el montaje o instalación

5.8.1 Barco de posicionamiento del Cable

El barco de posicionamiento de cable debe ser equipado convenientemente para la puesta y enterramiento del cable de acuerdo al procedimiento usado comúnmente en la fecha de la operación. Se da una descripción detallada del barco y sus equipos.

Los requerimientos del barco son los siguientes:

- 1) La construcción de los depósitos de cable del barco debe ser tal que el cable guardado en su interior no sufra daño alguno durante el pasaje.
- 2) El barco deberá ser equipado con una máquina de cable capaz de manejar los tipos seleccionados de cable, repetidoras y unidades de salto a velocidades de desembarco razonables.
- 3) El barco deberá ser adecuadamente anclado para operaciones continuas de 24 horas diarias.
- 4) El barco deberá estar equipado adecuadamente con todas las herramientas necesarias para operaciones en aguas profundas y superficiales.
- 5) El barco deberá tener áreas adecuadas establecidas a ambos lados para la ejecución adecuada de pruebas de transmisión, pruebas de equipos, división del cable ópticos donde sea necesario.
- 6) El barco deberá tener una radio adecuada y facilidades de comunicación satelital marina de forma que se pueda mantener comunicación con las estaciones terminales. También dispondrán de equipo de fax.

- 7) El barco incluirá entre su tripulación una o mas personas con conocimientos médicos que puedan atender al personal enfermo con el propósito de minimizar el riesgo de suspensión de operaciones por enfermedades.
- 8) El barco deberá ser altamente maniobrable y lo suficientemente grande para trabajar en condiciones climáticas adversas.
- 9) El barco deberá tener las suficientes reservas (combustibles, agua) y bodegas de almacenaje para ejecutar todas las operaciones de cable y pasajes.
- 10) El barco deberá tener equipo de ecosonido capaz de producir un perfil sonoro continuo en toda la ruta.
- 11) El barco deberá tener un sistema integrado de computación que permita la continua adquisición y procesamiento de los datos producidos por los equipos.
- 12) En adición al personal del barco deben permitirse las facilidades de comunicación para un reporte diario, más una comunicación diaria gratis. Deberán tener acceso a las siguientes facilidades a bordo: un cuarto de trabajo con máquinas de fax y fotocopiado y equipo de cómputo completo con las últimas versiones de Word Perfect y Excel para Windows.

Las partes de un barco de cable submarino con las siguientes (según se indica en la FIG. # 5-1)

1. Contenedor Protector
2. Contenedor de Cable Submarino
3. Contenedor de Mediciones
4. Máquina de Posicionamiento de Cable
5. Combinador
6. Medidor de Tensión
7. Arrastrador
8. Cable Umbilical
9. Generador
10. Bote de Despliegue

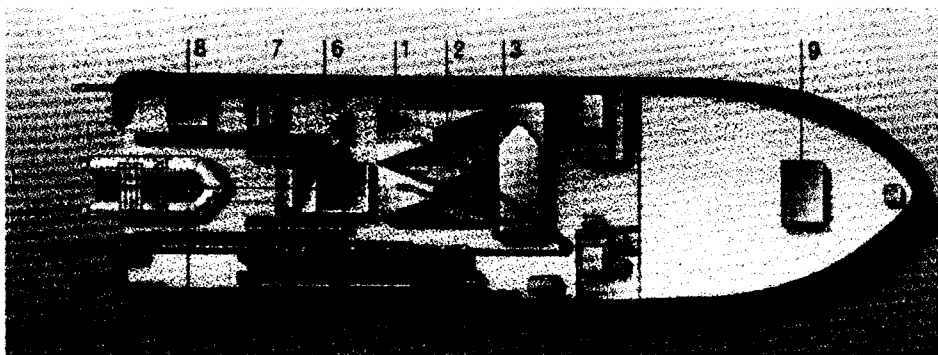


FIG. # 5-1 Partes del Barco de Cable Submarino

5.8.1.1 Compatibilidad del Cable con el Barco

Se requiere que el cable tenga tal diseño y dimensiones que pueda ser manejado por el equipo de barco de cable sin la necesidad de modificaciones en éste barco que impidan su trabajo con cables submarinos existentes. Si se requiere alguna modificación al equipo normal proporcionado en el barco de cable ya sea para posicionamiento o mantenimiento, entonces la naturaleza específica de las modificaciones deben ser dadas y cualquier generalidad técnica.

5.8.2 Empalmes de Cable

5.8.2.1 General

Las técnicas de empalmes de cable deben ser reproducibles, confiables y económicas, tanto a bordo del barco de cable como en las cámaras de empalmes. Mas aún, el tiempo nominal requerido para realizar una unión a bordo de un barco de cable en condiciones de operación normal no debe exceder de 8 horas para cables livianos desde el momento en que ambos extremos están terminados, o 12 horas en caso de que ambos extremos no estén terminados.

El empalme de fibras debe ser hecho por el método de fusión.

El uso de Técnicas de Uniones Universales en el mantenimiento del sistema debe ser compatible con los componentes de la planta sumergible. Esto quiere decir que los cables sumergibles propuestos son calificados como capaces de ser unidos con Tecnología de Unión Universal.

Se deben hacer previsiones para verificar adecuadamente el funcionamiento mecánico, eléctrico y óptico de toda unión de cable.

Se deben proporcionar los medios adecuados para verificar la calidad de las reparaciones llevadas a cabo con el propósito de evitar posibles reparaciones futuras por parte del barco debidas a márgenes inadecuados en la longitud de recorrido del sistema o insuficiente confiabilidad mecánica de la junta de cable.

Debe ser posible sellar separadamente y aterrizar el extremo cortado de un cable con el propósito de permitir el desenrollado.

Las juntas mecánicas no deben sufrir ningún daño en su funcionamiento mecánico, óptico o eléctrico después de ser pasadas 15 veces alrededor de un rollo de 3 metros de diámetro bajo los requerimientos de Cable de tierra y cable submarino.

5.8.2.2 Empalmes de Fibras Opticas

Las fibras se dañan con facilidad y deben ser manejadas con cuidado. Si bien las fibras parecen bastante flexibles, el hecho de doblarlas por debajo del radio de reflexión mínimo especificado puede reducir la vida útil de las mismas o inclusive provocar la rotura de una fibra. La capa o revestimiento de la fibra envejece cuando se la expone a la radiación ultravioleta y por ello se debe reducir al mínimo su exposición.

Cuando se le quita la capa o revestimiento a la fibra, queda un núcleo delgado que puede perforar la piel. Este núcleo es muy frágil y puede romperse con facilidad un pedazo dentro del cuerpo que es bastante transparente y difícil de sacar. Se deben de usar gafas de seguridad en todo momento cuando se trabaje con la fibra y se deben tomar precauciones especiales cuando se maneje la fibra desforrada.

Las fibras sufren pérdidas como resultado de la reflexión o presión que se ejerce sobre el revestimiento metálico. Es fundamental que las fibras se mantengan muy limpias y nunca se las almacene o instale en un medio donde haya polvo. Si se enrolla la fibra en el cartucho de almacenamiento de una caja de empalme en un ambiente donde hay polvo, es posible que la fibra quede presionada contra pequeñas partículas de polvo que pueden causar pequeños doblamientos en la fibra. Esto pueden provocar pérdidas ópticas que pueden tener efectos sobre el comportamiento del sistema.

El tipo de empalme que se utiliza es el empalme por fusión

5.8.2.2.1 Maquina de Fusión

En la FIG. # 5-2 se muestra un modelo de la máquina de fusión, esta se utiliza para fusionar fibras ópticas mediante el método de fusión. La máquina tiene un par de sujetadores que sostienen la fibra con firmeza durante el proceso de fusión. Los sujetadores están motorizados y se utilizan para dar una posición exacta a las fibras en relación con los electrodos de fusión. Durante el ciclo de fusión, los sujetadores son capaces de moverse juntos mediante un ritmo controlado en forma precisa obteniéndose de ésta manera un empalme de alta calidad. La fusión de las fibras se logra mediante el uso de un arco eléctrico que produce una temperatura elevada del orden de los 2.000 grados centígrados, durante 2 ó 3 segundos, que une y suelda las fibras. Los empalmadores tienen que verificar la calidad de su empalme por fusión usando instrumentos para verificar el

alineamiento, el corte y pulimento de los extremos de las fibras. Un microscopio o una cámara de vídeo, un generador de señal (luz) y un medidor de potencia óptica deben ser utilizados para verificar visualmente el alineamiento y la respuesta del empalme terminado.

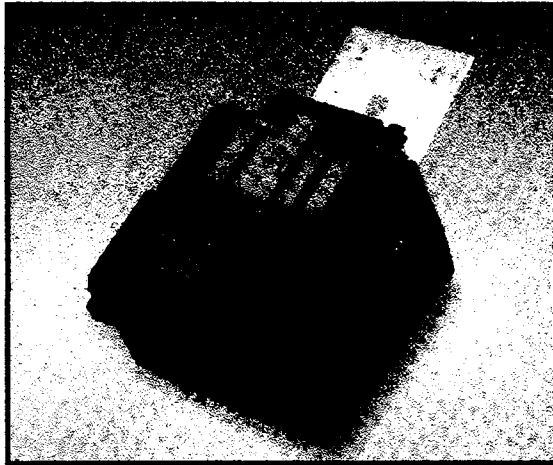


FIG. # 5-2 Máquina de Fusión

5.8.2.2 Maquina Cortadora de Fibras

La cortadora de fibra se utiliza para realizar hendiduras de alta calidad en las fibras desnudas. La cortadora de fibras es un dispositivo compacto que es muy resistente y transportable. Se alimenta de energía mediante una batería de 9 voltios estandar.

5.8.2.3 Preparación de la Fibra

Se quita la capa o revestimiento de la fibra, queda un núcleo delgado, el manejo debe realizarse en un ambiente limpio. Las fibras del cable están cubiertas con una gelatina de protección contra el agua, la cual debe ser extraída antes de realizar el empalme. Esta gelatina se retira de las fibras con trapos limpios, sin pelusas ni hilachas, embebidas en alcohol puro.

La capa de color debe de ser extraída del extremo de la fibra antes de realizar el empalme. Los primeros 100mm de capa de color se quitan utilizando gasas, sin hilachas ni pelusas, humedecidas en acetona.

Sacan 50mm de revestimiento de la fibra utilizando una peladora de fibras mecánica adecuada. Por lo general el revestimiento puede quitarse de un solo movimiento. Se debe tomar las precauciones necesarias para evitar que se corte el revestimiento metálico de la fibra.

5.8.2.2.4 Empalme de Fibra

Las fibras se colocan en la máquina para fusión en el orden que mejor convenga al operario de la máquina, el empalme llevará aproximadamente 45 segundos y luego aparecerá una indicación de la pérdida estimada. En la FIG. # 5-3 apreciamos como de quedar la fibra luego de haber hecho un buen empalme.



FIG. # 5-3 Fibra Soldada

5.8.2.2.5 Pérdida Estimada por Empalme

La pérdida se calcula usando mediciones obtenidas de la geometría de la fibra en los sujetadores de la máquina. La estimación debe ser considerada sólo como una guía ya que muchos factores que tienen efectos sobre la pérdida real del empalme no son evaluados por la máquina. Una pérdida estimada alta por lo general es una buena indicación de que se debe rechazar el empalme ya que las pérdidas reales rara vez son mucho menores que las pérdidas estimadas. Las pérdidas típicas de los empalmes están en el orden de los 0,05 a los 0,2 dB.

5.8.2.2.6 Protección de la Empalmadura

La máquina de fusión tiene un dispositivo para contraer una manga sobre la empalmadura a fin de protegerla. Esta manga se sujeta luego un receptáculo apropiado para evitar que ejerza presión sobre la fibra adyacente. En las cajas de empalmes terrestre y de empalme en la playa, las empalmaduras se colocan en un conducto de plástico pequeño y se encierran en cápsulas utilizando una resina de solidificación rápida. El conducto luego se sujeta en un portador dentro del cartucho de fibra. En la FIG. # 5-4 se observa el manguito de protección que se coloca a la fibra después de ser soldada.

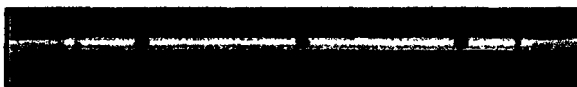


FIG. # 5-4 Fibra Empalmada con Manguito de Protección

5.8.2.3 Empalmes terrestres

Cuando la distancia entre la estación terminal y la boca de acceso a la playa es más de 2 km (si los conductos portacables no están en buenas condiciones, las secciones de cables puedan que sean más cortas) es necesario instalar el cable por secciones. En estos casos las secciones deberán empalmarse y los empalmes se deberán colocar en bocas de acceso. El proceso de empalme se realiza utilizando una caja de conexiones que recubra los empalmes de las fibras y que provea la conectividad eléctrica de la alimentación de la energía eléctrica. La caja de conexiones estará diseñada de tal forma que se pueda montar en el terreno utilizando un equipo portátil.

Antes de realizar el empalme de este tipo de cable, se debe extraer el blindaje y se lo debe anclar en la entrada de la boca de acceso. En primer lugar, se quita el hilo de polipropileno del cable hasta el punto de entrada a la boca de acceso. Los alambres de blindaje se cortan entonces radialmente 300mm desde el punto de entrada. Se deben tomar los recaudos necesarios al atravesar los alambres de blindaje para asegurar que la aislación del polietileno del cable liviano no se dañe. Los alambres se cortan a una profundidad del 75%-80% de su espesor usando una sierra para cortar metales. Los alambres entonces se quiebran doblándose con suavidad de un lado al otro y se los extrae. La plancha delantera del anclaje del cable se desatornilla y se desliza a lo largo del cable. Los alambres de blindajes expuestos se doblan hacia atrás con la plancha de anclaje trasera. Se vuelve a atornillar en su lugar la plancha delantera fijando así el cable en la boca de acceso. Los alambres de blindaje que sobresalen del anclaje se recortan en el sujetador. Se limpia el bitumen del cable liviano usando un trapo embebido en kerosén. Una vez que se haya quitado todo rastro de bitumen, debe sacarse el kerosén con un trapo humedecido en alcohol isopropílico.

Después de haber quitado el blindaje se enrolla el cable en la caja de empalme, dejando un poco más 3 metros hacia el final del cable para así quitar 3,55 metros del revestimiento de polietileno negro, luego de ese extremo del revestimiento negro hasta 25 mm se retira la pantalla de aluminio, a 670mm del revestimiento negro se quita la aislación de polietileno, luego el conductor compuesto se retira hasta un punto que se encuentra a 45mm del extremo de aislación, ver la FIG. # 5-5, FIG. # 5-6.

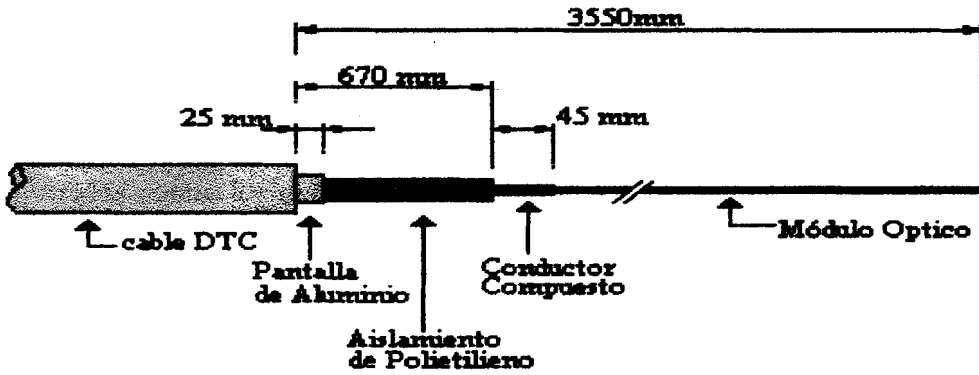


FIG. # 5-5 Preparación del Cable Terrestre para Empalmarlo

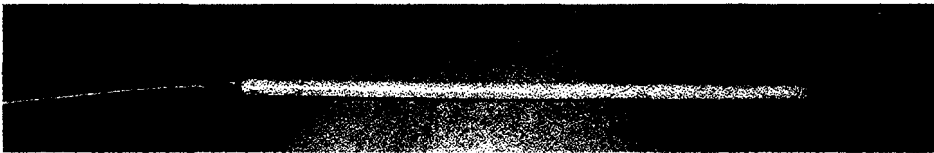


FIG. # 5-6 El Cable Luego de la Preparación Inicial para el Empalme

5.8.2.3.1 Empalmes de Cables de Conexión a Tierra.

Los alambres de blindaje del cable de conexión a tierra se cortan para realizar el empalme y si bien la continuidad de la pantalla se mantiene, el empalme en si mismo es vulnerable. El empalme es esencialmente una conexión por corrugación entre los conductores que son aislados y protegidos contra la humedad con sellos de termo-retracción. Los empalmes se ejecutan con rapidez y mantienen toda la capacidad de transportar corriente del cable a lo largo de sus 25 años de vida útil.

La preparación del cable de conexión a tierra para empalmarlo se lo realiza de la siguiente manera:

Se quita 220mm del revestimiento externo del cable, para luego retirar 170mm del revestimiento de base, del conductor marrón se corta 120mm desde el revestimiento de base de un cable pero no se corta en el otro, también se corta 120mm del conductor azul, donde no esté cortado el otro conductor, se quitan 20mm ambos conductores y 10mm del conductor de tierra, así ya quedan listos los cable de conexión a tierra para ser empalmados, como apreciamos en la FIG. # 5-7.

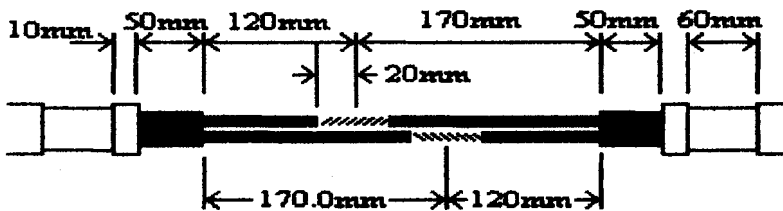


FIG. # 5-7 Preparación del Cable de Conexión a Tierra

5.8.2.3.2 La caja de Empalme Terrestre

La caja de empalme terrestre está diseñada para el empalme de cables livianos o cables blindados después de que el blindaje ha sido extraído. La caja de constitución tanto eléctrica como óptica protege mecánicamente las fibras desforradas contra los daños y la humedad. La caja es desmontable y puede ser reutilizada si es necesario para reemplazar una sección del cable. Ver FIG. # 5-8.



FIG. # 5-8 Caja de Empalme Terrestre

5.8.2.4 Empalme de Playa.

El empalme de playa conecta el cable marítimo al cable terrestre. Este empalme es similar al empalme terrestre, pero está diseñada para acomodar dos tipos de cables diferentes.

Normalmente, un cable con blindaje doble se deposita en la costa y se debe realizar el anclaje del blindaje en la boca de acceso en la playa. Antes de realizar el anclaje, se debe retirar el hilo del cable hasta el punto donde el cable entra en la boca de acceso. El blindaje entonces se retira hasta 300 mm desde la plancha de anclaje. En el caso de un blindaje simple, se retira la hebra sobre el blindaje simple y se extrae hasta 300mm desde la plancha de anclaje. Al extraer el blindaje, es permisible utilizar una desfibadora de ángulo para cortar la capa externa pero sólo se debe utilizar una sierra para metales para cortar el blindaje simple contra aislación. En este caso, los alambres se cortan hasta una profundidad del 80% y luego se doblan de un lado a otro hasta que se quiebran. Los alambres también se pueden destrenzar hasta llegar al punto en que pueden levantárselos del cable de aguas profundas o LW y cortárselos con herramientas para cortar tornillos.

El bitumen del cable de aguas profundas o LW se limpia utilizando un trapo embebido en kerosén. Es posible que sea necesario utilizar tela de lija o abrasiva embebida en kerosén para sacar los depósitos rebeldes de bitumen pero deben tomarse los recaudos necesarios para no raer o gastar la aislación de polietileno. Una vez que se haya quitado todo rastro de bitumen, debe sacarse el kerosén con un trapo humedecido en alcohol isopropílico.

El anclaje del cable blindado se realiza usando el mismo método empleado en las bocas de acceso para el cable blindado. En el caso de un blindaje doble tanto los alambres de 4.9mm como los de 7mm se doblan en la entrada del cable y se fijan mediante la plancha de anclaje. Los alambres se recortan alrededor de la circunferencia de la plancha de anclaje.

Se debe extraer el blindaje del cable oceánico antes de poder unirlo al cable terrestre o antes de terminarlo en la estación terminal. Si la estación está cerca del punto de desembarco. El cable de aguas profundas o LW es vulnerable frente a los daños mecánicos y no es resistente a la luz solar. Por este motivo se protege el cable. Se aplica una doble cinta de policloruro de vinilo (PVC) negro sobre la longitud del cable desde el sujetador de anclaje hasta el tubo de termoretracción en la caja de empalme en la playa o en la caja de terminación en el caso de una terminación directa. Sobre ello se aplica un tubo de policloruro de vinilo (PVC) que ha sido cortado longitudinalmente y asegurado con cinta en su lugar. Siempre que sea posible, una sección no cortada del tubo de policloruro de vinilo (PVC) se coloca sobre la mayor parte del cable antes de realizar el empalme y una sección corta de tubo cortado se coloca en el resto del cable después de realizar el empalme. También se puede proteger el cable con un tubo resistente a la radiación ultravioleta con lo cual se elimina la necesidad de aplicar cinta al cable.

5.8.2.4.1 Caja de Empalme en la Playa

La caja de empalme en la playa difiere de la caja de empalme terrestre únicamente en relación con el tipo de cables que se juntan. El revestimiento del cable liviano se termina en la boca de acceso en la playa. El cable de aguas profundas necesita protección adicional y se lo protege manualmente con una capa de doble cinta de policloruro de vinilo (PVC) negro y además se ajusta un tubo de policloruro de vinilo dividido, asegurado en su lugar con cinta. Es posible que también se utilice un tubo de protección de resistencia contra la radiación ultravioleta.

La caja de empalme en la playa se usa para empalmar el cable oceánico LW al cable liviano. La pantalla electromagnética de cable liviano se conecta a un alambre de conexión a tierra que puede ser terminado en un punto de conexión a tierra en la boca de acceso a la playa. Si no hay punto de conexión a tierra disponible y un conducto direccionalmente perforado se utiliza para el desembarco del cable, es posible realizar la conexión a tierra de la pantalla del cable liviano en el conducto perforado. La caja de empalme también se termina por separado en el punto de conexión a tierra por razones de seguridad. La caja de empalme está diseñada de manera tal que se la pueda sumergir durante períodos prolongados y está protegida contra la corrosión con un revestimiento que no se dañe ya que las raspaduras pueden acortar la vida útil de la instalación. Si se produce algún daño, el revestimiento puede repararse utilizando materiales especialmente calificados.

5.8.2.5 Empalmes de Cables Marítimos

Para poder empalmar cables en el taller o a bordo de un buque de colocación o reparación de cables submarinos, es necesario emplear un proceso de conexión que asegure la continuidad tanto la transmisión como la energía eléctrica, asegurándose a la vez que se mantenga la integridad mecánica del cable. La caja de empalmes conecta mecánicamente dos extremos de cables, mientras que a la vez contiene los empalmes de fibras ópticas. La estructura de la caja es capaz de resistir las altas presiones de los fondos marinos, transmitiendo a la vez potencia entre los cables.

5.9 Plan de instalación

En siguiente Tabla 5-1 se da una proyección del Plan de Trabajo del Cable Panamericano:

NOMBRE DEL PROCESO	TIEMPO DE DURACIÓN EN DÍAS (d)	FECHA DE INICIO	FECHA APROXIMADA DE TERMINO
Sistema del Cable Panamericano	703	12/5/96	11/8/98
Periodo de preparación de la Estación Terminal	274	2/23/97	11/24/97
Periodo de Preparación de la ruta del conductor	253	2/24/97	11/4/97
Instalación terrestre en Panamá. Ruta 1	180	12/31/97	6/29/98
Instalación terrestre en Panamá. Ruta 2	180	3/31/98	9/27/98
Instalación de la Estación Terminal (TSE)	291	8/12/97	5/30/98
Instalación de la TSE en las Playas del	139	8/14/97	12/31/97

NOMBRE DEL PROCESO	TIEMPO DE DURACIÓN EN DÍAS (d)	FECHA DE INICIO	FECHA APROXIMADA DE TERMINO
Caribe			
Instalación de la TSE en las Playas del Pacífico	170	9/24/97	3/13/98
Instalación Marina	174	12/17/97	6/9/98
Instalación en los Segmentos del Caribe	116	1/3/98	4/29/98
Instalación en los Segmentos del Pacífico	108	1/16/98	5/4/98

Tabla 5-1 Cronograma de la Instalación

6. Mantenimiento del Sistema

6.1 General

Con la evolución de las redes, se deben tomar precauciones para el mantenimiento de la red, y para que los equipos de prueba puedan adaptarse al desarrollo de la red, cumpliendo las normas actuales de la UIT-T, de modo que estén preparados para las redes del futuro.

La SDH ha sido diseñada para transportar todas las señales ya existente o nuevas, tanto europeas como norteamericana, desde 2Mb/s hasta ATM. Tiene una arquitectura de niveles o capas, y cada uno de estos niveles requiere pruebas específicas.

En primer lugar deben probarse las señales tributarias con el fin de ver si se pueden ser transportadas a través de una red SDH y entregadas sin errores a su destino. Estas pruebas incluyen:

Verificación de que las señales tributarias pueden proyectarse dentro y fuera del portador síncrono en los límites de la isla SDH; y,

Pruebas para ver que los elementos de la red (NEs) intermedios procesen correctamente las partes de la señal SDH que contiene la información de los tributarios.

La siguiente categoría de prueba verifica que la red reaccione correctamente a las anomalías de sincronización, sin perder datos o generar "jitter" de salida en exceso.

La estructura compleja de las funciones de supervisión y mantenimiento, requiere de pruebas a numerosos elementos, que van desde la trama hasta la temporización de alarmas y conmutación de protección. Algunas pruebas deben ejecutarse durante la fase de diseño, o como parte de las pruebas de aceptación; otras deben hacerse en la instalación o en los procedimientos de pruebas para localización de fallas.

La señal de una red contiene funciones integradas de mantenimiento muy poderosas:

- La Sección Regeneradora (RS) es la unidad de mantenimiento, situada entre los puntos donde ocurre trama. Es muy importante en la localización de fallas.

- La Sección Multiplexora (MS), constituye el segmento entre nodos de la red; es decir, donde tiene lugar el multiplexaje, la interconexión, la conmutación de protección y la sincronización. Es muy importante en el control de la red.

- El último segmento es la trayectoria o segmento de la red desde el que una señal tributaria se proyecta en la red SDH hasta donde el tributario se convierte en una señal plesiócrona. Estas trayectorias son elementos relacionados con los tributarios y tienen gran importancia en el mantenimiento de los servicios que se brindan.

Para que el mantenimiento pueda realizarse se planifica un mantenimiento preventivo y otro correctivo.

El mantenimiento preventivo se lo lleva acabo de acuerdo a la localización de fallas y alarmas, el mantenimiento correctivo se lo realiza de acuerdo a las reparaciones permitidas durante el tiempo de vida del sistema

6.1.1 Mantenimiento Preventivo

6.1.1.1 General

Las secciones de línea digital deberán detectar condiciones de fallas y llevar a cabo las consiguientes acciones conforme a las Rec. G.783 (*Características de los bloques funcionales de los equipos de la jerarquía digital síncrona*) de la UIT-T y las tablas 5/G.783 para señales de 155.520 Kbit/s (Y, si es aplicable, señales de 622 Mbit/s) y G.921(*Secciones digitales basadas en la jerarquía de 2.048 Kbit/s*) Párrafo 1.4 y tabla 4/G.921 para señales de 139.264 Kbit/s, y todos los requerimientos establecidos en las Especificaciones Técnicas.

6.1.1.2 Tasa de errores del Equipo de Transmisión Terminal

El equipo de transmisión terminal deberá proveer la indicación de la tasa de Bloques Errados (o tasa de errores, según sea aplicable) de cada DLS y dará una alarma cuando éstos excedan los límites predeterminados. Se requieren dos niveles de alarmas, inmediata y retrasada, las cuales tendrán límites ajustables.

Como mínimo, la alarma inmediata deberá ser ajustable para 1×10^{-3} , 1×10^{-4} .

Como mínimo, la alarma retrasada deberá ser ajustable para valores de 1×10^{-5} , 1×10^{-4} , 1×10^{-7} .

La Señal de Indicador de Alarma (AIS) deberá ser aplicada, bajo las circunstancias establecidas en las Rec. G.783 y G.921 de la UIT-T.

La AIS deberá ser removida y el tráfico restaurado cuando la razón de errores de la DLS halla caído a 1/100 del límite de la alarma inmediata.

Al aplicar AIS, para cualquiera de las condiciones de falla donde sea necesario, ésta será insertada/removida de forma tal que los transcientes de fase en la señal digital del tributario de salida sean minimizados y que la operación libre de errores sea establecida tan pronto como sea posible luego de remover la AIS.

6.1.1.3 Operación de la Sección de Línea Digital

Cada equipo de transmisión terminal proveerá salidas adecuadas para medir los parámetro de conducta que se especifican el funcionamiento de línea digital. Como un mínimo, deberá incluir mediciones de errores del Sistema de línea (cada error detectado en la tasa de línea deberá aparecer como un pulso en el puerto apropiado) e indicaciones de pérdida de energía de salida en el tributario y presencia de la AIS en la salida de tributario. Indicadores visuales apropiados deberán ser provistos; en adición, estas indicaciones deberán ser extendidas a salida protegidas seleccionables para registro externo y/o grabación. En adición, cada alarma de estación terminal deberá ser extendida a una salida con búfer separada de emergencia que pueda ser conectada a equipos de registro o grabación adecuados para casos adicionales que considere el comprador en el futuro.

Deberá ser posible desplegar (en pantalla) en cada Equipo de Estación Terminal las siguientes condiciones monitoreadas en el Equipo de Estación Terminal distante:

Lado del Transmisor

Pérdida de la señal tributaria de llegada

Niveles de alarmas inmediatas BER

AIS

Lado del Receptor

Pérdida de la señal de línea de llegada

Pérdida de la alineación del cuadro

Fallas en la alimentación de potencia

6.1.1.4 Operación del Sistema de Mantenimiento

El sistema deberá incluir las facilidades para localización de fallas y monitoreo de operación remota y local. Estas facilidades proporcionarán la suficiente información para posibilitar el mantenimiento preventivo, particularmente si se proporciona redundancia conmutable.

Dichas facilidades deberán por lo menos:

- 1) Habilitar la determinación de la localización de una falla en cada DLS dentro de una sección repetidora energizada desde sus estaciones terminales, operando independientemente o en coordinación. El sistema deberá ser capaz de localizar todas las fallas difíciles y todas las fallas intermitentes de cualquier duración y frecuencia que causen que el sistema falle, cumpliendo los requerimientos de operación de DLS. Con la excepción del caso de múltiples fallas, las cuales deberán ser identificadas como tales, pero donde se aceptará la ambigüedad en su localización.
- 2) Indicar la posible falla de cualquier sección, así se podrán tomar las medidas preventivas adecuadas.
- 3) Indicar la posible falla de cualquier componente redundante conmutable o sub-ensamblaje en las repetidoras, así se podrán tomar las medidas preventivas adecuadas. Esta característica será relevante sobre todo al monitorear parámetros de caractericen un límite de operación.
- 4) Habilitar la operación controlada remota de conmutación de redundancia.

Para mantener los requerimientos de los ítems mencionados se requiere que la DLS sea mantenida en servicio y que la operación del Controlador del Mantenimiento mantenga el sistema cumpliendo como se ha especificado.

Donde se use redundancia, ésta deberá ser controlada desde la estación terminal autorizada y deberá ser reversible. Donde se use conmutación automática de redundancia, ésta deberá ser capaz obedecer el control manual.

Se debe tomar en consideración la confiabilidad de los dispositivos usados para controlar la conmutación de los componentes duplicados y el impacto de la conmutación en la conducta de error de la línea digital.

6.1.2 Mantenimiento Correctivo

Con el propósito de asegurar el mantenimiento del sistema durante su Vida, éste diseño deberá permitir, como mínimo, las siguientes reparaciones:

1) Sección de Tierra:

- Dos reparaciones, cada una requiriendo 2 juntas de cable

2) Aguas superficiales entre 0 y -30 metros

- reemplazos completos desde nivel de la orilla hasta -20 metros (cada una requiere una junta de cable) más 1 reparación de cable entre -20 y -30 metros (requiriendo 2 juntas de cable)

3) Aguas superficiales entre -30 y -1.000 metros

- Cuatro reparaciones de cable, cada una requiriendo 2 juntas de cable mas una longitud de cable añadido de 2,5 km.

4) Aguas profundas

- reparaciones de cable, cada una requiriendo 2 juntas de cable mas una longitud de cable añadido de 5 veces la profundidad de agua máxima de la ruta, y
- sustituciones de repetidoras, cada una requiriendo 4 juntas de cable mas una longitud de cable añadido de 2,5 veces la profundidad de agua máxima de la ruta.

Para propósito de cálculos de reparaciones permitidas, y subsecuentemente, para su inclusión en el Presupuesto de Potencia del Sistema Optico, cada junta de cable y empalme de fibra añadirá una atenuación de 0,1 dB.

Se deben proporcionar los medios adecuados para verificar la calidad de las reparaciones llevadas a cabo, con el propósito de evitar posibles reparaciones futuras debidas a algún margen inadecuado en el segmento o insuficiente confiabilidad mecánica de la junta de cable.

6.2 Sistema de mantenimiento del cable y planta sumergible

6.2.1 General

Los medios por los cuales se localizan las fallas y roturas en la planta sumergible y el cable incluyen.

- 1) Falla en el amplificador;
- 2) Falla en la unidad de salto;
- 3) Rotura en una fibra individual (resto del cable intacto);
- 4) Rotura completa del cable (conductor de potencia sellado, expuesto, o expuesto a través de una alta resistencia al agua de mar);

La característica corriente/voltaje de los cables para localización de fallas D.C. y electrodo de baja frecuencia debe ser provista. Adicionalmente, se deben proporcionar las características de capacitancia del conductor de potencia al agua de mar.

Se describe la capacidad de respuesta del cable, incluyendo el efecto de los amplificadores, a pruebas convencionales de eco de pulso para dos conductores, si

son aplicables. Además se describe la respuesta del cable de fibra óptica a las pruebas de reflectometría óptica en el dominio del tiempo (incluyendo la velocidad de propagación y la pérdida nominal a longitudes de ondas de 1.3 y 1.5 micrones)

6.2.2 Localización de fallas

En la sección que va desde la unidad de salto o la primera repetidora a la estación terminal, el sistema deberá permitir la localización de una rotura total del cable y roturas de fibras ópticas desde la estación terminal. La exactitud requerida deberá ser mejor que 10 metros.

Para roturas completas de cable, roturas de fibras ópticas, el procedimiento debe permitir localizar fallas con una exactitud de 100 metros.

Para otras secciones repetidoras, es requerido que se logre una exactitud mejor que 0.5 km sobre toda la plataforma continental y áreas inclinadas para roturas completas de cable cuando sea localizadas desde la estación terminal; la exactitud de localización requerida en áreas de aguas profundas deberá ser dependiente de la técnica de reparación propuesta, pero se deberá considerar inicialmente una exactitud mejor que 5,0 km cuando la localización se realice desde la estación terminal.

Una vez localizada, la exactitud durante la reparación deberá ser mejor que 0.1 km.

6.2.3 Electrodozido

Se usa un sistema de empleo de un tono electrodozido de baja frecuencia (dentro del rango de 4 - 50 Hz) para seguimiento de cable y localización de fallas bajo el mar.

La descripción incluirá:

- 1) El método real de inyección del tono en el sistema deberá impedir el uso de una señal de 4 - 50 Hz;
- 2) Las características frecuencia/distancia, (esto es, la distancia desde la estación terminal como función de la frecuencia para lograr una fuerza de campo dada a un nivel de corriente inyectado fijo);
- 3) La atenuación de la planta sumergible sobre el rango de frecuencias de 4 - 50 Hz;
- 4) El máximo nivel posible de corriente aplicado tanto en servicio como fuera de servicio.

6.3 Puntos de Prueba para Mantenimiento y Medición del Equipo de Transmisión Terminal TTE

Se deben proveer los jacks conectores para puntos de prueba para mantenimiento y medición, registro y localización de fallas del TTE (equipo de transmisión terminal) con el propósito de llevar a acabo pruebas de instalación y mantenimiento. En particular, se debe proveer un punto de prueba en el lugar apropiado del receptor óptico para permitir la representación del diagrama de vista de la señal transmitida.

Los puntos de prueba y jacks deben ser accesibles desde la cara frontal del TTE. La conexión de cualquier impedancia incluyendo un corto circuito a un punto de prueba o monitoreo no debe afectar el funcionamiento del sistema.

Con respecto a la conexión del equipo de prueba a los puntos de conexión y jacks, se deberá cumplir con las especificaciones y regulaciones de seguridad del país donde se instale el TSE.

6.4 Localización de falla del Equipo de Alimentación de Potencia PFE y Caja Terminal de Cables CTB

El PFE deberá incorporar facilidades para alarmas sonoras y visuales tanto para monitorear su funcionamiento como para iniciar las alarmas de la estación según sea necesario.

Todas las alarmas deberán ser capaces de ser probadas con el PFE en servicio y sin causar disturbio alguno al sistema de transmisión o dejar al sistema desprotegido.

Se especificará todas las facilidades de alarmas proporcionadas por el equipo y qué acción es iniciada por cada alarma.

6.4.1 Protecciones Seguras

El diseño de PFE debe minimizar el uso de materiales inflamables, y permitir, en caso de fuego, el rápido acceso a todos los compartimientos del PFE mediante un procedimiento de emergencia sin realizar todos los procedimientos de acceso al equipo.

El PFE deberá incluir una facilidad tipo botonera, con extensión remota, por medio de la cual se pueda desenergizar el sistema por personal no técnico, en caso que el conductor de potencia se enclave a tierra.

Estas facilidades de botoneras deben estar mecánicamente protegidas contra operación involuntaria.

Mas aún, el PFE deberá tener accesos sellados de forma que permita la extinción de cualquier incendio mediante el uso de un sistema de extinción automático.

El diseño del PFE y del CTB deberá asegurar que no puedan ser aplicados sobrevoltajes o sobrecorrientes a la planta sumergible en ningún momento durante las condiciones de operación normal o bajo condiciones de falla.

Además el diseño del PFE y del CTB deberá asegurar que, para toda configuración de PFE posible, y tomando en cuenta las diferencias de potenciales de tierra, el TSE y la planta sumergible estén completamente protegidos en los siguientes eventos:

- a) Falla en el cable en cualquier punto del sistema
- b) Un rayo repentino o cualquier otro fenómeno natural, ej. tormentas magnéticas, en o cerca a cualquier estación terminal.
- c) Una diferencia de potencial fuera de límites entre la Tierra del Sistema de Mar y la Tierra de la Estación Terminal

6.5 Localización de falla del Equipo de Estación Terminal TSE

6.5.1 Alarmas seleccionadas

El sistema de alarma del TSE proporciona supervisión al TSE, detecta y localiza unidades TSE fallosas .

El TSE deberá señalar las alarmas seleccionadas a ambas estaciones terminales de cada sub-sistema. Como un mínimo las alarmas seleccionadas deben ser como sigue:

- a) Ausencia de Señal Tributaria en la Interface de Entrada de 155.520 kBit/s (ó 139.264 kBit/s);
- b) Pérdida o degradación de las señal de salida transmitida hacia la línea;

- c) Ausencia de la Señal de Línea Digital recibida;
- d) Pérdida de la Alineación de Cuadro de la Señal de Línea Digital Recibida;
- e) Alarmas de violación de Bit Interleaved Parity (BIP) de la Señal de Línea Digital recibida a 155.520 kBit/s, según sea aplicable (alarma pedida: 10^{-3} , ajustable a 10^{-4} , alarma retrasada: 10^{-6} , ajustable a 10^{-5} y 10^{-7});
- f) Alarmas de Tasa de Errores de Paridad (PER) de la Señal de Línea Digital recibida a 139.264 kBit/s (alarma pedida: 10^{-3} , ajustable a 10^{-4} , alarma retrasada: 10^{-6} , ajustable a 10^{-5} y 10^{-7});
- g) Señal de indicador de alarma AIS
- h) Indicación de alarma desde la Estación Terminal remota;
- i) Degradación del láser;
- j) Falla en la Alimentación de Potencia.

6.5.2 Extensión de Alarma

Para todas las alarmas seleccionadas y no seleccionadas, el TSE debe proveer las facilidades para cualquier posible extensión de estas alarmas hasta una localidad remota.

Todas las alarmas PFE deben ser extensibles hasta una localización remota sin la necesidad de acceso interno al PFE.

6.5.3 Requerimientos de alarmas.

Los detectores de alarmas deben ser localizados tan cerca como sea posible a la función bajo control con el propósito de evitar ambigüedad con cualquier otra posible falla del terminal.

Existirán terminales para conectar las señales de "Prompt alarm" (alarma inmediata), "Deferred alarm" (alarma retrasada) y "Receiving Attention" (recibiendo atención) al sistema de alarma de la estación.

Las condiciones de inserción/remoción de la Señal de Indicación de Alarma (AIS), contenido binario y tasa de bits deberán estar en concordancia con las Rec. G.921 par. 1.4.2 y 1.4.3 de la UIT-T.

6.5.4 Acción consiguiente a una detección de falla

Posterior a la detección de una condición de falla, al menos las siguientes acciones apropiadas deben ser tomadas:

- a) Conmutación de la alarma recapitulativa en el rack relevante;
- b) Transmisión de una indicación de alarma a la terminal remota;
- c) Transmisión de la alarma al panel de alarmas de la estación (alarma visual y de audio), acorde a los procedimientos acordados.
- d) Inserción de una Señal de Indicación de Alarma (AIS) . Esta señal debe ser preferentemente insertada después de un tiempo cercano a 1 ms desde la detección de la anomalía en el lado transmisor, y luego de un tiempo de no más de 100 ms desde la detección de la anomalía en el lado receptor. Sin embargo, el tiempo de inserción debe conformar la Rec. G.921 de la UIT-T. El AIS debe ser removido cuando la alarma que cause la inserción del AIS desaparezca.

6.6 Equipos de Medición

6.6.1 Equipo requerido

El equipo requerido para posibilitar la capacidad de localización de fallas proporcionada como parte integral del Equipo de Estación Terminal, tal como el Controlador de Mantenimiento; este equipo incluye:

- 1) Reflectómetro óptico en dominio de tiempo OTDR;
- 2) Equipo externo generador de electrodizado de baja frecuencia;
- 3) Medidor telúrico (medidor de tierra);
- 4) Medidor de aislamiento de cable (Megómetro)
- 5) Equipo de pruebas A.C., D.C. (aislamiento, resistencia, capacitancia);
- 6) Un equipo/herramientas completas para juntas y empalmes de cable de tierra, para cada estación terminal.
- 7) Un equipo de herramientas/equipos a ser usados a bordo del barco(s) de cable durante una reparación.

Continuación daremos una breve explicación de los equipos más importantes.

6.6.1.1 Uso del OTDR o Reflectómetro.

Las roturas, la atenuación excesiva y la reflectancia pueden causar problemas que van desde un mal desempeño hasta la ausencia total de señal. Fallas como éstas

pueden localizarse con pruebas sencillas, por medio de un medidor de potencia óptica o un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo, en la FIG. # 6-1 podemos apreciar un OTDR.

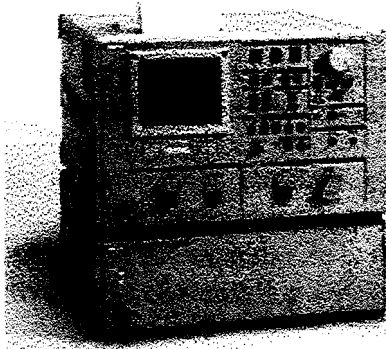


FIG. # 6-1 Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR)

El OTDR es la herramienta más importante para la instalación y el mantenimiento de los cables de fibra óptica. Permite medir todo el enlace desde un sólo terminal. Este equipo genera pulsos de luz, con una fuente láser, que se transmiten por la fibra con frecuencia, potencia y duración seleccionable por el usuario. Estas señales regresan al OTDR debido a las características de la fibra y del enlace. La señal de retorno recibida a través de un acoplador se convierte en señal eléctrica para ser analizada y graficada en la pantalla del OTDR.

El OTDR mide la señal de retorno en función del tiempo. Los valores de tiempo son multiplicados por la velocidad de la luz en la fibra y de este modo se calcula la distancia a la que se encuentra una rotura de fibra, por ejemplo. De este modo, el OTDR muestra los valores de potencia relativa de la señal reflejada en función de la distancia. Con esta información las características más importantes del enlace pueden ser determinadas:

- ☞ **Distancia:** ubicación de empalmes, conexiones, extremo remoto, roturas y otras características de la fibra.
- ☞ **Pérdidas:** tales como la pérdida de un empalme individual o la pérdida total de extremo-extremo del enlace.
- ☞ **Atenuación:** de la fibra en todo el enlace.
- ☞ **Reflexión:** la magnitud de la reflexión o pérdida de retorno de un evento (conector).
- ☞ **Backscatter:** es una pequeña parte del efecto de dispersión de Rayleigh intrínseco a la fibra, que retorna al OTDR.

- ☞ **Eventos no reflectivos:** como empalmes de fusión y curvaturas de la fibra, que causan pérdidas pero no reflexión. Aunque se muestran igual en la forma en el display del OTDR, puede ser determinada su ubicación y medida su atenuación .
- ☞ **Eventos reflectivos:** como empalmes mecánicos, conectores y roturas que causan pérdidas y reflexión. Se muestran de igual forma en el OTDR, pero pueden ser determinadas sus ubicaciones y atenuaciones.
- ☞ **Extremo de la fibra:** puede terminar en un corte perpendicular reflectivo o un corte para rotura irregular, no reflectivo. En este caso se determina la ubicación del extremo de la fibra y la características del extremo (reflectivo o no reflectivo).

Un OTDR envía un pulso de luz y luego mide el nivel de luz que se refleja de vuelta. El OTDR utiliza el tiempo que lleva la reflexión junto con el índice de refracción de la fibra para calcular la posición de la fuente de reflexión. La magnitud de la reflexión se usa para calcular la pérdida. El índice de refracción de la fibra se programa en el OTDR durante el arreglo de la máquina.

Cada OTDR tiene un método ligeramente distinto de funcionamiento y debe hacerse referencia al manual del usuario para las atenuaciones específicas. En principio, el funcionamiento consiste en lo que se indica a continuación:

- Un amortiguador de fibra se empalma en el OTDR y la fibra sometida a ensayo. Esto se usa para aislar las partes asociadas con la conexión óptica de la máquina a la fibra y para proporcionar un trazado clara de la fibra sometida a ensayo. El amortiguador normalmente tiene alrededor de 500 a 1.000 metros de longitud y es de la misma fibra que aquella sometida a ensayo, o similar.
- El ajuste de la longitud de onda se adapta a la longitud de onda que será utilizada en sistema de cable. Por lo general se fija en 1.550 nm. Hay muchas máquinas que no son adaptables y la longitud de onda debe especificarse en el momento de la compra.
- Se adapta el ajuste del cálculo del término medio al objetivo del ensayo. Debe hacerse referencia al manual del usuario para este ajuste.
- Se ajusta el índice de refracción conforme a aquél de la fibra.
- Se ajusta entonces el alcance conforme a la longitud de la fibra. Si alcance que se selecciona no corresponde a la longitud de la fibra. Los resultados pueden conducir a error.
- Se ajusta la amplitud del pulso. Un pulso largo se usa para fibras más largas pero la resolución de las partes de la fibra cercanas al OTDR no es buena. Un pulso corto se utiliza para fibras más cortas o para las partes cercanas a la máquina.

- Se inicia entonces la adquisición de datos de trazado.
- Cuando se finaliza la adquisición aparece un trazado en una pantalla.

6.6.1.1.1 Interpretación de los trazados del OTDR o Reflectómetro.

Se analizan las partes en el trazado para pérdida y posición. Se ubica un cursor en cada parte y se lo utiliza para leer la distancia hasta la parte y pérdida resultante. La forma de la reflexión también indica el tipo de parte. Algunos OTDR tienen un modo que permite la magnificación del trazado en el área de la parte y ello es una gran ayuda para la interpretación de los resultados.

También en la pantalla por lo general aparece la distancia desde el OTDR al extremo de la fibra y la pérdida total y la pérdida por kilómetro. La longitud de la fibra se obtiene substrayendo la longitud del amortiguador de la longitud total indicada.

6.6.1.2 Equipo para Seguimiento de Cable/Electrodizado

- 1) El Equipo de Estación Terminal deberá incluir un oscilador altamente estable capaz de inyectar en el cable una señal de seguimiento de cable/electrodizado que haga posible localizar la posición del cable, enterrado o no, por los barcos, sumergibles y buzos (detectores de mano).
- 2) La frecuencia del oscilador deberá ser ajustable entre 4 y 50 Hz. El nivel de la señal inyectada deberá ser ajustable y será tal que se puedan alcanzar al menos 10 mA (rms) a distancias de al menos 300 km de la playa a 25 Hz con el cable en servicio, sin exceder los requerimientos de la conducta de errores. Se podrán alcanzar distancias de al menos 500 km a cualquier frecuencia entre 15 y 25 Hz con el cable fuera de servicio permitiendo que el sistema sea energizado hasta ese rango.
- 3) Se establecerá la máxima corriente de electrodozido que puede ser aplicada al sistema tanto en servicio, sin degradación del tráfico, como fuera de servicio.
- 4) Ninguna característica del diseño del sistema deberá inhibir la localización del cable a través de la aplicación de señales electrodozadas.
- 5) Cualquier figura y valor de referencia, requerido para llevar a cabo los procedimientos de localización, deberán ser medidos en la Aceptación Provisional y serán incluidos en el Manual de Aceptación del Sistema.

6.6.1.3 Uso del megómetro.

El megómetro funciona a 500 voltios y se deben tomar precauciones necesarios cuando se utilice este instrumento a fin de evitar daños. Ambos extremos del cable deben ser aislados y deben colocarse barreras y señales de

advertencia a fin de asegurar que los transeúntes no toquen el cable vivo o cargado. El ensayo se realiza desde un extremo del cable y el otro extremo debe estar preparado de modo tal que el conductor compuesto y el alambre principal estén aislados uno de otro y de la pantalla del cable.

Se conecta al megómetro entre el conductor compuesto y la pantalla del cable. Se enciende el megómetro y pasado un corto tiempo se carga el cable y la medición se estabiliza. Se registra el resultado.

6.6.1.3.1 Interpretación de los resultados del megómetro.

Lo altos porcentajes de humedad a menudo hacen que se obtengan una lectura de resistencia baja en el instrumento. Los ensayos deben de realizarse cuando haya menos del 70% de humedad relativa.

La resistencia de la aislación se calcula multiplicando la longitud del cable en kilómetros y la resistencia medida. El resultado se compara entonces con la especificación del cable.

6.6.2 Cordones y conectores

Los equipos de prueba y mantenimiento del cable sumergible y de tierra están proporcionados con los apropiados cordones y conectores necesarios para conectar los equipos respectivos a las Terminaciones de Cables del Sistema, puntos de prueba o fuentes primarias A.C., D.C. estándar de la Estación Terminal.

CONCLUSIONES

El futuro de las comunicaciones ópticas es el futuro de los sistemas de gran capacidad y de grandes distancias.

Los resultados son niveles estandarizados de transmisión de 2,5 Gbps y se presume que el próximo nivel será de 10 Gbps.

Se hacen grandes investigaciones para aprovechar los inmensos anchos de banda ahora disponibles en la fibra y para lograr distancias cada vez mayores mejorando los métodos de modulación e investigando nuevos componentes y circuitos. Un enlace de 10 GBps corresponde a 120.000 canales telefónicos y con los métodos en investigación un múltiplo significativo de esta cifra podrá transmitirse simultáneamente.

El sistema del Cable Panamericano, tendrá la posibilidad de transportar grandes volúmenes de información con gran confiabilidad y alta calidad para servicios internacionales de voz, datos e imágenes.

Será un medio que contribuirá efectivamente a la conformación de las autopistas de información, a los procesos de integración y al desarrollo de los diferentes países involucrados.

Las generaciones previas de sistemas de cable consistían principalmente en sistemas punto a punto, con sistema de mantenimiento dedicados y exclusivos para planta y el equipo de la terminal submarinas. Los sistemas de cable SDH modernos se están volviendo más tipo red, es decir, estructuralmente más complejos.

La parte esencial del mantenimiento es la "interface Q" externa conectada a la red flexible de comunicación de datos que permite que la supervisión y el control sean llevados a cabo desde virtualmente cualquier planeta. La interface Q utiliza los dispositivos de interconexión de Sistemas Abiertos (OSI) y las series de protocolos predefinidos con varios objetos registrado manejados por SDH.

La nueva generación de sistemas submarinos está implementada con tecnología de amplificadores ópticos, lo que ofrece una amplia gama de posibilidades, niveles de calidad y confiabilidad a niveles sin precedentes y la posibilidad de mejorar, es decir de aumentar la capacidad de transmisión gracias al cambio del equipo de la terminal solamente. Para las aplicaciones que varían desde distancias cortas, con conexión sin repetidores, hasta las transoceánica, esta

tecnología brinda una plataforma económica, versátil y efectiva para construir la red de comunicaciones mundiales.

El tendido de cables en el lecho submarino es una de las actividades más delicadas. Se debe situar exactamente los barcos que realizan la instalación y para esto se requiere usar los sistemas de posicionamiento global diferenciados (DGPS). Para esta instalación fue necesaria, para el posicionamiento inicial de cables, la ayuda de buzos expertos.

La red de fibra óptica terrestre en el proceso de crecimiento del país y la ampliación de servicios telefónicos se definió como uno de los principales objetivos para la ampliación de la red de transmisión, tomando varias acciones entre ellas la de culminación en breve plazo la construcción de la red de fibra óptica terrestre, la infraestructura básica de los servicios nacionales y se conecta con las redes de los países participantes.

Para la Interconexión Sección Ecuador se necesitó:

- ▣ La modificación de las dimensiones de los Pozos (P1 y P22) para permitir realizar los empalmes del cable de fibra óptica, de la ruta que va desde la playa de Punta Carnero (Puerto Aguaje) hasta la Central Telefónica de Salinas II (Salinas).
- ▣ La construcción de un Pozo especial “Cámara de Amarre” P43A, ubicado en Puerto Aguaje dentro de la zona de playa a 200 metros del mar. Aquí se realizará el empalme entre el cable submarino y el cable terrestre, por lo que dicho pozo tendrá dos ductos: Uno de 6 pulgadas para el cable de fibra óptica submarino, y otro de 4 pulgadas para el cable de fibra óptica terrestre.
- ▣ Para la conexión entre las ciudades de Salinas y Guayaquil, se ha considerado utilizar cable canalizado ó enterrado directamente en el suelo.
- ▣ En el segundo piso de la Central Telefónica de Salinas II se hará un local, en el que se realizarán adecuaciones para la instalación de los nuevos equipos del Proyecto Panamericano.

El poder ser participante de este gran proyecto nos da la opción de tener comunicación con el resto del mundo por medio de la interconexión con los sistemas América I y Columbus II.

El Columbus II tiene una extensión de 12.199 km y completa el cable Américas I para curzar el tráfico a Europa. Por su parte el Américas I nos unirá con Norteamérica, el Caribe y Sudamérica.

GLOSARIO

ADM :	Multiplexor de Extracción/Inserción
ADM-16 :	Equipo Multiplexor de Inserción/Extracción (2.5 GB/S)
AIS :	Señal de Indicado de Alarma
ATM :	Módulo de Transferencia Asíncrona
AU :	Unidad de Administración
AUG :	Grupo de Unidad de Administración
BAS :	Peritaje de Tolerancia del Enterramiento
BBER :	Relación de Error de Bloque de Fondo
BER :	Razón de Error de Bit
BIP :	Bit de Paridad
BU :	Unidad de Bifurcación
CITT :	Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico
CL :	Cable Terrestre
CMI :	Code Mark Inversion
Cn :	Contenedor
CTB :	Caja Terminal de Cable
DA :	Cable de Armadura Doble
DLS :	Sección de Línea Digital
DXC :	Sistema de Transconexión Digital
EA :	Equipo de Acceso Externo
ES :	Segundos con Error
ESR :	Relación de Segundo con Error
ETR :	Estación de Trabajo Remota
FBS :	Fuerza de Ruptura de Cable
ITM-SC :	Equipo Terminal Centralizado
LNC :	Reloj de Nodo Local
LTEM :	Manejador del Equipo Terminal
LTM :	Equipo Terminal de Línea
LW :	Cable de Aguas Profundas
LWP :	Cable Protegido Liviano
MC :	Controlador de Mantenimiento
ME :	Equipo Multiplexor
MEM :	Manejador del Equipo Multiplexor
MLI :	Interfaces de Línea Multiplexada
NMS :	Sistema de Manejo de Red

NNI :	Interface de Nodo de Red
NOTS :	Fuerza Tensil Operativa Nominal
NPTS :	Fuerza Tensil Permanente Nominal
NTTS :	Fuerza Tensil Transciente Nominal
NUTS :	Fuerza Tensil Ultima Nominal
OSI :	Interconexión de Sistemas Abiertos
OTDR :	Reflectómetro Optico en el Dominio del Tiempo
OW :	Canal de Servicio
PDH :	Jerarquía Digital Plesiócrona
PFE :	Equipo de Alimentación de Energía
PLB :	Enterramiento Postendido
POH :	Tara de Trayecto
PRC :	Reloj de Referencia Primaria
PSTN :	Red Telefónica Conmutada Pública
Q-LAN :	Red de Area Local
RA :	Cable de Armadura de Roca
RDI :	Red Digital Integrada
RDSI:	Redes Digital de Servicios Integrados
ROV :	Vehículo Sumergible
RS:	Sección Regeneradora
RSOH :	Tara de Sección de Regeneración
SA :	Cable Blindado Simple
SDH :	Jerarquía Digital Síncrona
SES :	Segundos con Errores Severos
SESR :	Relación de Segundo con Errores Severos
SLI :	Interfaces de Línea Submarina
SM :	Multiplexor Síncrono
SOH :	Tara de Sección de la trama SDH
STM :	Módulo de Transferencia Sincrónica
STM-1 :	Primer Nivel de la Jerarquía Digital Síncrona (155 MB/S)
STM-16 :	Tercer Nivel de la Jerarquía Digital Síncrona (2.5 GB/S)
TNC :	Reloj Nodal de Tránsito
TR :	Tributario
TSE :	Equipo de Estación Terminal
TSG :	Generadores de Fuentes de Sincronización
TTE :	Equipo de Transmisión Terminal
TU :	Unidad de Tributario
TUG :	Grupo de Unidad de Tributario
UIT-T :	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UTC :	Tiempo Coordinado Universal
VCn:	Contenedor virtual
WDM :	Multiplexaje por División de Longitud de Onda



Biblioteca Central

Indice de Tablas

TABLA 1-1 EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS SUBMARINOS	2
TABLA 1-2 OPERADORES EN EL CABLE PANAMERICANO	9
TABLA 2-1 VELOCIDADES DE MULTIPLEXACIÓN DE LA JERARQUÍA DIGITAL PLESIÓCRONA	19
TABLA 2-2 VELOCIDADES BINARIAS JERÁRQUICAS SDH	23
TABLA 2-3 OBJETIVOS DE DESEMPEÑO DE LAS TRANSMISIONES PARA UNA SECCIÓN DE LÍNEA DIGITAL STM-1 DERIVADA DE LA RECOMENDACIÓN G.826 DE UIT-T	27
TABLA 2-4 SEGMENTOS DEL SISTEMA	33
TABLA 2-5 ELEMENTOS DEL SISTEMA	43
TABLA 2-6 PARÁMETROS DE ERROR REC. G.826	44
TABLA 2-7 PARÁMETROS DE ERRORES DE LA REC. G.821	46
TABLA 4-1 DISTANCIAS ENTRE POZOS	94
TABLA 4-2 CUADRO 1/G.957	106
TABLA 4-3 CUADRO 4/G.957	107
TABLA 4-4 FIBRA A UTILIZARSE	111
TABLA 5-1 CRONOGRAMA DE LA INSTALACIÓN	138

Indice de Ilustraciones

FIG. # 1-1 DIAGRAMA FUNCIONAL DEL SISTEMA DE CABLE SUBMARINO..... 3

FIG. # 1-2 SUBMARINO FLOTANTE PARA TENDIDO DEL CABLE 4

FIG. # 1-3 CABLE SUBMARINO PANAMERICANO..... 7

FIG. # 2-1 EJEMPLOS DE ENRUTAMIENTO TELEFÓNICO INTERNACIONAL..... 11

FIG. # 2-2 DISTRIBUCIÓN DE TEMPORIZACIÓN JERÁRQUICA 16

FIG. # 2-3 TEMPORIZACIÓN TRNASMITIDA SOBRE UNA RED PLESIÓCRONA..... 17

FIG. # 2-4 TEMPORIZACIÓN TRANSMITIDA SOBRE UNA RED SDH..... 18

FIG. # 2-5 DISTIRBUCCIÓN DE PRS (TOPOLOGÍA APLANADA)..... 18

FIG. # 2-6 CONEXIÓN DE MALLA 20

FIG. # 2-7 CONEXIÓN EN ESTRELLA 21

FIG. # 2-8 ESTRUCTURA DE TRAMA STM-N..... 23

FIG. # 2-9 UBICACIÓN DE LA NNI 24

FIG. # 2-10 ESTRUCTURA DE MULTIPLEXACIÓN..... 25

FIG. # 2-11 SELECTIVIDAD DE LONGITUD DE ONDA 29

FIG. # 2-12 MULTIPLEXACIÓN WDM..... 29

FIG. # 2-13 EQUIPOS MULTIPLEX DE LONGITUD DE ONDA PARA DOS LONGITUDES DE ONDA λ_1 Y λ_2
 . A)UNIDIRECCIONAL, B)BIDIRECCIONAL..... 30

FIG. # 2-14 EJEMPLO PRÁCTICO DE LOS ACOPLADORES WDM 31

FIG. # 2-15 ACOPLADOR SELECTIVO DE LONGITUD DE ONDA..... 32

FIG. # 2-16 SEGMENTOS DEL DOMINIO DEL CARIBE 34

FIG. # 2-17SEGMENTOS DEL DOMINIO DEL PACÍFICO 35

FIG. # 2-18 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DEL CABLE PANAMERICANO..... 37

FIG. # 2-19 ELEMENTOS DE UN NODO 38

FIG. # 2-20 UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA 40

FIG. # 2-21ELEMENTOS DEL SISTEMA PARA EL PACÍFICO..... 41

FIG. # 2-22 ELEMENTOS DEL SISTEMA PARA EL CARIBE 42

FIG. # 2-23 SINCRONIZACIÓN DEL CABLE PANAMERICANO..... 48

FIG. # 2-24 SISTEMA DE MANEJO DE LA RED 50

FIG. # 2-25 SISTEMA DE MANEJO DE LA RED DE CABLE PANAMERICANO 51

FIG. # 3-1 EQUIPOS DEL SISTEMA DE CABLE PANAMERICANO..... 53

FIG. # 3-2 PFE DE LARGAS DISTANCIAS..... 60

FIG. # 3-3 TIPOS DE CABLES BLINDADOS 74

FIG. # 3-4 GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE EL REPETIDOR Y EL AMPLIFICADOR OPTICO..... 77

FIG. # 3-5 TRABAJO BÁSICO DE UN AMPLIFICADOR OPTICO..... 80

FIG. # 3-6 ESQUEMA DE UN AMPLIFICADOR DE FIBRA DOPADA CON ERBIO 81

FIG. # 3-7 UNIDAD DE BIFURCACIÓN..... 83

FIG. # 4-1 ESQUEMA DE LA INTERCONEXÓN DE LA SECCIÓN ECUADOR 86

FIG. # 4-2 BOSQUEJO DE LA BOCA DE ACCESO A LA CÁMARA DE AMARRE..... 87

FIG. # 4-3 ESQUEMA DE DISEÑO DE LA CÁMARA DE AMARRE O POZO DE EMPALME..... 87

FIG. # 4-4 RUTA TERRESTRE INSTALADA CON POZO DE AMARRE EN PLAYA Y CONDUCTO DEL
 CABLE TERMINAL 88

FIG. # 4-5 TENDIDO DEL CABLE MARINO A PLAYA 89

FIG. # 4-6 CONEXIÓN DEL CABLE MARINO A LA CÁMARA DE AMARRE 89

FIG. # 4-7 PLANO DE UBICACIÓN DE INGRESO DEL CABLE PANAMERICANO..... 91

FIG. # 4-8 DIAGRAMA DE ENLACE..... 92

FIG. # 4-9 DIMENSIONES DE LOS POZOS P1 Y P22 93

FIG. # 4-10 PLANO ESQUEMÁTICO GENERAL DE LA RUTA PUNTA CARNERO-SALINAS II 95

FIG. # 4-11 ESQUEMA DE LA RUTA SALINASII - PUNTA CARNERO..... 96

FIG. # 4-12 PLANO DE UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS DEL PROYECTO PANAMERICANO..... 100

FIG. # 4-13 RUTA DEL CABLE DE FIBRA OPTICA SALINAS II - GUAYAQUIL..... 102

FIG. # 4-14 CONFIGURACIÓN TÉCNICA DE LA INTERCONEXIÓN SALINASII - GUAYAQUIL 118

FIG. # 5-1 PARTES DEL BARCO DE CABLE SUBMARINO..... 129

FIG. # 5-2 MÁQUINA DE FUSIÓN 131

FIG. # 5-3 FIBRA SOLDADA.....132
FIG. # 5-4 FIBRA EMPALMADA CON MANGUITO DE PROTECCIÓN.....132
FIG. # 5-5 PREPARACIÓN DEL CABLE TERRESTRE PARA EMPALMARLO.....134
FIG. # 5-6 EL CABLE LUEGO DE LA PREPARACIÓN INICIAL PARA EL EMPALME.....134
FIG. # 5-7 PREPARACIÓN DEL CABLE DE CONEXIÓN A TIERRA.....134
FIG. # 5-8 CAJA DE EMPALME TERRESTRE.....135
FIG. # 6-1 REFLECTÓMETRO OPTICO EN EL DOMINIO DEL TIEMPO (OTDR).....149

BIBLIOGRAFIA



Carlos Usbeck Wandemberg. Diseño de Fibra Optica



Telecom Solutions. Synchronizing the Rings and Chains of SDH



Cable and Wireless Marine. Planificación de Sistemas Submarinos



WWW.ASETA.ORG.EC. Internet y Biblioteca



SIEMENS. Comunicaciones Opticas: Edición Especial



EMETEL. Bases del Proyecto Sistema de Cable Submarino; Informes Técnico Periódicos del Sistema de Cable Panamericano



ALCATEL. Sistemas Panamericano de Cable. Capacitación sobre Juntas de Cables Terrestre



UIT-T. Recomendaciones



SIEMENS. PLANES Técnicos Fundamentales



ALCATEL. Sistemas Submarinos OAL