



D-18753



T
622.3851
GON
C-2

ESCUELA SUPERIOR POLTTECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingenieria en Electricidad y Computación

**"CONEXIÓN DE LAS CENTRALES DE TRÁNSITO DE LAS CIUDADES DE
GUAYAQUIL Y CUENCA UTILIZANDO FIBRA ÓPTICA"**

TÓPICO DE GRADUACION

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN

ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN ELECTRONICA

Realizado por:

FREDDY GONZÁLEZ SANTOS

CARLOSTAMAYO ORTEGA

WILLIAM TITUANA SOLANO

1998

AGRADECIMIENTO

A DIOS, que estuvo con nosotros en todo momento.

Al Ing. Ernesto Molineros y al Dr. Freddy Villao, bajo cuya dirección ha sido posible la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, mi Padre Eterno, a mis Padres: Felipe Gonzalez y Lastenia Santos, por sus consejos, a mis Hermanos, en especial a Jorge Gonzalez, gracias por todo su apoyo incondicional para poder culminar esta etapa de mi vida, les estare eternamente agradecido.

Freddy Gonzalez

Dedico este trabajo a Dios mi señor, a mi madre que es el amor de Dios reflejado aquí en la tierra, mis hermanos, mi grupo de compañeros politécnicos y a mi novia que es el complemento de mi vida

Carlos Tamayo

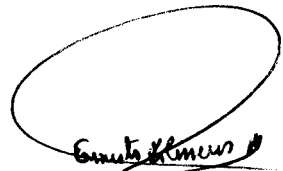
Dedicado a mis Padres por su incondicional amor, a mis Tíos: Alejandro y Galo Solano, que me dieron la oportunidad de estudiar en esta Ciudad. A mis Hermanos y mi Cuñado.

William Tituana


TRIBUNAL DE GRADUACION



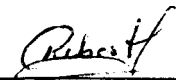
Ing. Armando Altamirano Ch.
PRESIDENTE



Ing. Ernesto Molineros
DIRECTOR DE TÓPICO



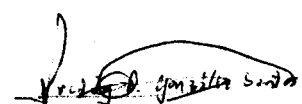
Ing. Washington Medina
VOCAL PRINCIPAL

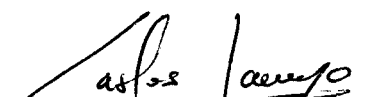



Ing. Rebeca Estrada
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este Trabajo de Topico, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".


Freddy González


Carlos Tamayo


William Tituana

RESUMEN

El presente Proyecto ofrece una alternativa de solución, frente a las limitaciones que presenta la Tecnología que se utiliza actualmente y de acuerdo a la necesidad, así como también al crecimiento de la población se proyecta una estructura basada siempre en mejorar el servicio y calidad brindada a los usuarios de la Red Telefónica, este proyecto a su vez contempla dos fases o etapas para su realización: la primera etapa consiste en el arreglo que se debe tener tanto en la parte legal como en la parte económica de los organismos responsables en el área Eléctrica y de Telecomunicaciones, esto es, entre el Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL) y PACIFICTEL, la segunda fase, que es la que corresponde a este estudio, consiste en el análisis técnico que nos permite realizar la ejecución del proyecto, teniendo como primer punto el tendido de la fibra Óptica en las torres de alta tensión de INECEL, como segundo punto el Canalizado respectivo que llegará a cada una de las Centrales de Tránsito ubicadas en Cuenca y Guayaquil y como tercer punto el montaje de los nuevos equipos Terminales en cada Central.

En el desarrollo de este proyecto, se consideran varios aspectos entre los cuales tenemos:

El contar con un reloj de Sincronización independiente para manejar el anillo Sur que se plantea para el futuro.

La Gestión de los equipos del sistema

CAPITULO I	2
1.1 INTRODUCCION	2
1.2 ESTRUCTURA DE UNA RED TELEFONICA	2
1.2.1 TERMINALES.....	3
1.2.2 ACCESO.....	4
1.2.3 GESTION	5
1.2.4 TRANSPORTE.....	6
1.2.5 SEÑALIZACION.....	6
1.2.6 INTELIGENCIA	7
1.3 MODELOS DE INTERCONEXION	7
1.3.1 RED EN ESTRELLA SIMPLE.....	8
1.3.2 RED MALLA.....	9
1.3.3 RECDMIXTA.....	9
1.4 PLANES TECNICOS FUNDAMENTALES	11
1.4.1 PLAN DE ENRUTAMIENTO.....	12
1.4.2 PLAN DE TRANSMISION	14
1.4.3 PLAN DE SEÑALIZACION	16
1.4.4 PLAN DE SINCRONISMO.....	20
1.4.5 PLAN DE NUMERACION	23
1.4.6 PLAN DE TASACION	24
1.5 RED EXISTENTE	24
CAPITULO II	28
TECNICAS DE TRANSMISION PDH Y SDH	28
2.1 CONVERSION ANALÓGICA A DIGITAL	28
2.2 MULTIPLEXADOY SINCRONIZACIÓN	29
2.3 LA JERARQUÍA DIGITAL PLESIÓCRONA (PDH)	31

2.3.1	BREVE HISTORIA.....	31
2.3.2	PRINCIPIOS DE OPERACIÓN PDH.....	32
2.3.3	ESTÁNDARES PDH	33
2.3.4	LIMITACIONES DE LA JERARQUÍA DIGITAL PLESIÓCRONA (PDH)	34
24	JERARQUÍA DIGITAL SINCRONA- SDH.....	35
2.4.1	ORIGENES DE LA SDH	35
2.4.2	CARACTERÍSTICAS QUE OFRECE.....	36
2.4.3	PRINCIPIOS DE LA JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA	37
2.4.4	ESTRUCTURA BASICA DE SDH	39
2.4.5	CONTENEDOR VIRTUAL (VC).....	40
2.4.6	VELOCIDADES BINARIAS EN SDH.....	40
2.4.7	TÉCNICA DE PUNTEROS.....	41
2.4.8	ESTRUCTURA DE RED	41
2.4.9	EQUIPOS PARA SDH	43
2.4.10	GESTION SDH.....	43
2.4.11	ESTÁNDARES SDH	44
2.4.12	VENTAJAS DE LAS REDES SÍNCRONAS	46
25	INGENIERIA DE REDES SDH	48
2.5.1	RED DE TRANSPORTE.....	48
2.5.2	RED DE GESTION.....	49
2.5.3	RED DE DATOS	52
2.5.4	RED DE SINCRONISMO.....	53
2.5.4.1	ATRIBUTOS CLAVES DE UNA RED DE SINCRONIZACION.....	57
2.6	CALCULO DE TRAFICO	59
CAPITULO III		73
LA FIBRA OPTICA Y LOS DIFERENTES TIPOS DE TENDIDO		73
3.1	LA FIBRA OPTICA	73

3.1.1	RAYOS LUMÍNICOS EN UNA FIBRA GRADUAL	73
3.1.2	PROPAGACIÓN DE ONDAS EN UNA FIBRA MONOMODO	75
3.1.3	COMPARACIÓN ENTRE FIBRAS ÓPTICAS GRADUALES Y MONOMODO.....	77
3.1.4	TÉRMINOS USUALES AL HABLAR DE FIBRAS ÓPTICAS.....	78
3.2	TECNICAS DE MONTAJE DEL CABLE DE FIBRA OPTICA	80
3.2.1	TENDIDO DE CABLE EN CANALIZACION.....	80
3.2.2	TENDIDO DE CABLE SUBTERRANEO O ENTERADO.....	82
3.3	TENDIDO AEREO EN REDES DE ALTA TENSION	82
3.3.1	CARACTERISTICAS DE LA FIBRA	82
3.3.2	REQUISITOS Y PROPIEDADES	82
3.3.3	TECNOLOGIA DISPONIBLE	84
3.3.4	CONSTRUCCION DE DIFERENTES TIPOS DE FIBRAS PARA EL TENDIDO	85
3.3.4.1	DISEÑO DE UN CABLE OPGW	85
3.3.4.2	ADSS (ALL DIELECTRIC SELF SUPPORTED)	89
3.3.4.3	CABLES ENVUELTOS – SUJETOS	90
CAPITULO IV		94
DISEÑO DE LA RED		94
4.1	SITUACION ACTUAL.....	94
4.2	CRITERIOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE UNA RED	95
4.6.1	CÁLCULO DE LA MATRIZ INTENSIDAD DE TRÁFICO	99
4.6.2	PROYECCIÓN DE LAS MATRICES DE TRÁFICO (ERLANGS) A 10 AÑOS	102
4.3	CÁLCULO DE LA LONGITUD DE UNA CATENARIA.....	105
4.4	CALCULO DE ATENUACION Y DETERMINACION DEL NUMERO DE	
	REPETIDORES	111
4.5	DETALLES DE LA RUTA DEL INTERCONECTADO	115
4.6	RECORRIDO DE LA FIBRA OPTICA.....	119
4.6.1	FIBRA UTILIZADA EN EL TRAYECTO	121

4.7	MONTAJE	12s
4.7.1	SELECCION DEL TIPO DE TENDIDO	125
4.7.2	TENDIDO DE LA FIBRA OPTICA OPGW	126
4.7.2.1	TRANSPORTE	126
4.7.2.2	INSTALACION DE LOS CABLES.....	131
4.7.2.3	INSTALACIÓN DE DISPOSITIVOS ADICIONALES	133
4.8	EQUIPOS Y ACCESORIOS UTILIZADOS EN EL ENLACE	137
4.8.1	MODULO DE TRANSPORTE STM-16.....	137
4.8.2	CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA FIBRA ESCOGIDA	141
4.8.3	EQUIPO REPETIDOR	143
4.8.4	CONECTORES.....	146
4.8.5	EMPALMES	146
	CAPITULO V	150
5.1	ESPECIFICACIONES	150
5.2	INSTALACIÓN	151
5.3	MANTENIMIENTO	153
	CAPITULO VI	159
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	159

INDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Estructura de una Red Telefonica	3
Figura 1.2	Terminales conectados a una Central	4
Figura 1.3	Diferentes Accesos	5
Figura 1.4	Red en Estrella Simple	8
Figura 1.5	Red en Estrella a 2 Niveles	8
Figura 1.6	Red en Malla	9
Figura 1.7	Red Mixta	10
Figura 1.8	Interconexion Jerarquica	12
Figura 1.9	Estructura Jerárquica	13
Figura 1.10	Conexion actual de las Centrales de Guayaquil y Cuenca	25
Figura 2.1	Señal de voz convertida a señal digital	29
Figura 2.2	Estructura Básica de Jerarquía Digital Sincrona	37
Figura 2.3	Arquitectura Básica SDH	41
Figura 2.4	Esquema de Red actual de Sincronismo entre Gye-Cuenca	42
Figura 2.5	Esquema de la Red en futuro de Sincronismo entre Gye-Cuenca	42
Figura 2.6	Ilustracion del Trafico de un Equipo de Comunicacion	67
Figura 3.1	Corte y Perfil gradual de una fibra Multimodo sin revestimiento	73
Figura 3.2	Trayectoria de los rayos luminicos en una fibra gradual	74
Figura 3.3	Producto de ancho de Banda-Longitud para dos fibras graduales	75
Figura 3.4	Densidad de Potencia del modo fundamental para diferentes v	76
Figura 3.5	Curvas de atenuacion de una fibra gradual y una monomodo	77
Figura 3.6	Vista comparativa de dos superficies frontales de dos fibras	78
Figura 3.7	Cable OPGW con doble cubierta de acero/aluminio	86
Figura 3.8	Cable OPGW con cubierta simple de acero/aluminio	87
Figura 3.9	Cable OPGW con nucleo mezclado de aluminio	88
Figura 3.10	Vista de la Superficie frontal de un cable ADSS	90
Figura 3.11	Vista frontal de un cable envuelto	93
Figura 4.1	Conexion del anillo Sur	96
Figura 4.2	Ilustracion del vano y la flecha entre dos torres	106
Figura 4.2a	Tensiones que actuan sobre un tramo de cable	106
Figura 4.3	Subestacion Electrica	116
Figura 4.4	Interconectado Nacional Eléctrico	116
Figura 4.5	Ilustracion de una Catenaria	117
Figura 4.6	Recorrido del cable de Fibra	120
Figura 4.6"	Terminación del recorrido del OPGW por las torres de A.T	121
Figura 4.7	Tipo de fibra usada para instalacion en torres de alta tension	123
Figura 4.8	Cable arrollado en el cable de tierra ϕ en la fase	123
Figura 4.9	Fibra dentro de un ducto de canalizado	124

	Pág.	
Figura 4.10	Transportes de fibras ópticas	126
Figura .11	Polea para fibra opgw	129
Figura 4.12	Camión transportando un tambor giratorio	131
Figura 4.13	Accesorio para tendido de fibra OPGW por tension o suspension	136
Figura 4.14	Distancias de los tramos del recorrido	142
Figura 4.15	Equipo Repetidor	143
Figura 4.16	Potencia optica de salida vs. La potencia optica de salida	145
Figura 4.17	Conector SC	146
Figura 4.18	Conector FC	146
Figura 4.19	Cajas de empalmes	147
Figura 4.20	Maquina empalmadora	147
Figura 4.21	OTDR	147
Figura 4.22	Caja de empalme de Fibra Óptica	148
Figura 4.23	Caja de Distribución	148
Figura 4.24	Pigtails y Patchcords	149
Figura 4.25	Acoplador FC	149
Figura 4.26	Acoplador SC	149
Figura 4.27	Racks para equipos	149
Figura D1	Diagrama de Recoleccion de Tributarios	

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-1	Tazas de Deslizamiento 22
Tabla 1-2	Características Técnicas 26
Tabla 2-a	Velocidades en PDH 34
Tabla 2-1	Velocidades SDH 40
Tabla 4-1	Niveles de Recolección 97
Tabla 4-2	Velocidades y canales a 2 y 64 Mbps en SDH 98
Tabla 4-3	Traffic actual (erlangs) en Operación 101
Tabla 4-4	Proyección de población desde 1998 hasta 2008 102
Tabla 4-5	Traffic Int. Y Ext. En Tributarios de 2 Mbps 104
Tabla 4-6	Características del cable de Guarda 118
Tabla 4-7	Características del cable a ser utilizado 122
Tabla 4-8	Características Técnicas del Cable de Fibra Óptica 142
Tabla A-1	Traffic Entrante en Central de tránsito de Guayaquil
Tabla A-2	Traffic Saliente en Central de tránsito de Guayaquil
Tabla A-3	Traffic Entrante en Central de tránsito de Cuenca
Tabla A-4	Traffic Saliente en Central de tránsito de Cuenca
Tabla A-5	Traffic Entrante en Central de tránsito de Machala
Tabla A-6	Traffic Saliente en Central de tránsito de Machala
Tabla A-7	Traffic Entrante en Central de tránsito de Loja
Tabla A-8	Traffic Saliente en Central de tránsito de Loja
Tabla A-9	Matriz de tráfico interno actual (Erlangs)
Tabla A-10	Matriz de tráfico interno actual (Circuitos)
Tabla A-11	Matriz de tráfico interno actual (Tributarios)
Tabla A-12	Matriz de tráfico externo actual (Erlangs)
Tabla A-13	Matriz de tráfico externo actual (Circuitos)
Tabla A-14	Matriz de tráfico externo actual (Tributarios)
Tabla A-15	Matriz de tráfico Internacional (Erlangs)
Tabla A-16	Matriz de tráfico Internacional (Circuitos)
Tabla A-17	Matriz de tráfico Internacional (Tributarios)
Tabla A-18	Matriz de Traffic hacia Guayaquil con proyección a 10 años
Tabla A-19	Matriz de Tráfico desde Ecuador con proyección a 10 años
Tabla A-20	Matriz de Traffic interno proyectado (Erlangs)
Tabla A-21	Matriz de Traffic interno proyectado (Circuitos)
Tabla A-22	Matriz de Traffic interno proyectado (Tributarios)
Tabla A-23	Matriz de Traffic externo proyectado (Erlangs)
Tabla A-24	Matriz de Traffic externo proyectado (Tributarios)
Tabla A-25	Matriz de Tráfico externo proyectado (Circuitos)
Tabla A-26	Matriz de Traffic Internacional proyectado (Erlangs)
Tabla A-27	Matriz de Tráfico Internacional proyectado (Circuitos)
Tabla A-28	Matriz de Traffic Internacional proyectado (Tributarios)

•

Tabla A-29	Matriz de Trafico Interno proyectado + 20%
Tabla A-30	Matriz de Trafico Externo proyectado + 20%
Tabla A-31	Matriz de Trafico Internacional proyectado + 20%
Tabla C-1	Tabla de Erlangs
Tabla C-2	Tabla de Erlangs
Tabla C-3	Tabla de Erlangs
Tabla C-4	Tabla de Erlangs
Tabla D-1	Características del Equipo Utilizado
Tabla D-2	Ubicación Geográfica de los repetidores y descripción de los tramos de la ruta.

INDICE DE PLANOS

Plano B.1	Canalizado en Guayaquil
Plano B.2	Pascuales
Plano B.3	Pascuales
Plano B.4	Milagro
Plano B.5	Milagro
Plano B.6	Taura
Plano B.7	Taura
Plano B.8	El Triunfo
Plano B.9	La Troncal
Plano B.10	La Troncal
Plano B.11	Suscal
Plano B.12	Suscal
Plano B-13	Juncal
Plano B.14	Caiiar
Plano B.15	Cañar
Plano B.16	Caiiar
Plano B.17	Cola de San Pablo
Plano B.18	Rayoloma
Plano B.19	Canalizado en Cuenca
Plano B.20	Canalizado en Cuenca
Plano B.21	Canalizado en Cuenca

INTRODUCCION

El presente trabajo es una " Propuesta del uso de Tecnologia SDH utilizando Fibra Optica en reemplazo del enlace de Radio PDH existente entre las Centrales de Guayaquil y Cuenca ", el cual tiene como objetivo brindar una alternativa de solución para conectar a las Centrales de Transito de las ciudades Guayaquil y Cuenca como parte de un proyecto que consiste en unir mediante un anillo de Fibra Optica a las centrales de Transito de Guayaquil, Cuenca, Machala y Loja, a la vez que se conectaran al Corredor Andino Digital de Fibra Optica en la ciudad de Huaquillas.

Este estudio comprende desde los conceptos basicos necesarios para realizar una transmision con tecnica SDH, hasta la interconexión con Fibra Optica, utilizando la tecnica de tendido en alta tension: Cable de Tierra Optico (OPGW: Optical Ground Wire), de las Centrales de Transito entre estas dos ciudades. Este trabajo utiliza datos recopilados en la Central de Conmutacion de Pacifictel para la parte del Calculo de Trafico y la proyeccion del mismo a 10 años, de la misma manera para la parte del montaje de la fibra se utiliza información brindada por la Compañía Bruggs Telecom de Europa, dedicada al tendido de cables de Fibra Optica en redes de alta tension.

En nuestro país no se ha llevado a cabo un proyecto de este tipo, por lo que este trabajo pretende cubrir las expectativas creadas alrededor de un estudio de esta naturaleza, dejando en claro que los resultados obtenidos no son definitivos.

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de la telefonía moderna en cualquier país es el de integrar una red telefónica que permita el establecimiento de conexiones tanto nacionales como internacionales con la mayor rapidez posible, con el máximo de confiabilidad y al mínimo costo. Se ha determinado que esto es posible solo a través de sistemas automáticos cuya combinación da origen a lo que se conoce como servicio de larga distancia automático (**SLDA**). Este servicio, a través de una red telefónica cuidadosamente planificada y equipada con sistemas de conmutación automática, permite que cualquier abonado perteneciente a dicha red pueda comunicarse con cualquier otro abonado sin importar la distancia que medie entre ellos.

1.2 ESTRUCTURA DE UNA RED TELEFONICA

Dado la evolución de las redes y servicios en los últimos años se tiene un objetivo claramente identificado tanto por las administraciones y entidades prestatarias de servicios como por las compañías diseñadoras y fabricantes de sistemas de telecomunicación, este objetivo es la integración de servicios.

Para el desarrollo del objetivo propuesto se ha considerado, desde el punto de vista de su estructura, la utilización de un modelo básico de una red telefónica en general, el mismo que con mínimas variaciones puede ser aplicado tanto a redes locales como a redes de larga distancia nacional, que es el objetivo hacia el cual se está enfocando este proyecto, este modelo es el que se indica en la figura 1.1.

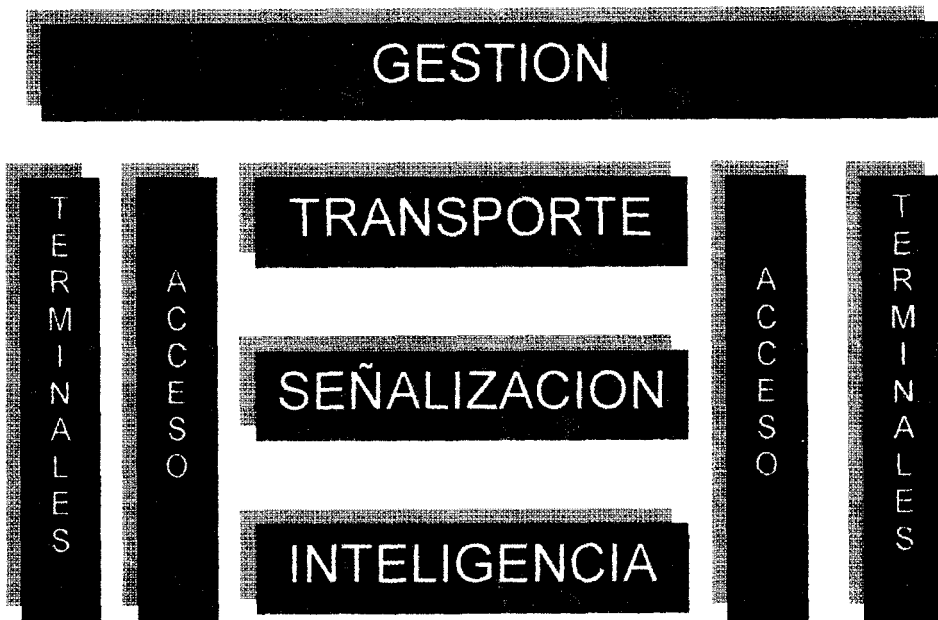


Fig. 1.1 Estructura de una red telefonica

1.2.1 TERMINALES

Como terminales se entiende el punto de abonado, esto es el aparato telefonico propiamente dicho, asi como equipos de fax, modems, y todos lo equipos que actualmente o en un futuro cercano sean necesarios para la recepción y transmision de información entre dos o mas puntos, de acuerdo a los servicios para los cuales son utilizadas las redes telefonicas.

Estos equipos terminales forman parte de un conjunto de interconexiones entre redes locales, las mismas que estan conectadas o enlazadas entre ellas a una central mayor o central de transito que es la que forma parte de una red de interconexion de larga distancia nacional. En la figura 1.2 se ilustran algunos terminales conectados a una central.

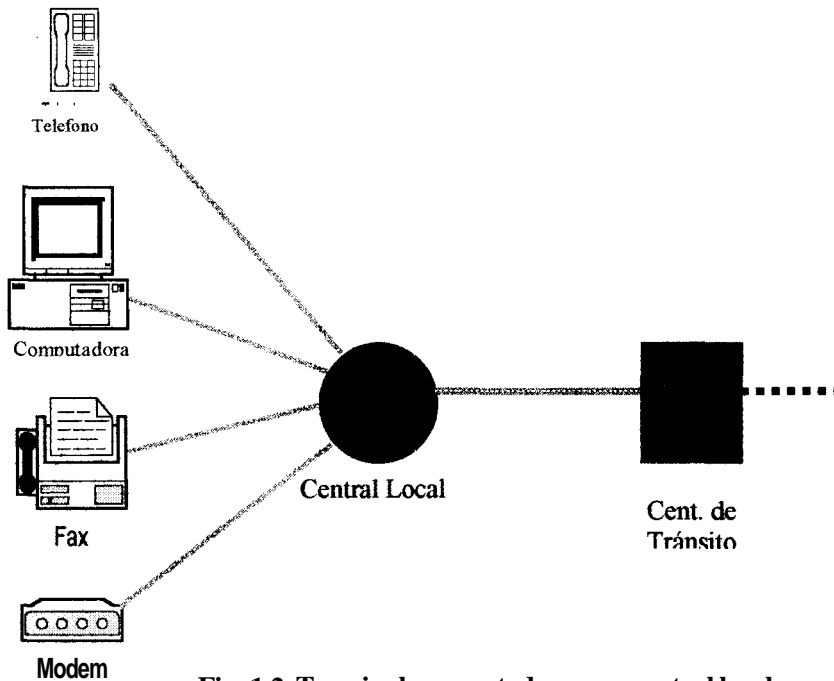


Fig. 1.2 Terminales conectados a una central local

1.2.2 ACCESO

El acceso comprende los medios de transmisión, principalmente cobre, microondas y fibra óptica, en sí, todo elemento o dispositivo capaz de trasladar señales eléctricas de un punto a otro.

El acceso para una red de larga distancia nacional, en el país, puede hacerse principalmente de dos tipos, utilizando un enlace radioeléctrico (microondas) como esta conectado actualmente, o por medio de fibra óptica, el cual es el objetivo de nuestro proyecto. A continuación, en la **fig.1.3**, se ilustra en el gráfico los diferentes tipos de acceso que existen en una red telefónica, como se puede apreciar, la conexión hasta el abonado es realizada utilizando cable de cobre, el abonado está conectado a su central local utilizando el mismo medio de transmisión, la central local se une a una central de tránsito utilizando cable de cobre o fibra óptica; en una red interurbana,

las centrales de tránsito pueden conectarse a través de microondas o por medio de fibra óptica como se esta intentando implementar en la actualidad.

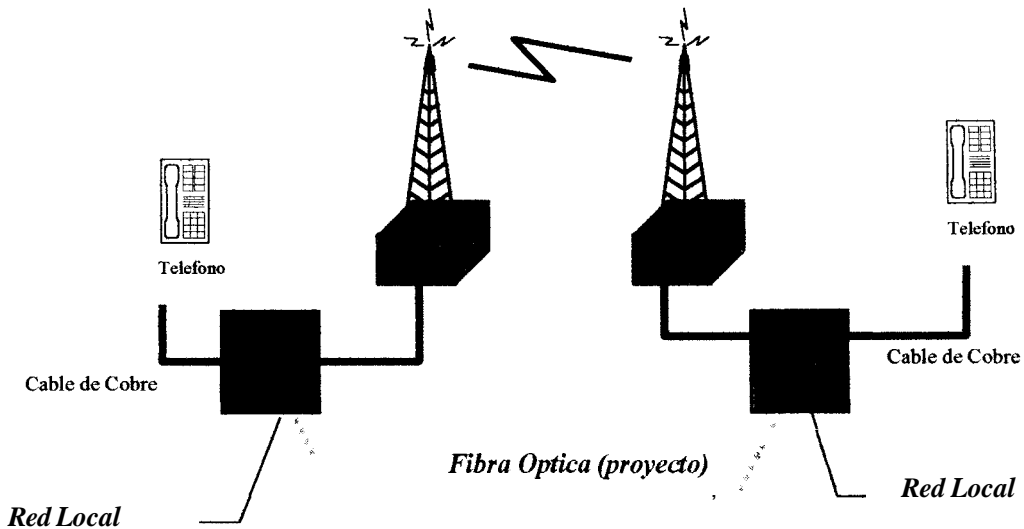


Fig. 1.3 Diferentes Accesos

1.2.3 GESTION

El nivel de Gestion tiene como misión el control, mantenimiento, supervision y coordinación de todos lo medios que permiten que las comunicaciones tengan lugar.

Los sistemas de control y gestion de las redes de telecomunicaciones se han de enfrentar en la actualidad a una importante problematica. Esta problematica comprende la coexistencia de equipos de diferentes tecnologias y proveedores, el creciente tamaño de las redes y las necesidades de una mayor calidad de servicio.

En una red de larga distancia nacional los equipos de gestion están ubicados en las centrales de transito que estan formando parte de la misma.

1.2.4 TRANSPORTE

Esta parte de la red esta conformada por los nodos **o** centrales de conmutacion que se unen entre **si** mediante alguno de los accesos nombrados anteriormente, son aquellos que llevan a cabo las conexiones entre los abonados que llaman y los llamados; a traves de estas conexiones, se transmiten las seiiiales de voz, las cuales deben mantenerse durante el tiempo que dure la llamada.

En el caso de conexiones interurbanas o de larga distancia nacional, como el caso de Guayaquil y Cuenca, las centrales se comunican entre si, transmitiendo los digitos del numero del abonado desde una central a otra, asi como tambien la central de destino debe mandarle a la central de origen, informacion de si el abonado esta disponible **o** no, además aqui se agrupa la mayor cantidad de canales para ser enviados por una linea de transmision comun, organizandolos en niveles jerarquicos de **2, 34, 140** y **565** Mbps, siendo parte de nuestro proyecto, el introducir la nueva Jerarquia Digital Sincrona con velocidades de **155, 622** Mbps y **2.5** Gbps, reduciendo el numero de niveles con conexiones fuertemente malladas y encaminamiento dinamico.

1.2.5 SEÑALIZACION

Se entiende por señalización a un sistema complejo de seiiiales para transmitir informacion sobre la red de conmutacion, entre estas seiiiales se encuentran: la informacion numérica **o** de selección, informacion de cobro y de supervision, datos de control, etc. Su diseiio debe ser de tal manera que actuen y sean reconocidos por los sistemas de transmisibn y conmutacion empleados. Su transmision debe ser en forma precisa y rapida sobre diferentes tipos de medios de transmision.

Actualmente se esta utilizando la señalización N° 7 para la interconexion de centrales locales y nacionales.

1.2.6 INTELIGENCIA

Con el objetivo de poder crear servicios y realizarios con la maxima independencia posible asi como tambien reducir los tiempos de ejecucion, surgio la red inteligente, que ha originado un nuevo nivel en el modelo de la arquitectura de la red, que es en el que residen las bases de datos que soportan los nuevos servicios.

1.3 MODELOS DE INTERCONEXION

El objetivo de usar un modelo de interconexion consiste en fijar la dependencia nacional y operativa entre los nodos de una red a la vez que estudia la formación de redes. Bajo el prisma de la topologia, la red se reduce a un conjunto de elementos interconectados, renunciando a conocer la naturaleza de tales elementos.

De la misma forma que no es posible la conexión directa de todos los abonados, tampoco resulta viable el establecimiento de rutas directas entre todas las centrales con abonados de una red telefonica. Entre otras cosas, la administración de las rutas posibles, no seria viable en terminos practicos. Consecuentemente es preciso agrupar las centrales de acuerdo con alguno de los diferentes modelos que se van a describir
continuacion.

1.3.1 RED EN ESTRELLA SIMPLE

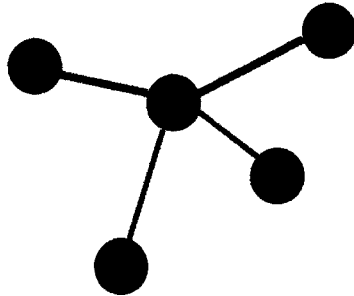


Fig. 1.4 red en estrella simple

Se dice que un número de centrales forman una red en estrella simple, cuando la única conexión posible entre dos cualquiera de ellas se establece a través de una única central, tandem o de tránsito con la cual tienen todas conexión. La figura 1.4 muestra el esquema de una red de acuerdo con esta idea. Una red en estrella a dos niveles consiste en un conjunto de redes en estrella simple en las que las centrales de tránsito o tandem de cada grupo se conectan a través de otra central de tránsito de mayor categoría, un ejemplo de este tipo de red aparece recogido en la figura 1.5. Esta misma idea puede ampliarse a redes en estrella a tres y más niveles. Las redes en estrella de dos o más niveles se conocen como redes **arborescentes**

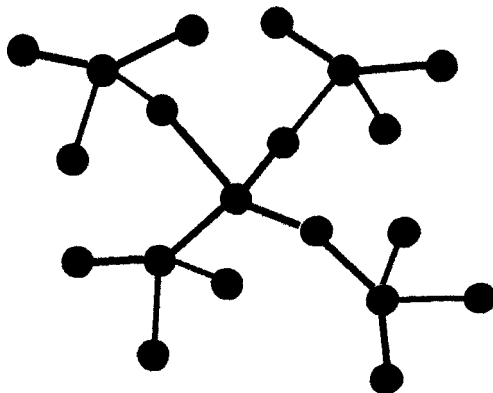


Figura 1.5: Red En Estrella a 2 Niveles

1.3.2 RED MALLA

En la práctica la mayoría de redes constituyen un compromiso entre los dos primeros tipos, presentando alguna de la característica de cada una de ellas. Por ejemplo el conjunto de las centrales de mayor categoría de una red se puede conectar en forma de malla, pudiendo ser cada una de ellas la “cabeza de serie” de sendas estructuras arborescentes, observemos la figura 1.6. Este es el caso de una red jerárquica, que tenga seis centrales nodales formando una red mallada. Dependiendo de cada una de ellas están las centrales automáticas providenciales de su respectiva región. A la vez, de cada central provincial, dependen las centrales del sector, ubicadas en las poblaciones más importantes de la provincia.

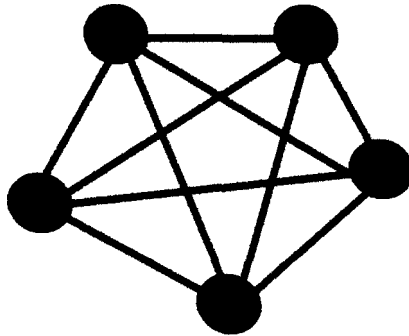


Figura 1.6 Red En Malla

1.3.3 RED MIXTA

Alternativamente, a un conjunto de centrales conectadas en estrella se les puede añadir una serie de circuitos directos entre los nodos más próximos, para evitar de esta forma conexiones útiles a través de las centrales de tránsito, como se muestra en la figura 1.7.

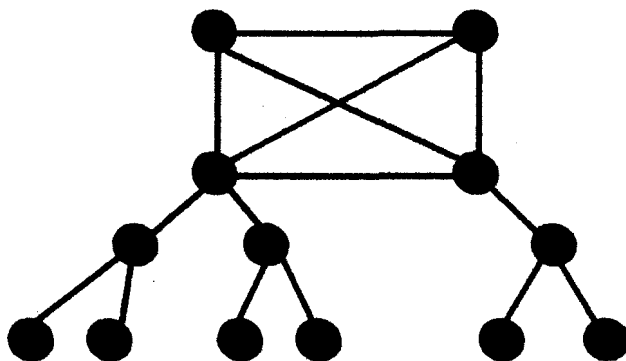


Figura 1.7 Red Mixta

Como ya se ha indicado, cuando **una** red comprende muchas centrales, el número de rutas, en el caso de unirlos según una topología de malla, podría hacer su administración difícil, a parte de los sistemas de conmutación no facilitan tantas rutas.

Un concepto importante dentro de la topología de redes es el de jerarquía. En **una** red mallada cada central desempeña su función, pero ninguna es intrínsecamente distinta del resto. En **una** topología **en** estrella a uno, dos o más niveles, determinadas centrales hacen funciones de tránsito y, en **este** sentido, son superiores, o, cuando menos diferente de las otras, Esta es la característica diferencial de los sistemas jerárquicos, que **se** definen como aquellos en los que hay dos o más ordenes o rango de nodos. Cada central de rango inferior es dependiente **en** alguna forma de la central de mayor orden. En este tipo de redes cada nodo tiene su zona o área de influencia.

1.4 PLANES TECNICOS FUNDAMENTALES

Estos planes son aquellos que **se encargan** de definir las **cualidades técnicas** de los elementos de red, de forma que **se asegure** tanto su funcionamiento, como las sucesivas situaciones e interconexiones, siendo su objetivo principal el conseguir **una** calidad de servicio que **se considere** adecuada para interactuar con las redes telefónicas internacionales, estableciendo formas de diseño y estructuras de crecimiento, para de esta forma evitar la multiplicidad de diseño.

Estos planes **son** propios de cada país, pero las normas que contienen **se deducen** en general, del examen de la mayoría de las situaciones en la red bajo consideración, así como de las recomendaciones de los organismos internacionales (**CCIR** y **CCITT**), competentes en esa materia, tratando de ajustarse a las mismas a través de las soluciones más económicas. En nuestro país, no somos la excepción ya que contamos también con Planes Técnicos Fundamentales los que consideraremos rápidamente a continuación:

- Plan de Enrutamiento
- Plan de Transmisión.
- Plan de Señalización.
- Plan de Sincronismo
- Plan de Numeración.
- Plan de Tasación

1.41 PLAN DE ENRUTAMIENTO

Este Plan es el que se encarga de estructurar una red interurbana que pueda satisfacer las necesidades del servicio telefonico automático. La red esta constituida en Centros de Conmutacion y enlaces troncales adecuados que permitan el establecimiento rapido y preciso de las conexiones necesarias.

Dos aspectos fundamentales caracterizan a una red interurbana ó de larga distancia, lo que se conoce como *disciplina del encaminamiento jerárquico* y *principio del encaminamiento aitemo automático*. La primera se encarga de la coleccion y distribución del tráfico, mediante la interconexion jerárquica de todos los centros de conmutacion, es decir, a un centro de grupo (centro primario) se conectan los centros terminales (centros locales), a un centro de zona (centro secundario) se conectan los centros de grupo y a un centro de distrito (centro terciario) se conectan los centros de zona. Esta estructura nos lleva a una red radial (o en estrella) que proporciona la estructura básica de una red interurbana automática, como podemos apreciar en la figura 1.8.

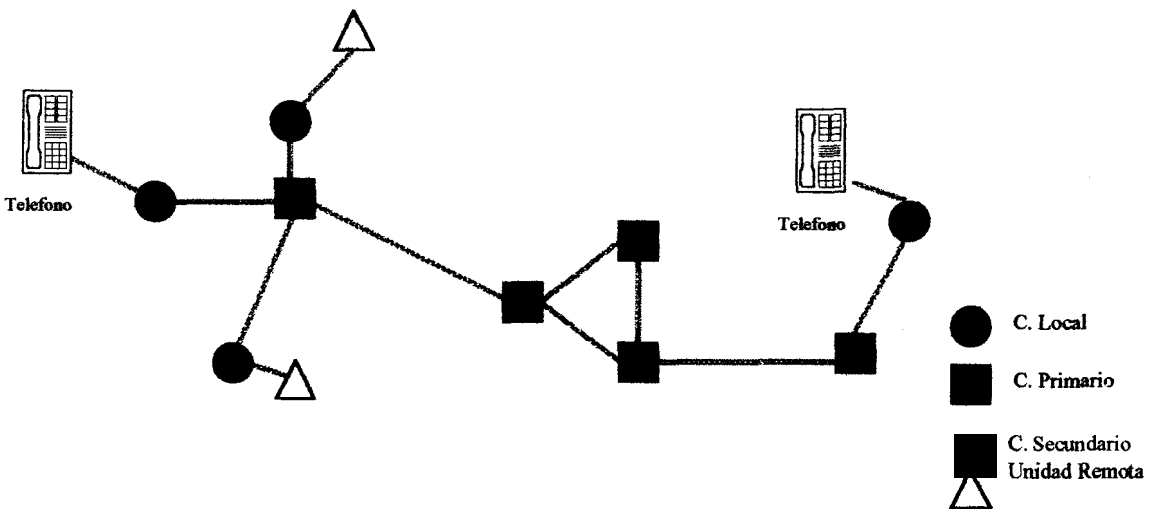


Fig 18 Interconexión jerárquica

El principio del encaminamiento **alternativo** automático, **hace uso** de estas rutas directas para cursar por ellas, en forma prioritaria el tráfico, es decir aquí se dispone de varias posibilidades de rutas elegibles para establecer una comunicación, de las cuales, el equipo **selecciona** primero las más cortas y en **caso** de que **esta** se encuentre ocupada, ofrece en forma consecutiva para su encaminamiento, una o más rutas alternas 6 secundarias.

En nuestro país la actual red telefónica de larga distancia está compuesta por centrales de tránsito digitales y analógicas de diferentes tecnologías como son las Tránsito: Quito 1, Quito 2, Ambato, Loja, Guayaquil, Manta, Machala y Cuenca, además de dos centrales de Tránsito Internacionales, tanto en Quito, como en Guayaquil. Asimismo **se** cuenta con tres Estaciones Terrenas, una conectada a la Central Internacional Quito, otra en la Central Internacional Guayaquil y una en Galapagos. En el Ecuador la **Red** Telefónica maneja la siguiente estructura Jerárquica como **se** muestra en la figura 1.9:

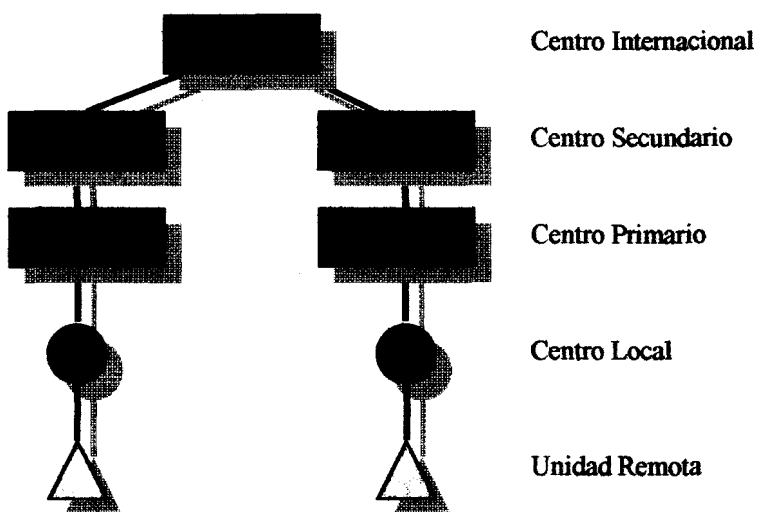


Fig.1.9 Estructura Jerárquica de la Red

Actualmente entre las Centrales de Guayaquil y Cuenca se utilizan circuitos bidireccionales, es decir que transmiten y reciben al mismo tiempo, dado que la combinación de selectores de grupo digitales tienen una **gran** capacidad para manejar el tráfico desde una **gran cantidad** de abonados y debido a la señalización por canal común (CCITT N° 7), de la cual hablaremos más adelante.

.4.2 PLAN DE TRANSMISION

Este plan asigna basicamente los niveles tolerables de atenuacion y otras degradaciones de transmision que pueden soportar los sistemas de telecomunicaciones, de tal manera que los clientes que usan el Sistema, ya sea en una conexión local, nacional o internacional, puedan comunicarse satisfactoriamente. El parámetro mas importante dentro de **ésta** planificacion es el Equivalente de Referencia, donde la CCITT recomienda no sólo los limites superiores, sino tambien los valores medios, por lo que el valor medio del equivalente de referencia de emisión (SER) ha de estar entre **10 y 13 dB** y el de recepción (RRE) entre **2,5 y 4,5 dB**, por lo que el equivalente de referencia medio efectivo para conexiones internacionales sera de **13 - 18 dB**.

Recomendaciones del CCITT

En el libro rojo de la CCITT de **1984**, se recomendó como parámetro para medir la calidad de transmision el Equivalente de Referencia Corregido (ERC), y el mismo tiempo introdujo el concepto de concepto de Índice de Sonoridad (IS).

Posteriormente en el libro azul del CCITT/UIT de **1988**, se modificaron algunos parámetros IS con respecto a los especificados en el libro rojo.

PACIFICTEL adopto el ERC como medida de la calidad de transmision, según las recomendaciones G.111 y G121 del libro rojo de la CCITT. Cabe anotar que los ERC pueden convertirse en **IS ó viceversa**, de acuerdo al método descrito **en** el anexo C de la recomendacion G.111 del libro **azul**.

Según los datos del cuadro, la gama preferida del ERC global (ERCG) para conexiones telefonicas internacionales es de 7 a 11 **dB**. En la actualidad no es posible utilizar estos valores, debido a la **necesidad** de control de eco y de estabilidad de los circuitos.

Para la red Ecuatoriana en donde los Centros de Tránsito **y** los medios de transmision están basicamente digitalizados, se toman como base los siguientes objetivos para las comunicaciones internacionales.

ERCT : 11.5a 19**dB** en la parte nacional.

ERCR : 2.5 a 7.5 **dB en** la parte **nacional**.

ERCG : 13 a 25.5 **dB** global para la conexión internacional.

Los valores **máximos** no deben de exceder de:

ERCT < 25dB

ERCR < 14dB

Los valores **minimos** ERCT e IST deberian ser:

ERCT 7dB.

Propuesta de Distribución del Equivalente de Referencia Corregido

Sistema de Abonado

Línea de Abonado.

Para las líneas de abonado, se distribuye una pérdida de transmisión de **7 dB** (para **1000 Hz.**)

Otros Parámetros

En cuanto al eco, se aplicará lo recomendado por el CCITT, en la recomendación **G.122** del libro **rojo** y en cuanto a ruidos de circuitos en las redes nacionales, distorsión de atenuación y diafonía, se **acogerán** a las recomendaciones generales descritas en **G.123, 132, 133 y 134.**

Aspectos de Interconexión

En **las** conexiones nacionales entre empresas, éstas deberán garantizar en su red correspondiente, **las** tolerancias de los parámetros de calidad, a fin de cumplir con los objetivos globales especificados.

Por razones prácticas, a **64 Kbps**, un minuto que contenga cuatro errores (equivalente a una tasa de error de **$1,04 \times 10^{-6}$**) no se considera desagradable. No obstante, esto no implica una relajación del objetivo de **tasa de errores 1×10^{-6} .**

143 PLAN DE SEÑALIZACIÓN

Como se dijo anteriormente, la Señalización es un número complejo de señales que permiten transmitir información sobre la red de conmutación. Su función primordial consiste **en** originar las siguientes acciones de los Sistema de Conmutación:

- Alertar al abonado (o servicio) llamado.
- Conectar correctamente al abonado que llama con el abonado llamado.

La compleja característica de los modernos sistemas de Señalización, tienen por objetivo satisfacer de un modo mas perfecto las siguientes necesidades básicas:

- Conectar al abonado con su central local.
- Dirigir la llamada a través de los sucesivos centros de conmutacion.
- Conectar al abonado con el abonado o servicio llamado.
- Informar al abonado el progreso de la llamada.
- Realizar el cómputo de la llamada, con fines de tasacion automática.
- Minimizar los retardos para todas las funciones.
- Proporcionar informacion para la Gestion de Red.
- Desconectar a los abonados de sus centrales locales al terminar la comunicacion.
- Liberar a los enlaces y centrales intermedios al concluir la comunicacion.

Este plan debe contener la siguiente información:

- Lista de las señales a intercambiar entre abonado y central e intercentrales tambien.
- Tipo(s) de señalización entre registradores con sus especificaciones técnicas.
- Tipos básicos de señalización entre abonado y central, con sus especificaciones técnicas.
- Coordinación geográfica y jerárquica de estos tipos de señalización para garantizar la compatibilidad.
- Método de introducción de los Sistemas de Señalización.

- Ventajas e influencias del plan.

Existen dos tipos de Señalización, las cuales son utilizadas en nuestro país para el intercambio de información entre las centrales, que son :

Señalización asociada por canales

Son aquellas señales que se envían por los canales de conversación, ya sea dentro o fuera de la banda de frecuencias vocales, y están permanentemente asociadas con un canal de conversación determinado.

En este tipo de señalización, el intervalo de tiempo 16 es subdividido en 30 canales de señalización con multiplexión de tiempo, cada uno asociado a un canal de conversación. Esta usa un emisor de señales y un receptor para cada canal de conversación. Una de las principales limitaciones de la señalización asociada por canal, es la imposibilidad de enviar señales complejas durante la transmisión de señales vocales.

Señalización por canal común

Este tipo de señalización, también llamado **CCITT N° 7**, está optimizado para redes digitales y sus especificaciones son apropiadas tanto para las redes de servicios integrados, como para las de servicio especializados. Un sistema de señalización por canal común puede estar basado en una unidad de señal, formada desde el intervalo de tiempo 16 en 10 tramas consecutivas. Los **80** bits restantes se subdividen en una parte de transferencia de mensaje y en una parte de información de señalización. En esta señalización, todas las señales que deben transmitirse por una ruta determinada,

se cursan por un solo canal, por lo cual este tipo de señalización es utilizado en rutas de gran capacidad.

Las ventajas que puede ofrecer desde el punto de vista de la red son las siguientes:

- Mayor eficiencia en la utilización de los canales, con la consiguiente reducción de los costos, que puede ser importante.
- Economía en equipos de señalización.
- Mayor variedad de señales y por tanto de servicios.
- Señalización más rápida, simultánea en ambos sentidos.
- Ausencia de problemas de interferencia con la conversación
- Pueden emplearse como medios de gestión de red, dado que los mensajes no llevan etiqueta y no están relacionados con un circuito o llamada determinados.
- La señalización no está obligada a seguir el mismo trayecto físico que la conversación.
- Mayor disponibilidad de la red, con detección de errores y retransmisión/reencaminamiento.

Los inconvenientes al usar esta señalización son los siguientes:

- Complejidad
- Exigencias de seguridad: deben proveerse por lo menos dos canales.
- Costo, si se trata de una ruta de poca capacidad.

Las principales aplicaciones del Sistema de Señalización por canal común son:

- Señalización para el establecimiento de control de las llamadas de los servicios de Telecomunicaciones, tales como telefonía y transmisión de datos con conmutación de paquetes.
- Transferencia de **otros** tipos de informaciones, (**como** por ejemplo para **fin**es de gestión y mantenimiento), entre centrales de conmutación digital, entre las anteriores y **centros** especializados, y entre centros especializados.
- Se utiliza en aplicaciones múltiples tales como las redes especializadas o en redes multi-servicios, en la red nacional **ó** internacional, y en enlaces punto a punto, tanto terrestre como vía satélite.
- Puede funcionar para aplicaciones con velocidades bajas y **en** canales analógicos.

Entre las Centrales de nuestro proyecto que son la de Guayaquil y Cuenca, **se** utiliza actualmente la Señalización por canal común (CCITT N° 7), con enlaces bidireccionales, esto se da ya que la capacidad del enlace es grande y se la utiliza en una red nacional, aprovechando también su utilidad para gestionar y mantener la red.

.4.4 PLAN DE SINCRONISMO

La sincronización de una red digital tiene que **ver** con el cumplimiento del objetivo sobre la **tasa** máxima de deslizamiento en todas las centrales digitales. Cada Central, tiene un reloj que establece la base de tiempo para dos acciones: por una parte la recepción de trenes de bits procedentes de **otras** centrales digitales, y por otra parte otra parte el control de la etapa de conmutación de la central y el envío de trenes de bits conmutados **hacia** otras centrales.

Sin un sistema de sincronismo, las frecuencias de los relojes inevitablemente diferirán entre sí. Este tipo de diferencias producen básicamente el tipo de distorsión de transmisión llamado deslizamiento.

El plan de sincronismo para la red ecuatoriana, establece el objetivo de calidad de la sincronización y los métodos más apropiados para alcanzarlos.

Un *Deslizamiento* es cuando una señal enviada en una portadora, sea esta voz o datos, esta desfasada con la señal del reloj del receptor. O cuando la señal de un satélite se desfasa con las estaciones terrenas. En la redes integradas de telecomunicaciones, este fenómeno produce: pérdida de octetos en Telefonía, interferencias en Datos Digitales, saltos de fase en Módems de Datos, espacios en blanco (2mm aprox.) en Fax de Grupo3 y congelamiento de la imagen por varios segundos en Video Digital.

Tasas Maximias de Deslizamiento

Para centrales internacionales, según la recomendación G.811 del CCITT, se deberá tener en condiciones normales máximo un deslizamiento en 70 días sobre cada enlace digital de 64 Kbps, a través de la central.

La tasa de deslizamiento para una conexión internacional de extremo a extremo, no debe sobrepasar de 5 deslizamientos en 24 horas en condición nominal, de acuerdo a la recomendación G.822.

El objetivo mencionado en el ítem anterior, se distribuye de acuerdo a lo indicado en la recomendación del CCITT G.822, es decir:

- Parte de Tránsito Internacional: 8% (1 deslizamiento cada 60 horas)
- Cada parte de transmision: 6% (1 deslizamiento cada **80** horas)
- **Cada** parte Local: **40%** (1 deslizamiento cada 12 horas)

NOTA: La reparticion de los porcentajes en la parte nacional y local son dados en la UIT, dándose el caso de que estos porcentajes puedan **variar**, pero en ningún caso, su suma debe ser mayor que el **46%**.

La tasa de deslizamiento por central calculada con los porcentajes indicados anteriormente sería:

TABLA 1-1
TAZAS DE DESLIZAMIENTO

CENTRAL	TASA DESLIZAMIENTO	RELOJ
LOCAL	1 des. / 12 h.	1 X 10 ³
NACIONAL	1 des. / 10 d.	1 X 10 ²
INTERNACIONAL	1 des. / 120 d.	1 X 10 ¹

Métodos de Sincronización de Red

Para cumplir con las tasas de deslizamiento mencionada anteriormente, se utilizarán básicamente dos métodos de sincronización:

Sincronización Maestro – Esclavo.

Para la red nacional se utiliza en una primera **fase** básicamente el método de sincronización maestro – esclavo, el cual consiste en que un reloj de alta precisión que puede ser externo ó interno a una central de red trabaja como maestro y en las

demás centrales se colocan osciladores de enganche de fase para que trabajen como esclavas. En una segunda fase por aspectos de seguridad, objetivos de calidad, competencia, se preveen que cada empresa dispondrá de una referencia primaria para sincronizar sus respectivas redes, en este caso las redes podrán trabajar de forma plesiocrona en el caso normal y utilizar el método maestro esclavo en caso de falla.

Al interior de cada empresa se distribuirá la señal de reloj con el metodo maestro esclavo.

Las frecuencias de los osciladores de las centrales esclavas se sintonizan a la fiecuencia suministrada por la central maestra, de tal manera que la fiecuencia en la red se halle unificada.

Para obtener la confiabilidad suficiente, si se llegara a producir una falla en la central maestra, los osciladores de enganche de fase de las centrales esclavas deben ser capaces de generar la fiecuencia correcta durante unos días hasta que se restablezca la normalidad o generalmente se cambie en forma automática la central maestra.

Tipo de **relojes**

- Cesio : Atómico, estabilidad 10^{-11} .
- Rubidio : Atómico, estabilidad de 10^{-10} .
- Cuarzo : Económicos de cristal, estabilidad de 10^{-9} .

145 PLAN DE NUMERACION

Junto con la planificación de la estructura de la red, se elabora un plan de numeración a largo plazo y a las nuevas centrales se les asignará series **numéricas** de acuerdo con este plan. Los procedimientos de discado para los diferentes servicios, se basa

fundamentalmente **en** las recomendaciones E. 160 a E. 164, E.212 a E.213 y Q. 10 y 11 del CCITT. Este plan asigna prefijos y códigos para los diferentes **servicios** de telecomunicaciones, también la telefonía de larga distancia **nacional**, accesos a redes de telefonía celular, RSDI, **servicios complementarios**, red inteligente y **otros**.

El plan contempla **al** país en 6 áreas, al interior de los cuales **se** realiza otra subdivisión en sub áreas de numeración. Dentro **del** plan de numeración ecuatoriano se **tiene** asignado a la central de **Guayaquil** con código de área 04 y la central de Cuenca con **código** de área 07 respectivamente.

4.6 PLAN DE TASACION

Este plan es el que define la tarifa, e indica si la tasación se **hace en impulsos** por cada minuto o por distancia. Dentro de este plan se establece una tabla, donde se tendrá un determinado valor de acuerdo a la distancia.

Hay 2 parámetros importantes que se **deben** considerar que son: la medición y la facturación, en donde la medición **sirve** para **cuantificar** las llamadas, **basado** en la duración de la **misma**, este proceso se lo realiza dentro de la misma central de conmutación o en **otro** lugar dentro del mismo edificio, esta información es almacenada en discos magnéticos, la facturación depende de la duración y de los planes de **administración** de un país, hablando de comunicaciones interurbanas o de larga distancia.

1.5 RED EXISTENTE

Actualmente la conexión que existe entre las centrales de tránsito de Guayaquil y Cuenca se realiza vía microonda. A continuación se muestra, en la figura 1.10, la ruta

actual, en la que se puede observar la ubicación de las centrales telefónicas, así como los puntos de repetición.

Como se puede apreciar, la central de Guayaquil está conectada directamente a una repetidora ubicada en el sitio Carshao, este enlace tiene una velocidad de transmisión de **34 Mbps** con una capacidad de **480 canales**, en este mismo punto, y pasando por repetidores intermedios, se conecta la central de tránsito de Quito con un enlace de **34 Mbps** y sus respectivos **480 canales**, por este motivo la salida de la repetidora de Carshao hacia el siguiente punto de repetición, que está ubicado en el sitio de Buerán, esta conformada por un enlace del doble de capacidad que los anteriores, esto es, **2 x 34 Mbps** con una capacidad de 960 canales en total. Por último desde Buerán se tiene una conexión directa hacia Cuenca también de **2 x 34 Mbps** y una capacidad de 960 canales en total.

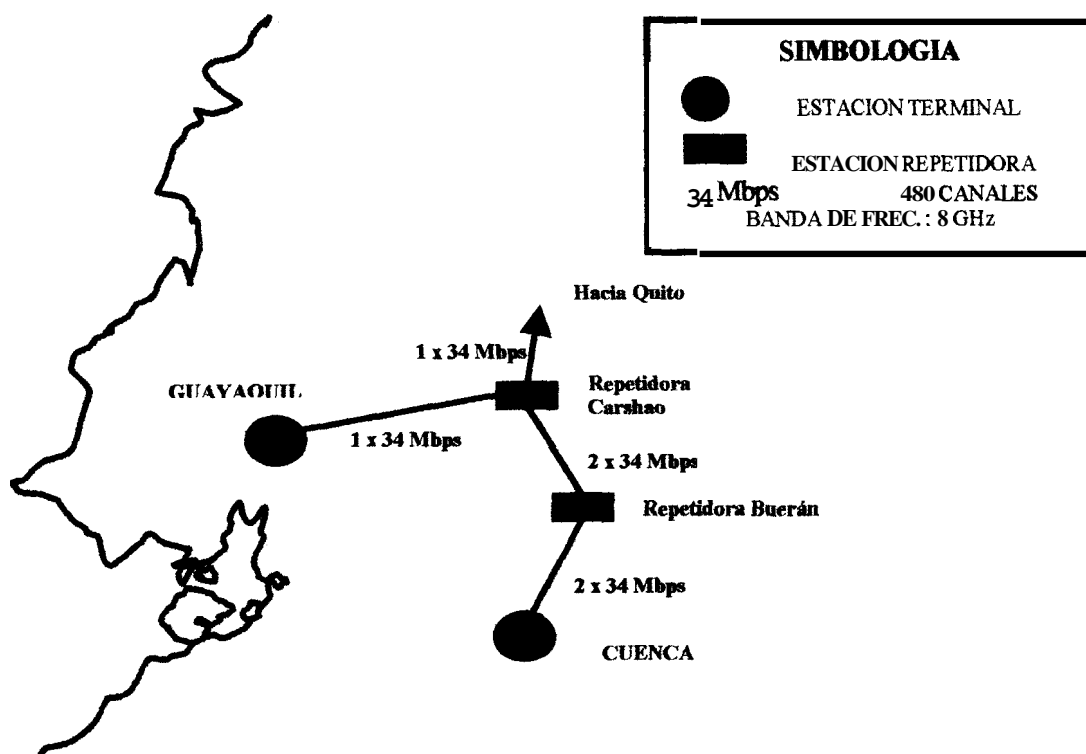


Fig. 1.10 Conexión actual de las centrales de Guayaquil y Cuenca

Las frecuencias de operación, así como datos técnicos de los enlaces están descritos a continuación en la tabla 1-2

TABLA 1-2
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Generales:

Bandas de frecuencias de funcionamiento	7,7– 8,5 GHz
Capacidad de tráfico	480 o 120 canales PCM
Tipo de modulación	PSK de 4 fases
Frecuencia Intermedia	70 MHz

Canales de servicio:	
cantidad	2 6 3 (según la configuración escogida)
frecuencia de cifra	64 Kbps
código	NRZ + reloj
interfaz	V11
Señal con informaciones para comando	
conmutación:	
Versión 34 Mbps	32 Kbps
Versión 8 Mbps	16 Kbps
Código	NRZ + reloj
Señal de agregado:	
Frecuencia de cifra	35,840 o 8,960 Mbps
Código	NRZ + reloj

Transmisor

Potencia de salida RF (valor nominal medida a la salida del film de derivación)	+25 dBm
Estabilidad de frecuencia de OL (valor garantizado a +5°...40° C)	± 20 ppm

Receptor

Figura de ruido (valor nominal medido a la entrada del filtro de derivación)	6 dB
Nivel nominal a la entrada RF	- 40 dBm

Tensión primaria nominal	24 Vcc o 48/60 Vcc, con positivo conectado a masa
--------------------------	---

CAPITULO 11

TECNICAS DE TRANSMISION PDH Y SDH

2.1 CONVERSION ANALÓGICA A DIGITAL

Por un lado, la voz humana es una señal continua (analógica) en el rango de frecuencias de **0-4** KHz. Por otro lado, la comunicación digital, se basa en la transmisión y recepción de bits discretos (0 y 1). Por consiguiente, para transmitir tanto la voz humana como otras señales analógicas es totalmente necesario convertir las señales analógicas en una corriente de bits, y para recibirlos en su estado inicial, realizar el proceso inverso.

La conversión analógica a digital se hace por muestreo de las señales analógicas, caracterizando su nivel por una o más cifras, las cuales se transmiten por la vía digital. El proceso inverso se realiza regenerando las señales analógicas de acuerdo con las cifras que se reciban.

De acuerdo con la Ley de Nyquist, la frecuencia mínima de muestreo que se necesitan para realizar la reconstrucción de las señales analógicas iniciales, sin pérdida de calidad, es de dos veces el número de la frecuencia máxima de esta señal. En el caso de la voz, esto resulta en $2 \cdot 4 \text{ KHz} = 8 \text{ K}$ Muestras por segundo.

El método más común para la caracterización de los niveles de la onda analógica se llama PCM (Pulse Code Modulation). Este método divide el nivel en **256** niveles (8 bits).

Así, realizando el muestreo 8K veces por segundo, y pudiendo tener cada muestra de 0 a **255** niveles (8bits), entonces necesitamos $8 \text{ K/s} \cdot 8 \text{ bit} = 64\text{K}$ bits por segundo,

para una línea de voz. La figura 2.1 muestra una señal de voz muestreada como se ha descrito.



Fig. 21 señal de voz convertida a señal digital

22 MULTIPLEXADO Y SINCRONIZACIÓN

Para una eficaz conversión analógica a digital y su posterior transmisión es necesario:

- Transmitir más información por unidad de tiempo que **64 Kbit/s**
- El receptor tiene que discernir donde empieza un nuevo número de 8 bits, del corriente de bits transmitidos.

Estos dos aspectos se solucionan mediante el multiplexado y el uso de bits de sincronización.

MULTIPLEXADO

Para transmitir más información por unidad de tiempo, hay dos maneras:

- Dedicar más líneas de transmisión, un canal por línea, o bien
- Transmitir a mayor velocidad por las mismas líneas disponibles

La primera es una solución poco eficaz. La segunda se resuelve mediante el multiplexado.

El Multiplexado es un procedimiento mediante el cual se reúnen o entrelazan diversas señales en otra señal de orden superior (con mayor velocidad de transmisión) con el que sea posible su transmisión por el mismo canal de forma simultánea e independientemente sin que las señales agrupadas se interfieran entre sí.

El Multiplexado puede ser por división en el tiempo **TDM** (Time Division Multiplex), o por división de frecuencia (Frequency Division Multiplex).

Para ilustrar el concepto de multiplexado, vemos un ejemplo: supongamos que tenemos **32** canales, cada uno de ellos con una velocidad de **64 Kbit/s**, que queremos transmitir. El multiplexado toma de cada una de las **32** líneas, un único byte y lo transmite uno detrás del otro. A continuación, toma el siguiente byte de cada uno de los canales y así con todos sucesivamente. Con el objeto de que no se pierdan bytes, el multiplexado tiene que ser capaz de enviar todos **los 32*8** bits de **los 32** canales sin que se manchen. Esto implica que la velocidad de salida del multiplexado tendría que ser como mínimo de **32*64 Kbit/s**, es decir un mínimo de **2048 Kbit/s**.

Este método se llama Time Division Multiplexing (TDM) porque una vía común es compartida, por asignación de intervalos periódicos de tiempo, por diferentes canales.

En el ejemplo, el multiplexado asigna un intervalo de tiempo fijo, de $1/8000$ de segundo, y lo divide entre **los 32** canales por el aumento de la velocidad, de tal manera que cada byte de cada canal dispondrá de $1/(8000*32)$ segundos para ser enviado.

Este metodo puede hacerse servir para aumentar el numero de canales desde los **32** a **4*32** canales, y **más**. Cada aumento va, por descontado, acompañado por un aumento adecuado **en** la velocidad de la transmision de bits de la línea.

SINCRONIZACIÓN

Una vez enviados diversos canales **simultáneamente** por una única linea, es necesario que el receptor (demultiplexor) restaure la información asignada de cada bit al canal que le corresponda.

Por eso **se** utilizan bits especiales en la corriente del bit, que **se** utilizan para la sincronizacion. Estos bits comunican al demultiplexor donde empieza un nuevo grupo de **32** bytes, de manera que si es posible separar y repartir los siguientes bits entre los canales. No es necesaria sincronizacion para distinguir entre cada uno de los **32** canales.

Si **se** multiplexan **varios** grupos de **32** canales juntos, es necesario **añadir** mas bits de sincronizacion para distinguir entre los diferentes grupos.

23 LA JERARQUÍA DIGITAL PLESIÓCRONA (PDH)

23.1 BREVE HISTORIA

A principios de la década de los **70**, **empezaron** a instalarse los primeros sistemas de transmision digital utilizando un método conocido como PCM (Pulse Code Modulation). Éste permitió representar de forma binaria, señales analógicas, como la voz humana, y mediante este metodo **se** pudo representar una señal telefonica analogica **estándar** de **4kHz** como **una** corriente de bits digitales a **64 Kbit/s**.

Este potencial se hizo servir para producir sistemas de transmisión más efectivos, combinando varios canales **PCM**, transmitiéndolos en el mismo cable que antes solo ocupaba una única **señal** analógica. Por asignación de intervalos de tiempo a cada canal, se adoptó un esquema estándar de multiplexado. En Europa se adoptó la combinación de 30 canales de **64** Kbit/s, con dos canales de control de la información, dando una capacidad total de transmisión de 2048 Kbit/s (2 Mbit/s).

Conforme **se** van incrementando la demanda de telefonía **y** creciendo los niveles de tráfico, la **señal** estándar de 2Mbit/s fue insuficiente para soportar la carga de las redes. Con el fin de evitar la utilización de un aumento del número de líneas de 2Mbit/s, **se creó un** nivel de multiplexado con mayor capacidad. El estándar adoptado en Europa **fue** la combinación de cuatro canales de 2 Mbit/s para obtener un único canal de 8 Mbit/s.

Así como fueron creciendo las necesidades, **se** incorporaron nuevos niveles de multiplexado, creándose estándares para **34**, y 140Mbit/s, dando lugar a una jerarquía completa de velocidades de transmisión.

232 **PRINCIPIOS DE OPERACION PDH**

La jerarquía de multiplexado descrita presenta la característica de que los canales multiplexados pueden ser generados por diferentes equipos, cada uno con **una** ligera diferencia de sincronización. **Así**, antes de multiplexar los **canales** de 2Mbit/s, **se** tiene que **añadir** información con el fin de sincronizarlos. Esta información, **en** forma de bits, son los llamados "bits de justificación". Estos bits de justificación son

reconocidos en el proceso de demultiplexado, y son eliminados, dejando la señal original.

Este proceso es conocido como una operación plesiócrona, del griego, significante "casi sincrona".

El mismo problema de sincronización aparece a cada nivel de la jerarquía de multiplexado, de tal manera que se tienen que añadir bits de justificación en cada etapa de multiplexado. La utilización de la operación plesiocrona a lo largo de toda la jerarquía ha originado el término "jerarquía digital plesiocrona", o PDH (del inglés Plesiochronous Digital Hierarchy)

2.3.3 ESTÁNDARES PDH

Los estándares son necesarios para poder hacer trabajar equipamiento de diferentes fabricantes. Ahora bien, hay más de un estándar. Los más importantes son el CEPT/E, que se utiliza principalmente en Europa, y el DS (o T) que se utiliza principalmente en EE.UU. y en algunos países del extremo oriente.

Centrándose en los estándares europeos, que son los que se utilizan en nuestro país, la primera jerarquía de E es el E1 y está compuesta por 32 canales haciendo un total de 32×64 Kbit/s. Dos de estos canales se utilizan para sincronización y señalización.

Las siguientes son E2, E3, y E4. La jerarquía E2 es el multiplexado de 4 sistemas E1, E3 de 16 sistemas E1, y E4 de 4 sistemas E3. Las capacidades de cada una se muestran en la tabla a continuación:

TABLA 2-A
VELOCIDADES PDH

Nombre	Canales de información	Velocidad
E1	30	2,048 Mbit/s
E2	4 E1 = 120	8,448 Mbit/s
E3	16 E1 = 480	34,368 Mbit/s
E4	4 E3 = 1920	139,264 Mbit/s

No se han estandarizado sistemas de mayor velocidad para el tipo PDH. Para velocidades mas altas, se utilizan los formatos SDH y SONET

2.3.4 LIMITACIONES DE LA JERARQUÍA DIGITAL PLESIÓCRONA (PDH)

La técnica de transmisión PDH es parte de una evolución en cuanto a las técnicas de transmisión, que se ha presentado porque cada vez hay mayores demandas de abonados, calidad de transmisión de la señal, velocidad de transmisión, entre otros. La técnica de transmisión PDH, con el transcurrir de los tiempos, presentó limitaciones que le llevaron a ser reemplazada por una nueva técnica llamada SDH, con la que se solucionaron limitaciones como las que se citarán a continuación:

- **FLEXIBILIDAD**

La existencia de bits de justificación en cada nivel de multiplexado, implica que para identificar la localización exacta de las tramas, y poder extraer en un nodo, un canal

de 2 Mbit/s dentro de una línea de mayor velocidad, como podría ser de 140 Mbit/s, se hace necesario demultiplexar totalmente la señal.

En el caso de 140 Mbit/s, se tiene que demultiplexar los 64 componentes de 2 Mbit/s, pasando por los demultiplexados de 34 y 8 Mbit/s. Una vez identificada y extraída la línea de 2 Mbit/s tiene que volver a multiplexarse los canales a 140 Mbit/s.

Esta característica dificulta la flexibilidad de los conexiones, hace más lento el proceso e incrementa el número necesario de multiplexores y demultiplexores, con el consecuente coste de equipamientos y mantenimiento, conforme se incrementa el número de nodos y la velocidad de la línea.

2.4 JERARQUÍA DIGITAL SINCRONA- SDH.

SDH es una alternativa de evolución de las redes de transporte, que nace debido al acelerado crecimiento de las actuales redes de transmisión, demanda de nuevos servicios y aparición de nuevos operadores de red.

SDH satisface las exigencias de flexibilidad y calidad que requiere un mercado que esta continuamente en cambio. Además de esto, SDH beneficia también a las empresas operadoras en cuanto a la optimización de su rentabilidad, reducción de costos de operación y mantenimiento y facilidad de supervisión.

2.4.1 ORÍGENES DE LA SDH

A principios de los años 80, la comunicación digital se vuelve claramente el método más escogido para hacer crecer las redes y las fibras ópticas se vuelven una alternativa práctica. Entonces, unos cuantos métodos diferentes se hacían servir para combinar líneas E3 juntas para conseguir unas líneas con una velocidad mayor.

Cuando esto empezó, se reconoció que un mayor control y un mejor acceso abastecieron un coste mayor en la estructura de la red así que la Bell Communications Research Organization va crear el concepto del SONET (synchronous optical network) o red optica sincrona. Esta red optica sincrona estuvo diseñada para proporcionar un método de empaquetamiento para toda la informacion digital, que permitiría no tan solo combinar diferentes tipos de informacion digital, sino gestionar esta red desde una localización centralizada.

La efectividad representada por esta técnica estuvo reconocida por la World Standard Organization (**ITU**) la que desarrollo la SONET en una mayor extension, que fue nombrada Jerarquia Digital Sincrona o SDH (Synchronous Digital Hierarchy). Estos dos estándares juntos formaron una nueva forma de acceso global para las comunicaciones digitales por fibra optica, que se ha extendido rapidamente por todo el mundo. La estructura SDH permite manipular de forma efectiva todo tipo de comunicaciones con una estructura gestionable que proporciona otras prestaciones y redes con un cierto nivel de complejidad.

De esta manera, SDH sobre PDH tiene las ventajas de:

- Permitir mayor velocidad de transmision
- Poder extraer circuitos individuales des de los sistemas de alta capacidad sin tener que demultiplexar el sistema entero.
- Mejoras en la capacidad de gestión de la red

2.4.2 CARACTERÍSTICAS QUE OFRECE

Entre las principales características que la técnica SDH ofrece están:

- Nuevas topologías de red especialmente **en** la parte de acceso.
- Acceso directo a afluentes de baja velocidad sin tener que demultiplexar toda la señal que viene a alta velocidad, como ocurre con la **PDH** actual.
- Facilidad de multiplexación y demultiplexación.
- Mejor capacidad de operación, administración y mantenimiento.
- Adopción de canales auxiliares estandarizados.
- Estandarización de interfaces.
- Fácil crecimiento hacia velocidades mayores, en la medida que lo requiera la red.
- Implementación de sistemas con estructura flexible que pueden ser utilizados para construir nuevas redes (incluyendo LAN, **ISDN**).

La técnica **SDH** nace como una solución a las deficiencias que presenta la técnica **PDH**, por esto haremos una breve descripción de esta última antes de entrar en materia.

2.4.3 PRINCIPIOS DE LA JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA

La figura 2.2 muestra la estructuración de la jerarquía multiplexada sincrónica SDH.

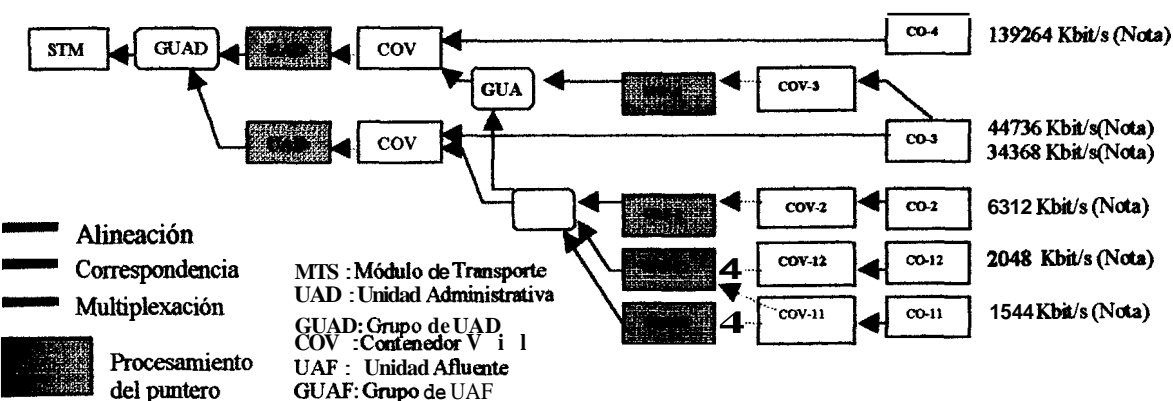


Fig. 2.2 estructura básica de jerarquía multiplexada sincrónica

Nota: Se muestran los afluentes descritos en la Recomendación G. 702

asociados con contenedores CO-x(donde x puede ser 1,2,3.. etc).

La jerarquía SDH define un cierto número de "contenedores", cada uno de ellos correspondiente a una velocidad plesiocrona existente. La información de una señal plesiocrona **se** agrupa o se empaqueta en contenedores. La forma en que **se** realiza esta operación **es** similar a la forma en que **se** hace en un multiplexor plesiocrono convencional. En cada contenedor se asocia una zona de bytes de información de control, que **se** adjuntan al resto de la información. Este conjunto de bytes de control **son los** permiten la supervisión del paquete de información. El contenedor y los bytes de control forman los llamados "contenedor virtuales".

En una red síncrona, todo el equipo es sincronizado por un reloj global de la red.

Ahora bien, los atrasos asociados a un enlace de transmisión pueden variar ligeramente con el tiempo, y como consecuencia, la localización de contenedores virtuales en una trama STM podría no ser fija. Estas variaciones **se** ajustan asignando un puntero **en** cada contenedor virtual. El puntero indica la posición del inicio del contenedor virtual en una trama **STM**.

El estándar **G.709** define diferentes combinaciones de contenedores virtuales, que **se** pueden utilizar para llenar el espacio disponible en una trama **STM**. El proceso de carga de contenedores, y el añadido de bytes de control **se** repite en diferentes niveles de la SDH, de tal forma que podemos tener contenedores virtuales pequeños empaquetados dentro de contenedores virtuales más grandes. Este proceso **se** repite hasta llenar la medida más grande de contenedores virtuales (en Europa, conocida

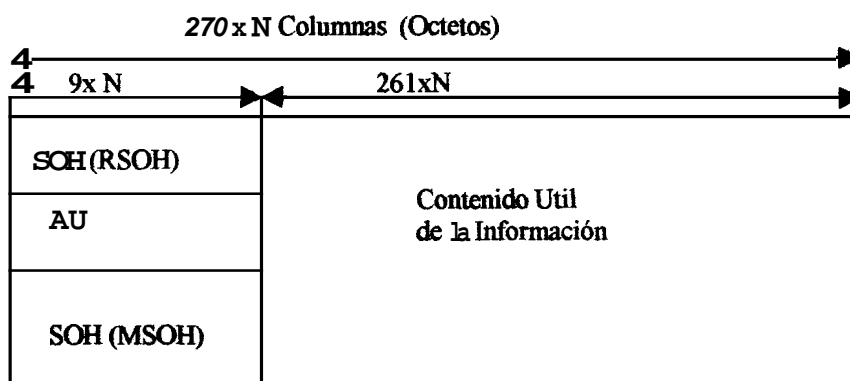
como VC-4). Una vez lleno, entonces este ultimo contendor virtual es cargado en la trama **STM**. Cuando el **área** de carga de la trama STM esta llena, entonces **se** añaden mas bytes de control la trama, para formar la "sección de control" Estos últimos bytes de control **se** quedan con la trama durante su recorrido entre dos multiplexores sincronos. Su propósito es poder proporcionar a los canales de comunicacion funciones de supervision y control.

2.4.4 ESTRUCTURA BASICA DE SDH

SDH trabaja con una estructura básica **según** lo define la CCITT. Esta estructura es llamada trama básica, la cual tiene una duracion de 125 microsegundos, y corresponde a una **matriz** de 9 filas y 270 **columnas**, **cuyos** elementos son octetos de 8 bits; y como **su** duración es de 125 microsegundos, o sea que **se** repite 8000 veces por segundo, su velocidad binaria sera:

$$19940 * 8000 = 155520 \text{ Kbits/seg}$$

A continuación se muestra la estructura de una trama SDH:



Esta trama básica recibe el nombre de STM_1" Modulo de Transporte Sincrono de Nivel 1" (STM_1 = Synchronous Transport Module I).

En la trama se distinguen tres áreas:

- **Tara** de Sección (Section OverHeat).
- Punteros de AU (AU pointer).
- Carga Util (Pail Load).

2.4.5 CONTENEDOR VIRTUAL (VC).

Para que un tributario pueda entrar a formar parte de la carga util de un STM_1 previamente debe ser " empacado adecuadamente, para ello se procesa con el fin de convertirlo en un contenedor virtual (VC:Virtual Container). Este VC es una señal *síncrona en frecuencia* con el STM_1 y ocupara un determinado lugar entre la sección de carga util de la trama.

2.4.6 VELOCIDADES BINARIAS EN SDH.

Las velocidades de bit para los niveles mas altos de las jerarquias SDH van de acuerdo al nivel N del Modulo de Transporte Sincrono (STM). Según la recomendación G.707 del CCITT estas velocidades son:

TABLA 2-1
VELOCIDADES SDH

Nivel	STM_n	Velocidad	Velocidad Real
1	STM_1	155.520 Mb/s	155.520 Mb/s
4	STM_4	622.080 Mb/s	622.080 Mb/s
16	STM_16	2488.320 Mb/s	2488.320 Mb/s

A diferencia de la jerarquía digital pleosincrona, aquí la velocidad del STM_N se obtiene multiplicando la velocidad del modulo básico STM_1, por N, donde N es un entero.

2.4.7 TÉCNICA DE PUNTEROS.

En la red sincrona todos los nodos y multiplexores SDH están controlados por un reloj muy estable. Sin embargo pueden surgir pérdidas de sincronismo en alguna parte de la red o puede ser necesario efectuar algún ajuste en los puntos donde el trafico traspasa las fronteras nacionales. Esta tarea de ajustar el sincronismo, se realiza mediante los punteros. Estos indican la posición en que comienza una carga útil. Como cada octeto de una trama STM, tiene un numero que lo identifica, el puntero indica uno de tales números, y es donde se encontrara el primer octeto de la carga util asociada a dicho puntero. De esta forma la carga util puede por asi decirlo "flotar" en una trama STM, pues siempre su posicion estara indicada por el puntero.

2.4.8 ESTRUCTURA DE RED

SDH / SONET

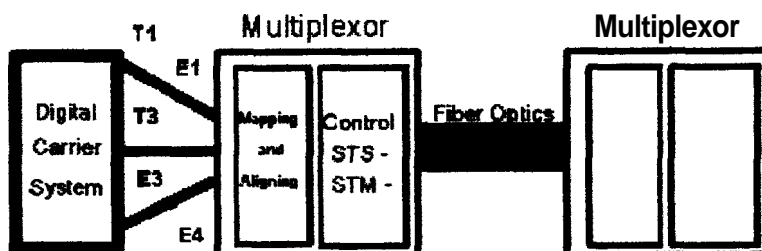


Fig. 2 3 arquitectura básica SDH

La arquitectura básica SDH, que se muestra en la figura 2.3, presenta dos diferencias claves respecto a la arquitectura de los sistemas PDH. En primer lugar, los sistemas SDH casi siempre utilizan fibras ópticas para la transmisión, y **en** segundo lugar, siempre trabajan con sincronismo (es decir que estos sistemas tienen una base de tiempo fija).

Los sistemas SDH permiten la carga sin problemas de señales PDH, permiten las variaciones temporales características de los PDH. Esta carga se realiza al multiplexor mediante dispositivos que llevan a cabo funciones conocidas como "mapping" y "aligning". El mapping convierte las señales no síncronas al formato necesario para su carga a un enlace SDH y el aligning asegura que cuando llegue a su destino saldrá exactamente a **la** misma velocidad que entro.

ESTRUCTURA EN CAPAS

Una red basada en SDH proporciona los medios para transportar los contenedores entre diversos puntos, para cargar y descargar contenedores de los STM_1 y para transferir contenedores de un medio De transporte a otro (STM_N). Estas acciones determinan las funciones básicas que se deben realizar en una red SDH. En los puntos de acceso a la red se ensamblan los vc adecuados a la señal a transmitir, una vez conformado el vc debe ser transportado **a** través de la red, durante el viaje del vc por la red SDH puede presentarse el caso en que un vc o varios deben ser descargados del STM_1 o también **casos** en que deban ser cargados **en** los STM_1. En su recorrido por la red, el vc pasara por diferentes rutas y con diferentes velocidades.

2.4.9 EQUIPOS PARA SDH

Los equipos necesarios en una red SDH son los siguientes:

*MultiplexorTerminal.

*MultiplexorAdd-Drop.

•Multiplexor Cross-Comet.

La función del multiplexor terminal es combinar las funciones de interfaz, ensamblado y desensamblado de los diversos paquetes.

El cross-comet realiza el enrutamiento del tráfico entre nodos de la red y se puede clasificar de acuerdo al tipo de vc que intercambie y al nivel jerárquico de las señales.

Se pueden clasificar en 3 tipos: los que realizan intercambio a nivel VC-4 o a nivel superior, los que realizan intercambio a nivel del vc de orden inferior y los que son combinaciones de los anteriores.

2.4.10 GESTIÓN SDH.

La SDH es la primera tecnología que incluye dentro de las normas que la soportan, algunas dedicadas a especificar las facilidades de gestión bajo las directrices de la TMN (telecommunication management network). La TMN se concibe como una red superpuesta a la red de telecomunicaciones, que interactúa con ella a través de interfaces normalizadas en ciertos puntos y obtiene información que le permite monitorear y controlar su operación. Su objetivo es dar soporte para la gestión a los operadores de la red.

Los aspectos de gestión de la red SDH, se tratan básicamente en la REC G de la **UIT**.

En el modelo de organización de gestión se distinguen 2 componentes principales:

- Sistemas de operaciones o dispositivos de mediación (SO/DM).
- Elementos de red (ER).

La diferencia entre estos dos componentes radica en el tipo de función que soportan.

Los SO/DM realizan funciones del sistema de operaciones: procesar la información, controlar las funciones de gestión dentro de las cuales hay funciones básicas, funciones de red y funciones de servicio. Realizan funciones de mediación que garantizan la comunicación entre el SO y el ER como control de las comunicaciones, conversión de protocolos, manejo de datos, transferencia de primitivas. Los ER realizan funciones de elemento de red sustentando los servicios de transporte de red basados en SDH, como multicanalización, regeneración, transconexión. Se comunican con el SO a fin de ser supervisados y controlados.

24.11 ESTÁNDARES SDH

Los estándares SDH se han desarrollado como una evolución de las jerarquías de transmisión, teniendo en cuenta las faltas existentes con anterioridad.

Estos trabajos llevan al 1989 a la publicación de las recomendaciones **CCITT** (actualmente ITU) **G.707**, **G.708** y **G.709** que comprenden las interfaces de nodos de red para jerarquía digital sincrónica (SDH), siendo su última revisión de marzo de 1996. En Norte América, ANSI publicó los estándares SONET los cuales pueden ser considerados como un subconjunto de los estándares mundiales SDH. A partir de la

publicación de las tres recomendaciones principales CCITT nombradas, se han desarrollado una serie de otras recomendaciones abarcando otros aspectos del SDH.

Las recomendaciones CCITT definen un número de velocidades de transmisiones básicas dentro del SDH. La primera de estas es 155 Mbit/s, nombrada STM-1 (donde **STM** indica "Synchronous Transport Module"). Las velocidades superiores definidas son STM-4 y STM-16 (622 Mbit/s y 2,4 Gbit/s respectivamente), y existen más niveles propuestos por estudio.

Un punto muy importante de estas recomendaciones ha sido que también la definición de una estructura de multiplexado a la que una señal STM-1 puede llevar señales plesiocronas de velocidades entre 1,5 Mbit/s y 140 Mbit/s, permitiendo así que señales PDH pueden ser llevadas sobre redes síncronas. De esta manera se garantizó que los equipos existentes PDH no quedasen obsoletos.

A continuación se muestra una organización de las normas del CCITT sobre SDH:

- ESTÁNDARES SDH G.707-G.708-G.709
- **ARQUITECTURA DE RED:** G.803 (Arq. Redes) G.804
- EQUIPOS **G.781,G.782,G.783(mux)** G.987 (INTER.OPTICAS) G.958 (SIST.DE LINEA) G.SDX 1,2,3(Cross-connet) **Reg.750(Arq.sistemas radio)**
- GESTION DE RED M.3010 **G.803(arq.redes)** G.773(Int.Q) G.804 **G.774(Modelo inform)**

24.12 VENTAJAS DE LAS REDES SÍNCRONAS

La transmisión síncrona sobrepasa las limitaciones de una red plesiócrona, y permite la evolución de la red para acomodarse a las nuevas y crecientes demandas de los usuarios.

Sus principales ventajas son:

- **SIMPLIFICACIÓN DE LA RED**

Un único multiplexor síncrono puede hacer la función de una "montaña de multiplexores síncronos", llevando a una reducción importante en la cantidad de equipos de la red.

La reducción de equipos comporta a su vez ahorros en la explotación de la red debido a:

- una reducción del inventario de recambios
- simplificación del mantenimiento
- reducción de espacio requerido por el equipo
- menor consumo de energía

Se obtiene un mejor aprovechamiento del ancho de banda, debido a las mejores capacidades de supervisión y gestión de la red, y a las características más avanzadas de dispositivos "extracción/inserción", permitiendo el envío de más información al optimizar el uso de la red.

- **MAYOR DISPONIBILIDAD**

Las capacidades de supervisión y gestión de redes SDH permiten la identificación inmediata de fallos de nodos, enlaces, fibras y **otros** dispositivos. Así los trabajos de

mantenimiento pueden ser dirigidos de forma rápida y eficaz para la resolución efectiva de problemas.

Mediante el uso de arquitectos **en anillo** adecuados, la red puede **ser** reconfigurada automáticamente, y el **tráfico** ser instantáneo reencaminado hasta que se repare el fallo.

De esta manera los fallos de la red pueden ser totalmente transparentes a los usuarios, y los **servicios** no se verán afectados, permitiendo unos altos niveles de disponibilidad de la red.

● **GESTIÓN REMOTA DE LA RED**

La estructura de la trama SDH provisiona canales de gestión de red, de **tal** manera que una red sincrónica puede **ser** totalmente controlable por sistemas informáticos. Los sistemas de gestión de redes digitales sincrónicas pueden llevar a cabo no tan **sólo** las **tradicionales** funciones de gestión de alarmas de red, sino también funciones como son supervisión de rendimientos, gestión de configuraciones, gestión de recursos, seguridad de red, gestión de históricos de funcionamientos de dispositivos y **diseño** y planificación de la red.

La posibilidad de realizar un mantenimiento preventivo **y** correctivo centralizado reduce el tiempo del personal de mantenimiento en la identificación de problemas y los desplazamientos para la localización de averías, con los consiguientes **ahorros** económicos.

- **ANCHO DE BANDA SOBRE DEMANDA**

En una red sincrona sera posible realizar un reparto dinámico de la capacidad de la red según las demandas de los diferentes servicios o usuarios, permitiendo así responder a demandas puntuales de elevada transmision de información.

- **COMPATIBILIDAD DE FUTURO**

El SDH ofrece una inversion segura respecto a equipos debido a que es la base sobre la que se sustenta la próxima generación de redes de telecomunicaciones, la Broadband ISDN (B-ISDN).

- **ESTANDARIZACIÓN**

Las definiciones de estandartes para SDH, a nivel lógico y hasta el nivel fisicos de interfaces, implican que equipos de transmision de diferentes fabricantes pueden, por primera vez, interactuar al mismo enlace.

Esta estandarización en SDH implica que los operadores de redes de equipos tienen la posibilidad de escoger equipos de diferentes fabricantes, evitando los problemas tradicionalmente asociados con las soluciones propietarias de un único subministrador.

2.5 INGENIERIA DE REDES SDH

2.5.1 RED DE TRANSPORTE

CRITERIOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE UNA RED DE TRANSPORTE

Los criterios técnicos que deben tomarse en cuenta para diseñar una red de transporte son los siguientes:

- Determinación de los anillos SDH (Nodo-Central)

Se debe determinar los anillos tomando en consideración que estos anillos cubran la mayor cantidad de centrales telefónicas.

- Definir los niveles de Recolección e Interconexión

Debemos tomar en cuenta que tipo de interconexión va a existir y las funciones

como:

- Funciones del nivel de interconexión c/c
- Transporte entre anillos (**ADM** y DXC)
- Recolección de tráfico entre los diferentes nodos ADM
- Se escoge los equipos a instalarse en cada nodo y la configuración del anillo.

2.5.2 RED DE GESTION

Primero relataremos un poco de historia de como han evolucionado el proceso de Gestión *de las* redes. ~~Las~~ cuales podemos dividir las entre etapas:

Generación Unidireccional

- Básicamente comienza en la década de los años **80**, la velocidad básica era de 300 Bps.
- Toda congestión o proceso de alarmas eran indicadas desde las estaciones remotas hasta la estación central.
- La operación de estas redes era *Simplex* (es decir en una sola dirección)

Generación Bidireccional

- Comienza la era de las redes digitales PDH , era básicamente un sistema de Telesupervisión Dedicada por ello lo de bidireccional, todo esto **en** los inicios de los años 90.
- La velocidad clásica de estas redes era de 1200BPS
- La comunicación **se** realizaba entre La Estacion Master- Estacion Remota, Estacion Remota- Estacion Master, todo ello en un doble sentido. (método de HAND SHAKE)

Generación Centralizada

- La red de Gestion de Telecomunicaciones Centralizadas apunta básicamente a que la unidad básica de velocidad sea un E1, **es** decir 2048 Kbps. Todo ello con una **técnica** de transmision SDH. Esta era de **evolución** comienza desde 1992
- El Sistema es centralizado, **es** decir, todo se maneja desde un gran controlador que permite el almacenamiento y la reconfiguración de la red, todo esto bajo las normas de de la UIT M.3010/3020/3180/3300

GESTION

GESTIÓN DE EQUIPOS

Básicamente comprende de dos partes que son :

- Gestion de Documentos básicamente consiste **en** la **interacción** de los elementos por separados, ejemplo : los equipos terminales de STM-16.
- Gestion de **Red** ,es la interaccion de todos los equipos en conjunto .

APLICACIONES

La aplicación de nuestro proyecto se basa en :

- Servicio de comunicación entre abonados de la Ciudad de Guayaquil y el de la ciudad de Cuenca (rutas nacionales)
- Servicio de comunicación internacional de los abonados de la ciudad de Cuenca.

Hay que mencionar que por el momento sólo incluimos de los beneficios de nuestro proyecto a la Ciudad de Cuenca, en un **futuro** se verán beneficiados las demás ciudades que formen parte del anillo sur.

UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS.

Los equipos se encuentran en las central de tránsito de Guayaquil y la central de tránsito de Cuenca.

ELEMENTOS A SER GESTIONADOS

Equipos terminales STM-16, repetidores y la ruta del cable utilizado. Todo ello basado en una velocidad de 2.5 Gbps.

CONFORMACIÓN

Nuestro sistema de Gestión esta conformado por:

- Estacion terminal Master (Network Management System)
- Estaciones de trabajo remotas (Esclavos) y terminales de operación (PC. Pentium, impresora láser, etc.)
- Servidor general, lugar donde se encuentra todas las aplicaciones de nuestro sistema de gestión (monitoreo, detección de alarmas, creación de circuitos etc.)

- Red LAN, una vision general de como están ubicadas las estaciones terminales esclavas y la Maestra.

Se necesita de Red de Datos en una Red SDH para realizar la función de Gestion.

u3 RED DE DATOS

Debe de estar basada en :

- Uso de Canal dedicado de datos, para la comunicación de trafico de gestión, es decir, monitoreo, mantenimiento de la red, reconfiguración de circuitos etc).
- Los elementos que conforman nuestra red (SDH)

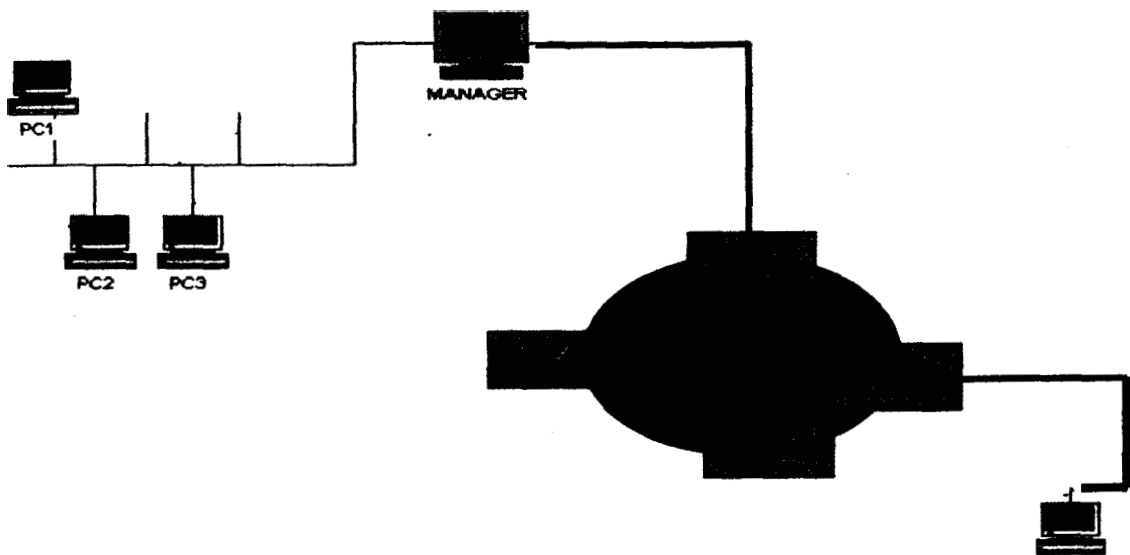


Fig. 2.3a Gestion de la Red

DATOS TECNICOS PARA LA RED DE GESTION

ELEMENTOS DE LA RED

- Equipos Terminales STM-16 para configuraciones multiplexor terminal (TM).
- Repetidores para STM-16 para configuraciones repetidores intermedios (IR).
- Un servidor que permita soportar hasta 10 Estaciones Terminales más la Master

REQUISITOS DE LA PLATAFORMA DE GESTION

- PC. Compatibles IBM con procesador INTEL de la **clase** Pentium, 160MHz
- RAM 64MB, disco duro de 1.2GB.
- Dispositivos de comunicación Ethernet
- Pantalla VGA
- Sistema operativo Windows NT 3.51

2.5.4 RED DE SINCRONISMO

Estructura Actual de la Red de Sincronismo.

Actualmente la red básica de conmutación transmisión con tecnología digital sigue desarrollándose a nivel nacional con la interconexión mediante enlaces de microondas digitales, entre las redes locales de las principales ciudades del país.

En lo que cuenta a la red de sincronismo de la ciudad de Guayaquil **se** emplea el sistema maestro-esclavo jerárquico con sistema de relación estrecha, **la central de tránsito es la central maestra.** La Central de Tránsito es la central maestra primaria y esta equipada con 3 RCM (módulo de referencia de reloj), como maestra

secundaria **se** tiene la central centro 3, que esta equipada con 2 RCM y como maestra terciaria **se** tiene la central Bellavista. Las demas centrales.

Todas las centrales del tipo AXE 10 de la red de Guayaquil están equipadas con un reloj interno conformado por 3 módulos de reloj (CLM), cada uno de los cuales posee una estabilidad de 1×10^{-6} / año. Como fuente de referencias **se** emplean en ciertas centrales, además del enlace PCM, módulos de Reloj de referencia (RCM), los cuales tienen una estabilidad de 3×10^{-8} año; el numero de modulos con que esta equipada una central dependen del papel que desempeña ésta en la red. Las centrales del tipo E10B disponen de unidades de reloj de cuarzo USRN con una estabilidad de 2×10^{-10} /día.

A nivel de region 2 las centrales de tránsito/local de Cuenca reciben su señal desde la central IDG/TDG.

La red de sincronismo de Cuenca esta conformada por las siguientes centrales: La central de transito de Cuenca, del tipo AXE 10 y la central Cuenca EWSD con sus concentradores: Chordeleg, El Giron , Gualaceo, La Union, Paute, **San** Fernando, **Santa** Isabel y Sigsig. La central TDC y las centrales locales de ETAPA funcionan en forma plésiocorna. Es necesario aclarar que la red local de Cuenca es administrada por la Empresa Municipal de Agua Potable de esta ciudad, La Central de transito de Cuenca esta equipada con 3 CLM, cada uno de los cuales **posee una** estabilidad de 1×10^{-6} año, mientras que la central de Cuenca Centro 3 cuenta con un reloj que tiene **una** precisión de 1×10^{-7} , el cual esta triplicado por motivos de

confiabilidad. La central Cuenca centro 3 suministra la señal de reloj a las centrales locales de ETAPA.

Se ha determinado la situación actual de sincronismo de la **Red** de tránsito de Guayaquil y la Ciudad de Cuenca, todo en base de un técnica de transmisión plésiocrona, **enlaces** de **microonda** con un sistema de reloj, por cada etapa de multiplexación. Ahora comentaremos como **se** planificará la red de sincronismo utilizando ya la técnica de transmisión SDH. La Idea es de que las centrales que conformaran el anillo sur, dispongan de su propio reloj de referencia primaria de un sistema GPS, dos unidades de reloj de Cesio y un distribuidor de señales, posibilitando de esta forma trabajar a la red en forma plésiocrona.

Se estima que para el año 2000 el país cuente ya con una RDSI de banda estrecha consolidada y los requerimientos de sincronismo de esta no serían mayores a los especificados para la **RDI**.

Esta futura **Red** deberá de contar con las siguientes normas de seguridad:

- En el nivel 1 las centrales de tránsito secundarias de Guayaquil dispondrán de enlaces de sincronismo con prioridad **2** desde la central de tránsito internacional de la ciudad de Quito, esto es como una norma de protección en caso de que el reloj propio de Guayaquil falle y el sistema de comunicación colapse.

A continuación se ilustra como está la **Red** de sincronismo actualmente y como deberá estar en el futuro, tomando en consideración únicamente a las centrales de Guayaquil y Cuenca, que son las que nos interesan en este estudio.

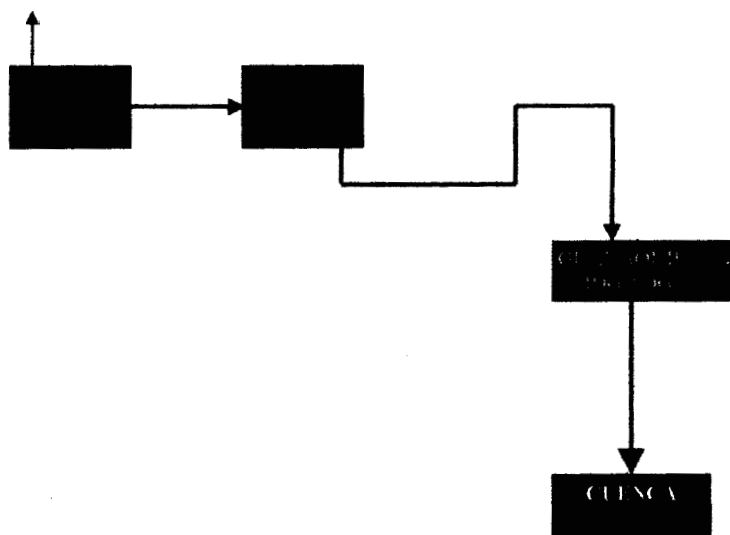


Fig. 24 Esquema de la red actual de sincronismo entre Gye- Cuenca

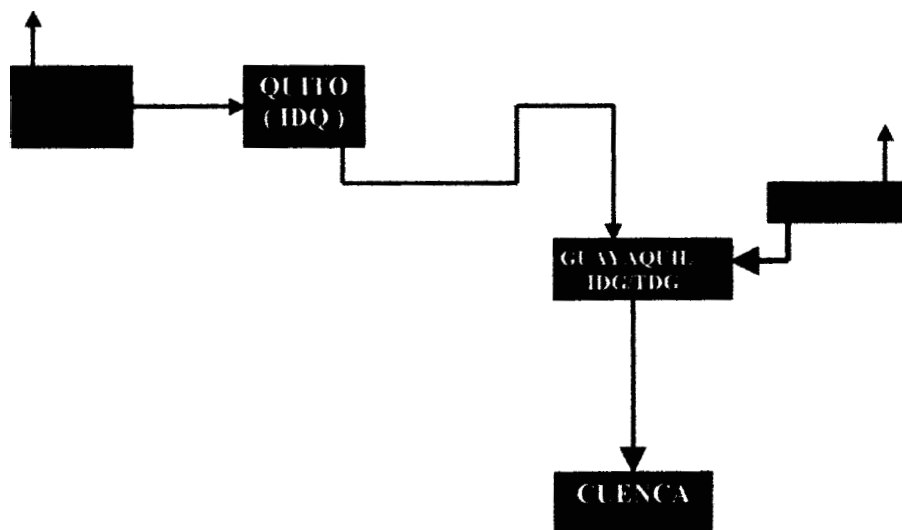


Fig. 25 Esquema de la red en futuro de sincronismo entre Gye- Cuenca

25.4.1 ATRIBUTOS CLAVES DE UNA RED DE SINCRONIZACION

• TRACEABILIDAD

Traceabilidad es sin lugar a dudas el mas desusado y malentendido término para describir la sincronizacion. A menudo es asumida si existe un PRC (reloj de referencia primario) en alguna parte de la red, y un nodo particular esta directamente unido a el, el nodo es “traceable a la temporizacion de referencia primaria”. Aunque es cierto desde un teórico punto de soporte, los proveedores de servicio responsables de la sincronizacion, señalarán inmediatamente las dificultades para mantener una temporizacion traceable en una red de la vida real.

A medida que las redes de transmisión se convierten de plesiocronas a sincronas via SDH, la traceabilidad de temporizacion se vuelve mas complicada con la adición de “relojes de intervención”. Ahora, puesto que cada elemento SDH contiene un reloj que temporiza las facilidades de transmisión, estos relojes causarán inevitablemente cambios en la estabilidad y por lo tanto traceabilidad del camino de temporizacion.

Para asegurar el éxito de SDH, una nueva apertura hacia la distribución sincronizada está siendo considerada, la cual involucra una mas amplia distribución de fuentes de referencia primaria. Esta aproximacion crea una distribución “mas plana” y evita los problemas de temporizacion resultantes de relojes en cascada.

• INTEGRIDAD DE TEMPORIZACION

El método tradicional para asegurar la integridad de la red de sincronizacion 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.

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

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 distribuido está actualmente siendo considerada en Norteamérica por la arquitectura SONET. El PRS distribuido puede ser interpretado como el problema de “aplanamiento” de la distribución de sincronización. Con una distribución más plana, cada nodo puede seguir teniendo dos alimentaciones de referencia distintas directamente rastreables 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.

- **TOLERANCIA A FALLAS**

Uno de los principales beneficios de la aplicación de la nueva arquitectura de anillo SDH es la “capacidad de supervivencia”. Aunque la implementación de reconfiguraciones automáticas tiene sentido para conexiones de mucho tráfico, esto añade complejidad y problemas administrativos a la distribución de sincronización.

La trazabilidad y la integridad de la temporización **se** vuelven especialmente vulnerables.

- **MENSAJES DE ESTATUS DE SINCRONIZACIÓN**

Con el propósito de mantener la estructura de sincronización jerárquica dentro de las nuevas topología **SDH**, el cuerpo de estándares ITU/ETSI está considerando una técnica de mensajería que permitirá al equipo de la terminal **SDH** determinar el nivel de calidad de la fuente de temporización.

Incluidos dentro del encabezamiento **SDH** se encuentran bytes que han sido reservados para transmitir mensajes de estatus de sincronización. En adición, estos mensajes pueden ser pasados entre elementos usando los bits en la trama E1 de **2 Mbps**.

La estrategia fundamental tras la mensajería de sincronización es que cuando ocurre **una falla**, los elementos de la red tienen la capacidad de enviar mensajes que los autoidentifican **y** que instruyen a los otros elementos a que tomen acciones específicas. Los mensajes dicen a los elementos **SDH** que **se** reconfiguren de manera que la temporización sea tomada de **una** ruta alterna.

2.6 **CALCULO DE TRAFICO**

DIMENSIONAMIENTO DE CENTROS DE CONMUTACIÓN

Como sabemos, la función de conmutación de un sistema **se** satisface cuando dicho sistema logra la **conexión** entre cualquier par de suscriptores **y** puede **determinar** el costo de la llamada. Su principio básico se encuentra en hallar **cuantos** equipos introducir para atender un porcentaje de llamadas, sin importar el número de intentos

de llamada (intentos de servicio) que **se** rechazan por falta de equipo debido a un tráfico mayor que el considerado. Cuando se está diseñando un Sistema Telefónico **se** debe estudiar suficientemente la máxima eficiencia y el costo mínimo para que funcione en forma óptima.

Por otro lado, lo que un abonado **espera** de su sistema telefónico cuando hace uso del mismo, es que este **se** conecte inmediatamente o casi inmediatamente con la parte solicitada, así como también que dicha conexión **se** realice al primer intento, este libre de fallas y permita una comunicación suficientemente inteligible.

En lo que respecta a la Administración Telefónica, le interesa manejar sistemas que operen en forma productiva; es decir, los costos de introducción e instalación, así como los de mantenimiento y operación deben **ser** lo más bajo posibles. Estos requisitos **se** satisfacen estructurando el sistema con un número limitado de trayectorias de conexión; el número preciso de ellos **se** fija mediante la Teoría de **Tráfico**. La aplicación de los principios de **ésta** teoría, lleva al valor apropiado del número de trayectorias de conexión que permite por un lado, diseñar sistemas de bajo costo y por otro sistemas que puedan atender inmediatamente a casi todas las peticiones de servicio.

Entre algunos de los objetivos que cumple la Teoría **de Tráfico** están en no **sólo** satisfacer la función de conmutación, sino que también requiere su dimensionamiento que le permita funcionar en condiciones óptimas de costo **y** calidad de servicio.

De acuerdo a como reaccionan los sistemas telefonicos ante el abonado que efectúa una llamada y encuentra el estado de congestión, **se** clasifican en sistemas de pérdida y sistemas de espera (o de retraso).

En los *Sistemas de Pérdida*, el abonado que no puede establecer su llamada por falta de trayectorias libres de conexión, recibe tono de ocupado, que le obliga a colgar para posteriormente repetir su intento. Asimismo, en los *Sistemas de Espera*, si un abonado trata de establecer una conexión cuando ya no existe trayectoria libre alguna, éste no recibe tono de ocupado, sino que **se** le permite esperar hasta que **se** desocupe una trayectoria, es decir que la solicitud de servicio **se** almacena.

La *Calidad de Servicio* de un sistema **se** mide en función de la magnitud de las pérdidas y el tiempo de los retraws. Esta es una cifra que **se** establece y la tarea que debe resolverse **es** diseñar un sistema que **se** apegue tanto como sea posible a los valores especificados, **con** costo mínimo.

La necesidad de contar **con** métodos adecuados de cálculo para las pérdidas o los retrasos, constituye la teoría de tráfico, la cual me permite comparar entre dos sistemas, **cual** maneja mas eficientemente el **tráfico**, esto es, **cuál** de los dos sistemas tendra las pérdidas más bajas o los retrasos mas **cortos**.

El *Tráfico Telefónico* se distingue principalmente por su caracter aleatorio, es decir, no se puede predecir cuando un **abonado** iniciará una llamada **y** cuando la terminará. Solamente **se** puede establecer, en base a observaciones prácticas, que tan probable es que un abonado específico inicie una llamada dentro de un intervalo de tiempo

determinado y que tan probable es que termine dicha llamada dentro de otro intervalo específico de tiempo.

Para el estudio de **tráfico** es necesario tener nociones básicas de la Teoría de Probabilidad, la cual pasaremos a repasar rápidamente:

Fórmula de Bernoulli

Se ha establecido que un sistema telefonico debe comprender tantas trayectorias de conexión como comunicaciones **se** desee que establezca, por lo tanto para el dimensionamiento de sistemas un parametro necesario es la probabilidad de que x abonados simultáneamente realicen llamadas. Si la probabilidad de que Q llamadas se realicen simultáneamente es pequeña, entonces no es necesario suministrar Q trayectorias de conexión, sino menos de Q .

Pensemos en un pequeño sistema con capacidad para **5** líneas de abonado ($n=5$); **se** desea saber que tan probable es que de estas **5** líneas, 3 de ellas se ocupen simultáneamente para tráfico de salida. Mediante observaciones de tráfico es posible determinar el valor de la probabilidad con la cual un abonado específico estará ocupado en una llamada de salida. Si consideramos a p como la probabilidad de un abonado que este hablando, entonces la probabilidad de que tres abonados determinados hablen simultáneamente es p^3 . Pero note que este valor (p^3) no da ninguna información del resto de abonados, por lo que consideraremos el caso de que exactamente 3 de **5** abonados están ocupados y los abonados **4** y **5** no deben estar ocupados. Para esto tenemos que la probabilidad de un abonado específico que no esté ocupado es de $(1-p)$, por lo tanto la probabilidad de que 2 abonados no estén

ocupados **al** mismo tiempo es de $(1-p)^2$. Considerando la probabilidad compuesta de que 3 abonados específicos esten hablando simultáneamente, **al** mismo tiempo de que los abonados restantes no estén hablando, es:

$$p^3(1-p)^2$$

Si se considera la probabilidad p_3 de un grupo cualquiera de tres de los cinco abonados, los cuales están hablando simultáneamente, al mismo tiempo que los otros dos no, **según** las reglas de análisis combinatorio se tendra que existen

$$\binom{5}{3}$$

diferentes posibilidades de seleccionar 3 diferentes abonados de un total de **5**, por lo que la probabilidad compuesta para p_3 sera:

$$p_3 = \binom{5}{3} p^3 (1-p)^2$$

Para generalizar, a continuación sustituimos el numero total de abonados por el simbolo general n **y**, para el numero de abonados que están simultáneamente ocupados, emplearemos el simbolo x . La probabilidad de que x de un total de n abonados, esten simultáneamente hablando es entonces:

$$p_x = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}$$

Esta expresión para dicha probabilidad se conoce como fórmula de Bernoulli. Donde la probabilidad de ocupación p establece el tiempo promedio durante el cual un abonado se encuentra ocupado con respecto al tiempo de observación total, p es una medida del tráfico telefónico de este abonado específico. Con n abonados el producto np nos da la magnitud del tráfico total que generan n abonados. A este producto se le conoce como intensidad de tráfico A , su valor numérico indica cuántos abonados, en promedio, están simultáneamente ocupados en llamadas; o cuántas líneas, en promedio, están ocupadas.

La intensidad de tráfico es un dato importante en el dimensionamiento de sistemas telefónicos, pues se emplea para calcular el número de trayectorias de conexión, así como de troncales en un sistema de conmutación. La ingeniería de planeación basa su trabajo en esa cifra, por lo que requiere frecuentemente de verificarla; para esto se realizan pruebas de tráfico en las centrales, de las que se obtiene una cifra específica para la intensidad de tráfico.

Fórmula de Poisson

Con la intensidad de tráfico obtenida $A=np$, reemplazamos el valor de $p=A/n$ y suponiendo que la intensidad de tráfico $A=np$ es constante. Si ahora n crece y p disminuye continuamente de tal forma que la ecuación $A=np$ sea constante; siempre se satisface, de la fórmula de Bernoulli mediante un proceso de límites, por lo que si $n \rightarrow \infty$ y $p \rightarrow 0$ se obtiene la fórmula de Poisson:

$$p_x = e^{-A} \frac{A^x}{x!}$$

Esta formula nos permite calcular la probabilidad p_x con la cual x abonados estarán hablando, simultáneamente conocida la intensidad de tráfico A . Esto desde luego bajo la suposición de que el numero de abonados que producen la intensidad de tráfico A es muy grande y que la probabilidad de ocupacion p del abonado individual es infinitamente pequeña.

Cantidades y Unidades de la Teoría de Tráfico

La intensidad de Tráfico A es la medida de la magnitud de tráfico; es un valor promedio alrededor del cual varía el tráfico real. Su valor numérico indica el numero promedio de llamadas que existen durante el periodo de observacion. En forma estricta, la intensidad de tráfico es una cantidad adimensional, **pero se** le ha asignado la unidad erlang (erl).

La probabilidad de ocupacion de la linea a , es un valor numerico no mayor a la unidad, **se** lo expresa en términos de porcentaje. Es la media de ocupacion de una linea (o de un dispositivo) $\alpha = A/n$; es la aportación de una linea a la intensidad total del tráfico.

Llamando T al tiempo de observacion, C al numero total de ocupacion que ocurren durante el tiempo observación y t_m al tiempo promedio de duración de estas ocupaciones (media o promedio de ocupacion), la intensidad de **tráfico** se puede calcular a partir de estas cantidades expresándola como función del tiempo de observacion con la siguiente expresión:

$$A = C t_m$$

Si t_m no se mide en términos de fracciones del tiempo de observación sino en términos de horas, lo cual es práctica normal, es necesario dividir entre el tiempo T de observación expresado en horas para obtener A en erl, es decir:

$$A = \frac{C t_m}{T} \text{ (erl)}$$

El tiempo T de observación se puede fijar en forma arbitraria pudiendo ser de 8 horas o solamente media hora. La intensidad de tráfico A es entonces un valor promedio para todo el tiempo T de observación.

El dimensionamiento del equipo de conmutación se basa en lo que se conoce como hora de máximo tráfico, que es el periodo continuo de una hora en la que se registra el mayor número de comunicaciones en un sistema. Lo que interesa conocer es la intensidad de tráfico durante este tiempo.

El tiempo promedio de conversación es parte del tiempo que emplean las llamadas que se completan, es decir, comienza a computarse desde el momento en que la conexión se ha establecido; es prácticamente el tiempo por el cual el abonado paga.

El tiempo promedio de ocupación, es el tiempo total durante el cual una línea o un órgano de conmutación se ocupa, incluyendo el tiempo que se emplea para que la conexión se establezca.

El tiempo de ocupación de una línea relacionado con una llamada que se completa es mayor que el tiempo de conversación. Sin embargo, como el tiempo promedio de ocupación también incluye las ocupaciones cortas que ocurren con intentos de

llamada que no se completan, este tiempo llega a ser, en la mayoría de los casos, más corto que el tiempo promedio de conversación.

Generación de Tráfico

Dado que un abonado A desea comunicarse con un abonado B, se genera una serie de sucesos, de los que se derivan diferentes tipos de tráfico que procederemos a explicar. Tomando como referencia la fig 2.6, el tráfico se genera en fuentes de tráfico y mediante troncales de entrada se alimenta al equipo de conmutación. El equipo de conmutación acepta parcial o totalmente el tráfico, pasándolo a las troncales de servicio.

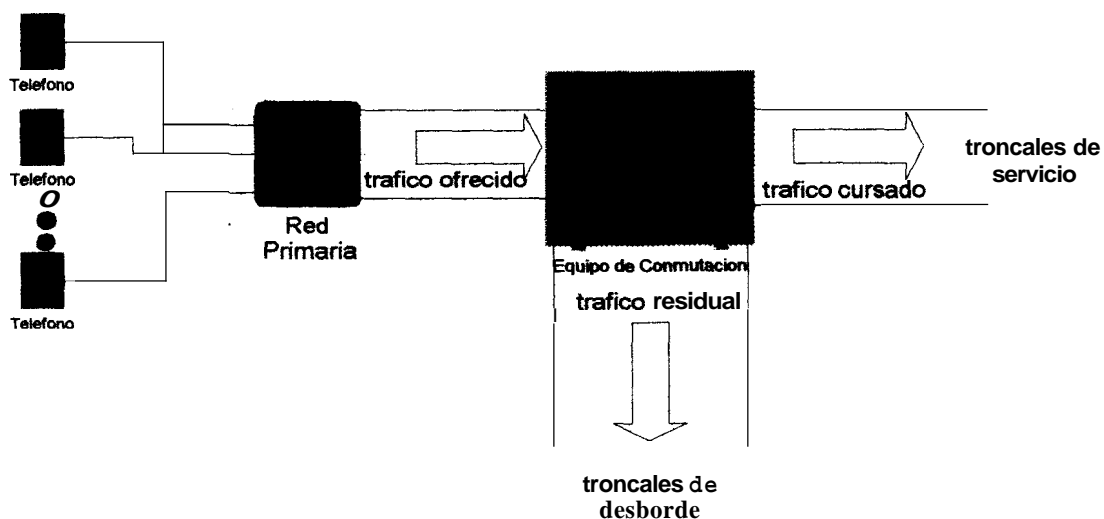


Fig. 2.6 Ilustración del tráfico en un equipo de conmutación

La intensidad de tráfico que alimenta al sistema, se conoce como tráfico ofrecido $T_{ofrecido}$ (en erlangs). La porción de tráfico ofrecido que el equipo de conmutación acepta es el tráfico cursado $T_{cursado}$ (en erlangs) y la porción de tráfico que no pasa a través del sistema sino que se desvía (debido, por ejemplo, a un número insuficiente de troncales de servicio) es el tráfico de desborde o tráfico residual cuya intensidad la denotaremos por $T_{desborde}$. Por lo tanto la suma del tráfico cursado $F1$ y el tráfico de desborde D es igual al tráfico ofrecido:

$$T_{ofrecido} = T_{cursado} + T_{desborde}$$

Para cada conexión establecida en el sistema se debe enlazar una troncal de servicio o una troncal de desborde con una troncal de entrada. Por otro lado, si el grupo de troncales de desborde se suprime, el tráfico residual se perderá (el abonado recibe tono de ocupado). Desde luego que el número promedio de troncales fente simultáneamente ocupadas es igual al número promedio de troncales de servicio simultáneamente ocupadas. Aunque esto estrictamente no es cierto, ya que los intentos de llamada que no se pueden atender también ocupan troncales fente aún cuando lo hagan por un período muy corto de tiempo, sin embargo, si tales intentos no ocurren muy frecuentemente, el número de troncales difícilmente se incrementa. Por lo tanto, cualquier llamada perdida o cualquier intento de llamada se debe tratar como si fuese una llamada completada. En otras palabras se debe considerar que un intento de llamada tiene el tiempo promedio de ocupación t_m de una llamada realizada. Por esta razón, el tráfico ofrecido es una cantidad de cálculo sólo si se

pierden llamadas, es decir en sistemas de pérdida. Esta cantidad de cálculo no se puede medir en forma directa e indica solamente la intensidad de tráfico que ocurriría si todas las llamadas que **se ofrecen se** pudiesen completar.

La pérdida E que **se** refiere al tráfico ofrecido, es igual a la probabilidad de pérdida pues en este caso el numero de llamadas que **se** rechazan (numero de **casos** favorables por lo que **se** refiere a la pérdida). Este valor se expresa **en términos** de porcentaje, así si una etapa de conmutacion se ha diseñado con la perdida o grado de servicio $E=0.02$, significa que el 2% del tráfico ofrecido en el que **se** ha basado la planeacion, no puede ser cursado por la etapa de conmutacion. El 98% restante representa el **tráfico** que la etapa acepta o sea el tráfico cursado. En nuestro proyecto se considerará $E=1\%$, dado que este valor es asignado única y exclusivamente por la Administradora de Telecomunicaciones, **en** nuestro **caso** la Administración de PACIFICTEL designa este valor para la dimension de sus equipos de conmutacion.

Hora de Máximo Tráfico

La magnitud de la pérdida que realmente se mide depende **en** gran escala de la magnitud del tráfico en el momento de la medicion. Entre más grande es el **tráfico** ofrecido, más grande **sera** la pérdida. Sin embargo, el sistema **se** tiene que diseñar para que la pérdida que **se** especifica no se exceda aun durante las horas del día en que el tráfico llega a sus valores **máximos**.

Debe considerarse la capacidad de **tráfico**, que es la maxima carga que el sistema puede cursar con **una** pérdida especifica. Cuando ocurre esta carga máxima, la perdida no debe exceder el valor especificado.

Para la planeación de sistemas, lo que interesa son los periodos de alto y no de bajo tráfico. Es necesario considerar entonces dentro de un periodo de **24** horas, el periodo en el que ocurre el máximo tráfico. La intensidad de **tráfico** durante esta hora **se** emplea como base para el dimensionamiento de los sistemas, tomando en cuenta que en el resto del día el sistema estará sobrecalculado.

En lo que respecta al **diseño** del sistema en nuestro proyecto, utilizaremos los datos obtenidos en el centro de Conmutación de Pacifictel ubicado en el correo, todos estos detalles y el cálculo de la matriz de tráfico **se** encuentran **en** el capítulo **4**.

Fórmula de Erlang

Esta fórmula **se** utiliza para calcular la pérdida o probabilidad de bloqueo en sistemas de pérdida. Consideremos que las troncales fuente alcanzan las troncales de servicio sobre el equipo de conmutación constituido como grupo de troncal de accesibilidad completa, esto significa que independientemente del estado de ocupación de las troncales, cualquier troncal fuente libre puede conectarse con una troncal de servicio en tanto exista cuando menos **una** troncal de servicio libre. Supongamos ahora que a este grupo de troncal se le ofrece, sobre el equipo de conmutación, tráfico puramente al azar originado por un número infinito de fuentes que llega sobre un número infinito de troncales fuente. Se sabe que para este tipo de tráfico, la fórmula de Poisson permite calcular la probabilidad de que x troncales fuente estén ocupadas simultáneamente. Dado la fórmula de Poisson:

$$p_x = e^{-A} \frac{A^x}{x!}$$

Si ahora el número de troncales de servicio se limita a N , aparecerá pérdida siempre que las N troncales de servicio, y por lo tanto también N troncales fuente, estén ocupadas, pues bajo estas condiciones se rechazará cualquier intento adicional de llamada. Se infiere entonces que es posible determinar, mediante la fórmula de Poisson la probabilidad de pérdida E , calculando que tan probable es que en el grupo infinitamente grande de troncales fuente estén simultáneamente ocupadas N o más de N troncales. Esta probabilidad E está dada por:

$$E = \sum_{v=N}^{\infty} e^{-A} \frac{A^v}{v!}$$

Esta fórmula que **fué** propuesta por Molina lleva necesariamente a la interpretación de que la llamada que encuentra condición de bloqueo, permaneciera en la troncal fuente hasta que se libere una troncal de servicio, siendo hasta entonces que se acepta con el resto de su tiempo de duración contribuyendo, en consecuencia, a la carga del sistema (llamadas perdidas mantenidas). Sin embargo, este hecho no concuerda con la realidad en los sistemas de pérdida en donde una llamada que se rechaza desaparece inmediatamente del sistema llamada pérdida eliminada). La fórmula de pérdida de Erlang para sistemas de pérdida considera este hecho.

$$E_x = \frac{\frac{A^x}{x!}}{1 + A + \frac{A^2}{2!} + \dots + \frac{A^N}{N!}}$$

Donde $x=0,1,2,\dots,N$.

Si $N \rightarrow \infty$, la formula de Erlang se convierte en la formula de Poisson, pues en este caso:

$$1 + A + \frac{A^2}{2!} + \dots = e^A$$

E_x es la probabilidad de que x de N troncales estén simultáneamente ocupadas.

Las llamadas adicionales se rechazan **sólo** si las N troncales de servicio están ocupadas. Por lo tanto, haciendo $x=N$, se obtiene la probabilidad de perdida E :

$$E_x = \frac{\frac{A^N}{N!}}{1 + A + \frac{A^2}{2!} + \dots + \frac{A^N}{N!}}$$

Esta formula se conoce como pdrda de Erlang, además permite calcular el tráfico ofrecido permisible (carga ofrecida) y por lo tanto la capacidad del tráfico del sistema. O bien, si lo que se conoce es el tráfico ofrecido, permite calcular el numero de troncales de servicio que se necesita para mantener la pdrda especificada.

Esta formula fue utilizada para hallar las tablas de Perdida de Erlangs que se encuentran en el anexo **C** y son utilizadas en el cálculo de la **matriz** de tráfico en el capítulo 4.

CAPITULO III

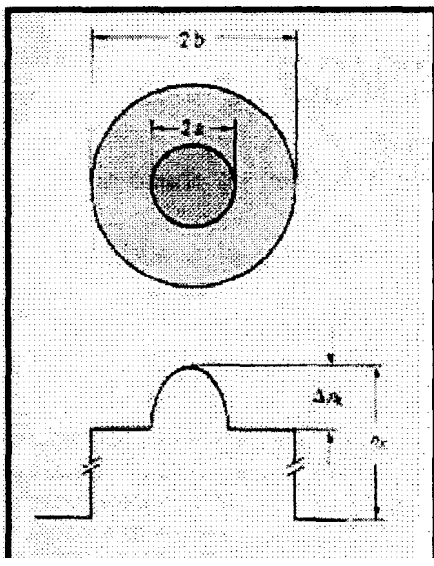
LA FIBRA OPTICA Y LOS DIFERENTES TIPOS DE TENDIDO

3.1 LA FIBRA OPTICA

Es un cable constituido por fibras delgadas de vidrio en las cuales la informacion se transmite codificada en señales luminosas. En el otro extremo un detector transforma las señales luminosas en electricas, las cuales son luego decodificadas en informacion.

3.1.1 RAYOS LUMÍNICOS EN UNA FIBRA GRADUAL

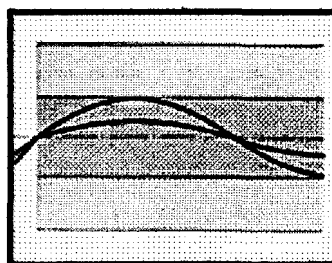
Variando convenientemente el dopado de la fibra, se logra que el índice de refracción disminuya en forma parabolica desde el centro del conductor hacia su periferia (fig.3.1) evitándose así en **gran** parte las limitaciones de ancho de banda debida a las diferencias de tiempo de recorrido como en el caso de las fibras de perfil escalonado. Dentro de este gradiente de índices de refraccion simetrico con el eje de rotación, la luz se desplaza, no sobre trayectorias zigzagueantes **sino** sobre trayectorias de ondas con longitud de periodo de algunos milímetros (fig.3.2).



a = Radio del núcleo
 b = Radio del recubrimiento
 n_K = Índice máximo de refracción del núcleo
 Δn_K = Diferencia entre los índices de refracción de los vidrios del núcleo y el recubrimiento.

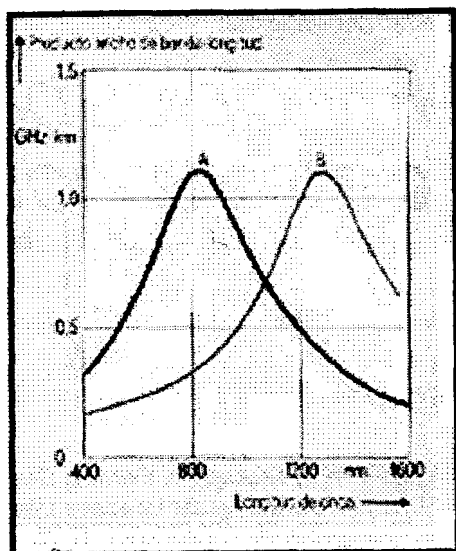
Fig. 3.1 Corte y perfil gradual de una fibra multimodo sin revestimiento

Fig. 3.2 trayectoria de los rayos luminicos en una fibra gradual



La mayor longitud de los caminos recorridos en las trayectorias exteriores se compensa parcialmente por el incremento de la velocidad de la luz al alejarse del eje de la fibra (dada por la variación del índice de refracción). Por medio de esta compensación de los diferentes tiempos de recorrido se logra que un impulso lumínico que se propaga longitudinalmente sobre diferentes trayectorias se ensanche poco. En la actualidad se pueden fabricar fibras graduales cuyos perfiles de índices de refracción se acercan tanto al perfil de la parábola ideal que con un tiempo de recorrido de la luz de $5\mu\text{s}$ por cada Km de longitud de la fibra, solo presentan diferencias de recorrido de $\pm 0,1 \text{ ns/Km}$.

Como es de poca importancia la dependencia del índice de refracción y la velocidad de la luz en un vidrio, de la longitud de onda, sólo se obtiene una compensación completa de los tiempos de recorrido debido a la variación gradual de los índices de refracción, para una única longitud de onda de la luz. A esta longitud de onda, el ancho de banda de la fibra tiene un máximo y para todas las demás decae con una curva similar a la característica de un filtro pasabanda (fig 3.3). La posición del máximo ancho de banda depende de la composición específica de vidrio utilizada y de la forma exacta del perfil. En la actualidad las fibras se utilizan casi exclusivamente en la segunda ventana, verificándose el máximo en los 1300 nm.



A = primera ventana
B = segunda ventana

Fig. 3.3 Producto ancho de banda-longitud para dos fibras graduales diferentes

3.1.2 PROPAGACIÓN DE ONDAS EN UNA FIBRA MONOMODO

Si se reduce el diámetro del núcleo ($2a$) de una fibra escalonada a un valor tal que se cumpla la condición:

$$v = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot aA, \quad (2,4)$$

donde:

A_n = Apertura Numérica

a = radio del núcleo

v = parámetro estructural

λ = longitud de onda

solo se puede propagar una única forma de onda (un modo). En esta se elimina la limitación del ancho de banda que se origina en las fibras multimodo en base a las diferencias de tiempos de recorrido de los diversos rayos lumínicos. La principal ventaja de la fibra monomodo es su gran ancho de banda de transmisión en el respectivo intervalo de servicio, una desventaja representa el pequeño diámetro de su

núcleo que constituye una cierta dificultad al permitir acoplar sólo señales con suficiente energía luminica, proporcionadas por hentes luminosas con una densidad muy elevada (diodos laser o diodos luminiscentes de potencia).

Dado que los diferentes parametros constitutivos de la fibra monomodo: apertura numérica, conformación exacta del perfil escalonado de indices de refracción y diametro del núcleo; son muy dificiles de medir individualmente, se propuso caracterizar esta fibra por medio de magnitudes de significado directo para el usuario. Las mismas son sobretodo:

- **Diámetro del campo de modos:** Es el diametro en el cual la distribución de la potencia luminica se reduce al valor e^{-2} (fig.3.4). Se lo mide con la longitud de onda de servicio de 1300nm y asciende a $10 \pm 1 \mu\text{m}$.
- **Longitud de onda límite efectiva:** El limite definido por la ecuación del parametro estructural ν para el intervalo de servicio monomodo vale para el conductor de fibra óptica ideal recién tendido. En la práctica, sin embargo, el conductor siempre esta curvado. Estas curvaturas se provocan por el trenzado en el cable o por el tendido mismo del cable. En estas curvas se atenúan hertemente los modos de orden superior siguientes, que a longitudes de onda más cortas aun son capaces de propagarse.

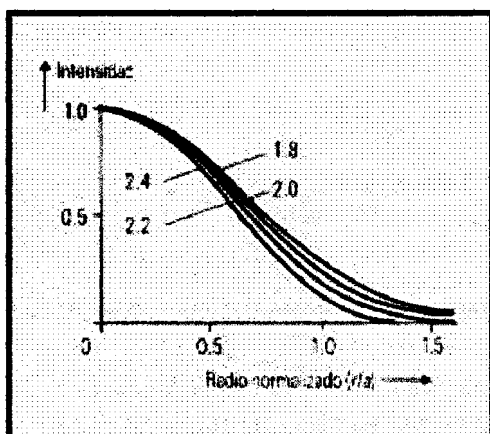


Fig. 3.4 Densidad de potencia del modo fundamental para diferentes valores del parámetro ν

3.1.3 COMPARACION ENTRE FIBRAS ÓPTICAS GRADUALES Y MONOMODO

La fig3.5 muestra curvas de atenuación de fibras graduales y monomodo típicas, tales como las que se fabrican con el método de la deposición externa.

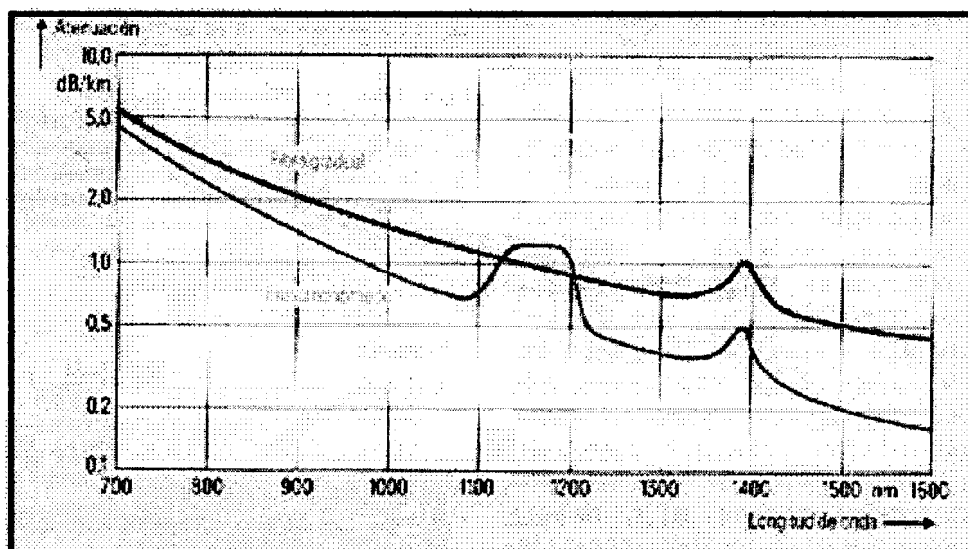


Fig. 35 Curvas de atenuación de una fibra gradual y una monomodo

La fibra monomodo por el menor dopado del núcleo tiene menores pérdidas dispersivas y por ende una atenuación total más reducida que la fibra gradual, a $\lambda = 1300 \text{ nm}$ se puede calcular con una pérdida menor a $0,5 \text{ dB/Km}$.

En la fig3.6 se comparan dos superficies frontales de un conductor de fibra óptica gradual y otro monomodo, pulidas con ácido.

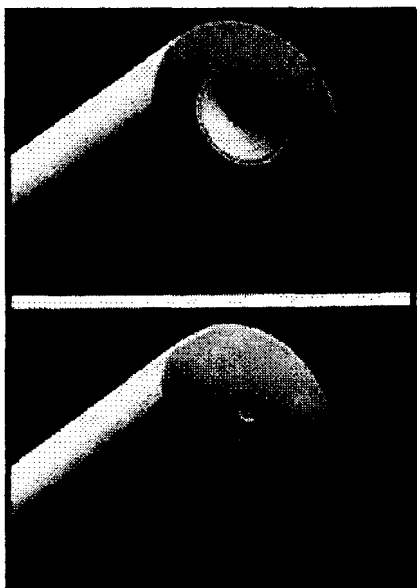


Fig. 36 Vista comparativa de dos superficies frontales de una fibra multimodo (arriba) y una monomodo (abajo)

3.14 TÉRMINOS USUALES AL HABLAR DE FIBRAS ÓPTICAS

•Core (núcleo) y Cladding (recubrimiento)

La guía de luz de la fibra (el elemento central) es llamada core (núcleo). Mientras mayor sea el núcleo, más luz será emitida dentro de la fibra. Rodeando el núcleo de vidrio sólido, y hecho de una diferente composición de vidrio, está el cladding o recubrimiento.

El rayo luminoso es guiado a través del núcleo de la fibra por un fenómeno conocido como reflexión interna total, es decir, los índices de refracción del núcleo y recubrimiento y el radio mínimo de curvatura están calculados de tal modo que el rayo siempre se refleje (y no se refracte) contra las paredes del núcleo, no pudiendo abandonar la fibra.

•Coating (revestimiento)

Las fibras son cubiertas con una funda plástica (coating) que provee protección mecánica al manipuleo. Esta funda puede retirarse por medios mecánicos o físicos con el fin de realizar los empalmes y le da a la fibra un diametro externo que puede ser de 250,500 o 900 micrometros (millonesima parte de un metro).

•Atenuación

Se define asi a la pérdida de potencia óptica. La atenuacion puede ser inherente a la fibra, por absorción (impurezas naturales) o scattering (impurezas que perturban el pasaje de la luz y la dispersan), o puede deberse a fbentes externas tales como micro o macrocurvas.

•Dispersión

Se llama asi a la dispersión en fase producida sobre una señal luminosa que viaja a traves de una fibra. A causa de este efecto, puede ocurrir una degradación en la señal, causando distorsiones en el receptor, especificamente, distorsión compuesta de segundo orden.

•Apertura Numérica

Esta es la medida de la capacidad de la fibra para aceptar ondas luminosas desde varios angulos y transmitir las a traves del núcleo. Mientras mayor sea la apertura numérica, mas luz podrá llevar.

•MonoModo y MultiModo

La luz viaja en la fibra en trayectorias determinadas llamadas modos. La fibra monomodo tiene solamente una trayectoria posible mientras que la fibra multimodo

tiene varias. La fibra monomodo tiene mucha más capacidad de transportar información y por esto es típicamente usada en sistemas de TV por cable. Es imposible distinguir una fibra monomodo de **una** multimodo a simple vista, no existe diferencia en la apariencia externa, solo en el tamaño del núcleo.

El diámetro de una fibra multimodo puede ser **50, 62.5, 85 o 100** um mientras que el núcleo de una fibra monomodo tiene aproximadamente **8** um.

3.2 TÉCNICAS DE MONTAJE DEL CABLE DE FIBRA OPTICA

Cuando tenemos que decidir que método escoger para el tendido de Fibra Óptica, debemos de tomar en consideración detalles como topología, clima, facilidad de instalación, futuros mantenimientos y costo total de instalación, y por sobre todo la completa seguridad del trabajo del sistema.

Puede ser que se escoja una topología que nos resulte mas económica, pero que a su vez no nos permita crecer en nuestro servicio, de ahí la importancia que vayan de la mano tanto el criterio económico como el técnico.

2.1 TENDIDO DE CABLE EN CANALIZACIÓN

Este tipo de cable tiene un diámetro que varia entre los 10 y 16 mm, se tratara de sacar ventajas de los conductos, por lo **cual** se alojaran dentro de ellos unos subconductos de polietileno, los cuales permitiran un cable de fibra óptica en cada uno de ellos, si bien es verdad que aumenta el costo de instalación, porque **se** añade subconductos, las ventajas son evidentes, por ejemplo, los conductos originales son de hormigon, es decir son de un material aspero para el delicado tipo del conductor.

En muchas ocasiones el grado de congestión de las canalizaciones existentes es muy alto y la utilización de subconductos lo harán aumentar en grado mínimo, sobre todo si es posible sustituir los portadores del algún conducto por los nuevos de fibra.

- **CARACTERISTICAS DE LOS SUBCONDUCTOS DE CANALIZACIÓN.**

El material más usado para los subconductos de canalización es el polietileno, se los instala en grupos que pueden variar de dos o tres, teniendo en cuenta que una instalación siempre se considera, con un crecimiento de 10 años, para administraciones telefónicas los diámetros se encuentran entre los 30mm y espesores de unos 2mm.

Normalmente, los subconductos descansarán unos sobre otros una vez que queden instalados en el conducto, por lo que no es preciso unirlos rigidamente entre sí antes de su introducción.

- **TENDIDO DEL CABLE EN EL SUBCONDUCTO**

Se procede primeramente, a la lubricación de conductos, que disminuirá la tensión de tendido; debe hacerse con una materia que se autoelimine con el tiempo para evitar que forme cuerpo con el cable una vez colocado en su conducto.

La tensión en el cable de Fibra óptica no debe exceder del peso del cable multiplicado por un factor que oscila entre 0.4 y 0.7. La tracción máxima también viene limitada por la máxima elongación admisible, que es función a su vez de la longitud del trozo del cable que se tiende.

3.2.2 TENDIDO DE CABLE SUBTERRANEO O ENTERRADO

Este tipo de tendido es aconsejable **en** las zonas rurales, donde el terreno **se** presta para producir zanjas de aproximadamente 70 u 80 cm, reduciéndose si el terreno es rocoso, el ancho de la zanja es de unos **25 cm**.

Vale la pena mencionar, que todos estos parámetros varían dependiendo de la dificultad que ofrezca el terreno, de la proximidad de la carretera, zonas muy transitadas, etc.

3.3 TENDIDO AEREO EN REDES DE ALTA TENSION

Ya hemos hablado de las diferentes técnicas utilizadas para el tendido de fibras ópticas, **en** lo posterior nos centraremos mas en lo que respecta al tendido aereo **en** redes de alta tension, pues este proyecto utilizará esta técnica para conectar a las centrales de Guayaquil y Cuenca valiendose del interconectado eléctrico realizado por Inecel.

3.3.1 CARACTERISTICAS DE LA FIBRA

En el campo de las Telecomunicaciones, se exige una baja atenuacion para obtener asi una mayor distancia posible entre repetidoras, asimismo se debe tener una baja dispersion para alcanzar una alta velocidad binaria y un diámetro de campo modal que ofrezca la mejor conexión y comportamiento de curvatura.

3.3.2 REQUISITOS Y PROPIEDADES

El tendido aereo **en** líneas de alta tension se realiza con las técnicas mas distintas. Una de ellas es utilizando cables aéreos combinados de transmisión y puesta a tierra,

haciendose la comunicación y transmisión de datos por pares de cobre convencionales, se utilizan esos cables en líneas de muy alta tensión en el margen de 110 a 380 kv.

Con la presencia de los cables de Fibra, se tuvo un medio de transmisión perfecto para el control completo de las redes de alta tensión, esto es, se puede tener transmisiones al centro de control de la red, de valores medidos en el extremo remoto, referentes a corriente, tensión, desplazamiento de fase y posición de los dispositivos de conmutación, así como de señales para las operaciones de corrección necesarias, junto con la observación del potencial de las estaciones no atendidas.

Las Fibras Ópticas son adecuadas para comunicaciones y transmisión de datos a través de líneas aéreas con cable de tierra en Sistemas de alta tensión, las ventajas que presentan estos cables no metálicos son:

- Peso reducido.
- Baja atenuación, implicando grandes distancias entre repetidores.
- Gran ancho de banda.
- Inmune a interferencias electromagnéticas
- Ausencia de diafonía.

En la red de alta tensión el elemento usual para incorporar las Fibras Ópticas, es el cable de tierra. Las nuevas líneas serán dotadas de un cable de Fibra Óptica con características de cable de tierra para sistemas de líneas de alta tensión, en vez de los cables de tierra clásicos, por ser una solución económica, convirtiéndose cada vez en un estándar para las redes de alta tensión.

Una aplicación especial tiene lugar cuando las líneas existentes se han de modernizar mediante fibras ópticas. **Las** líneas tienen que ser desconectadas durante todo el periodo de instalación del OPGW, requisito que no puede cumplirse cuando la línea **es** una arteria fundamental para la estabilidad eléctrica de la red.

Un criterio **esencial** para la nueva generación de cables aéreos, fue la adaptación de los valores del cable a las propiedades mecánicas de la fibra. Para los cables de fibra **se** ha impuesto a nivel mundial el alojamiento de las fibras en tubos holgados trenzados en capas. Esta construcción admite un alargamiento del cable en un determinado margen. En caso de cargas elevadas se produce un aumento de la atenuación por microcurvatura. Para eliminar este efecto, en caso de cargas extremas de viento y hielo, se han abierto nuevos caminos en los cables aéreos con elementos de fibras.

3.3.3 TECNOLOGIA DISPONIBLE

Cuando **se** examina la utilidad de una **Red** de Potencia, hay básicamente 3 posibles maneras de mejorar la misma para un Carrier de Comunicaciones, todas con sus propias ventajas y riesgos dependiendo de las características de la línea de potencia, el lugar **y** el medio alrededor de esta.

Las 3 posibles maneras son:

1. - Incorporar fibras dentro del cable de tierra o conductor de fase durante su proceso de diseño. Esta solución es conocida como cable de tierra óptico (OPGW) y cable de fase óptico (OPPW), de los cuales el OPGW es el más común.

2. - Utilizando postes o torres para suspensión de un cable autoportado aéreo (ADSS) a ellos a lo largo de toda la ruta.

3. - Una tercera solución es usar el cable de tierra existente o conductor de fase, fijando o sujetando a este un pequeño cable de fibra óptica externo.

Ha habido muchos intentos para desarrollar esta última tecnología, por ejemplo, unir o amarrar el cable de fibra al cable de tierra o conductor de fase, sin embargo, la mayor parte de soluciones comunes de hoy y por los 10 últimos años ha sido el desarrollar un cable especialmente desarrollado alrededor del cable de tierra o conductor de fase.

3.3.4 CONSTRUCCION DE DIFERENTES TIPOS DE FIBRAS PARA EL TENDIDO AEREO

3.3.4.1 DISEÑO DE UN CABLE OPGW

Hay diferentes conceptos básicos para diseñar un **OPGW**, los cuales son manejados por la industria de los fabricantes de los cables utilizados en potencia. Asimismo, como estos manejan fuerza, pueden descuidar los requerimientos inherentes que un cable **OPGW** debe cumplir, ya que este debe funcionar como un conductor eléctrico y también como un cable de fibra óptica en Telecomunicaciones.

Algunos diseños apuntan al desarrollo de nuevos materiales para cubrir la fibra incorporada dentro del cable, según que reduzca el costo y producción del material. Dado que los conceptos de diseño manejados por los fabricantes de cable, apuntan al desarrollo de conceptos semejantes a un cable de tierra o conductor de fase por sustitución de hilos con tubos de acero inoxidable alojando la fibra.

El problema mas crucial cuando se diseña un **OPGW**, es garantizar una “fibra de esfuerzo cero” a traves de cuyo espectro opere en invierno y verano.

Otro aspecto importante cuando instalamos un cable **OPGW** es tener un método apropiado y un hardware para enlazar el cable a las torres o postes. Usando ajustes incorrectos, el cable sera daiiado, lo cual afectara las características de transmision de la fibra en condiciones de micro o macrocurvaturas.

La figura 3.7 muestra un ejemplo de un tubo de **plástico** diseñado con una ranura anular en forma **espiral**. Todas las fibras están sueltas, empaquetadas dentro del ovalo o circulo anular, el cual es llenado con un compuesto para protección de la fibra. El limite de tension o esfuerzo es demandado a ser logrado a traves del diseño espiral de la ranura anular, la cual permite a la fibra moverse radialmente durante la tension y contracción del cable. La resistencia al arrollarse no es tan alta como los diseños basados en un nucleo metalico sólido, pero en el caso de ligeras defonnaciones, este debe ser reversible. Un alto contenido de **48** fibras puede ser realizado y dado que las fibras son relativamente accesibles, el proceso de empalme es rapido.

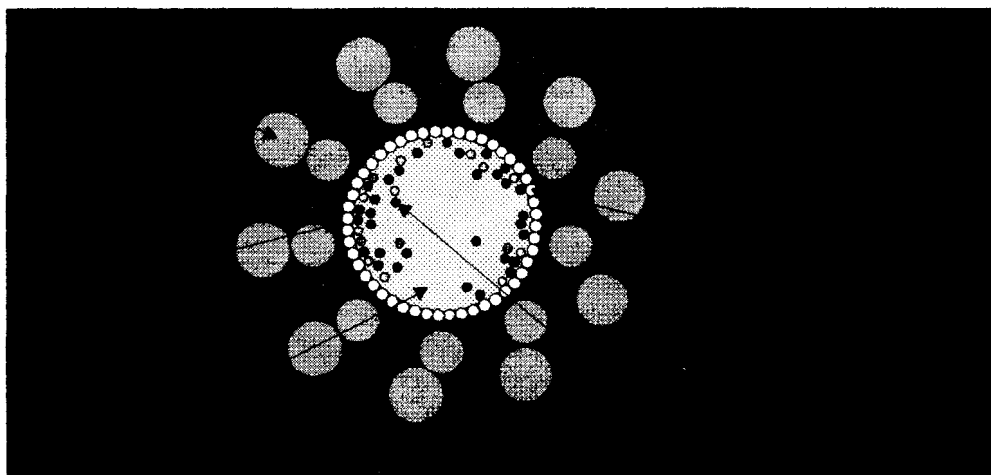


Fig. 3.7 Cable OPGW con doble cubierta de acero-Aluminio

La figura 3.8 ilustra un diseño de un tubo de acero inoxidable. Las fibras están alojadas dentro de un tubo de acero inoxidable, el cual ha reemplazado uno de los hilos en un diseño de un conductor normal. Aliviar la tensión de los hilos se logra arrollando el tubo de acero **alrededor** de un alambre central, formando una figura espiral. Así el límite de tensión es un parámetro de: a) la longitud de separación extrema, b) la distancia del **tubo** desde el centro y c) la sobretensión de la fibra, este diseño requiere de un alto grado de sobretensión que **otros** diseños. La desventaja de confiar en sobretensión, según que alcance un deseado límite de tensión, es que el alivio del esfuerzo longitudinal pueda causar microcurvaturas de las fibras cuando el cable se contrae.

La resistencia al arrollarse es buena, aunque la **deformación** es reversible. Así el revestimiento de la fibra puede ser dañado por la alta temperatura, esto es importante para asegurar que suficiente aluminio **sea** incluido **en** el diseño del cable para mantener la temperatura arriba durante la **falla** de comente a un **mínimo**. Arriba de 96 fibras son **disponibles** con este diseño, el cual también permite un relativo empalme **fácil**. Una ventaja de la funda de tubo de acero inoxidable diseñado en **OPGW**, es que esta se maneja **y** **comporta** como un conductor normal.

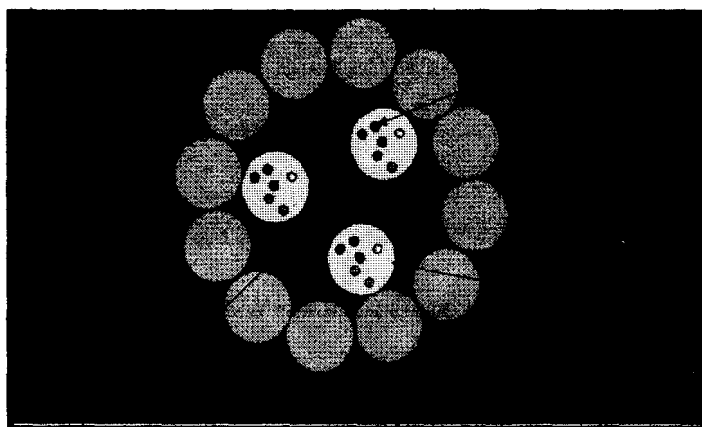


Fig. 3.8 Cable OPGW con cubierta simple de acero

La figura 3.9 muestra un tercer diseño común, el cual utiliza un núcleo central, espiralmente acanalado mezclado de aluminio. Las fibras **están** sueltas dentro de la funda de tubo de polímero, los cuales son individualmente mantenidas en el canal en espiral del núcleo.

Debido a la ley de longitud extrema **y** la distancia del centro, un alto límite de radio de alivio es logrado, lo cual provee a la fibra con un gran límite de operación libre sobre una ventana completa de trabajo de la **OPGW**. El diseño también tiene una muy alta resistencia al arrollarse.

Después del paso de una falla de corriente, la presión será guiada a través del núcleo de aluminio sólido, el cual actualmente previene avistar de ocurrencias de altas temperaturas. Los cables conteniendo 96 fibras están disponibles. El diseño es también muy fácil para manejarse en instalaciones, empalmes y mantenimiento en el futuro.

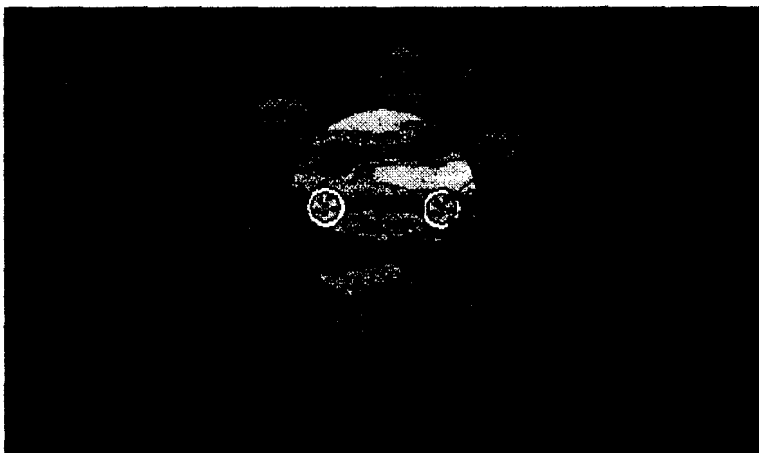


Fig. 39 Cable OPGW con núcleo mezclador de Aluminio

3.3.4.2 ADSS (ALL DIELECTRIC SELF SUPPORTED)

En muchos proyectos mundiales se ha demostrado que los cables autoportados han sido una opción muy atractiva en torno a una línea de potencia alta en una línea de comunicaciones. La razón para esta demanda es con frecuencia investigada por los operarios de Telecomunicaciones tradicional es debido a que el cable **ADSS** está divorciado del sistema de potencia dado que este es normalmente suspendido bajo los conductores.

Esto es una ventaja, ya que algunos operadores de Telecomunicaciones tradicionales no quieren tener sus cables mezclados con otros servicios de proveedores.

Uno de los más cruciales productos cuando planeamos una red basada en **ADSS** es seleccionar el cable con un diseño suficientemente hábil para resistir las fuerzas externas que *afecten* al cable durante su vida útil. Importantes parámetros de diseño son las cargas mecánicas externas tales como el viento, hielo o grandes distancias. Cuando diseñamos un sistema que utilizara **ADSS**, es imperativo entender el efecto del voltaje inducido y corrientes generadas por los conductores de potencia adyacente a los cables **ADSS** instalados. Este requiere un profundo conocimiento de diseño de materiales y un entendimiento de donde situar el cable en la estructura de torres o postes para minimizar voltajes inducidos sin impedir la utilidad de la tierra o incrementar los picos en la línea.

Normalmente un completo análisis **eléctrico**, que incluye mapas de campo se requiere antes de la instalación del cable **ADSS**. La fuerza y material de soporte en el cable es usualmente hilos de aramida y/o plástico reforzado de vidrio. Debido a la inducción

de los conductores de fase suspendidos paralelamente, no se recomienda el uso de los miembros de fuerza metálicos. Tipicos diseños tienen fundas de fibras individuales o hilos de fibra contenidos en ranuras o tubos. Las ranuras o tubos son llenados con una grasa protectora. El cable puede, en teoria, ser diseiado para grandes distancias debido a su ligero peso por unidad de longitud del cable, asimismo, distancias mayores a 500 metros son raramente producidos, por el costo de elevar el cable en una escala logarítmica con incrementos de cantidades de hilos de aramida. El cable es facil de manejar, empalmar y esta disponible en cantidades arriba de 96 fibras. Es importante asegurar que solo el hardware apropiado sea utilizado juntamente con el cable, para mantener una vida completa libre de problemas.

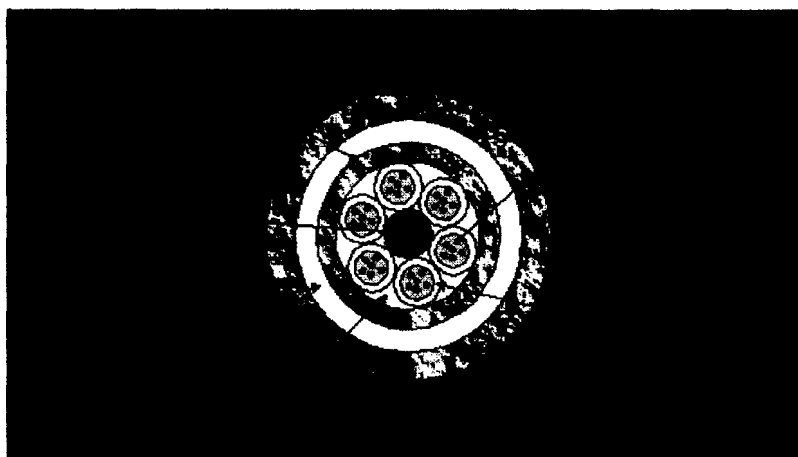


Fig. 3.10 Vista de la superficie frontal de un cable ADSS

3.3.4.3 CABLES ENVUELTOS - SUJETOS

Para estructuras existentes en buenas condiciones, diferentes soluciones de cables sujetos, amarrados, envueltos o cables unidos, han sido investigadas en el pasado. La solución de envolverlos o arrollarlos ha sido la indicada a ser la de mayor éxito en

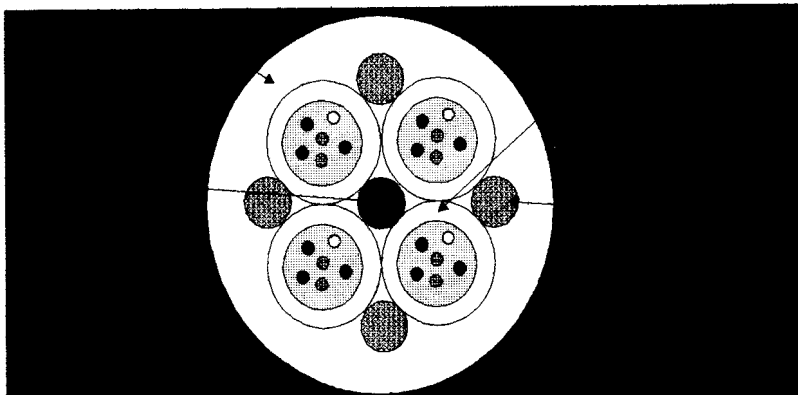
todos los aspectos, tales como seguridad del sistema, bajo costo de instalación, bajo mantenimiento, implementación eficiente, etc., y es básicamente la única vía para sujetar cables disponibles hoy en día. La idea básica de esta tecnología es utilizar el cable de tierra existente o uno de los conductores de fase como un mensajero, en el cual el cable es fijado. Como el cable óptico recibe toda la tensión del cable mensajero, el diseño puede ser muy pequeño en diámetro y ligero en peso (alrededor de 40-50kg/km). El diámetro típico de un cable envuelto conteniendo 24 fibras es alrededor de 6 mm. Como los sistemas de cable envuelto imponen una insignificante carga extra en las estructuras existentes, el costo de una planificación necesaria e ingeniería para refuerzo del cable, no es requerida.

Amplias pruebas con túneles de viento, con y sin aplicación de cargas de hielo, han mostrado que no hay inestabilidad aerodinámica asociada con la inclusión del cable envuelto. Debería ser mencionado que el cable envuelto espiralmente ha sido establecido para ayudar a la reducción de tanto vibraciones como de galopeo aéreo, así como una banda espiral alrededor de una chimenea durante condiciones tempestuosas.

El diseño del cable envuelto, se asemeja al interior del cable ADSS, como lo muestra la figura 3.11, un miembro de fuerza central, alrededor del cual tubos sueltos son cableados con relleno, sistemas de bloqueo de agua y otras cubiertas diseñadas también para aplicaciones de cable de tierra o conductores de fase. El cable puede resistir los campos eléctricos inducidos por los conductores de fase, así como también fuerzas mecánicas externas de los picoteos de pájaros, escopetas, etc. Fibras

con carga cero pueden ser garantizadas a lo largo de un **diseño completo** en **una** ventana de operación, debido a la sobretension y el arrollamiento de la misma. Los tubos sueltos dentro de la **estructura del cable**, son llenos de gel para proteger la fibra de alguna penetración de agua y amortiguar alguna fuerza externa.

La instalación del cable envuelto es comparativamente **rápida y es hecha** por una maquina diseiada especialmente. El cable es **liberado** en un cassette **conteniendo** dos carretes y una longitud continua del cable, la cual es **hecha** a medida para una parte especifica de la ruta. En el punto de inicio (llamado el punto de giro), dos **correas** son levantadas **al otro lado del tope** de la torre o **poste**. Después de esto, dos maquinas encargadas de envolver la fibra con **carretes** de cable envuelto, son **cada una** elevadas y situadas **detrás de las correas**. La envoltura del cable es guiada remotamente desde tierra via radioenlace con las máquinas moviéndose a lo largo del tope de la torre en la otra dirección. En el proximo tope de la torre, la maquina es remotamente parada. Usualmente, dos supervisores están esperando en el tope de la torre receptora, preparando esta para la transferencia del equipo sobre el tope de la torre y elevando los accesorios de derivación en la torre. La rapidez de instalacion depende del numero de tomes por kilometro. El mayor tiempo es tomado en el tope de la torre, **pero** usando dos maquinas viajando en direcciones opuestas, **3-4 kilometros por dia** es normal, incluyendo un total aproximado de 8 supervisores.



3.11 Vista frontal de α cable envuelto

CAPITULO IV

DISEÑO DE LA RED

4.1 SITUACIÓN ACTUAL

Nuestro proyecto es una parte de la conformación de un anillo en SDH que incluye las ciudades principales en la parte Sur del país, estas son: Guayaquil, Cuenca, Machala, y Loja. En lo que respecta a la ciudad de Machala, esta juega un papel importante dentro de este anillo, ya que la central de esta ciudad recoge el tráfico proveniente de Huaquillas, la cual esta enlazada con el Corredor Andino Digital Terrestre, el mismo que esta constituido por un cable de Fibra óptica monomodo de **12** hilos utilizando equipos de transmision **STM-16**; de la misma manera, Guayaquil, recoge el tráfico proveniente de la Central Salinas II que incluye el tráfico del cable Panamericano.

Dado que la red que vamos a utilizar es una Red en SDH, nuestro sistema esta conformado por cuatro redes fundamentales, las cuales estan estrechamente relacionadas en función de dependencias para brindar una perfecta armonia en el funcionamiento del sistema, estas redes, que ya fueron explicadas anteriormente son:

- Red de Transporte.
- Red de Gestion.
- Red de Datos.
- Red de Sincronismo.

4.2 CRITERIOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE UNA RED

Los criterios técnicos que deben tenerse en cuenta cuando se está diseñando una red de transporte son los siguientes:

- **Determinación de la Topología de la Red**

La idea al desarrollar nuestro proyecto es que el enlace de las centrales de Guayaquil y Cuenca puedan integrarse a una futura configuración tipo Anillo debido a las siguientes razones:

a) **El trazado existente de la red física actual:** dado que la descripción geográfica del área hace posible la determinación de la ruta de transmisión y el trazado topológico existente de la red física. Se debe tomar en cuenta que el trazado existente entre las ciudades de nuestro interés impone restricciones a la estructura de la red física, por eso nuestro estudio contempla el reemplazo de la misma por fibra óptica en rutas de gran capacidad, formando estructuras en anillo uniendo los centros de conmutación de Guayaquil, Cuenca, Machala y Loja.

b) **Localización de las Centrales de Conmutación y Características Técnicas de las mismas:** La ubicación de cada una de estas Centrales en cada ciudad, hace posible definir puntos de multiplexación, los cuales recogerán o repartirán según el caso, los circuitos hasta las centrales locales a las que sirven.

c) **Capacidad y Costes de los Equipos de Transmisión:** dado que el proyecto incluye la adquisición de nuevos equipos debe tomarse en cuenta que la ruta está directamente ligada a la relación capacidad/coste de los nuevos medios de transmisión, por lo que si bien el coste por enlace es bajo (a llenado completo), se

tiene un coste inicial alto, lo que conlleva a utilizar intensamente la ruta sobre la que estara instalado el equipo, considerando grandes rutas en las zonas urbanas, las que deben ser dotadas de un factor de seguridad basado generalmente en la duplicidad de caminos.

- **Determinación de los Anillos SDH (Nodo ↔ Central)**

La determinación de los anillos se debe hacer de tal manera que se cubran la mayor cantidad de centrales. En el anillo al que se integrara nuestro proyecto se ha escogido a las Centrales de Guayaquil, Cuenca, Machala y Loja, debido a que en ellas se presenta un mayor flujo de trafico y cada una de ellas en la actualidad se encuentra enlazada solo via microonda con la central de Guayaquil, que es la que hace la conmutacion entre cada una de estas ciudades.

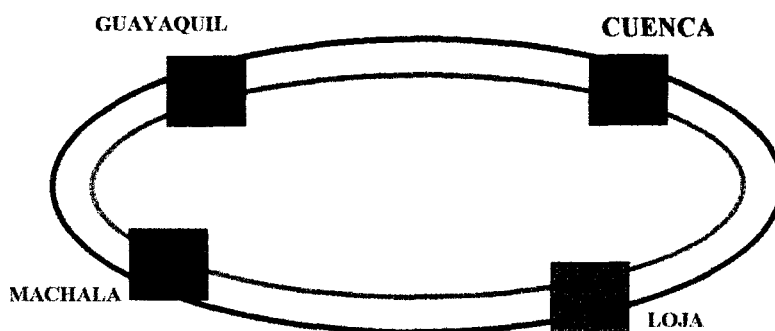


Fig. 4.1 conexión del anillo Sur

- **Definir los Niveles de Recolección e Interconexión**

Se debe tomar en cuenta el Nivel de Interconexión que va a existir y funciones como Cross-Conexión, Recolección y Transporte de Tráfico entre anillos, así como también el Nivel de Recolección de Tráfico entre las diferentes Centrales.

En nuestro proyecto se tiene considerado que la Central de Guayaquil tenga equipos de Cross-Conexion y de Extracción/Inserción (ADM y SDXC), ya que esta Central recolectara y transportara el trafico entre anillos, es decir, que esta Central es la que se interconectara con otro anillo que da servicio a la parte norte del País, y en lo que respecta a las ciudades de Cuenca, Loja, Machala, éstas tendrán equipos ADM (inserción/extracción) que recolectan y transportan el tráfico entre las diferentes Centrales(Nodos) del anillo (tabla 4-1).

TABLA 4-1

NIVELES DE RECOLECCIÓN

ANILLO	NIVELES	MUX
GUAYAQUIL	INTERCONEXIÓN	ADM Y SDXC
CUENCA	RECOLECCIÓN	ADM
MACHALA	RECOLECCIÓN	ADM
LOJA	RECOLECCIÓN	ADM

- **Escoger la Trama y Velocidad de Transporte de los Anillos**

En la tabla 4-2 que se muestra a continuación podemos observar las distintas velocidades que ofrece la tecnología SDH:

TABLA 4-2
VELOCIDADES Y CANALES A 2 Y 64 Mbps EN SDH

	VELOCIDAD (MBPS)	APROX. (MBPS)	CANAL A 2 MBPS	CANAL A 64 MBPS
STM-1	155,52	155	63	1890
STM-4	622,08	622	252	7560
STM-16	2500	2500	1008	30240

De la tabla 4-2, escogeremos la velocidad que tendra el enlace entre las dos centrales involucradas en este proyecto, luego de realizar la proyeccion a 10 años. El calculo y los resultados estan dentro del Diseño de la Red de Transporte.

- **Proteccibn**

Establece el tipo de proteccion que se va a utilizar. En el proyecto que desarrollamos contempla una proteccion del 100%.

- **Selección de los Equipos a Instalarse en cada Nodo y la Configuración del Anillo**

Se escoge los equipos de acuerdo a los requerimientos de velocidad, una vez que se hayan hecho los calculos correspondientes. **Los** resultados obtenidos sirven para poder analizar las características de los distintos transmisores, receptores, cables de fibra y repetidores y asi disponer del equipo que se adapte mejor a nuestras necesidades.

- **Tráfico en la Topología de la Red**

Con la recolección de las muestras tomadas en las distintas Centrales, se debe tomar en cuenta el dimensionamiento de la red considerando lo siguiente:

- Matriz de tráfico en Erlangs del Sistema.
- Matriz de tráfico total del sistema a 2 Mbps.
- Identificar el tráfico entre nodos.
- Matriz del anillo (tráfico externo e interno).

Dimensionamiento

Tomando en cuenta cada uno de los criterios anteriores, procederemos a realizar el diseño de nuestro proyecto.

- **Determinación del Anillo SDH**

Nuestro proyecto comprende la ruta de enlace entre el Centro de Tránsito Guayaquil y el Centro Primario Cuenca, formando parte de un anillo que incluye también las Centrales de Machala y Loja.

- **Determinación de la Velocidad de Transmisión**

Para determinar la velocidad de transmisión, debemos tener las matrices de tráfico en Erlangs entre cada una de las Centrales de Tránsito, para luego proyectarlas a 10 años y de esta manera dimensionar la velocidad del enlace en el anillo formado.

4.6.1 CÁLCULO DE LA MATRIZ INTENSIDAD DE TRÁFICO

El cálculo de la matriz de tráfico se lo hará utilizando los métodos descritos en el cap.2, para lo cual se tomará en cuenta el tráfico ofrecido saliente de cada Centro de Tránsito. La Matriz estará formada por las cuatro ciudades que se han considerado

para que formen el anillo: Guayaquil, Cuenca, Machala y Loja, para lo cual se necesita información de la Intensidad de Tráfico de cada uno de los Centros de Conmutación en las ciudades antes mencionadas.

Para el cálculo de la Matriz de tráfico de Circuitos, se utilizará la tabla de Pérdida de Erlang para cada uno de los valores de Intensidad de Tráfico que se tenga, considerando un Grado de Servicio de $E = 1\%$, dependiendo este valor únicamente del Operador de Telecomunicaciones, en este caso este valor es asignado por la Administración de Pacifictel.

Los datos obtenidos en la Central de Conmutación de Pacifictel corresponden a muestras tomadas en horas pico de una semana y se detallan en el Anexo A para cada una de las Centrales que forman el anillo, notese que en cada Central se tienen muestras de tráfico entrante y saliente.

La Matriz actual de Intensidad de Tráfico en Erlangs, se la obtiene por la suma de los tráfico salientes, ofrecidos a los Equipos de Conmutación dentro de cada uno de los Centros que conforman el anillo, de la siguiente manera:

Tráfico Interno del anillo:

$$\begin{aligned} \text{Tráf. Actual Guayaquil-Machala} &= \text{Tráf. Ofrecido Guayaquil} + \text{Tráf. Ofrecido} \\ &\quad \text{Machala} \\ &= 237.4 + 334.2 \\ &= 571.6 \text{ Erlang.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tráf. Actual Guayaquil-Cuenca} &= \text{Tráf. Ofrecido Guayaquil} + \text{Tráf. Ofrecido} \\ &\quad \text{Cuenca} \\ &= 361 + 278.6 \end{aligned}$$

$$= 639.6 \text{ Erlang.}$$

$$\text{Tráf. Actual Guayaquil-Loja} = \text{Tráf. Ofrecido Guayaquil} + \text{Tráf. Ofrecido Loja}$$

$$= 192.5 + 183.27$$

$$= 375.77 \text{ Erlang.}$$

$$\text{Tráf. Actual Cuenca-Loja} = \text{Tráf. Ofrecido Cuenca} + \text{Tráf. Ofrecido Loja}$$

$$= 154.8 + 220.33$$

$$= 375.13 \text{ Erlang.}$$

Con los valores encontrados al realizar los cálculos anteriores formamos la matriz de tráfico actual en erlangs como se muestra en la tabla 4-3.

TABLA 4-3

TRÁFICO ACTUAL (ERLANGS) EN OPERACIÓN

	TRSGYE	TRSMACH	TRSOJA	TRSC
TRSGYE	639.6	571.6	375.77	639.6
TRSMACH	571.6	0	0	0
TRSOJA	375.77	0	375.13	375.13
TRSC	639.6	0	375.13	639.6
TRQ	4688.04	408.85	0	437.47

- **MATRICES DE TRÁFICOS ENTRE LOS NODOS**

Para calcular el tráfico entre los nodos consideraremos el tráfico interno y externo del anillo considerado en nuestro proyecto, para lo cual utilizaremos la tabla 4-3 como matriz base. A partir de esta matriz se van elaborando las matrices de circuitos y de

tributarios de 2 Mbps tanto para el tráfico interno como para el tráfico externo. Las matrices y la forma de elaborarlas se encuentran en el anexo A.

4.6.2 PROYECCIÓN DE LAS MATRICES DE TRÁFICO (ERLANGS) A 10 AÑOS

Debido a que las necesidades de una ciudad se incrementan en igual proporción que su población, se ha realizado una proyección de tráfico a 10 años, de acuerdo al crecimiento poblacional que se tiene, por lo cual esta proyección será la cantidad de años usando igual porcentaje de crecimiento, en los Centros de Tránsito antes mencionados.

Tomando como base los valores de la tabla 4-3 se procede a realizar la proyección a 10 años, utilizando para esto el estudio de la proyección de población (tabla 4-4), realizado por el INEC desde 1990 hasta el año 2000 por Provincias y complementado por nuestro estudio hasta el 2008, de esta manera, si la población crece por ejemplo de 1998 año base de la Matriz de Tráfico, a un 10%, los datos de Tráfico de esa población se incrementarían en el mismo porcentaje, de esta manera se va construyendo la Matriz de Tráfico con proyección a 10 años.

TABLA 4-4

PROYECCION DE POBLACIÓN DESDE 1998 HASTA 2008

PROVINCIAS	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
GUAYAS	3274395	3346801	3418741	3491366	3563855	3636447	3712038	3785430	3858621	3931613	4004405
EL ORO	536319	548124	559840	571558	583273	594973	608015	630458	642900	655343	667786
LOJA	427911	429493	429910	432741	436355	439962	443567	447143	450800	454404	458020
AZUAY	607502	617247	626857	636346	645831	655418	665202	675087	685072	695057	705042

Consideremos como ejemplo el Centro de Tránsito Cuenca, donde la intensidad de tráfico actual sobre la cual se está dimensionando los equipos y medio de transmisión, que recoge todo el tráfico proveniente de la provincia del Azuay hacia el Centro de Tránsito en Guayaquil, es de **639.6** Erlang, mientras que la población de la provincia del Azuay en ese mismo año (**1998**) es de **607502** hbtes. y para **1999** dicha provincia tendrá una población aproximada de **617247** hbtes. (según tabla **4-4**), basados en estos datos, realizamos la proyección de los erlangs necesarios para **1999** de la siguiente manera:

$$A_{X+1} = A_X \frac{H_{X+1}}{H_X}$$

A = Intensidad de Tráfico.

X = Año Presente.

H = Número de Habitantes.

Para el año **1999** tendremos una intensidad de tráfico de :

$$A_{1999} = A_{1998} * (H_{1999} / H_{1998})$$

$$A_{1999} = 639.6 * (617247 / 607502)$$

$$A_{1999} = 649.86 \text{ Erlang.}$$

Con este procedimiento realizamos la proyección desde **1998** hasta el año **2008**. Para la proyección del tráfico internacional se ha utilizado un crecimiento poblacional del **2.7%**, dato tomado en **1995** con una población de **12'314,000** habitantes.

Debido a la inexactitud de los datos y a la posibilidad de falla en la proyección indígena y campesina sin censar y a su cultura, escogeremos un rango de flexibilidad de error de + 20% en las matrices de tráfico interno y externo de tributarios de 2 Mbps, por lo que a las tablas se le suma el 20%, valores que nos servirán para dimensionar el anillo de fibra óptica proyectado.

Finalmente obtenemos la tabla 4-5 de Tráfico Interno y Externo total para tributarios de 2Mbps de la ruta que estamos dimensionando.

TABLA 4-5

TRAFICO INT. Y EXT. EN TRIBUTARIOS DE 2 Mbps

CIUDAD	T. INTERNO	T. EXTERNO
GUAYAQUIL	91	0
CUENCA	60	20
MACHALA	31	0
LOJA	58	0
PERU	0	3
BOLIVIA	0	2
VENEZUELA	0	3
COLOMBIA	0	4
TOTAL	240	32

Con los valores de esta tabla, calculamos el número de sistemas de 2 Mbps

(tributarios) que soportará la ruta proyectada:

$$240/2 + 32 = 152 \text{ Tributarios de 2 Mbps}$$

El resultado nos lleva a utilizar equipos SDH en STM-4, dado que este puede, con mucha facilidad, soportar este número de tributarios, sin embargo para proyectos de ampliación en el futuro, dada la flexibilidad del sistema SDH y el tráfico que manejará a largo plazo (Cable Panamericano y Corredor Andino Digital), así como también la inclusión de nuevos servicios y la evolución a una red RDSI, se recomienda utilizar equipos SDH que trabajen en STM-16, esto es, a una velocidad de 2.5 Gbps.

Una vez definida la velocidad a la que va a trabajar esta ruta, nos centraremos en el Trayecto Guayaquil-Cuenca, para lo cual hemos escogido la ruta del Sistema Nacional de Interconectado y de esta manera lograr el tendido de la Troncal de Fibra Óptica que une éstos 2 Centros de Tránsito, por lo se escogerá el tipo de fibra con las características ópticas, eléctricas, térmicas y mecánicas que mejor se adapten a nuestras necesidades, así como también los equipos de transmisión y recepción con características tales que permitan el uso del menor número de repetidores en todo el trayecto de la ruta. En el anexo D se observa un gráfico en el que se aprecia a las centrales que formarán el anillo y sus respectivos tributarios.

4.3 CÁLCULO DE LA LONGITUD DE UNA CATENARIA

la distancia entre las bases de dos torres se conoce con el nombre de *Vano* y la distancia que hay entre la línea imaginaria que une los bordes de las torres y el punto más bajo del cable tendido se llama *Flecha*,

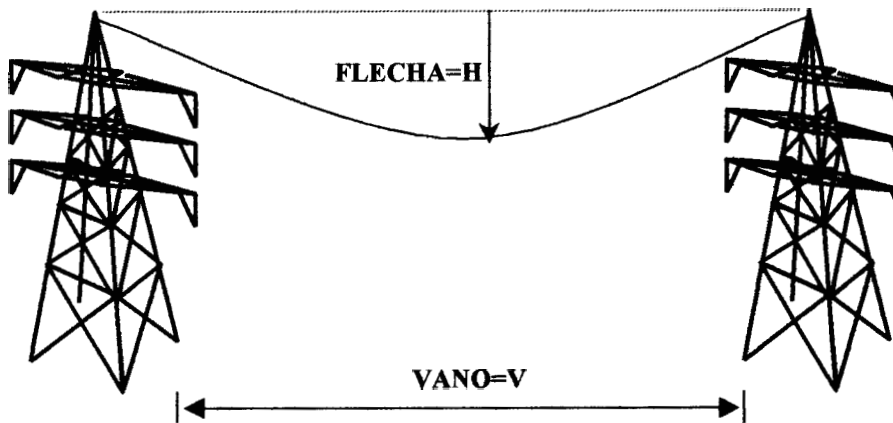


Fig. 4.2 Ilustración del Vano y la Flecha entre dos torres

Suponiendo una carga distribuida en el cable, se procede a calcular la flecha de la siguiente manera:

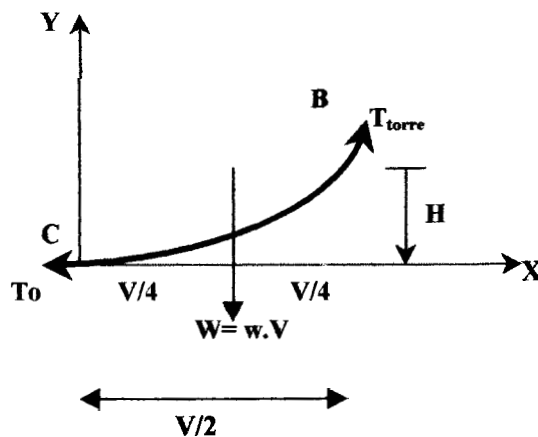


Fig. 4.2-a Tensiones que actúan sobre un tramo del cable

Donde:

W = carga total de la porción de cable.

CB= segmento del cable.

T_{torre} = Tension en la torre.

T_0 = Tension en la parte baja del cable.

V = Vano.

H = Flecha.

w = Peso del cable.

El peso w del cable es igual a:

$$w = mg \left[\frac{Kg}{mt} \right]$$

La carga total de la porción del cable es:

$$W = w \frac{V}{2}$$

Haciendo sumatoria de momentos en el punto **B**, tenemos:

$$\sum M_B = 0$$

$$W \frac{V}{4} - T_0 H = 0$$

de donde despejamos el valor de H , el cual es igual a:

$$H = W \frac{V}{4(T_0)}$$

De la relacion de triángulos de los vectores T_0 , W y T_{torre} , obtenemos la siguiente relacion:

$$T_{torre}^2 = T_0^2 + W^2$$

La longitud del segmento del cable **CB** es:

$$S = \frac{V}{2} \left[1 + \frac{2}{3} \left(\frac{H}{V/2} \right)^2 + \dots \right]$$

Como se dijo anteriormente, debido a la catenaria que se forma por el peso propio del cable y otros factores, la longitud del cable de fibra a utilizar en todo el recorrido, no es igual a la longitud lineal del Trayecto, es por esto que procederemos a calcular la longitud real del cable de fibra óptica a ser utilizado, valiendonos de las formulas deducidas anteriormente.

Ruta Policentro - Pascuales:

En esta ruta tenemos 89 estructuras ó torres con los siguientes datos:

$$V = 168 \text{ mt.}$$

$$m_{\text{cable F.O}} = 150 \text{ Kg/m}$$

$$m_{\text{cable guarda}} = 406 \text{ Kg/m}$$

$$T_{\text{torre}} = 10133.2 \text{ N}$$

Con lo cual obtenemos los siguientes resultados:

$$H= 1.899\text{mt.}$$

$$L_{138\text{KV}}= 2S= 168.06\text{mt.}$$

Ruta Pascuales - Chacay

En esta ruta tenemos 311 torres en el trayecto con los siguientes datos:

$$V= 500\text{ mt.}$$

$$m_{\text{cable F.O}}= 150\text{ Kg/m}$$

$$m_{\text{cable guarda}} = 406\text{ Kg/m}$$

$$T_{\text{torre}}= 10133.2\text{N}$$

Con los cuales obtenemos los siguientes resultados:

$$H= 16.96\text{mt.}$$

$$L_{230\text{KV}}= 2S= 501.03\text{mt.}$$

Ruta Chacay - Rayoloma

En esta ruta se tiene 123 torres de 138 KV con los siguientes datos:

$$V= 426\text{ mt.}$$

$$m_{\text{cable F.O}}= 150\text{ Kg/m}$$

$$m_{\text{cable guarda}} = 406\text{ Kg/m}$$

$$T_{\text{torre}}= 10133.2\text{N}$$

Con los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

$$H= 13.243\text{mt.}$$

$$L_{138\text{KV}}= 2S= 427.09\text{mt.}$$

Notese que en los resultados obtenidos, no se han considerado algunos agentes externos, tales como la velocidad del viento y otros factores climáticos, razón por la cual el cálculo de las flechas no es el definitivo.

Con los resultados obtenidos, hallamos la longitud total del cable de fibra óptica que utilizaremos en el trayecto, tomando en cuenta la subida y bajada en las torre de **138 KV** en Policentro y Radioloma respectivamente.

La longitud del cable de Fibra Optica a utilizar es:

$$L_{\text{Total de F.O.}} = L_{\text{Tot. Canalizado}} + L_{\text{Subida}} + L_{\text{Tot. tomes de 138 KV}} + L_{\text{Tot. torres de 230 KV}} + L_{\text{Bajada}}$$

Donde:

$$L_{\text{Tot. Canalizado}} = L_{\text{Tot. Canalizado en Guayaquil}} + L_{\text{Tot. Canalizado Cuenca}}$$

$$L_{\text{Tot. Canalizado}} = 5 \text{ Km} + 15 \text{ Km}$$

$$L_{\text{Tot. Canalizado}} = 20 \text{ Km}$$

$$L_{\text{Tot. torres de 138 KV}} = L_{\text{torres de 138 KV Polic. - Pascual.}} + L_{\text{torres de 138 KV Chacay - Rayolom.}}$$

$$L_{\text{Tot. torres de 138 KV}} = 14.957 \text{ Km} + 52.532 \text{ Km}$$

$$L_{\text{Tot. torres de 138 KV}} = 67.489 \text{ Km}$$

$$L_{\text{Tot. torres de 230 KV}} = 155.975 \text{ Km}$$

$$L_{\text{Subida}} = 0.014 \text{ Km}$$

$$L_{\text{Bajada}} = 0.045 \text{ Km}$$

Siendo el resultado:

$$L_{\text{Total de F.O.}} = 243.52 \text{ Km.}$$

4.4 CÁLULO DE ATENUACION Y DETERMINACION DEL NUMERO DE REPETIDORES

Sobre el valor de longitud encontrado es que procedemos a realizar el calculo de atenuacion del cable de fibra, para esto debemos tomar en cuenta las características de Transmision y Recepcion en el equipo Terminal según recomienda la norma **G-957** mencionadas en el punto 4.2.2 y de esta manera hallar el Margen de Potencia del Sistema, la maxima longitud que se puede alcanzar sin repetidores y el numero de repetidores necesarios para cubrir toda la trayectoria.

El Margen de Potencia del Sistema (P_s) se lo calcula en base a la Potencia del Transmisor (P_t), el nivel de Recepcion (S) y el margen de degradacion del sistema, el cual debe considerarse en el diseño de todo sistema, debido a que los equipos tienden a disminuir su funcionamiento con el tiempo, este se lo ha considerado de **6 dB**. Por lo que el valor del margen es:

$$P_s = P_t + S - 6$$

$$P_s = 2 - (-28) - 6$$

$$P_s = 24 \text{ dB}$$

Este valor de margen de potencia se lo utiliza como la maxima atenuacion que se debe considerar para el espacio entre repetidores, ya que su valor expresa el margen permitido para que un receptor pueda con la minima sensibilidad captar la seial proveniente de un transmisor que transmite con la maxima potencia, considerando un margen de degradación del sistema.

De la formula para la atenuacion de una seccion elemental del cable, dada en la norma **G-652** de la UIT-T, tenemos:

$$A = \sum_{n=1}^m \alpha_n \cdot L_n + \alpha_s \cdot \chi + \alpha_c \cdot Y$$

donde:

α_n = coeficiente de atenuacion de la n-esima fibra de la seccion elemental del cable.

L_n = longitud de la n-esima fibra.

α_s = perdida media por empalmes.

χ = numero de empalmes de la seccion elemental del cable.

α_c = perdida media en los conectores.

Y = es el numero de conectores de linea de la seccion elemental del cable (si se aplican).

Segun la norma debe preverse un margen adecuado para futuras modificaciones de la configuración del cable (empalmes suplementarios, largos de cable suplementarios, efectos de envejecimiento, variaciones de temperatura, etc.).

Como perdida de los empalmes y conectores se utiliza la perdida media. El presupuesto de atenuacion de un sistema real debe tener en cuenta las variaciones estadísticas de estos parametros.

El numero de empalmes que se va a tener en los **243.52** Km sera igual a:

$$\chi = \frac{L_{total \ F.O.}}{L_{Bobina \ Cable}} - 1$$

$$\chi = \frac{243.52}{4} - 1$$

$$\chi = 59 \text{ empalmes}$$

El valor de atenuación que debe tener el cable para lograr cubrir toda esta trayectoria es:

$$24 = \alpha_n L + 0.1(59) + 0.1(2)$$

a esto le añadimos la atenuación por el margen extra de reserva, según indica la norma, este es igual a $\alpha_{res} \cdot L$, obtenemos lo siguiente:

$$24 = \alpha_n L + 5.9 + 0.2 + \alpha_{res} \cdot L$$

de la expresión anterior despejamos el parámetro α_n , cuyo valor será la atenuación del cable de fibra para la trayectoria que deseamos cubrir, dando un valor de $\alpha_{res} = 0.1$ dB/Km. Este valor de es:

$$\alpha_n = \frac{24 - 5.9 - 0.2 - \alpha_{res} \cdot L}{L}$$

$$\alpha_n = -0.026 \text{ dB/Km}$$

Este valor de α_n me indica que **no** se puede alcanzar esta trayectoria con los parámetros dados, debido a esto procedemos a probar varios valores **de** L para estimar un valor de pérdida de atenuación que se adapte a nuestros requerimientos.

Luego de hacer varios calculos de α_n y hallar distintos valores para L se ha escogido $\alpha_n = 0.25$ dB/Km, el mismo que utilizaremos para nuestros calculos posteriores. Este valor de α_n se lo obtuvo con una longitud de $L = 51$ Km.

Con este valor de L, procedemos a ubicar el numero de repetidores que necesitamos utilizar para cubrir la ruta trazada. El numero de repetidores es:

$$\# \text{ REPETIDORES} = \frac{L_{Total \text{ F.O.}}}{L_{max.}}$$

$$\# \text{ REPETIDORES} = \frac{243.52}{51.14}$$

$$\# \text{ REPETIDORES} = 4.76$$

El numero de repetidores es de 4, por lo que se necesita escoger un equipo repetidor para satisfacer el requerimiento del Sistema.

En vista del numero de repetidores a utilizar, y las disposiciones que establece la norma **G-957**, las especificaciones para el equipo repetidor, se debe considerar una distancia mayor entre los repetidores despues del primero, el cual se ubicara a 51 Km, según los resultados obtenidos para $\alpha_n = 0.25$ dB/Km en el cálculo anterior y de esta manera disminuir el numero de los mismos.

Considerando ahora un margen de ganancia mayor en el sistema, siempre guardando la norma, se escoge el valor de 35 dB, al cual le restamos lo que consideramos como margen de degradación, lo que nos da un ganancia 0 margen de potencia del sistema de 29 dB.

Utilizando las formulas anteriormente dadas, procedemos a calcular la maxima longitud que podemos alcanzar entre los repetidores con el nuevo valor de margen de potencia del sistema o maxima atenuacion entre repetidores; además se debe considerar solo lo que resta de tramo, esto es 192.5 Km que hay despues del primer repetidor y de esta manera ubicar los repetidores calculados en lo que resta de la ruta del Interconectado. Los resultados obtenidos son los siguientes:

$$L_{max.} = 65.43 \text{ Km}$$

$$\# \text{ de Repetidores} = 2$$

La ubicacion de los repetidores en el trayecto se lo hara de tal forma que los mismos queden ubicados en las torres del Sistema de Interconectado para de esta manera tener un facil acceso cuando se tenga que dar mantenimiento a los mismos.

Para un mejor detalle de la ubicacion de los repetidores en el trayecto, se muestra la tabla D-1 del anexo D, donde se indica la distancia a la que se encuentra cada repetidor, numero de torre en la que se encuentra, numero de empalmes, etc.

El numero de repetidores es de **3** en total, la ubicacion de cada uno de ellos se muestra con mas detalle en el Anexo **B**.

4.5 DETALLES DE LA RUTA DEL INTERCONECTADO

La Central Hidroeléctrica de Paute genera actualmente 1000MW, de los cuales 4MW llegan a la subestacion Pascuales (fig.4.3).Puesto que las torres de tendido eléctrico tienen seis cables tendidos, tres cables con 2MW de potencia en cada lado.



Fig 4.3 Subestación Electrica

Cada uno de estos cables que se encuentran tendidos en las torres, tienen una tensión de **230 KV**, siendo estos cables los principales portadores de la Energía Eléctrica del País, conformando un anillo de Energía que se lo conoce como el Sistema Nacional de Interconectado (fig.4.4), del cual utilizaremos una parte de su trayectoria, específicamente el tramo que une la Subestación Pascuales y la Central Hidroeléctrica Paute

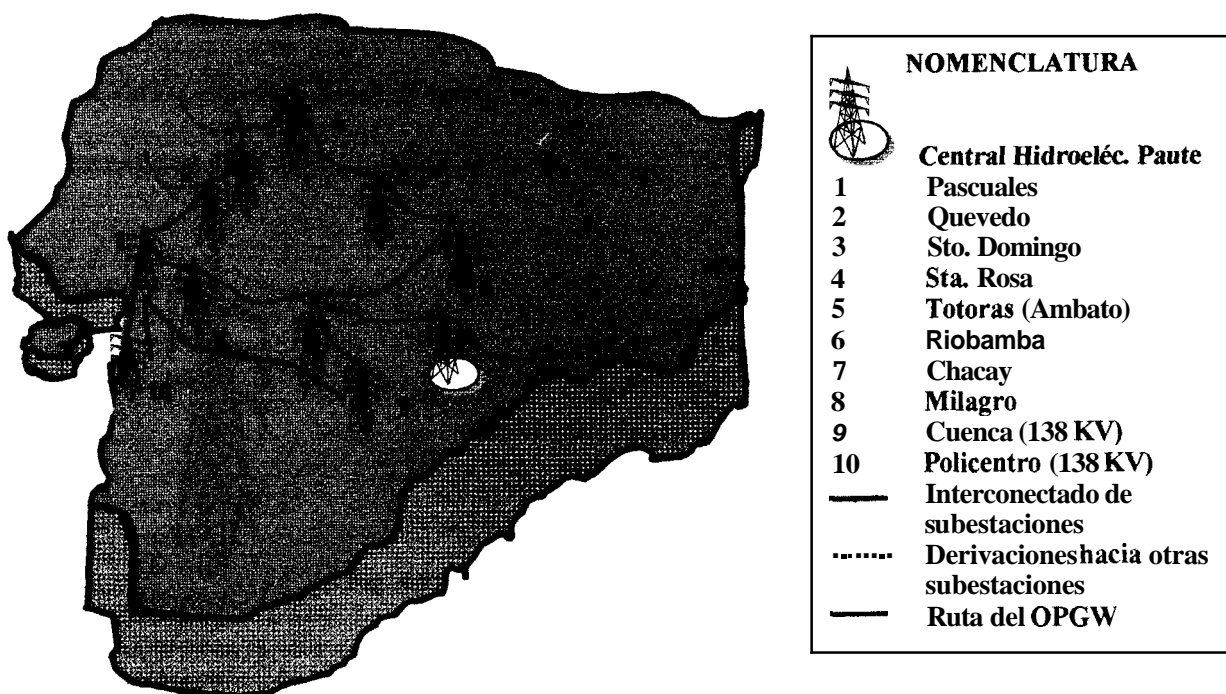


Fig. 4.4 Interconectado Nacional Eléctrico

En lo que respecta a los cables que se encuentran tendidos entre las torres, tenemos el cable de Guarda o Tierra, que es utilizado para apantallamiento electrico, siendo este cable instalado usando diferentes tecnicas de tendido, esto es que puede ser por suspension o retencion.

En el Cable de Guarda se colocan balizas para señalización aerea, con la finalidad de evitar que avionetas que vuelen demasiado bajo, vayan dañando o rompiendo el cable por accidente.

Según la altura del terreno, en las torres puede colocarse un solo cable de guarda o dos. Generalmente para alturas mayores a 1000 metros, se utilizan dos cables de guarda en cada torre del trayecto.

En los cables tendidos entre dos torres se forma una curva por acción propia del peso del cable tendido (fig.4.5), la cual se denomina catenaria; la distancia entre la linea horizontal imaginaria que une los dos extremos superiores de torres contiguas y el punto mas bajo de la curva se denomina flecha, la cual es calculada tomando en cuenta varios aspectos como la velocidad del viento, el vano (distancia entre bases de las torres), peso del cable, tension en las torres, etc.

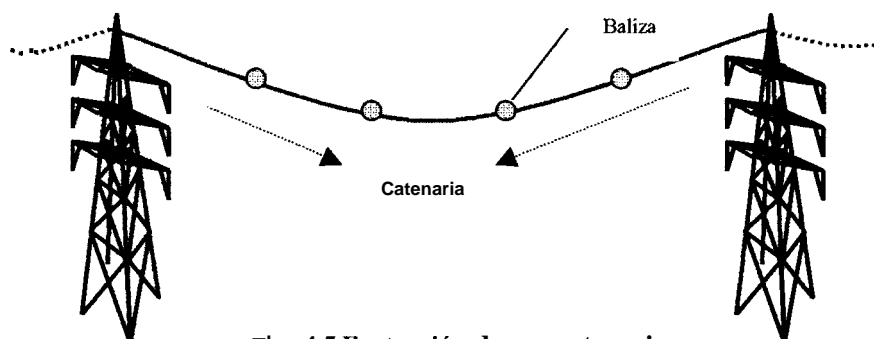


Fig. 4.5 Ilustración de una catenaria

El cable de Guarda actual, fue tendido a un **18%** de la tension de ruptura, por lo que para tender el cable de fibra óptica usando el cable de guarda, se tiene que considerar también parametros similares y además considerar el porcentaje de ruptura del cable de guarda que tendría despues de colocarse la fibra. Además de esto, es necesario tomar en cuenta la influencia del viento, pues esto provoca ondulaciones en el cable, para amortiguar el efecto de estas ondulaciones se utiliza lo que se conoce como amortiguadores, que son utilizados de acuerdo a la distancia entre torres y la intensidad de las ondulaciones provocadas. Existen tablas donde se indica el amortiguador que debe utilizarse para una determinada situación.

Las características del cable de guarda actual son indicadas en la siguiente tabla:

TABLA4-6
CARACTERISTICAS DEL CABLE DE GUARDA

Peso	406 gm/m
Diametro	9.5 mm.
Material	EHS
Grado	7000 Kg
Carga de ruptura	7000 Kg
Modulo de elasticidad	19000 Kg/mm ²
Coefficiente de dilatación lineal	115 * 10 ⁻⁷ L/ °C

4.6 RECORRIDO DE LA FIBRA OPTICA

El recorrido que lleva el cable de Fibra Óptica desde que sale de la Central de Tránsito del Correo(GYE) ubicado en las calles Chile y Aguirre y llega a la Central de Tránsito en Cuenca ubicado en las calles Benigno Malo y Presidente Cordero es el siguiente:

Central de Tránsito Guayaquil - Policentro: Para este recorrido, se utilizara el canalizado existente que tiene Pacifictel en la ciudad, cuyo recorrido se puede observar detalladamente en el Anexo B. La distancia total recorrida por el cable de fibra hasta llegar al Policentro es de 5 Km, aqui se encuentra una Sub-estacion de Energia Eléctrica de donde salen las torres de 138KV que se dirigen hacia Pascuales.

Policentro - Pascuales: el recorrido aqui se lo hace a traves de las 89 torres de 138 KV que se dirigen hacia la Sub-estacion de Pascuales que pertenece a INECEL. Teniendo una distancia promedio de 170 metros aproximadamente entre las Torres, la longitud total de este recorrido es de 15 Km.

Pascuales - Chacay (cerca de Paute): el recorrido de este tramo utiliza las torres de 230KV, con una distancia aproximada de 500 metros de separación entre torres y un total de 379 torres en todo el recorrido hasta Paute, por lo que el numero de torres que utilizaremos es de 310, ya que el recorrido hasta Chacay es de 155.75 Km. En este punto encontramos una derivación de las torres de 138 KV que van hacia Rayoloma. razon por la cual no llegamos hasta Paute.

Chacay - Rayoloma (afueras de Cuenca): como se dijo anteriormente, en este recorrido se utilizan solo 123 de las 157 torres de 138 KV que hay entre Paute y la

Sub-estacion de Energia Electrica en Rayoloma. Con una distancia aproximada de 426 metros entre las torres, se tiene un recorrido total de 52375 Km. En este punto se baja la fibra de las torres para poder enviarla por el canalizado.

Rayoloma - Central de Tránsito Cuenca: el recorrido en este tramo se observa con mayor detalle en el Anexo B. El canalizado que se esta utilizando tiene que ser construído desde la Subestacion de Rayoloma hasta la Central de Tránsito Cuenca, ubicada en Benigno Malo y Presidente Cordova, con un recorrido total de 15 Km.

La longitud total de todo el trayecto es 243.13 Km

A continuación, la fig.4.6, muestra un esquema del recorrido del cable de Fibra

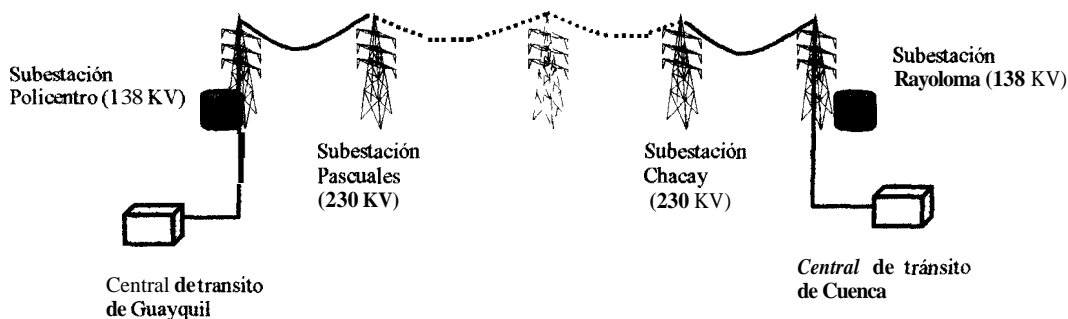


Fig. 4.6 Recorrido del cable de Fibra

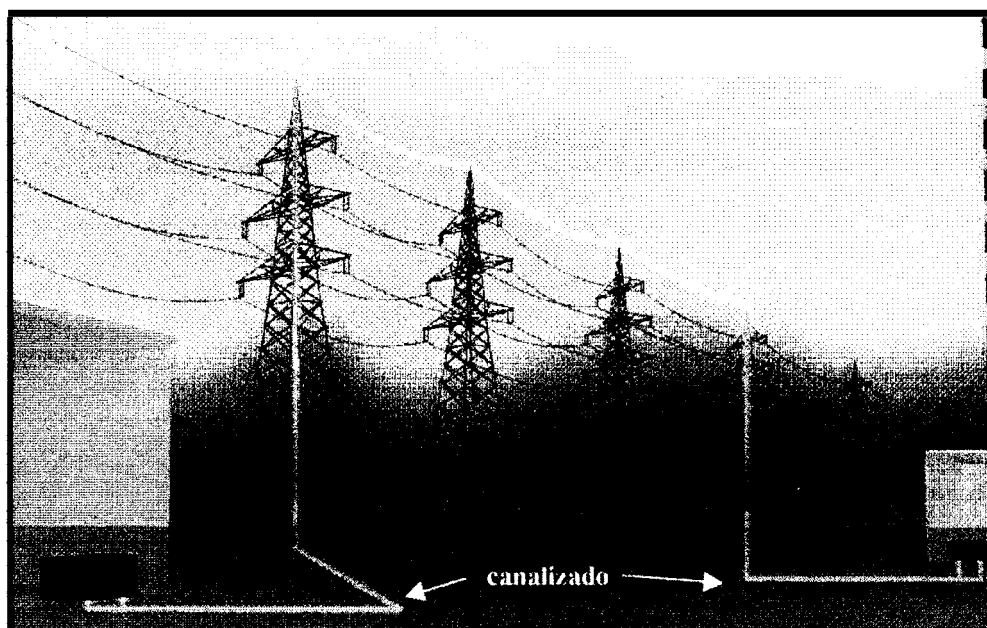


Fig. 4.6a Terminación del recorrido del OPGW por las torres de alta tensión

4.6.1 FIBRA UTILIZADA EN EL TRAYECTO

Para el trayecto hemos escogido dos tipos de fibra para ser utilizada, dividiendola de la siguiente manera:

Cable para Torres *Eléctricas*

En el campo de aplicación que tienen los cables de Fibra Óptica, uno muy interesante es el de Transmisión de Señales a través de Líneas de Distribución de Alta Tensión, aprovechando sus características dieléctricas e inmunidad a las interferencias electromagnéticas. Como podemos ver en la tabla 4-7 que presentamos a continuación las características del cable usado en nuestro proyecto:

TABLA4-7

CARACTERISTICAS DEL CABLE A SER UTILIZADO

DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	COMENTARIOS
<i>Cable envolvente para usarse conjuntamente con los cables de guarda o conductores de fase existentes.</i>	La mejor opción para modernizaciones del sistema.	No se requiere un acceso directo al derecho de via durante la instalación
	Aloja hasta 56 fibras en un solo cable 6 112 fibras en cableado doble.	Bajo costo total instalado.
	Económico para tramos largos.	Ideal para instalaciones difíciles, incluyendo verticales extremas.
	No requiere espacio adicional en el poste.	FOCAS suministra los accesorios y el equipo de bobinado.
	Puede soportar hasta 150 kV en el conductor de fase; puede soportar cualquier voltaje del sistema en las instalaciones sobre cables de guarda.	No siempre requiere que se interrumpa el servicio durante la instalación .
	Puede fabricarse con el material Kevlar® resistente a las balas .	
	Fibras libres de esfuerzos.	
Compuestos de la cubierta resistentes a las descargas superficiales y a los rayos UV .		

El cable utilizado en nuestro proyecto contiene a las fibras alojadas en un tubo funda (fig. 4.7), el cual contiene en su interior un componente de relleno que protege a la fibra de tension y la protege de algún agente externo que pueda dañarla, además tiene un miembro central de fuerza, así como también posee un componente de relleno en donde se encuentran sumergidos los tubos funda, los estiradores y el cordón de corte, todo esto cubierto de un chaqueta exterior.

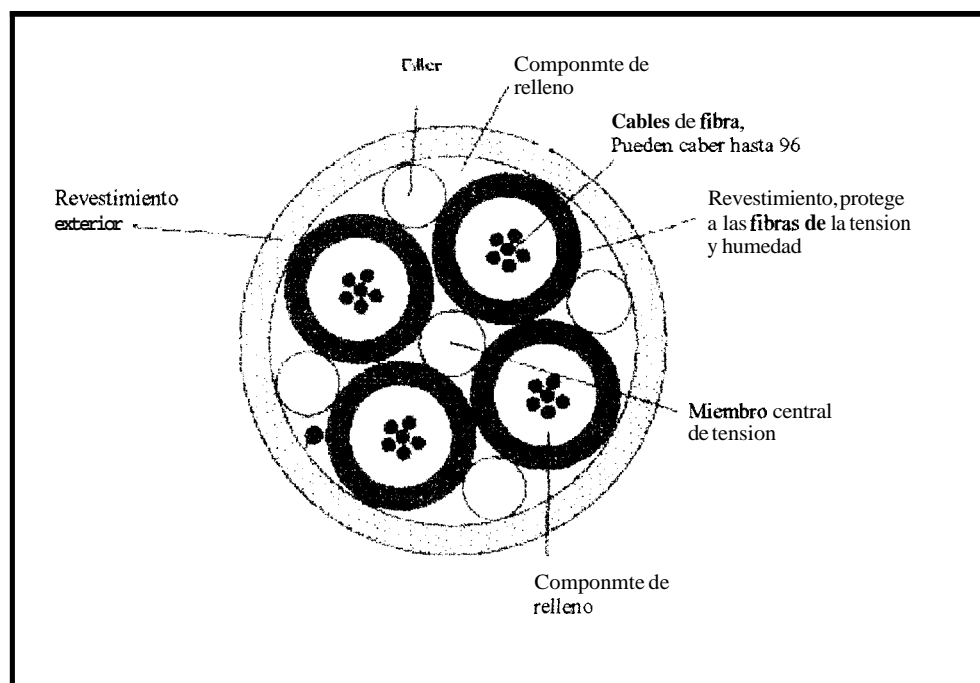


Fig. 4.7 tipo de fibra usada para instalación en torres de alta tensión

La integridad del cable me permite soportar hielo, grandes vientos y picos de temperatura de hasta 200°C. El cable está diseñado para ser aplicado tanto en conductores de fase como en cables de tierra. Para el caso de conductores de fase, la cubierta exterior le permite al cable soportar arriba de los 230Kv. Una figura del cable se muestra a continuación:



Fig. 4.8 Cable arrollado en el cable de tierra o en la fase

Este tipo de cable será utilizado en los siguientes trayectos:

Policentro - Pascuales: 15 Km.

Pascuales - Chacay (cerca a Paute): 155.75Km.

Chacay - Rayoloma: 52.375 Km.

Cable para Ductos del Canalizado

El cable utilizado para el canalizado está diseñado con cubiertas especiales que le protegen de inundaciones y de los roedores, se encuentra dentro de un tubo de polietileno, el cual es lleno con un componente que sirve para bloquear la entrada de agua al cable. El diseño del cable (fig. 4-9) contiene una armadura de acero inoxidable que cubre el tubo de polietileno y tiene un cordón de corte para remover la chaqueta fácilmente cuando se haga un empalme. La chaqueta exterior está constituida de Polietileno de alta densidad. Este diseño es aplicable para ductos o canalizados, directamente enterrados o aplicaciones aéreas. El pequeño tamaño, ligero peso, entre otras, hacen que la instalación del mismo sea fácil y eficiente

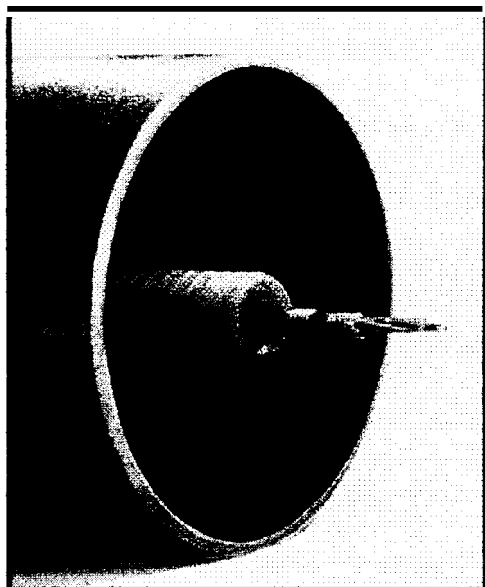


Fig. 4.9 Fibra dentro de un ducto de canalizado

Este tipo de cable será utilizado para los siguientes trayectos:

Policentro - Central de Tránsito Guayaquil (Correo): 5 Km.

Rayoloma - Central de Tránsito Cuenca: 15 Km.

A continuación, procederemos a realizar de manera detallada el recorrido de la ruta que une los Centros de Guayaquil y Cuenca.

4.7 MONTAJE

En esta sección se indicara el tipo de tendido de fibra escogido para realizar el proyecto, además de las consideraciones necesarias para realizar el tendido.

4.7.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE TENDIDO

Como el objetivo de esta contribución es la realización del enlace de las centrales de Tránsito de Guayaquil y Cuenca utilizando fibra óptica tendida a largo de la red del interconectado eléctrico, se utilizara entonces el cable OPGW descrito en el capítulo anterior.

Existen dos variedades de cable OPGW, una de ellas comprende a los cable de fibra que tienen una armadura doble que es una combinación de alambres Aldrey y acero, que es utilizado a la vez como cable de tierra del interconectado eléctrico. La otra variedad comprende a los cables que son tendidos arrollados alrededor del cable de tierra existente, y que por lo tanto no poseen la armadura doble de Aldrey y acero.

Para este proyecto se ha escogido utilizar un cable de la segunda variedad, pues se ha considerado la existencia actual del cable de tierra en las torres del interconectado, además de otras ventajas como por ejemplo el peso del cable y la facilidad en cuanto al tendido del mismo.

4.7.2 TENDIDO DE LA FIBRA OPTICA OPGW

A continuación se describen algunos aspectos que deben ser tomados en consideración en el momento que se va a proceder a instalar una fibra óptica utilizando las torres de alta tensión.

4.7.2.1 TRANSPORTE

Es sumamente importante tener cuidado al transportar los carretes de cable desde los vehículos de transporte hasta el sitio de instalación, desde un vehículo a otro o desde los vehículos hasta el sitio de almacenamiento.

Cuando se va a transportar la fibra de un lugar a otro, debe utilizarse las herramientas y equipos necesarios para proteger la integridad de la misma. Una vez en el piso, la fibra debe desenrollarse haciendo girar el carrete alrededor de su eje vertical en lugar de mantenerlo fijo y haciendo girar la fibra.



Fig. 4.10 Transportes de fibras ópticas

ALMACENAMIENTO

Los carretes en los que esta envuelta la fibra son de madera, y estos no deben ser removidos hasta que se haya colocado completamente la fibra. Se puede realizar un chequeo visual para estar seguros que no haya daiio en la cobertura de la fibra. A menos que se observen daiios físicos en la cobertura de la fibra, no se necesita hacer una medición de atenuacion con el OTDR. En caso de observarse daiios en la cobertura del cable, los valores medidos con el OTDR deben ser comparados con los valores proporcionados por el fabricante.

Los rollos de cable deben ser almacenados sobre tableros de madera especialmente diseiados para soportar el peso del cable, estos rollos de cable no deben ser almacenados directamente haciendo contacto con el piso.

La temperatura de almacenamiento debe estar entre -20°C y $+80^{\circ}\text{C}$. Además se deben tomar en cuenta todas las precauciones necesarias para proteger a la fibra de cualquier factor de daño externo.

PREPARACIÓN

Trabajopreparatorio

Antes de comenzar a tender el cable, se debe realizar una inspección de la ruta que seguira el tendido para estar seguros que no haya obstaculos que puedan dificultar o impedir el tendido.

Mientras se esta realizando el tendido hay que tener muy en cuenta que no se esten provocando daiios por rozamiento o fricción del mismo con algún obstaculo. No se debe colocar el cable sobre ningún obstaculo en el aire o en el suelo. Siempre es

recomendable remover cualquier obstaculo σ proporcionar las seguridades adecuadas para prevenir que el cable entre en contacto con el obstaculo.

Antes de realizar el tendido de la fibra se debe tener la seguridad que los equipos utilizados para este trabajo esten de acuerdo con los parametros del cable, la manipulaci3n requerida, los radios de flexion, la maxima fuerza de tension sobre el cable, entre otros.

Cables

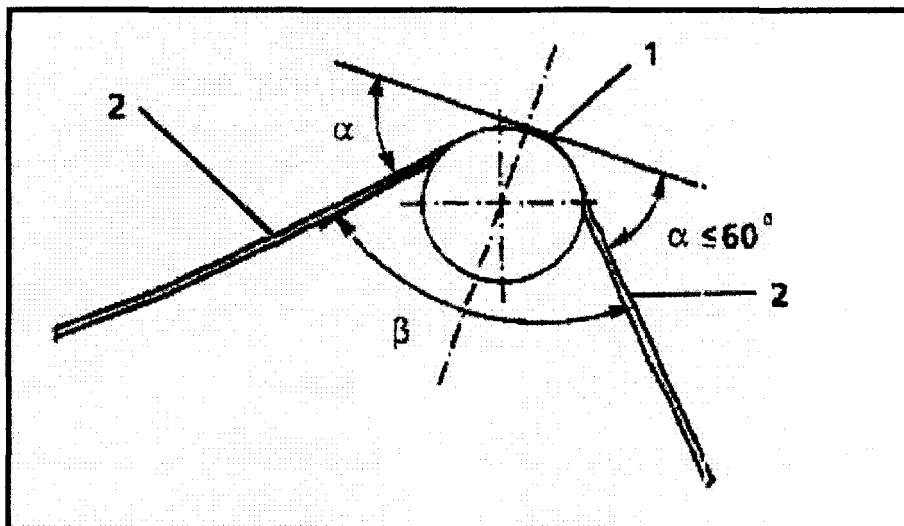
El diametro minimo de la polea del cable depende de la estructura y el diametro del cable, el angulo de contacto, y el espacio de instalacion.

Basandose en la fuerza de tension del cable:

- Para fuerza de tension $\leq 50 \text{ N/mm}^2 \rightarrow$ diametro de la polea del cable = **25** x el diametro del cable.
- Para fuerza de tension $> 50 \text{ N/mm}^2 \rightarrow$ diametro de la polea = **30** x el diametro del cable.

Basandose en el angulo de contacto β :

- Para angulos de contacto $\beta \leq 120^\circ \rightarrow$ diametro de la polea del cable = **30** x diametro del cable.
- Para angulos de contacto $\beta > 120^\circ \rightarrow$ diametro de la polea del cable = **25** x diametro del cable.



α = ángulo de deflexión
 β = ángulo de contacto
 1 = polea para la fibra
 2 = cable opgw

Fig. 4.11 Polea para fibra opgw

Las poleas para el cable deben estar suspendidas en rodillos apropiados de tal forma que puedan girar fácilmente. Las superficies giratorias de los rodillos deben estar limpias y libres de daños. Solamente pueden ser usadas bobinas de cables metálicos sin revestimiento o bobinas de cables con un revestimiento plástico, liso y resistente; es muy importante que el cable este correctamente colocado en el canal del rodillo giratorio para asegurarse que no se esté aplicando un torque sobre el cable.

Para cables opgw con capas externas de metal (cables ópticos que sirven como cable de tierra), las bobinas deben ser de cable con recubrimiento.

La sección del cable de cobre para aterrizaje debe ser $\geq 50 \text{ mm}^2$. Las bobinas de cable opgw no deben contener ningún residuo de partes cobre. Si las bobinas utilizadas para el cable de fibra han sido utilizadas anteriormente para tendido de cable de cobre, este debe ser completamente removido de la bobina antes de colocar en ella el cable de fibra.

POLEAS TANDEM Y DOBLE TANDEM

Se puede utilizar poleas tandem y doble tandem bajo las siguientes condiciones:

- Las poleas tandem y doble tandem deben estar suspendidos en varillas y soportes apropiados, de tal manera que puedan girar fácilmente. Sus superficies giratorias deben estar libres de daños y completamente limpias.
- Solamente se pueden utilizar poleas de plástico fuerte de alta calidad, poleas metálicas y poleas metálicas revestidas de plástico liso y resistente.
- Es muy importante que el cable sea capaz de deslizarse libremente por el canal de la polea de tal forma que no actúe un torque sobre el cable.

Las poleas para tandem y doble tandem deben ser de por lo menos 140 mm de diámetro.

Un punto importante es la distancia de al menos 500 mm entre los ejes y el camino seguido por la fibra en el momento que ha sido tensionada en el tendido. Este tendido debería resultar en un radio de flexión de al menos **30** veces el diámetro del cable.

TAMBORES PARA CABLES

Los tambores giratorios que se utilizan para colocar la fibra deben ser de al menos 1,20 m de diámetro. Si se va a utilizar tambores más pequeños para el tendido es necesario contactar al fabricante de la fibra para constatar que la misma resista una curvatura de ese diámetro.

El tambor giratorio debe estar equipado con ajuste de control mecánico o hidráulico.



Fig. 4.12 Camión transportando un tambor giratorio

FUERZA DE TENSION

La fuerza máxima de ejercida en el tendido de la fibra no debe exceder los límites máximos permisibles indicados en el esquema de datos del fabricante.

Es preferible utilizar un cable con límites de tensión ajustables.

4.7.2.2 INSTALACION DE LOS CABLES

Tendido

El cable de tensión (cable guía para el tendido de la fibra) debe ser de tipo no giratorio. Un dispositivo (pivote) giratorio debe ser colocado entre el cable opgw y cada cable guía para asegurar que ninguna torsión que pudiera ocurrir será transferida al cable opgw en el momento que este está siendo tendido.

Las poleas de transporte de la fibra son aseguradas en el recorrido de la fibra de tal manera que esta no circule por fuera del canal de la polea. Además, una polea “run-in” y una polea “run-out”, ambos de al menos 1 m de diámetro, y una polea guía son necesarias en caso de que se produzca alguna curvatura en la armadura del cable.

Durante el transporte y todo el proceso de instalación, el cable opgw no debe entrar en contacto con el suelo, construcciones o algún otro obstáculo.

Las cubiertas protectoras colocadas de fábrica en los extremos de la fibra cumplen la función de sellar el cable. Esto previene la filtración de agua dentro del tubo de la fibra. Estas cubiertas protectoras no deben ser removidas hasta que se vayan a realizar los empalmes respectivos.

Esto significa que los cables son pulidos e introducidos dentro de las fundas con las cubiertas protectoras en ellos. Es necesario tener cuidado de observar que las cubiertas protectoras no hayan sido dañadas por las fundas. En caso de que la cubierta haya sido dañada es necesario volver a pulir la fibra y colocar nuevamente la cubierta de manera apropiada.

Las cubiertas protectoras son colocadas con un material de relleno (polimero). Para remover las cubiertas es necesario cortar el extremo del cable (aprox. 10 cm).

TEMPERATURA DE INSTALACION

La mínima temperatura para el tendido de cables es -10°C . El equipo utilizado en el tendido no puede trabajar a temperaturas menores, esto significa que si se presentan temperaturas mas bajas el trabajo debe ser suspendido. Esta es una consideración valida en lugares donde la temperatura baja a menos de cero grados centigrados, pero en el caso de nuestro país la temperatura de instalacion en todo caso no tiene una influencia importante pues no se llega a los limites especificados para suspender la instalacion.

CONDUCIENDO EL OPGW A LO LARGO DEL TENDIDO

Debido a que los rodillos de soporte de los vagones que transportan el cable pueden causar presión transversa afectando a las fibras de opgw, cualquier movilizacion de

los vagones portacables en el alambre del cable de tierra debe ser evitado. Para instalaciones de esferas de advertencia(balizas), reflectores, o semejantes, es lícito viajar con un transporte de cable sobre el cable OPGW sin dañar, siempre que se cumplan las siguientes condiciones encontradas:

- El vagón portacable debe ser equipado con rodillos plásticos con un diámetro de al menos 250 mm.
- La carga vertical en el cable para soportar los rodillos, no debe exceder 1500 N, con 2 rodillos de apoyo, el peso máximo total permitido es 3000 N.
- La sección cruzada del OPGW debe ser más grande que 30 mm^2 .
- La fuerza de tensión del cable no debe exceder $1/3$ de la fuerza de ruptura calculada para el OPGW. La hoja de datos proporcionada por el fabricante muestra la fuerza de ruptura para el tipo de cable en cuestión.
- Antes y después de transmitir en el cable de tierra aéreo, debe ser necesario tomar una medición de las fibras usando un Optical Time Domain Reflectometer (OTDR).

4.7.2.3 INSTALACION DE DISPOSITIVOS ADICIONALES

GENERAL

Seguir las instrucciones de montaje proporcionadas por el fabricante de las instalaciones.

Todos los cables rígidos, ajustados, de figura espiral cerrada, deben ser ajustados al diámetro del cable. Ellos pueden solo ser ajustados al torque indicado por el fabricante.

Solo la suspension y tension de prueba recomendada por la empresa encargada del tendido, puede ser instalada. Aquellas pruebas garantizan una optima distribución de fuerzas transversales.

AJUSTES DE EXTREMO MUERTO Y VARILLAS DE PROTECCIÓN

Los ajustes de extremo muerto son correctamente manejados y montados, donde sea necesario utilizando varillas de proteccion. La varilla de proteccion debe siempre estar montada en el reverso de la capa mas externa del OPGW. Esto previene que el ajuste del extremo muerto se afloje, cuando ellos estan sujetos a tension.

Cuando sacamos los alambres individuales del ajuste del extremo muerto y varilla de proteccion, es necesario ser cuidadosos de no cambiar la forma del cable individual por la fuerza.

GRAPAS DE TENSION TIPO CONO

Como una alternativa al ajuste del extremo muerto, una varilla de proteccion es tambien permitida para instalar grapas de tension tipo cono.

RADIO DEL CABLE

El radio de curvatura nunca debe ser menor que aquellos prescritos en las hojas de datos de los fabricantes de la fibra, ni antes ni durante el proceso de instalacion.

AMORTIGUADORES DE VIBRACIÓN

Los amortiguadores de vibracion deben ser adquiridos. El proveedor de los amortiguadores de vibracion prepara el concepto de vibracion basico.

Como los amortiguadores de vibracion son montados en el cable, depende en el basico acceso a vibraciones. Los amortiguadores no pueden ser montados

directamente en el cable, ellos deben siempre ser sujetos por varillas de suspensión o ajustes de extremo muerto o varillas de protección.

SUJETANDO EL CABLE DE TIERRA OPTICO A LA TORRE DE CONDUCCIÓN ELÉCTRICA

Después de completar el proceso de colocación del cable, el **OPGW** debe ser sujetado o afianzado directamente a la torre de conducción eléctrica. El final del cable es tomado usando el cable ajustado requerido por la cadena de patrones deseadas en la torre de conducción eléctrica.

Durante el último empalme en la caja de unión, una fuente de fibras es colocada en manguitos protectores. Esta requiere una longitud extra de aproximadamente 6 a 7 metros de cable, comenzando la medición desde la caja de empalme.

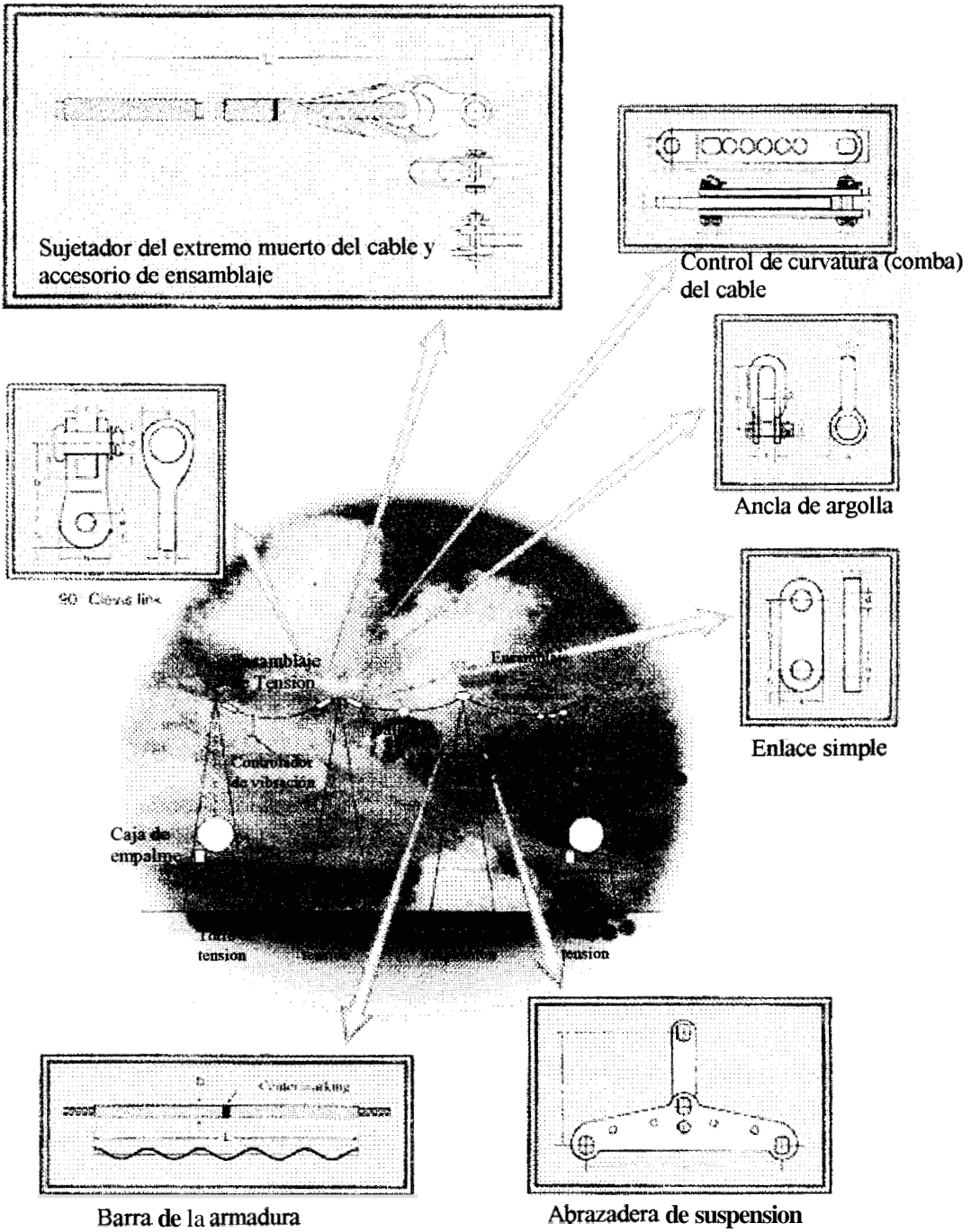


Fig. 4.13 Accesorios para tendido de fibra opgw por tension o por suspension

4.8 EQUIPOS Y ACCESORIOS UTILIZADOS EN EL ENLACE

Para lograr un enlace de comunicacion por fibra optica se requiere una serie de equipos y dispositivos que van a influir en la confiabilidad y calidad del mismo. Además de los equipos terminales y el medio de transmision, se requieren repetidores intermedios, empalmes a lo largo del trayecto, etc. A continuación se describira algunos de los equipos y elementos utilizados en el tendido que se analiza en este proyecto.

4.8.1 MODULO DE TRANSPORTE STM-16

El equipo a utilizar en este proyecto, tiene las características de trabajar en corta y larga distancia, operando en la segunda y tercera ventana optica, con fibra optica monomodo, para transportar señales a 2488.320 Mbit/s. Maneja interfaces tributarias a 140 Mbit/s, STM-1, STM-4. El nivel de conexion es **VC-4**, con una capacidad maxima de conexion de 96 stm-1 equivalente (32 lado agregado, 32 lado tributario, y 32 dedicados para protección de agregados).

Este equipo es apropiado para las siguientes áreas de aplicacion:

- Redes metropolitanas donde una version de corta distancia (segunda ventana) conecte centrales tandem y combinaciones tándem/local para construir la espina dorsal de la red metropolitana.
- Redes de tránsito de larga distancia (con segunda ventana larga distancia, o tercera ventana). Estas conexiones pueden realizarse punto a punto con una serie de regeneradores intermedios y, a su vez, una serie de multiplexores de extracción/inserción para la conexion de centrales “en ruta”.

La trama sincrónica a 2.5 Gbit/s transmitida tiene una estructura conforme a las recomendaciones G.707, G.708, G.709 del ITU-T, obteniéndose mediante la aplicación de los métodos de multiplexación especificados en las recomendaciones G.782 y G.783 del ITU-T.

Como características más destacadas de nuestro producto de multiplexación pueden mencionarse los siguientes:

El equipo se ajusta a las recomendaciones de los organismos internacionales (ITU-T, ETSI) sobre redes y equipos de transmisión sincrónica, siendo capaz de evolucionar para ajustarse a las sucesivas actualizaciones de los estándares, acepta tanto tributarios plesiocronos como sincrónicos, y su multiplexación y mapeo en una señal sincrónica. Es posible la combinación de señales tributarias hasta completar una capacidad máxima de nivel tributario de **32** STM-1 equivalentes.

El nivel de conexión es VC-4 ó VC-4-Xo (donde $x = 4$). Una misma tarjeta de circuitos equipa tributarios que pueden ser predispuestos, individualmente, tanto 140 Mbit/s como STM-1. Además este módulo de transporte presenta las siguientes características:

- Proporciona unidades amplificadores ópticos, con una ganancia de +10 y +12 dBm respectivamente.
- Transmisión de funciones auxiliares (líneas de órdenes, canales de datos, ECC,...) a través de bytes estándar dentro de la misma trama.
- Control local o remoto, mediante interfaz F, interfaz q. Manejo de canales embebidos ECC.

- Protección SNC 1+1, a nivel de contenedor virtual (VC-4 y VC-4-Xo)
- Protección MSP 1+1 y 1:1, a nivel de STM-N (donde N = 1,4,16)
- Protección MS- SPRing o BSHR, de 2/4 fibras
- Alimentación y control distribuido entre las unidades que componen el sistema.
- Actualización de tributarios sin interrupción en el tráfico cursado por equipo.

La unidad de matriz de conmutación, puede duplicarse por motivos de protección. Es una matriz de bloqueo nulo, y conectividad total de cualquier canal desde el lado tributario hacia el de línea. Las señales de paso no son terminadas y su posición dentro de la señal de salida puede ser reasignada.

Realiza conexiones uni- bidireccionales, bucles, punto a multipunto y tributario a tributario. La capacidad máxima de conexión es de **96** STM-I equivalentes (**32** lado agregado, **32** lado tributario, y **32** dedicados para protección de agregados).

Este equipo multiplexor puede ser gestionado localmente como remotamente a través de un sistema que trabaja bajo WINDOWS, el cual permitirá gestión de configuración, gestión de fallos y supervisión de prestaciones. Un amplio rango de auto-diagnósticos puede también ser suministrados.

El gestor de elemento de red utilizado para este proyecto además de la funcionalidad de la aplicación de terminal local, incluye una visión gráfica de la red SDH, con información en tiempo real de alarmas y otras funcionalidades de gestión de red.

Aplicaciones de red

Este equipo multiplexor a partir de una plataforma comun (utilizamos un unico subbastidor, y las mismas tarjetas de circuitos para construir las diferentes aplicaciones), la versatilidad de nuestro equipo debe ser tal que lo podamos configurar dependiendo de la hncionalidad requerida en el nodo donde esta instalado:

Terminal multiplexor, TM.

Regenerador intennedio, RI.

Multiplexor de extracción /inserción, ADM.

Otra de las ventajas presentadas por nuestro equipo STM-16, es el que puede proporcionar acceso a 2, 34 Mbit/s y STM-1 (Procesados a nivel de VC-12/ VC-3)

Mediante la combinación de nuestro equipo multiplexor con el numero deseado de equipos STM-1.

TERMINAL MULTIPLEXOR

Para nuestro trabajo en especial, nuestro equipo sera configurado como un terminal multiplexor punto a punto, porque es basicamente la finalidad de nuestro proyecto, en el hturo cuando la interconexion de la central de tránsito de Guayaquil y la central de tránsito de Cuenca forme parte de un anillo SDH, nuestro equipo STM-16 podra trabajar como un multiplexor de EXTRACCIÓN/INSERCIÓN.

Como equipo terminal el equipo multiplexa y demultiplexa hasta 16 señales AU-4 a desde una seial de línea a 2.5 Gbit/s STM-16.

Normalmente este equipo se configura con una unidad transmisora y una receptora.

Con otra pareja de unidades ópticas (transmisora y receptora) adicional, se proporciona protección MSP 1+1.

Pueden equiparse las siguientes señales tributarias:

- 16 señales de 140Mbit/s, ó 16 señales STM-1, o 4 señales STM-4
- Una combinación de señales, con una capacidad equivalente de STM-16

Este equipo STM-16 puede utilizarse en diferentes topologías: punto a punto, bus, anillos, etc. o con la mezcla de ellas.

Equipamiento

Nuestro equipo STM-16 esta constituido por los siguientes elementos:

Equipamiento básico, común para las distintas configuraciones.

Tarjetas de circuitos, a equipar dependiendo de la configuración.

Software, a equipar dependiendo de la configuración.

4.8.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA FIBRA ESCOGIDA

La fibra óptica que se utilizara para el enlace entre las dos centrales es una del tipo monomodo con las siguientes características básicas:

TABLA 4-8

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CABLE DE FIBRA OPTICA

Atenuacion	0.25 dB/Km
Longitud de Onda de Trabajo	1550 nm
Coefficiente de Dispersion	≤ 18 ps/(nm.Km)
Rango del cero de dispersion	1304.... 1324 nm

Tramos del recorrido del cable de fibra óptica

Dado que la ruta de nuestro proyecto utiliza el Sistema Nacional de Interconectado, el tendido de la fibra se lo hara de 2 maneras, por medio de ductos dentro de la ciudad y por las torres de alta tension en las afueras. Se ha trazado el recorrido de la fibra de la siguiente manera:

1. C. Tránsito Guayaquil (Correo) - Policentro (Subestacion) -----5 Km.
2. Policentro (Subestacion) - Pascuales (Subestacion) 15 Km.
3. Pascuales (Subestación) - Chacay ----- 189 Km.
4. Chacay - Rayoloma (afueras de Cuenca) 67 Km.
5. Rayoloma (afueras de Cuenca) - C. Tránsito Cuenca (Municip.) ----15 Km.

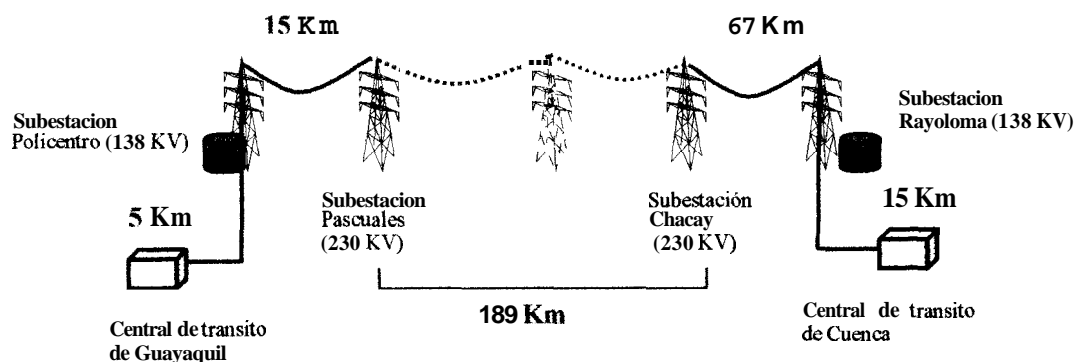


Fig. 4.14 Distancias de los tramos del recorrido

4.8.3 EQUIPO REPETIDOR

A continuación se dan detalles del Equipo Repetidor utilizado en nuestro proyecto, el mismo que solo amplifica señales ópticas, sin necesidad de transformarla a señal eléctrica. En la fig.4-15 se muestra el equipo al cual nos referiremos y cuyas características principales pasaremos a describir.

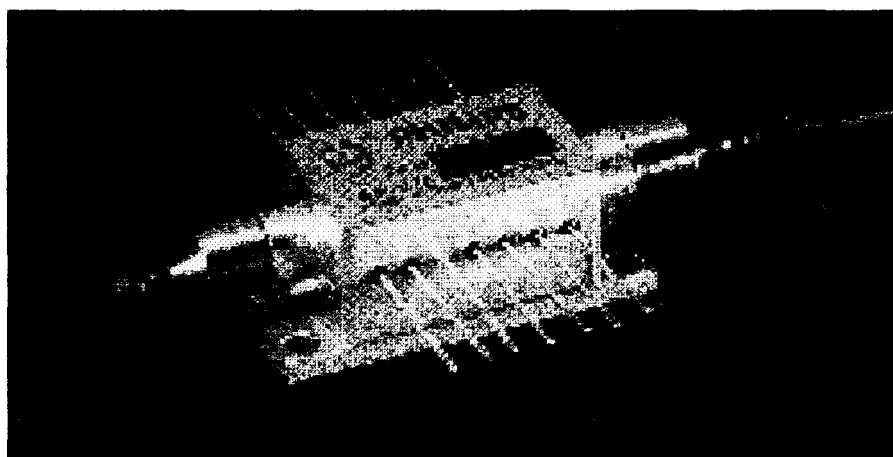


Fig.4-15 Equipo repetidor

Características eléctricas

El funcionamiento de este equipo está garantizado para el uso de fuentes de alimentación de voltajes de $V_{cc} = +5 \text{ V} \pm 5\%$ y $V_{ee} = -5.2 \text{ V} \pm 5\%$. Para la fuente de alimentación positiva (+5 V), implica una máxima corriente de calentamiento y para la fuente de alimentación negativa (-5.2 V), implica un máximo de corriente normal y corriente de operación.

El típico consumo de potencia de alimentación eléctrica, según las hojas de datos, se asume teniendo una temperatura nominal de 35°C, obteniendo de esta manera una

corriente de operación voltajes de alimentación nominales. Por otro lado las condiciones cuando el equipo está en condiciones de dañarse, se tiene una temperatura máxima de 65 °C, obteniéndose así una máxima corriente de operación y una máxima potencia de las fuentes de alimentación.

Funcionamiento de la Temperatura del Amplificador

Este equipo contiene dos inyectores láser que contienen enfriadores termoelectrónicos (TECs), que son utilizados para estabilizar la temperatura del chip láser sobre las variaciones de la temperatura en el ambiente. Los inyectores tienen una gran carga térmica asociada con los chips, comparándolos con el empaquetamiento láser usado para las aplicaciones de las telecomunicaciones estándar, requiere de un cuidadoso manejo térmico.

Potencia Pico de Salida Óptica

La configuración de prueba hace posible mediciones para este equipo. Este equipo en prueba le proveerá de una mínima potencia pico de salida (P_o), en una medición nominal de longitud de onda de 1550nm, cuando se le alimenta un mínimo promedio de potencia de señal de entrada (PIL) de -60dBm. A continuación en la fig. 4-16 se muestra la relación que hay entre la potencia óptica de entrada y la potencia óptica de salida dada en la hoja de especificaciones del equipo.

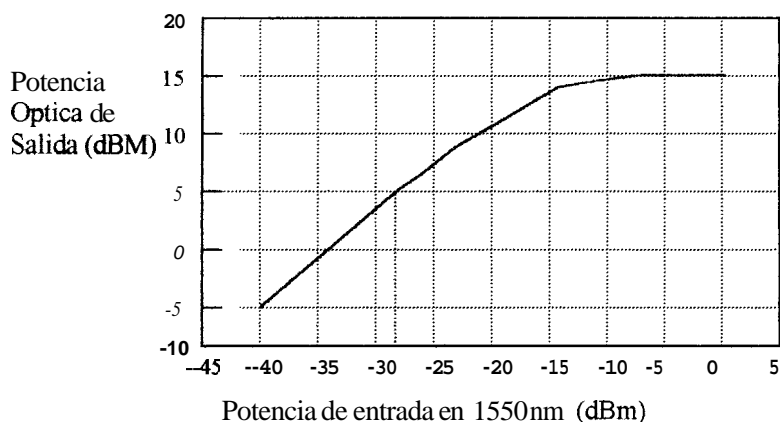


Fig 4-16 Potencia óptica de salida vs la potencia entrada

Un parámetro que se debe tener muy en cuenta al utilizar este equipo es la llamada figura de ruido, la cual es una indicación de cómo el amplificador, es capaz de amplificar la señal atenuada, sin incluir ruido adicional que pueda generarse en el trayecto.

Las técnicas para las mediciones de la figura de ruido, son válidas para un rango de potencia de señales de entrada entre -20 dBm y 35 dBm aproximadamente. Para señales mayores a -20 dBm, la potencia óptica contenida en el extremo de llegada, será igual en amplitud al ruido y en las pruebas, el equipo es incapaz de distinguir el nivel de ruido y el nivel de la señal en las señales de entrada menores a -35 dBm.

La ganancia fibra a fibra, descrita en la hoja de datos del fabricante de este equipo, considera un mínimo de 25 dB para una potencia de señal de entrada de -30 dBm y un típico de 30 dB. En el caso del equipo escogido, este utiliza un valor típico de 35 dB de ganancia del equipo para una potencia de señal de entrada de -30 dBm.

4.8.4 CONECTORES

Los conectores utilizados en las Centrales son los que se dan en las especificaciones del Equipo Terminal, los cuales pueden ser del tipo **SC** (fig.4-17) ó **FC** (fig.4-18), y permiten tener bajas perdidas por atenuacion, las cuales influyen en menor grado en el calculo.

Las perdidas especificadas por los fabricantes de este tipo de conectores, son del orden de 0.1 dB, su diseño puede variar de un fabricante a otro.

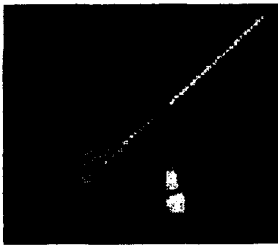


Fig. 4-17 Conector SC

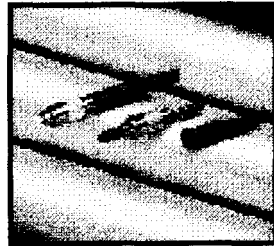


Fig. 4-18 Conector FC

4.8.5 EMPALMES

El numero total de empalmes es de 57, el cual difiere de los 59 calculados, debido a que se debe tomar en cuenta los puntos de repetición a lo largo del trayecto, siendo esta la causa para que este numero haya disminuido. Los empalmes se realizan cada 4 Km, debido a que la bobina de cable de fibra solo tiene esta longitud. La perdida por empalmes se considera de 0.1 dB/Km. La figura 4-19, muestra dos tipos de caja de empalmes que se pueden utilizar en el trayecto.

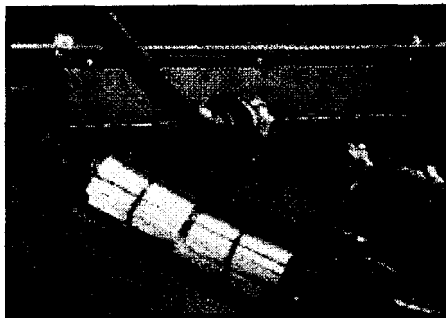


Fig. 4-19 Cajas de empalmes

En el lugar donde se realicen los empalmes, se deben realizar pruebas de medición con el OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) para ver las atenuaciones debido a los empalmes en el trayecto de un repetidor a otro. El empalme se lo realiza con una maquina empalmadora por fusión (Fig.4-20), debido a que la misma nos da la información de la atenuacion en el empalme, corroborando esta medición con las pruebas del OTDR. (Fig. 4-21)

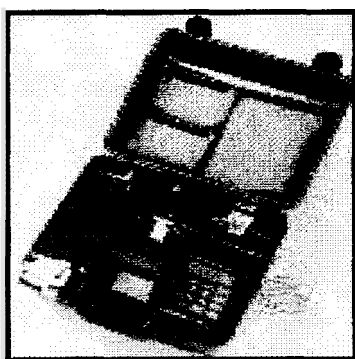


Fig. 4-20 Maquina empalmadora

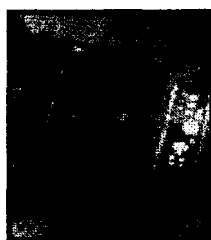


Fig. 4-21 OTDR

La disposición de cada hilo de fibra que se tiene en el cable que estamos utilizando, se lo coloca en un distribuidor que va dentro de la caja de empalme (Fig.4-22), dejando siempre reservas de 1 metro y 1/2, las cuales se utilizaran para empalmes posteriores, en caso de averias o cambios.

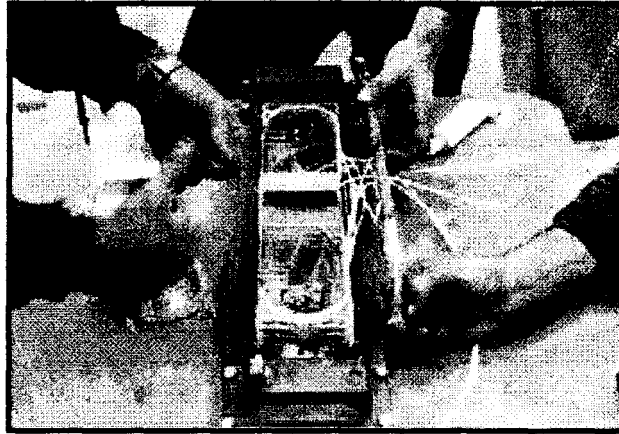


Fig. 4-22 Caja de empalme de Fibra Optica

Cajas de Distribución Terminal

Las cajas de distribución terminal se ubicarán en cada una de las centrales, estas tienen como objetivo realizar la separación de cada hilo de fibra y por medio de pigtaills, acopladores FC ó SC, se conectarán a las tarjetas del Equipo **STM-16**.

Las cajas de distribución (fig.4-23) sirven como unión de la fibra que viene de la calle y la distribución interna, la que se realiza con pigtaills y acopladores FC y SC.



Fig. 4-23 Caja de distribución

Dentro de las cajas de distribución se encuentran los pigtaills (fig.4-24) que conectan la fibra del exterior con el equipo, por medio de acopladores FC (Fig.4-25) o SC (Fig.4-26) y cables de fibra con conectores SC ó FC.

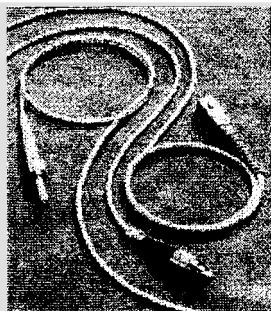


Fig. 4-24 Pigtailes y Patchcords



Fig. 4-25 Acoplador FC

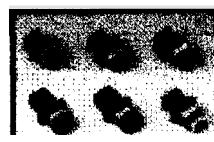


Fig. 4-26 Acoplador SC

Finalmente la distribución de equipos dentro de cada una de las Centrales, debe estar dispuesta en racks paralelos con cableado estructurado (**fig.4-27**) en donde se ubiquen los equipos **STM-16**, para que de esta manera no haya inconvenientes a la hora de dar mantenimiento, adicionalmente se recomienda tener el sistema de Administración del mismo cerca de los equipos de transmision.

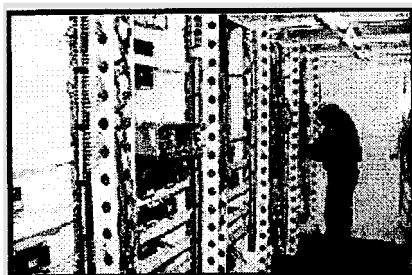


Fig.4-27 Racks para equipos

CAPITULO V

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

5.1 ESPECIFICACIONES

Se contara con un equipo de transmision y sistema de gestion. El sistema de gestion nos permitira el monitoreo de la red, tanto de manera local como remota, el monitoreo consiste en gestion de fallos, configuración de circuitos, supervision de prestaciones, pruebas del enlace, asi como un amplio rango de auto-diagnostic0 que puede ser suministrado. Todo esto utilizando un sistema amigable bajo Window.

El suministro de energia esta provisto de energia normal 0 generadores, todo ello respaldado por un sistema de UPS en redundancia de 20 **KVA** ampliables a 30 **KVA**.

El sistema de UPS contara con rectificadores de regulaci3n autom1tica tanto de corriente como de tension asi como tambien de un banco de baterias (15 Baterias de 12 voltios) el cual nos proporciona un respaldo de 15 minutos al 100% de carga.

Nuestro generador cuenta con una capacidad maxima de 65 KW Trif1sico a 60 Hz, 120/240 **A.C.**

Las Baterias son del tipo estacionario, con electrodos a base de plomo cuyo electrolito es una soluci3n de acido sulf1rico. Se deber1 tomar en cuenta el rendimiento en amperios-horas, rendimientos en voltios - horas, temperatura de regimen, autodescarga a 20°C por mes, minima corriente de carga en operaci3n flotante.

El sistema de energía eléctrica contará con una caja de transferencia en la que posee rectificadores, convertidores, contactores, fusibles, etc.

- Convertidores de CD/CD
- Convertidores de CD/CA
- Separadores que permitan la libre circulación de electrolito.
- Conexiones que garanticen un cierto grado de flexibilidad en barras de unión.

5.2 INSTALACIÓN

El plan de instalación cuenta de tres etapas:

- Plan de Instalación de la fibra óptica (tanto en las torres del interconectado INECEL, como el enterrado en las zonas urbanas)
- Plan de instalación de los equipos de Campo
- Plan de instalación de los equipos en la Central. Es decir equipos de transmisión y de Fuerza.

Plan de Instalación de la Fibra Óptica

Basicamente comprende de dos fases: la instalación de la fibra en las torres del interconectado (INECEL) y el tramo que va enterrado dentro de las ciudades de Guayaquil y de Cuenca.

Vale la pena mencionar que la instalación del cable de Fibra Óptica se lo hará en el cable de *Guarda* del Sistema Eléctrico Interconectado. Hay que tomar en consideración que el montaje de la Fibra Óptica se lo hará con las líneas de distribución de energía activas.

Plan de Instalacion de Equipos de Campo

En el tendido de un cable de Fibra Óptica , no es solo importante el cable en sí, sino mas bien una serie de accesorios que de acuerdo a su tecnologia constituye en un papel fundamental en la concepción armonica completa de la red de comunicacion.

Por esta razón en **lo** que corresponde a las repetidoras y regeneradores que iran instaladas en las centrales locales deberán tener la misma protección que se les dara a los equipos ubicados en las centrales de tránsito.

Instalucion de los equipos en las Centrales de Tránsito.

Nuestro multiplexor **STM-16** será instalado tanto en las centrales de tránsito de Guayaquil como en la ciudad de Cuenca, ya que basicamente en las centrales de tránsito es donde llegan las interfaces ópticas y eléctricas, y es además donde se dispone de la seguridad necesaria para la instalacion de los equipos ya sea que este provenga de una red de distribución pública o de generadores propios tanto de Pacifictel en Guayaquil o como de Etapa en Cuenca.

Nuestro sistema de **UPS** es redundante (sistema 1+1), el cual es de una capacidad de **20 KVA** , ampliables a **30 KVA** , con un banco de 15 Baterias de 12 voltios cada una, el tiempo de respaldo de las baterias en caso de que nuestro generador falle en el intento de entrar en funcionamiento es de **8** horas.

Nuestro moto-generador es de una capacidad de **65 Kw**, con un gobernador electrónico que permite mantener tanto la comente como la tension alterna en los 60 Hz. El moto-generador posee un sistema de autoprueba programable para el tiempo

deseado, el cual permite mantenerlo en constante prueba listo para entrar en funcionamiento.

Los equipos de transmision operan con un voltaje de nominal de **48 VCD** \pm 10%

La sala de equipos se implementaran ventiladores para proteger de explosiones de gas, cuando haya algún problema de recargo de baterias, que funciona de manera automática cuando el rectificador recarga las baterias.

Funcionar con un factor de potencia superior a 0.85 para todos los valores de carga hasta el 100% de su capacidad nominal.

La implementación del cableado de los equipos se lo efectuara con su respectiva etiqueta.

Se protegeran barras de conexion, tornillos, tuercas de fijación contra oxidación.

5.3 MANTENIMIENTO

Para el mantenimiento, se elaborara un sistema de gestion de fallas, con un monitoreo constante tanto de la fibra optica como los equipos de transmision y de multiplexacion, de tal manera que se prevenga y corrija cualquier anomalia que se detecte en la red con la finalidad de un excelente servicio a los usuarios.

SISTEMAS DE GESTIÓN DE RED Y ELEMENTOS.

El sistema de Gestion de Red y Elementos debe de soportar la instalacion y puesta en servicio, actividades de establecimiento de servicio de transporte, monitoreo de la red (Fibra optica, equipos de transmision y de multiplexacion) recuperación de la red, análisis de compartimento y mantenimiento del equipo de red en las redes **SDH**, dando asi la flexibilidad para soluciones de red y cubriendo todas las aplicaciones

de rutas nacionales e internacionales **STM-16** hasta los sistemas de acceso para servicios del usuario final.

Nuestro sistema tiene dos enfoques primordiales lo que es la gestión de red propiamente dicha como la gestión de los elementos de la red, es por esta razón que se puede configurar la red y el servicio de transporte de la misma, visualizando los circuitos con alarmas, como el comportamiento mismo.

Basicamente el sistema es clave para poder explotar plenamente las posibilidades ofrecidas por las soluciones de red de transporte **SDH**, proporcionando funciones de gestión de red y elementos para todos los elementos de red.

Las funciones de reservas permiten la administración del usuario. las funciones de seguridad del sistema pueden selectivamente, limitar el acceso de usuarios a la red, esto es colocando una contraseña para entrar al programa que controla toda nuestra red.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Una de las tareas de nuestro Network Management System es el monitoreo constante de nuestra red y ello involucra la detección de fallas ya sea en el conductor de Fibra Óptica, equipos de transmisión y de multiplexación.

Deberá de hacerse una filtración constante de alarmas detectadas por nuestro sistema de control, mediante dispositivos adicionales como floppy disk, todo ello con el fin de no sobrecargar de información nuestro sistema controlador.

Cuando el tipo de alarma se debe a condiciones en el conductor de fibra óptica incluyan indicaciones del umbral de una región de desempeño y una presentación de

detección de fallas según las normas de la UIT-T en un nivel apropiado de multiplexación involucrado. Si las alarmas se debe a falla en la tarjeta, nuestro controlador lo detectara.

El acceso al Network Management System, será controlado a través de un login y una contraseña (password) que solo tendrán acceso los ingenieros encargados del monitoreo de nuestra red. Dicha clave será independiente de la ubicación del operador y además se podrá instalar un controlador maestro el cual permitiera crear circuitos, realizar pruebas de enlaces y de hacer uso del ancho de banda disponibles, mientras que los controladores remotos (esclavos) nos permitiera únicamente monitoreo y pruebas a través de los canales voz.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Una vez detectado la falla, se realizará el mantenimiento cambiando la parte en que se detectó el problema o reparándola si fuera el caso.

Se deberá de mantener un stock completo de equipos como *BACKUP* de nuestra red el cual dependerá, de un estudio estadístico de todas las fallas que se presentarán, indicando el tiempo hora hombre requerido para repararlo y los equipos utilizado.

El equipo de *BACKUP* deberá contar con cables de fibra óptica, conectores ópticos, equipos de transmisión, suministros de energía y todo lo que comprenden parte de nuestra red.

OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)

Para realizar un Control de Calidad de nuestra red de fibra óptica contamos con un equipo conocido como OTDR o reflectómetro, el cual determina el valor de

atenuación de conectores y empalmes, la localización y el análisis de sitios donde ocurren interferencias, así como también la estimación de atenuación total.

Estos análisis se efectúan desde un extremo de la fibra. **Por** su versatilidad el reflectómetro se ha convertido en uno de los aparatos de medición más importantes dentro de la técnica de la Fibra óptica..

La forma de como trabaja este equipo es la siguiente:

Se acopla un impulso luminoso en la fibra, radiándose hacia atrás por el esparcimiento de Rayleigh una pequeña fracción de luz. La potencia luminosa retroesparcida por cada elemento longitudinal de la fibra y detectable al comienzo de la misma es proporcional a la potencia luminosa conducida en el elemento longitudinal considerado. Adicionalmente, en los sitios de perturbaciones y conexiones en la fibra se producen reflexiones que hacen variar fuertemente la potencia luminosa a medir al comienzo de la fibra. En consecuencia la curva temporal de la señal retroesparcida contiene la información sobre el comportamiento de atenuación local de la fibra estudiada.

Los impulsos luminosos los genera un láser semiconductor de alta potencia, que emite luz a una longitud de onda de 840 nm. Por medio de un sistema de lentes y un divisor de haz, la luz es enfocada sobre la superficie frontal de la fibra acoplada.

SUMINISTRO DE ENERGÍA

La energía eléctrica puede hacerse con un voltaje nominal de $208 \pm 5\%$ V entre fases o monofásico con voltaje nominal de $120 \pm 5\%$ V con una frecuencia de $60 \pm 5\%$ Hz.

Nuestro sistema de **UPS** tiene una capacidad de 20 **KVA** ampliable a **30 KVA**, con un banco de baterías (15 unidades de 12 voltios cada una) de **8** horas de respaldo.

Los rectificadores permitirán alimentar a todo el equipo pertinente con una corriente continua de - **48 VCD**

En los rectificadores se limitará su corriente al 10% de su capacidad nominal, en su modalidad de automática y manual.

El sistema funcionará con un factor de potencia mayor que 0.85 para todos los valores de carga hasta el 100% de su capacidad nominal.

El lugar donde se instalara los equipos constará de dos ambientes, una para alojar los equipos de fuerza y otro para lo que es transmisiones. En la parte de fuerza contamos con:

- ***Tableros de distribución de baja tensión***
- ***UPS***
- ***Baterías***
- ***Aire Acondicionado Central***

Nuestro moto-Generador es de 65 Kw, con un factor de potencia de **0.8**, el cual posee un **gobrador electrónico** que permite mantener constante tanto la tensión, como la corriente a 60 Hz. Este generador cuenta también con sistema de **Auto Test** que se acciona con hora y fecha determinada, con el fin de que el equipo siempre se encuentre activo y listo para entrar en servicio. El equipo es absolutamente silencioso, ya que posee un cobertor que aísla el ruido. Además posee de un cambio de

funcionamiento automático, ajuste de voltajes y límites de corriente, sistema de auto protección para sobre carga.

Los equipos de transmisión operan con un voltaje nominal de $48 \text{ VCD} \pm 10\%$. Si existiera algún problema de sobrecarga o algún corto circuito externo los *UPS* entran a *Bypass* encendiéndose una alarma visual y sonora.

El control de baterías deberá de hacerse de igual forma a las que se usan en equipos para telecomunicaciones con una vida útil mínima de 15 años.

Se calculará la capacidad máxima de las baterías en amperios-horas de manera que se pueda alimentar a los equipos de transmisión y anexo durante ocho horas con la capacidad máxima de tráfico y sin contribución de otras fuentes de alimentación.

Antes de poner en servicio las baterías, se ejecutarán dos ciclos: de carga y descarga y si la batería no entrega más del 85 % de su capacidad será rechazada.

El aire acondicionado en la sala de equipos de comunicación como en la sala de sistema de fuerza debe ser indispensables, sin embargo se controlará que los equipos sean capaces de trabajar sin aire acondicionado durante un periodo de por lo menos 24 horas, con un mínimo de 50 horas al año.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

No se puede realizar el tendido de fibra optica OPGW con las lineas de alta tension activas, siempre que se ha hecho este tipo de instalacion en otros países, se ha tenido que desenergizar las líneas del interconectado, *o* en su defecto, estas no han entrado en funcionamiento aún.

En la actualidad se estan realizando estudios para encontrar una forma de instalacion que no necesite el corte de energia y que a la vez sea segura para la gente que realiza el tendido en las torres, asi como para los equipos utilizados en el mismo.

El realizar el tendido del cable arrollado alrededor del cable de tierra tiene como proposito principal su facil instalacion y bajo costo asi como la resistencia a campos electricos generados por los cables de línea adyacentes.

Los valores encontrados en calculos realizados en esta contribución no son necesariamente exactos puesto que se han utilizado ecuaciones que no toman en cuenta influencias adicionales a las características de los cables, como por ejemplo influencia del viento, efectos climáticos, tensiones reales en los cables, etc., sin embargo el hecho de incluir los calculos en este trabajo son con la finalidad de dar una idea de los factores a tomarse en cuenta en el momento que se va a realizar el tendido de un cable de fibra optica.

Con respecto a la red de Sincronizacion que se ha tomado en consideración en este proyecto, se recomienda que la misma debe tener su reloj independiente, contrariamente a como se encuentra en la actualidad.

Una vez que el enlace entre las ciudades de Guayaquil y Cuenca pase a formar parte del anillo sur, se debe realizar la gestión de la red desde cada punto del anillo, esto significa que la red de gestión será mucho mayor y completa que como se indica en este documento.

Para el enlace de las centrales se ha escogido un cable de seis fibras, de las cuales se pueden utilizar solamente dos para nuestro propósito, y las fibras restantes serían utilizadas en futuras aplicaciones.

ANEXO A

TABLAS DE TRAFICO

TABLA A-1
Tráfico Entrante en la central de tránsito Guayaquil

Hora Pico I	RUTAS	TRAFICO	CIRCUITOS	COND. DE BLOQUEO	TIEMPO DE OCUPACION
20:00	Loja I	192.2	400	0.0	156.4
10:00	Mach I	331.1	710	32.5	73.9
10:00	TRQ1 I	104.1	480	0.1	70.9
10:00	TRQ2 I	841.8	1889	7.1	72.1
09:00	TRSC I	195.9	897	1.0	99.2

TABLA A-2
Tráfico Saliente de la central de tránsito Guayaquil

Hora Pico O	RUTAS	TRAFICO	CIRCUITOS	COND. DE BLOQUEO	TIEMPO DE OCUPACION	TRAF. OFRECIDO
20:00	Loja O	192.5	400	0.0	146.8	192.5
10:00	Mach. O	237.4	710	32.6	75.7	237.4
10:00	TRQ1 O	133.5	480	0.1	77.5	133.5
10:00	TRQ2 O	885.3	1889	40.4	69.2	885
19:00	TRSC O	360.7	897	1.4	152.1	361

TABLA A-3
Tráfico Entrante en la central de tránsito de Cuenca

Hora Pico O	RUTAS	TRAFICO	CIRCUITOS
19:00	TRSG I	413.5	645
11:00	TRQ I	352.1	377
10:00	Loja I	151.9	400

TABLA A-4
Tráfico Saliente de la central de tránsito de Cuenca

Hora Pico O	RUTAS	TRAFICO	CIRCUITOS	TRAF. OFRECIDO
19:00	TRSG O	278.6	645	278.6
11:00	TRQ O	182.7	463	182.7
10:00	Loja O	154.8	400	154.8

TABLA A-5
Tráfico de Entrada en la central de tránsito de Machala

Hora Pico I	RUTAS	TRAFICO	CIRCUITOS	COND. DE BLOQUEO
11:00	TRQ I	248.6	434	
10:00	TRSG1 I	105.7	431	32.0
10:00	TRSG2 I	123.1	278	0.1

TABLA A-6
Tráfico de Salida de la central de tránsito de Machala

Hora Pico O	RUTAS	TRAFICO	CIRCUITOS	COND. DE BLOQUEO	TRAF. OFRECIDO
11:00	TRQ O	181.4	434		181.4
10:00	TRSG1 O	271.9	431	32.0	271.9
10:00	TRSG2 O	62.3	278	0.1	62.3

TABLA A-7
Tráfico de Entrada en la central de tránsito de Loja

Hora Pico I	RUTAS	TRAFICO	CONGESTION	CIRCUITOS
11:00	TRSC I	150.6		400
16:00	TRSG I	171.78	0.0	400

TABLA A-8
Tráfico de Salida de la central de tránsito de Loja

Hora Pico O	RUTAS	TRAFICO	CONGESTION	CIRCUITOS	TRAF. OFRECIDO
11:00	TRSG O	220.33	0.0	400	220.33
16:00	TRSG O	183.27	0.0	400	183.27

TABLA A-9
MATRIZ DE TRAFICO INTERNO ACTUAL (ERLANGS)

	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	CUENCA
GUAYAQUIL	****	571.6	375.77	639.6
MACHALA	571.6	****	0	0
LOJA	375.77	0	****	375.13
CUENCA	639.6	0	375.13	****

Basados en la matriz de la tabla A-9, procederemos a calcular la Matriz de Trafico en Circuitos (tabla A-10), valiendonos para esto de las Tablas de la Formula de Perdida de Erlangs (Anexo C), utilizando un valor de $E=1\%$ (valor dado por Pacifictel), de la siguiente manera:

Para el valor de Intensidad de Trafico de Guayaquil-Machala: 571.6 Erlangs, se busca en la tabla (Anexo C) para el valor dado de $E=1\%=0.01$, observando que el valor de n (numero de circuitos) es igual a 600. Así obtenemos el resto de valores de la matriz.

TABLA A-10
MATRIZ DE TRAFICO INTERNO ACTUAL (CIRCUITOS)

	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	CUENCA
GUAYAQUIL	****	600	401	667
MACHALA	600	****	0	0
LOJA	401	0	****	400
CUENCA	667	0	400	****

Con la matriz de la tabla A-10, se procede a formar la Matriz de Tributarios de 2 Mbps de la siguiente manera:

El valor de $n=600$ circuitos se divide para 30, dándonos como resultado 20, lo que significa que tendremos 20 sistemas de 2 Mbps con 30 canales de 64 Kbps cada uno,

en caso de obtener decimales, el resultado se lo aproxima al valor inmediato superior.

Así obtenemos la tabla A-11

TABLA A-11
MATRIZ DE TRAFICO INTERNO (TRIBUTARIOS DE 2 Mbits)

	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	CUENCA
GUAYAQUIL	****	20	14	23
MACHALA	20	****	0	0
LOJA	14	0	****	14
CUENCA	23	0	14	****

Con base en la matriz de trafico actual (tabla 4-3), procedemos a formar la matriz de trafico externo (tabla A-12), tomando en consideración la intensidad de trafico de cada uno de los Centros de Tránsito que conforman el mismo.

Con el mismo procedimiento con el que se formo la matriz de trafico Interna de circuitos (tabla A-10) se forma la de trafico externo de circuitos (tabla A-13) y de la misma manera se hace con la de tributarios de 2 Mbps (tabla A-14). Para la elaboración de las siguientes tablas se ha considerado unicamente a la ciudad de Quito por ser esta la ciudad con la que hay mayor cantidad de trafico.

TABLA A-12
TRAFICO EXTERNO ACTUAL
(ERLANGS)

	QUITO
GUAYAQUIL	0
MACHALA	408.85
LOJA	0
CUENCA	437.47

TABLA A-13
TRAFICO EXTERNO ACTUAL
(CIRCUITOS)

	QUITO
GUAYAQUIL	0
MACHALA	434
LOJA	0
CUENCA	463

TABLA A-14
TRAFICO EXTERNO ACTUAL
(TRIBUTARIOS 2Mbps)

	QUITO
GUAYAQUIL	0
MACHALA	15
LOJA	0
CUENCA	16

Debemos tambien considerar como trafico externo, la intensidad de trafico que se maneja con los paises del Area Andina, e incluirlos en el calculo (tabla A-15). Los datos dados para el trafico Internacional fueron tomados de la Configuración General de la red Telefonica Nacional e Internacional en Diciembre de 1996 realizada por el Tcnlgo. Juan Gonzalez Correa de la Division de Ingenieria de Conmutacion. Se muestra a continuación la matriz de trafico de Circuitos (tabla A-16) y la de tributarios de 2 Mbps (tabla A-17).

TABLA A-15
TRAFICO INTERNACIONAL
(ERLANGS)

	ECUADOR
COLOMBIA	46.95
VENEZUELA	17.959
PERU	28.12
BOLIVIA	5.1598

TABLA A-16
TRAFICO INTERNACIONAL
(CIRCUITOS)

	ECUADOR
COLOMBIA	60
VENEZUELA	23
PERU	39
BOLIVIA	11

TABLA A-17
TRAFICO INTERNACIONAL
(TRIBUTARIOS 2Mbps)

	ECUADOR
COLOMBIA	2
VENEZUELA	0.77
PERU	1.3
BOLIVIA	0.34

TABLA A-18
MATRIZ DE TRÁFICO HACIA GUAYAQUIL (ERLANG) CON PROYECCIÓN A 10 AÑOS

PROVINCIAS	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
MACHALA	171	280,17	320,075	618,885	632,005	648,41	658,07	671,332	687,002	705,011	711,718
LOJA	373,77	398,00	382,003	385,010	388,014	391,874	394,835	398,332	401,30	404,7	408,012
CUENCA	0,00	607,80	650,070	670,000	680,000	691,000	701,001	711,003	722,000	732,007	742,000

TABLA A-19
MATRIZ DE TRÁFICO DESDE ECUADOR (ERLANG) CON PROYECCIÓN A 10 AÑOS

PAIS	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
COLOMBIA	46,05	48,218	49,510	50,857	52,220	53,630	55,080	56,570	58,103	59,672	61,283
VENEZUELA	17,000	18,443	18,012	19,453	19,978	20,518	21,072	21,641	22,225	22,825	23,441
PERU	28,12	28,270	28,400	28,500	28,582	28,657	28,724	28,785	28,840	28,890	28,934
BOLIVIA	5,100	5,200	5,302	5,380	5,44	5,505	5,564	5,618	5,666	5,710	5,755

Con los valores proyectados para el año 2008 formamos la matriz de tráfico interno proyectada (tabla A-20), con la cual sacamos la matriz de tráfico interno de circuitos (tabla A-21) de la misma forma como se hizo anteriormente con las matrices de tráfico actual y finalmente también obtenemos la matriz de tráfico interno de tributarios de 2 Mbps (tabla A-22).

TABLA A-20
MATRIZ DE TRAFICO INTERNO PROYECTADO (ERLANGS)

	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	CUENCA
GUAYAQUIL	****	711,71	408,019	742,609
MACHALA	711,71	****	0	0
LOJA	408,019	0	****	407,32
CUENCA	742,609	0	407,32	****

TABLA A-21
MATRIZ DE TRAFICO INTERNO ACTUAL (ERLANGS)

	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	CUENCA
GUAYAQUIL	****	742	434	771
MACHALA	742	****	0	0
LOJA	434	0	****	432
CUENCA	771	0	432	****

TABLA A-22
MATRIZ DE TRAFICO INTERNO PROYECTADO (Tributarios de 2 Mbps)

	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	CUENCA
GUAYAQUIL	****	25	15	26
MACHALA	25	****	0	0
LOJA	15	0	****	15
CUENCA	26	0	15	****

Ahora se procede a sacar la matriz de tráfico externo proyectada en erlangs, la de tráfico externo proyectada en circuitos y la de tráfico externo proyectada en tributarios de 2 Mbps, como se indica en las tablas A-23, A-24 y A-25 respectivamente.

TABLA A-23
TRAFICO EXTERNO
PROYECTADO
(ERLANGS)

	QUITO
GUAYAQUIL	0
MACHALA	509,07
LOJA	0
CUENCA	439,559

TABLA A-24
TRAFICO EXTERNO
PROYECTADO
(CIRCUITOS)

	QUITO
GUAYAQUIL	0
MACHALA	536
LOJA	0
CUENCA	466

**TABLA A-25
 TRAFICO EXTERNO
 PROYECTADO
 (TRIBUTARIOS 2Mbps)**

	QUITO
GUAYAQUIL	0
MACHALA	18
LOJA	0
CUENCA	16

Se procede tambien a extraer la matriz de trafico internacional proyectada en erlangs, circuitos y en tributarios de 2 Mbps, como se muestra a continuación en las tablas A-26, A-27 y A-28 respectivamente.

**TABLA A-26
 TRAFICO INTERNACIONAL
 PROYECTADO (ERLANGS)**

	ECUADOR
COLOMBIA	61.283
VENEZUELA	23.441
PERU	36.704
BOLIVIA	6.735

**TABLA A-27
 TRAFICO INTERNACIONAL
 PROYECTADO (CIRCUITOS)**

	ECUADOR
COLOMBIA	76
VENEZUELA	34
PERU	50
BOLIVIA	14

**TABLA A-28
 TRAFICO INTERNACIONAL
 PROYECTADO
 (TRIBUTARIOS 2Mbps)**

	ECUADOR
COLOMBIA	3
VENEZUELA	2
PERU	2
BOLIVIA	1

TABLA A-29
MATRIZ DE TRAFICO INTERNO PROYECTADO (2 Mbps + 20%)

	GUAYAQUIL	MACHALA	LOJA	CUENCA
GUAYAQUIL	****	571.6	375.77	639.6
MACHALA	571.6	****	0	0
LOJA	375.77	0	****	375.13
CUENCA	639.6	0	375.13	****

TABLA A-30
TRAFICO EXTERNO
PROYECTADO
(TRIBUTARIOS 2 Mbps)+ 20%

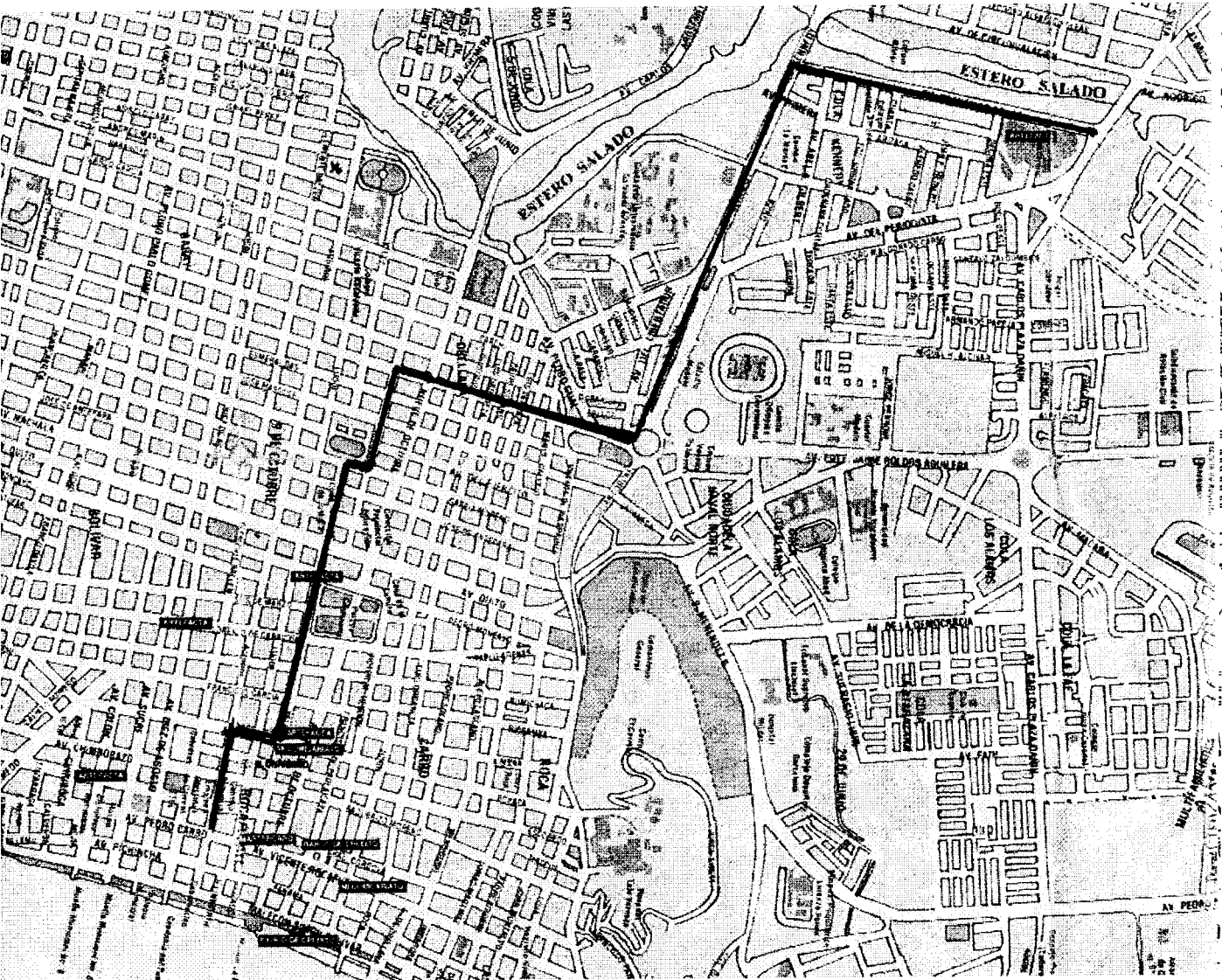
	QUITO
GUAYAQUIL	0
MACHALA	22
LOJA	0
CUENCA	20

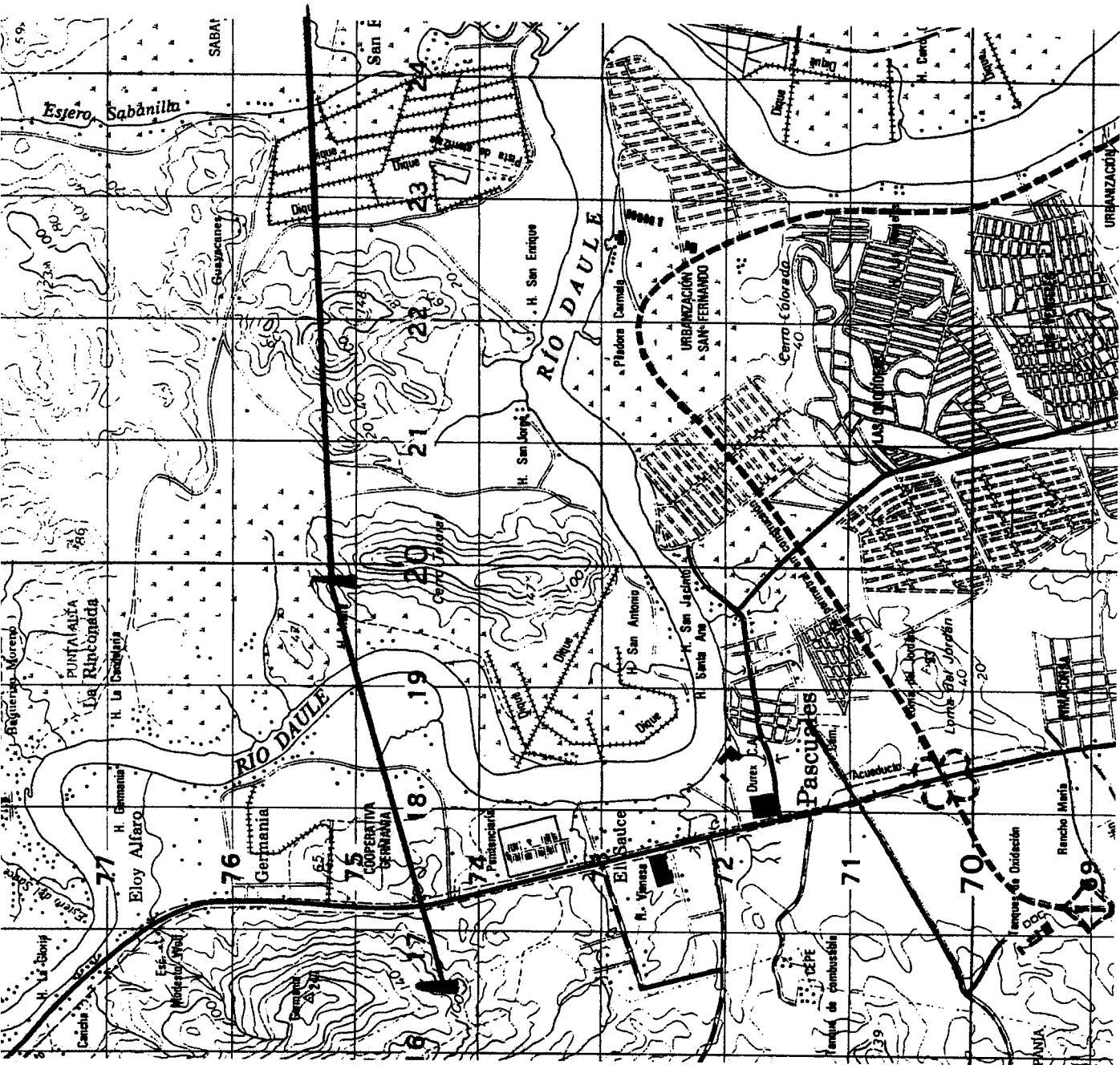
TABLA A-31
TRAFICO INTERNACIONAL
PROYECTADO
(TRIBUTARIOS 2 Mbps)+ 20%

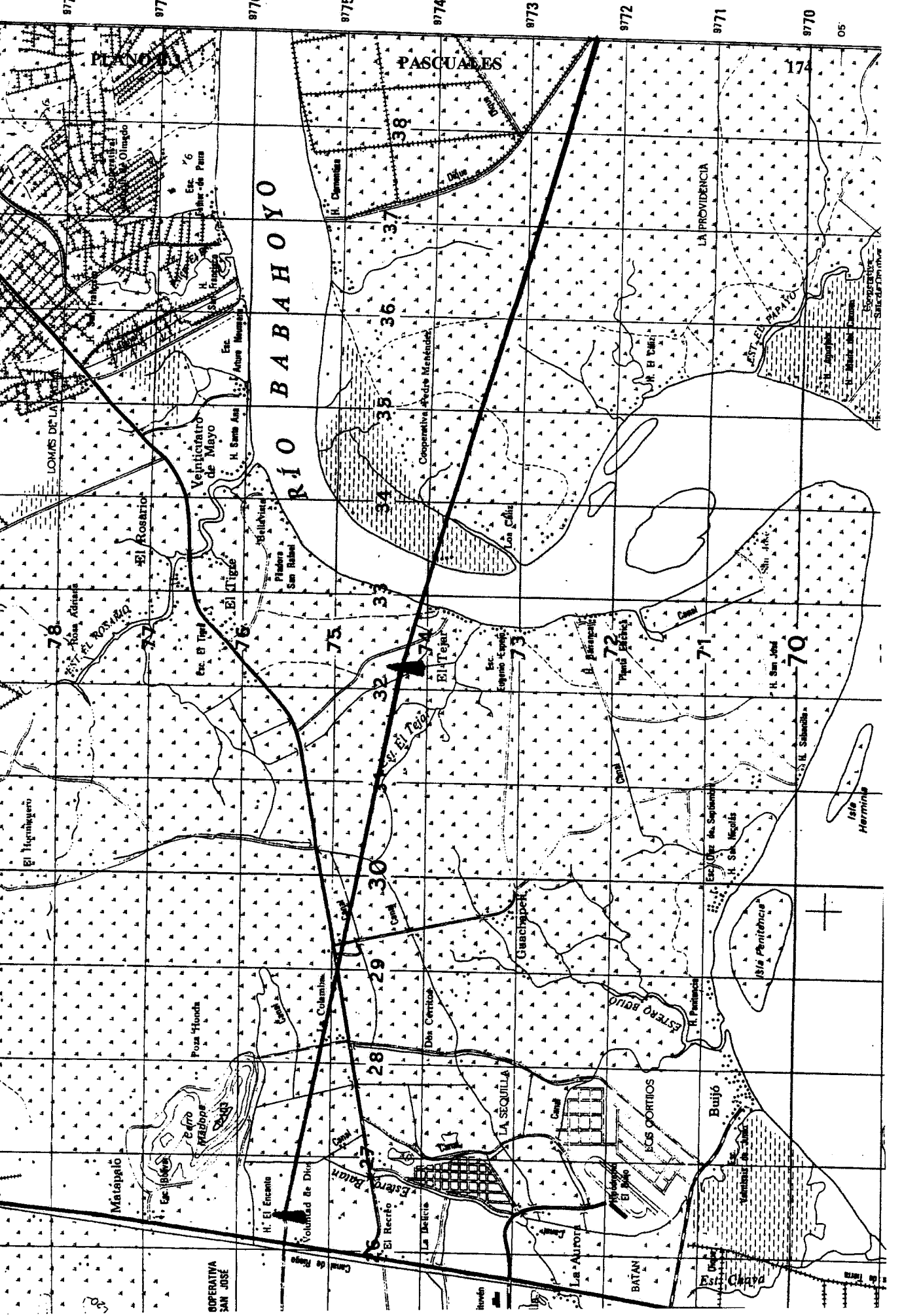
	QUITO
GUAYAQUIL	4
MACHALA	3
LOJA	3
CUENCA	2

ANEXO B

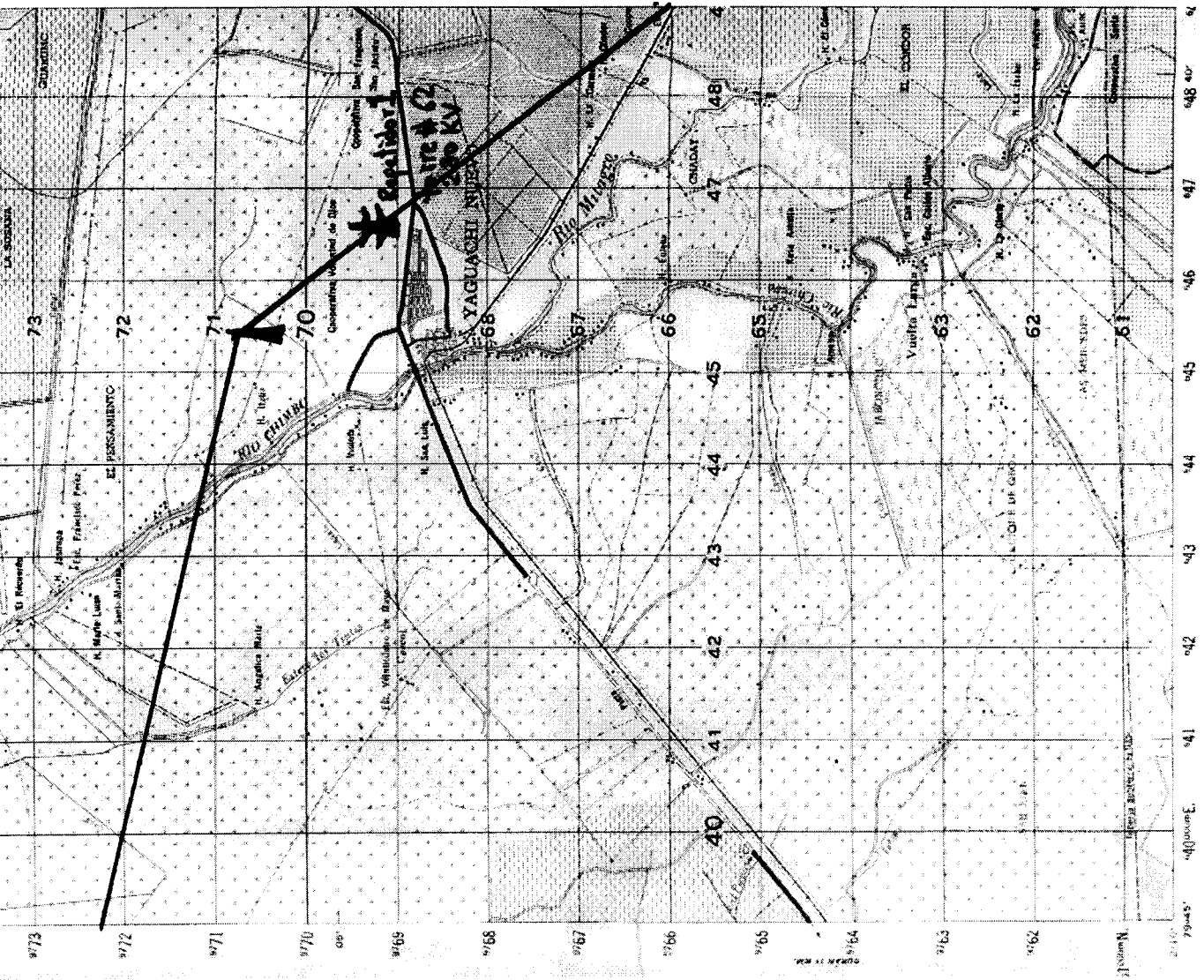
PLANOS DEL TENDIDO DE LA FIBRA

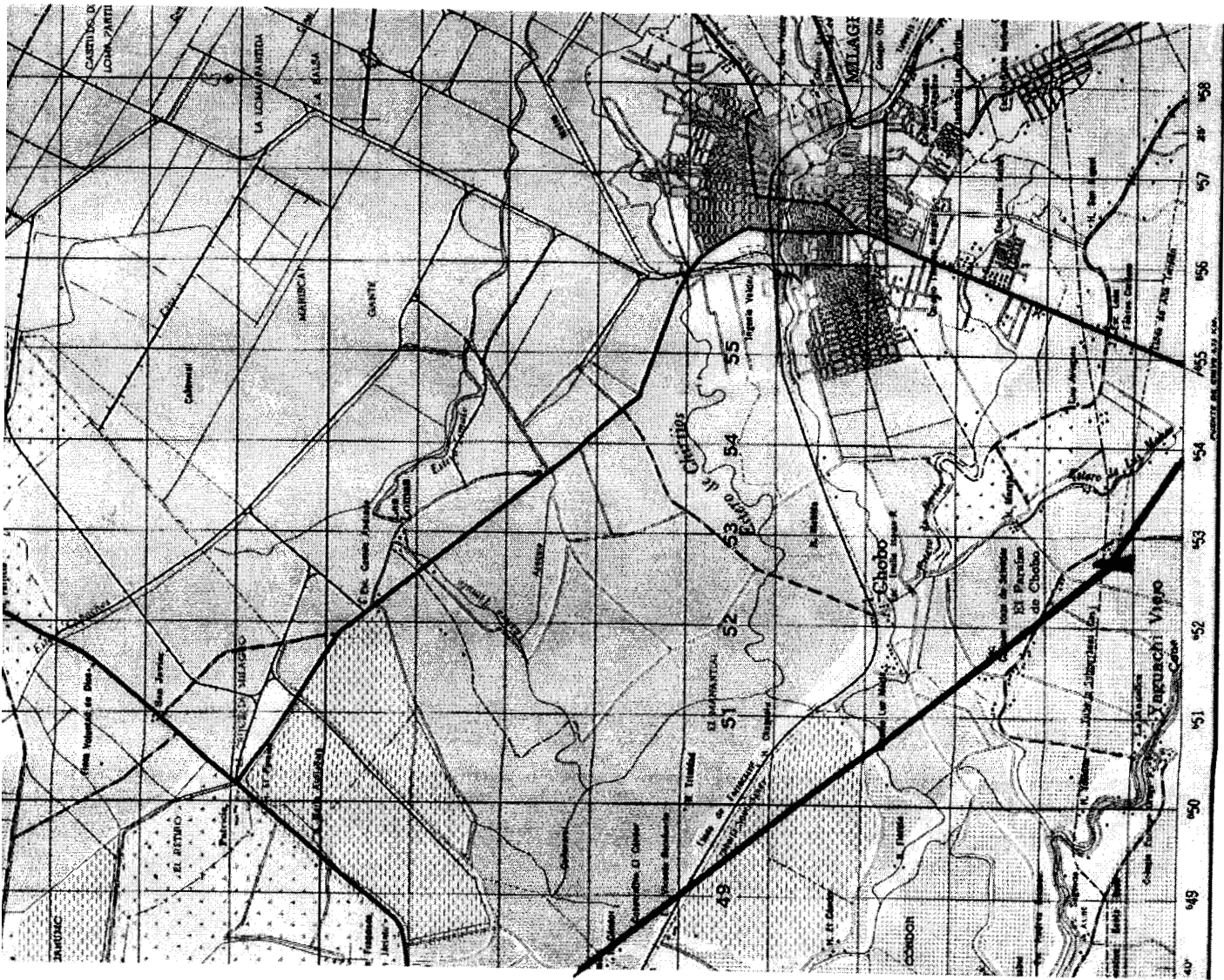


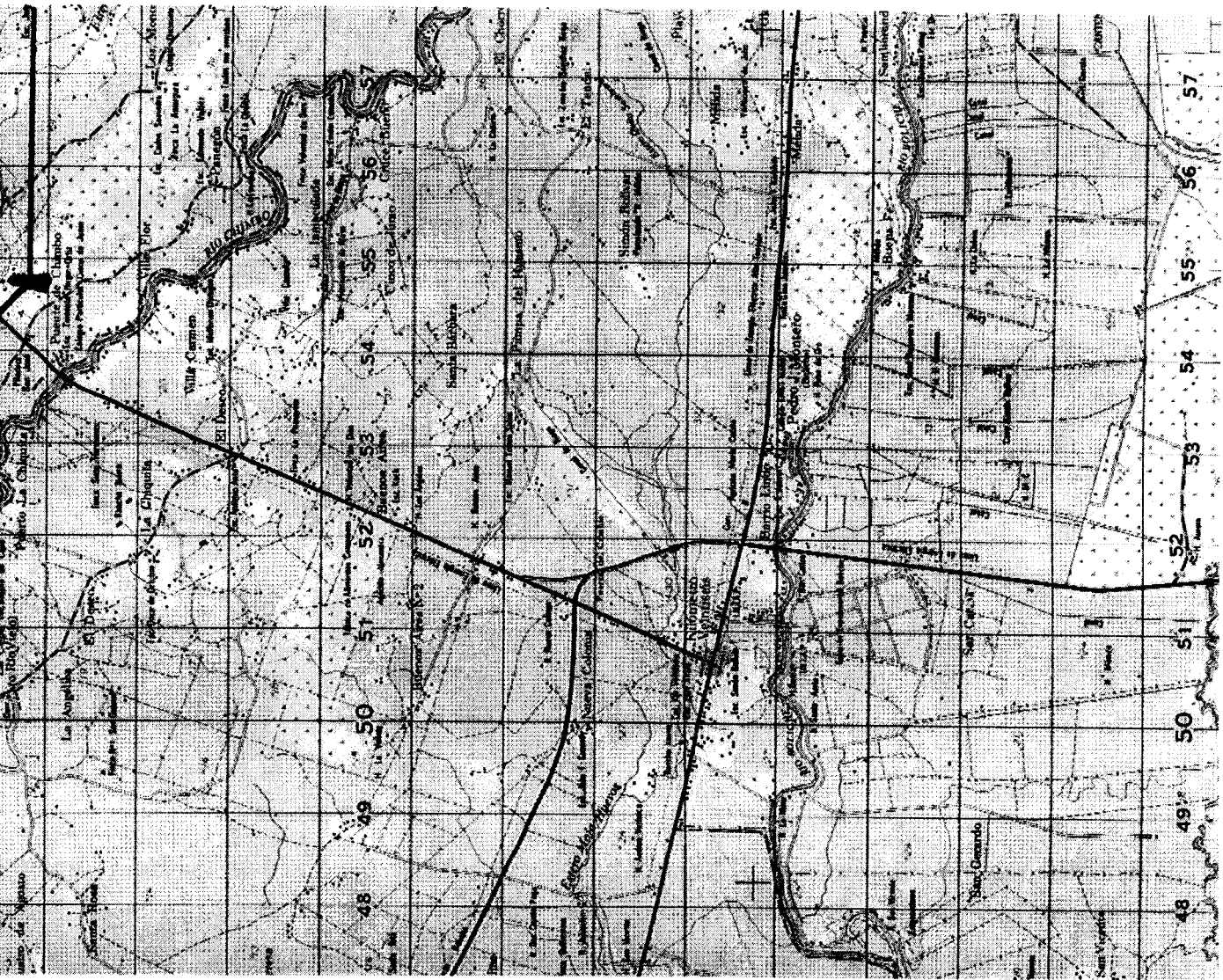


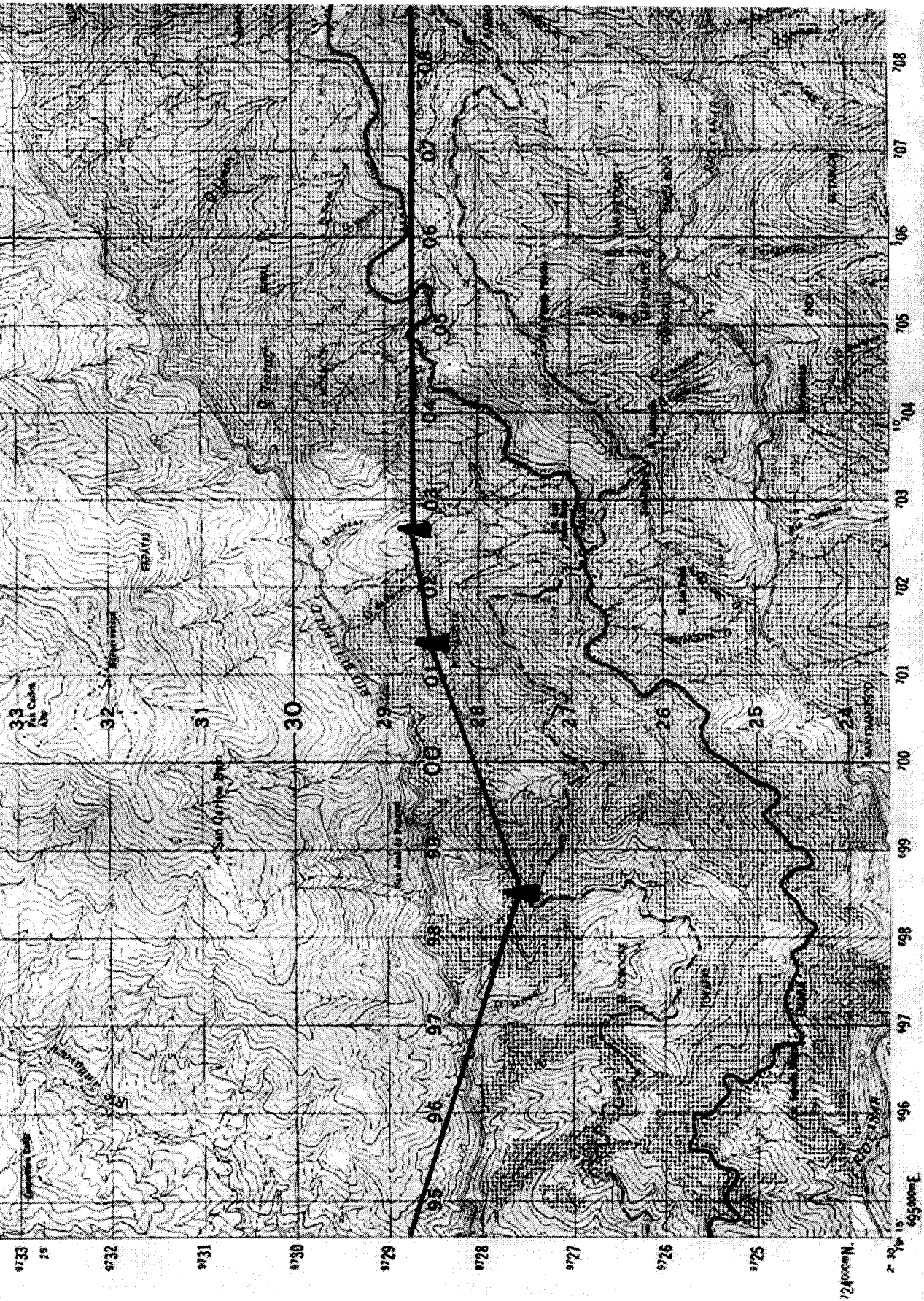


OPERATIVA
SAN JOSE









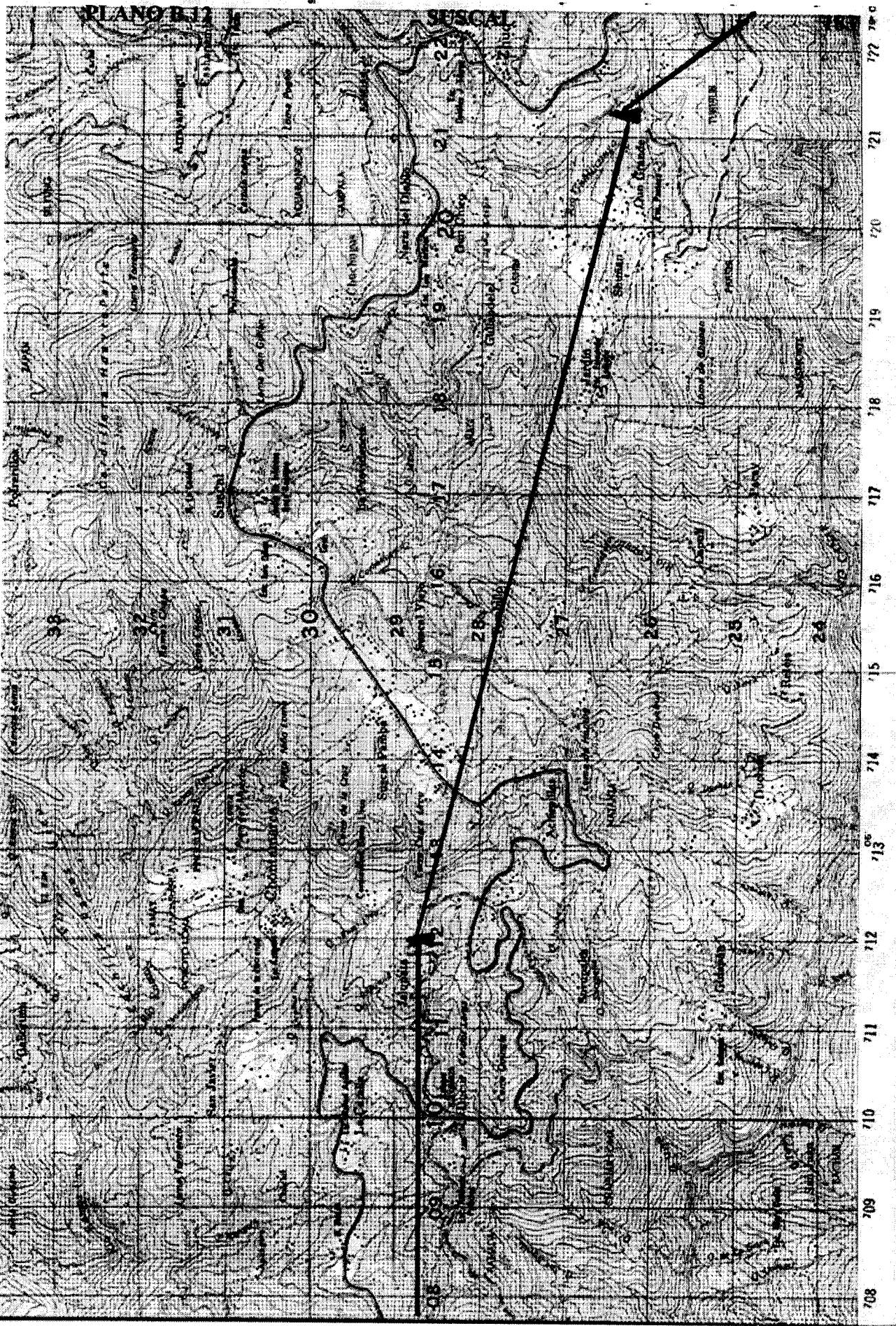
7210000N.

2 30 15

6950000E.

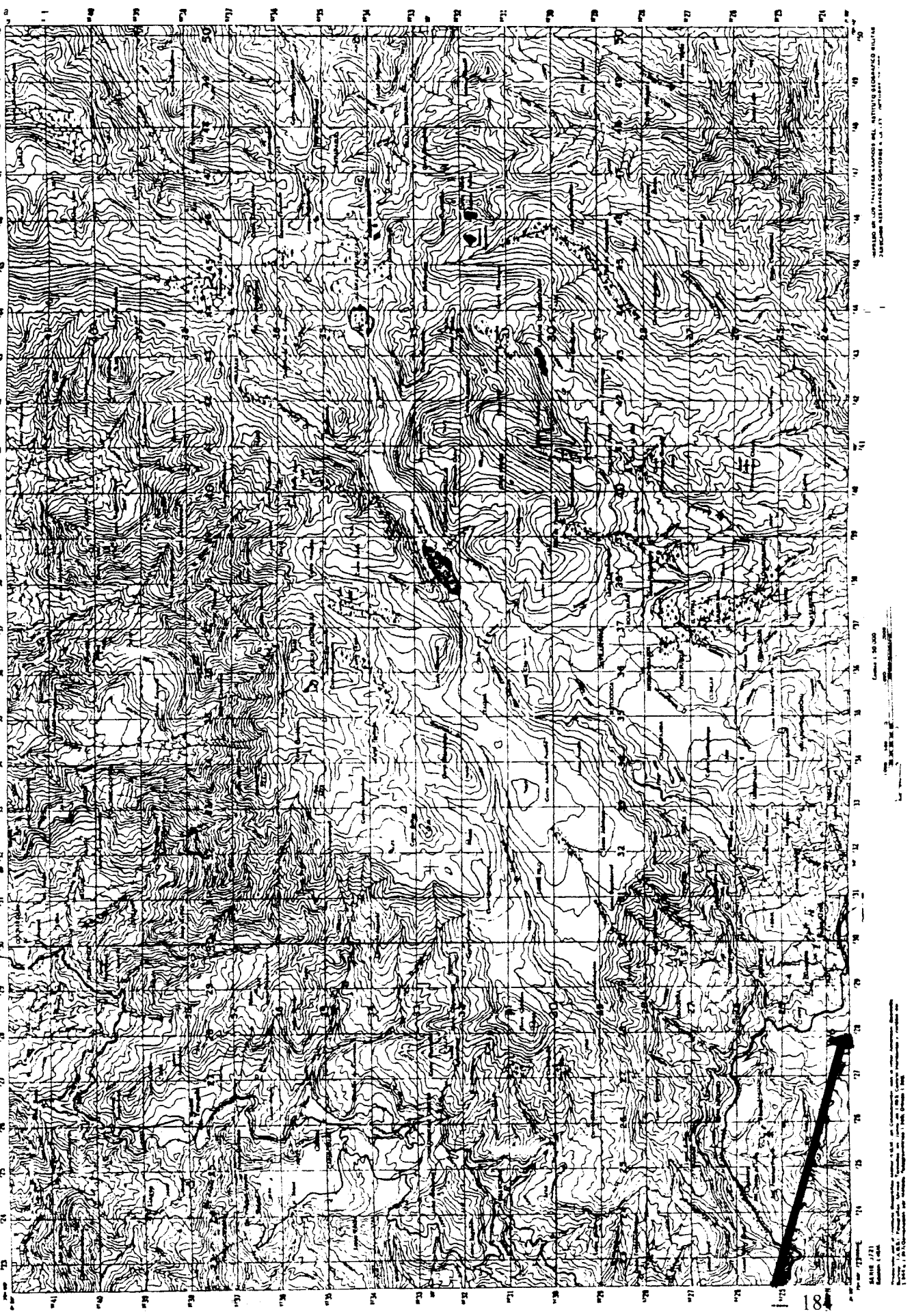
PLANO B.11

SUSCAL



708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000

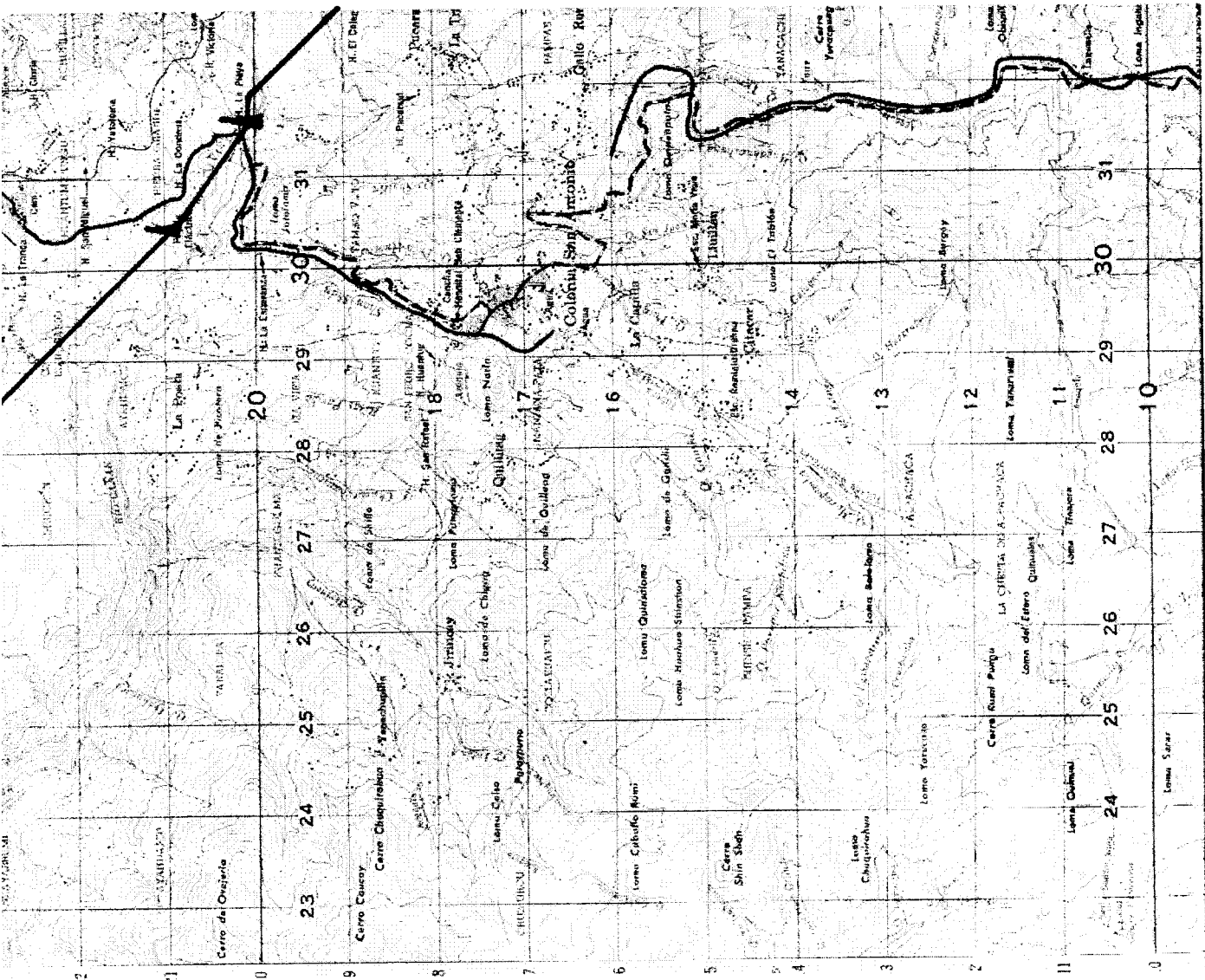
JUNCAL

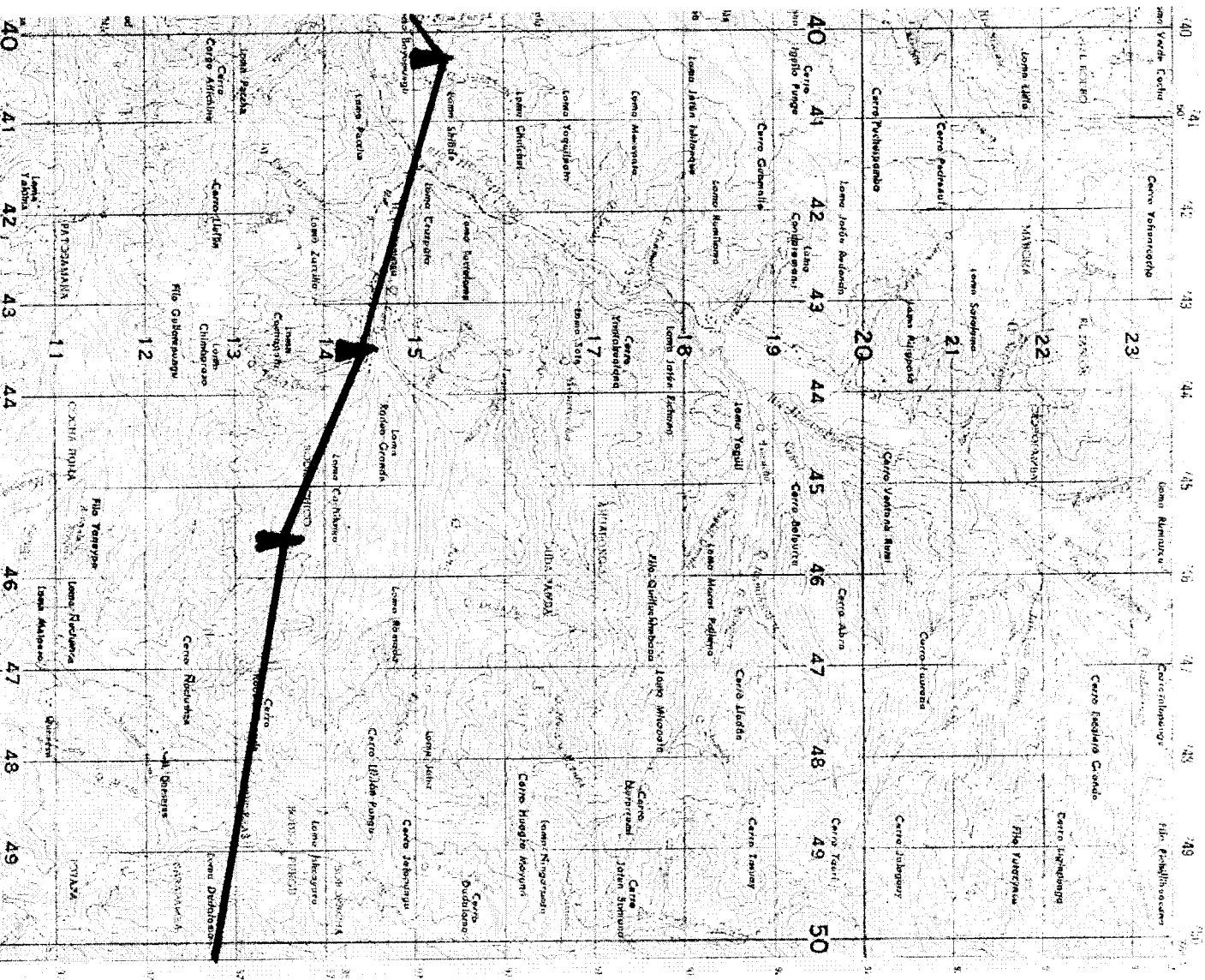


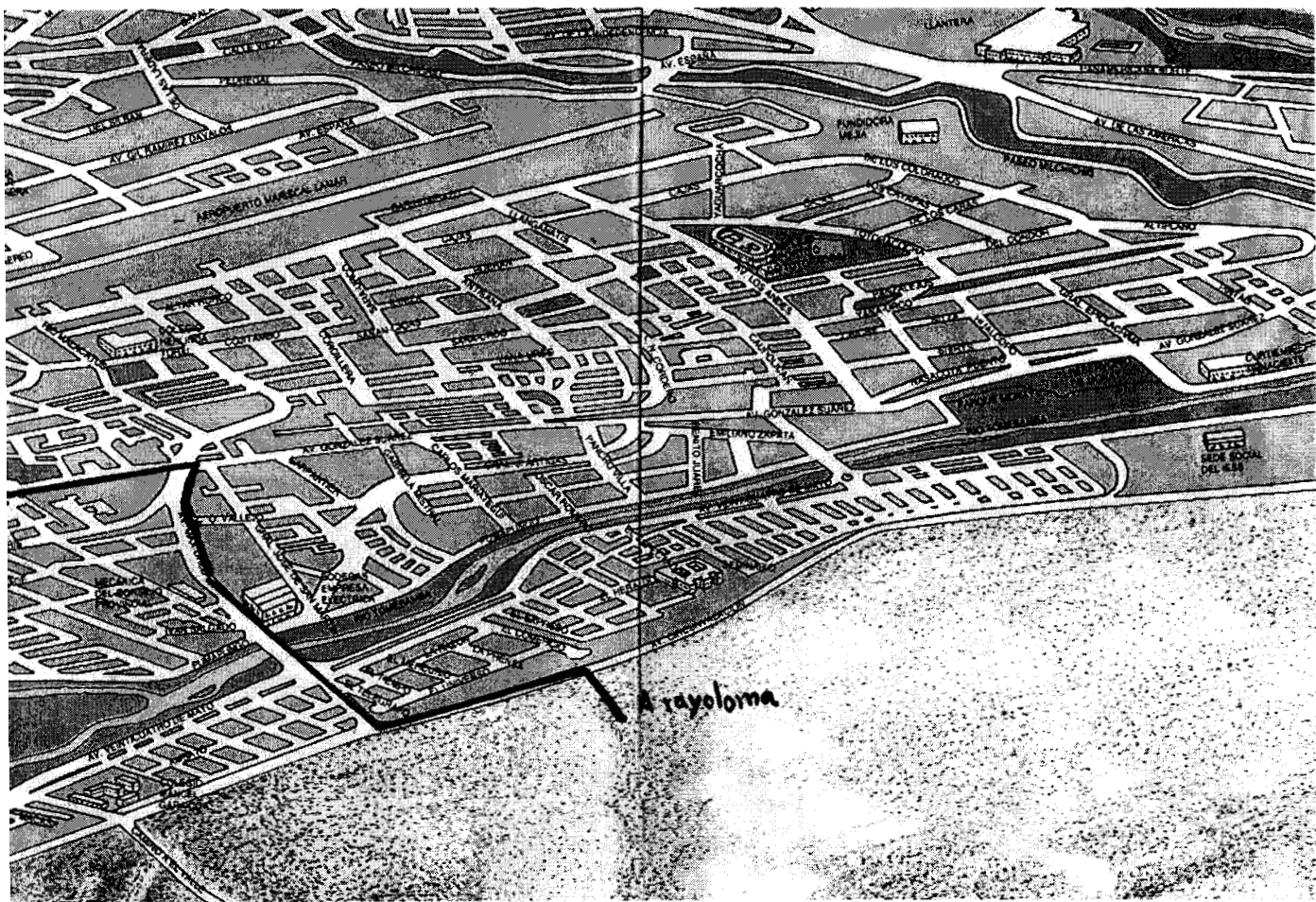
MAPA DEL JUNCAL ELABORADO POR EL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR
 DE LOS EJERCITOS ARGENTINOS EN 1971

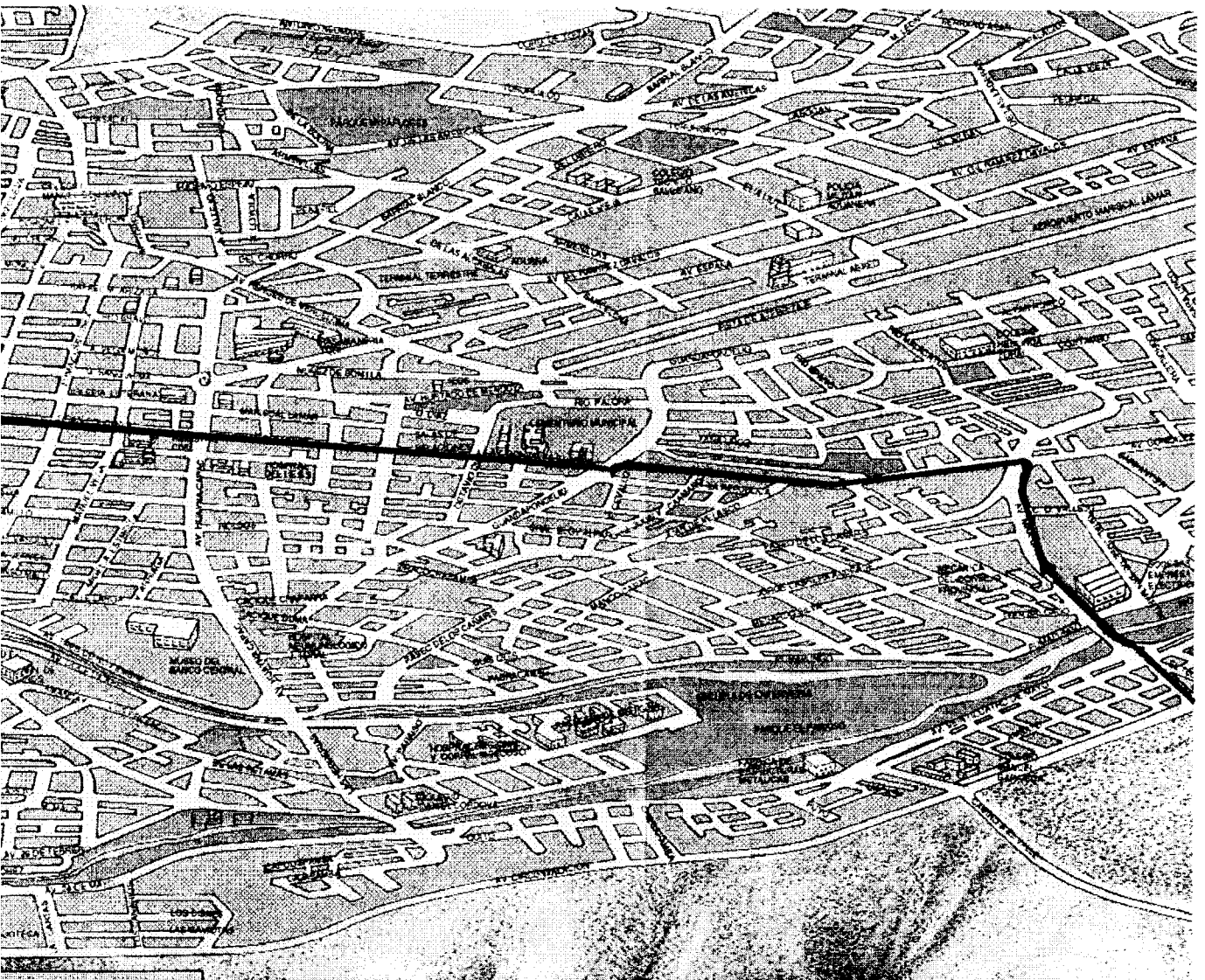
Escala: 1:50 000

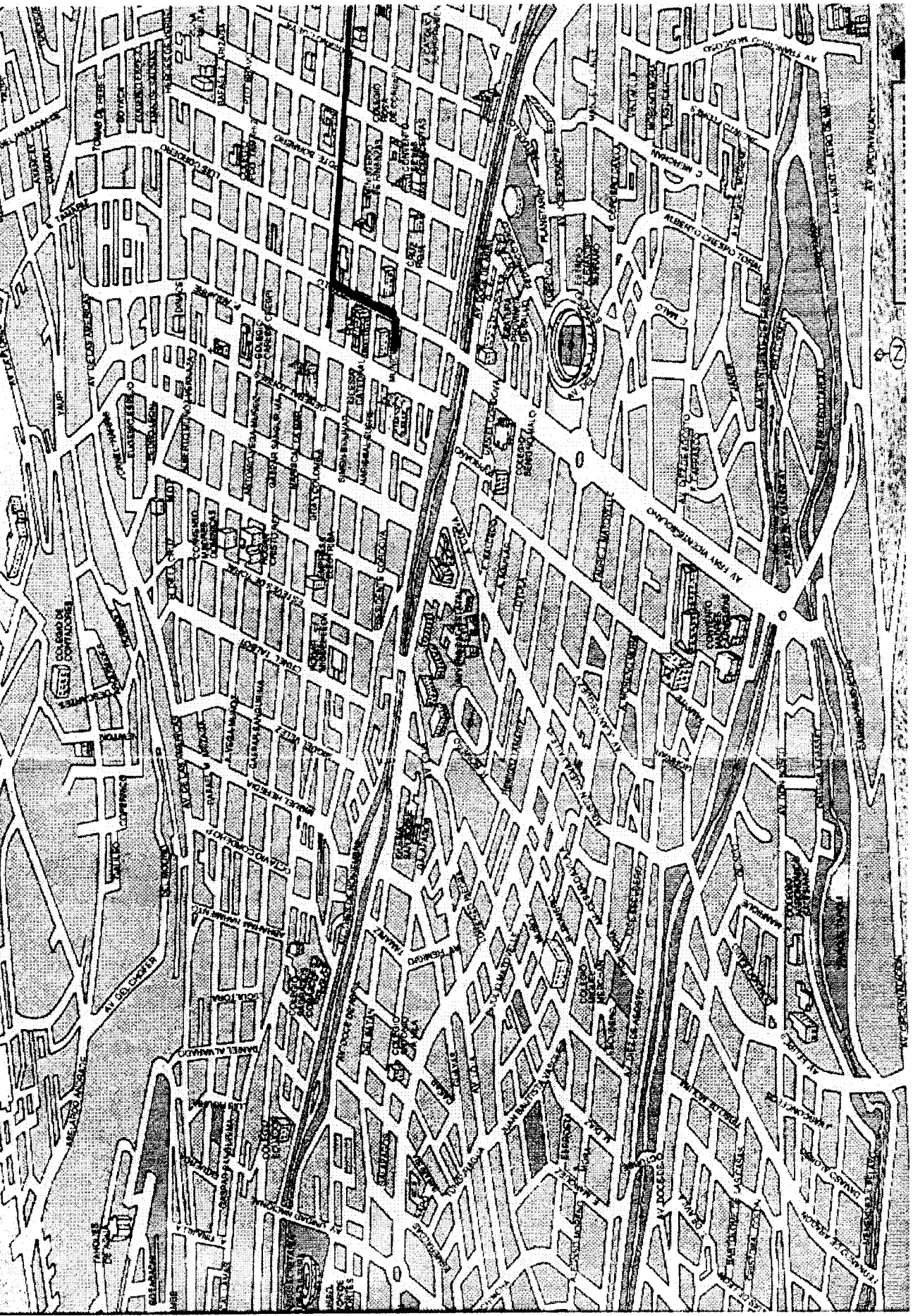
54 518 1721
 Edición: 1971











ANEXO C

TABLAS DE ERLANGS

n	PROBABILIDAD DE PERDIDA (E)										n
	0.007	0.006	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.3	
451	420.81	422.54	424.14	425.62	437.13	445.87	460.45	492.37	558.94	749.1'	451
452	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	452
453	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	453
454	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	454
455	424.73	426.47	428.08	429.57	441.15	449.95	464.63	496.81	563.94	755.6:	455
456	425.73	427.45	429.06	430.56	442.16	450.97	465.68	497.92	565.19	757.5,	456
457	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	457
458	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	458
459	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	459
460	429.63	431.39	433.00	434.51	446.18	455.06	469.87	502.36	570.19	764.1:	460
461	430.61	432.37	433.99	435.50	447.19	456.08	470.91	503.46	571.44	765.8:	461
462	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	462
463	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	463
464	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	464
466	434.53	436.30	437.93	439.45	451.21	460.16	475.10	507.90	576.44	772.5:	465
	435.51	437.28	438.91	440.43	452.22	461.18	416.15	509.01	577.69	774.1:	466
467	436.49	438.27	439.90	441.42	453.22	462.20	477.20	510.12	578.94	775.8:	467
468	437.47	439.25	440.89	442.41	454.23	463.22	478.24	511.23	580.19	777.5:	468
469	438.45	440.23	441.87	443.40	455.24	464.24	479.29	512.34	581.44	779.1:	469
470	439.43	441.22	442.86	444.38	456.24	465.26	480.34	513.45	582.69	780.6:	470
471	440.41	442.20	443.84	445.37	457.25	466.28	481.38	459.10	583.94	782.5:	471
472	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	472
473	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	473
474	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	474
475	444.34	446.13	447.79	449.32	461.27	470.37	485.57	518.99	588.93	789.1'	475
476	445.32	447.12	448.77	450.31	462.28	471.39	486.62	520.10	590.18	790.8	476
477	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	477
478	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	478
479	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	479
480	449.24	451.05	452.71	454.26	466.31	475.47	490.81	524.54	595.18	797.5,	480
481	450.22	452.03	453.70	455.25	467.31	476.49	491.86	525.65	596.43	799.1'	481
482	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	482
483	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	483
484	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	484
485	454.15	455.97	457.64	459.21	471.34	480.58	496.04	530.09	601.43	805.8:	485
486	455.13	456.95	458.63	460.19	472.34	481.60	497.09	531.20	602.68	807.5,	486
487	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	487
488	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	488
489	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	489
490	459.05	460.89	462.58	464.15	476.37	485.68	501.28	535.64	607.68	814.1:	490
491	460.03	461.87	463.56	465.14	477.38	486.71	502.33	536.74	608.93	815.8:	491
492	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	492
493	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	493
494	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	494
495	463.96	465.81	467.51	469.09	481.40	490.79	506.52	541.18	613.93	822.5:	495
496	464.94	466.79	468.49	470.08	482.41	491.81	507.56	542.29	615.18	824.1:	496
497	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	497
498	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	498
499	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	499
500	468.87	470.73	472.44	474.04	486.44	495.90	511.75	546.73	620.18	830.8	500
501	469.85	471.71	473.43	475.03	487.45	496.92	512.80	547.84	621.43	832.5	501

FLUJO DE TRAFICO OFRECIDO EN ERLANGS(A) : n= 401- 451

1'

n	PROBABILIDAD DE PERDIDA (E)										n
	0.007	0.006	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.	
401	371.88	373.48	374.95	376.32	386.89	394.88	408.13	436.92	496.46	665.81	401
402	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	402
403	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	403
404	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	404
405	375.79	377.40	378.88	380.26	390.91	398.96	412.31	441.36	501.46	672.5.	405
406	376.77	378.38	379.86	381.24	391.91	399.97	413.36	442.47	502.71	674.1'	406
407	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	407
408	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	408
409	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	409
410	380.68	382.30	383.80	385.150	395.93	404.050	417.54	446.9	507.71	680.81	410
411	381.66	383.28	384.78	386.17	396.93	405.07	418.59	448.01	508.96	682.5:	411
412	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	412
413	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	413
414	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	414
415	385.57	387.2	388.71	390.11	400.95	409.15	422.77	452.25	513.96	689.1'	415
416	386.55	388.19	389.69	391.10	401.95	410.17	423.82	453.56	515.21	690.81	416
417	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	417
418	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	418
419	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	419
420	390.46	392.11	393.63	395.04	405.97	414.25	428.01	457.99	520.21	697.5:	420
421	391.44	393.09	394.61	396.03	406.98	415.27	429.05	459.10	521.46	699.1'	421
422	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	422
423	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	423
424	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	424
425	395.35	397.01	398.55	399.97	411.00	419.35	433.24	463.54	526.45	705.8'	425
426	396.33	398.00	399.53	400.96	412.00	420.37	434.28	464.65	527.70	707.5:	426
427	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	427
428	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	428
429	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	429
430	400.24	401.92	403.47	404.90	416.02	424.45	438.47	469.08	532.70	714.1'	430
431	401.22	402.90	404.45	405.89	417.03	425.47	439.52	470.19	533.95	715.8'	431
432	402.20	403.88	405.43	406.87	418.03	426.49	440.56	471.30	535.20	717.5;	432
433	403.18	404.87	406.42	407.86	419.04	427.51	441.61	472.41	536.45	719.1'	433
434	404.16	405.85	407.40	408.84	420.04	428.53	442.65	473.52	537.70	720.8'	434
435	405.14	406.83	408.39	409.33	421.05	429.55	443.70	474.63	538.95	722.5:	435
436	406.12	407.81	409.37	410.82	422.05	430.57	444.75	475.74	540.2	724.1'	436
437	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	437
438	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	438
439	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	439
440	410.03	411.74	413.31	414.77	426.07	434.65	448.93	480.17	545.20	730.8:	440
441	411.01	412.74	414.29	415.75	427.08	435.67	449.98	481.28	546.45	732.5:	441
442	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	442
443	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	443
444	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	444
445	414.93	416.65	418.23	419.70	431.10	439.75	454.17	485.72	551.45	739.1'	445
446	415.91	417.63	419.21	420.69	432.10	440.77	455.21	486.83	552.70	740.8:	446
447	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	447
448	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	448
449	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	449
450	419.83	421.56	423.15	424.63	436.13	444.85	459.40	491.26	557.69	747.5;	450
451	420.81	422.56	424.14	425.62	437.13	445.87	460.45	492.37	558.94	749.1'	451

n	PROBABILIDAD DE PERDIDA (E)										n
	0.007	0.006	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
51	37.754	38.134	38.480	38.800	41.189	42.892	45.533	50.644	59.746	82.552	51
52	38.639	39.024	39.736	39.700	42.124	43.852	46.533	51.726	60.985	84.32	52
53	39.526	39.916	40.273	40.602	43.060	44.813	47.534	52.808	62.224	85.981	53
54	40.414	40.810	41.171	41.505	43.997	45.776	48.536	53.891	63.643	87.845	54
55	41.313	41.705	42.071	42.409	44.936	46.739	49.539	54.975	64.702	89.310	55
56	42.194	42.601	42.972	43.315	45.875	47.703	50.543	56.059	65.942	90.974	56
57	43.087	43.499	43.875	44.222	46.816	48.669	51.548	57.144	67.181	92.639	57
58	43.980	44.398	44.778	45.130	47.758	49.635	52.553	58.229	68.421	94.303	58
59	44.875	45.298	45.683	46.039	48.700	50.602	53.559	59.315	69.662	95.968	59
60	45.771	46.199	46.589	46.950	49.644	51.570	54.566	60.401	70.902	97.633	60
61	46.669	47.102	47.497	47.861	50.589	52.539	55.573	61.488	72.143	99.297	61
62	47.567	48.005	48.405	48.774	51.534	53.508	56.581	62.575	73.384	100.96	62
63	48.467	48.910	49.314	49.688	52.481	54.478	57.590	63.663	74.625	102.63	63
64	49.368	49.816	50.225	50.603	53.428	55.450	58.599	64.750	75.866	104.29	64
65	50.27	50.723	51.137	51.518	54.376	56.421	59.609	65.839	77.108	105.96	65
66	51.173	51.631	52.049	52.435	55.325	57.394	60.619	66.927	78.350	107.62	66
67	52.077	52.540	52.963	53.353	56.275	58.367	61.630	68.016	79.592	109.29	67
68	52.982	53.450	53.877	54.272	57.226	59.341	62.642	69.106	80.834	110.95	68
69	53.888	54.361	54.793	55.491	58.177	60.316	63.654	70.196	82.076	112.62	69
70	54.795	55.273	55.709	56.412	59.129	61.291	64.667	71.286	83.318	114.28	70
71	55.703	56.186	56.626	57.033	60.082	62.267	65.680	72.376	84.581	115.95	71
72	56.612	57.099	57.545	57.856	61.036	63.214	66.694	73.467	85.803	117.61	72
73	57.522	58.014	58.464	58.879	61.990	64.221	67.708	74.558	87.046	119.28	73
74	58.432	58.929	59.384	59.803	62.945	65.199	68.723	75.649	88.289	120.94	74
75	59.344	59.846	60.304	60.728	63.900	66.177	69.738	76.741	89.532	122.61	75
76	60.256	60.763	61.226	61.858	64.857	67.156	70.753	77.833	90.776	124.27	76
77	61.189	61.681	62.148	62.579	65.814	68.136	71.769	78.925	92.019	125.94	77
78	62.083	62.600	63.071	63.508	66.771	69.116	72.786	80.018	93.262	127.61	78
79	62.988	63.519	63.995	64.434	67.729	70.096	73.803	81.110	94.506	129.27	79
80	63.914	64.439	64.919	65.363	68.688	71.077	74.820	82.203	95.750	130.94	80
81	64.830	65.360	65.845	66.292	69.647	72.059	75.838	83.297	96.993	132.60	81
82	65.747	66.282	66.771	67.222	70.607	73.041	76.856	84.390	98.237	134.27	82
83	66.665	67.204	67.697	68.452	71.568	74.024	77.874	85.484	99.481	135.93	83
84	67.583	68.126	68.625	69.884	72.529	75.007	78.893	86.578	100.73	137.60	84
85	68.503	69.051	69.553	70.016	73.490	75.990	79.912	87.672	101.97	139.26	85
86	69.423	69.976	70.481	70.948	74.452	76.974	80.932	88.767	103.21	140.93	86
87	70.343	70.901	71.410	71.881	75.415	77.959	81.952	89.851	104.46	142.60	87
88	71.264	71.827	72.340	72.815	76.378	78.944	82.972	90.956	105.70	144.26	88
89	72.186	72.753	73.271	73.749	77.342	79.929	83.993	92.051	106.95	145.93	89
90	73.109	73.680	74.202	74.684	78.306	80.915	85.014	93.146	108.19	147.59	90
91	74.032	74.608	75.134	75.620	79.271	81.901	86.035	92.242	109.44	149.26	91
92	74.956	75.536	76.066	76.556	80.236	82.888	87.057	95.338	110.68	150.92	92
93	75.880	76.465	76.999	77.493	81.201	83.875	88.079	96.434	111.93	152.59	93
94	76.805	77.394	77.932	78.430	82.167	84.862	89.101	97.530	113.17	154.26	94
95	77.731	78.324	78.866	79.368	83.133	85.850	90.123	98.626	114.42	155.92	95
96	78.657	79.255	79.801	80.306	84.100	86.838	91.146	99.722	115.66	157.59	96
97	79.584	80.186	80.736	81.245	85.068	87.826	92.169	100.82	116.91	159.25	97
98	80.511	81.117	81.672	82.184	86.035	88.815	93.193	101.92	118.15	160.92	98
99	81.439	82.050	82.609	83.124	87.003	89.804	94.216	103.01	119.40	162.59	99
100	82.367	82.982	83.545	84.064	87.972	90.784	95.240	104.11	120.64	164.25	100
101	83.296	83.916	84.482	85.005	88.941	91.784	96.265	105.21	121.89	165.92	101

n	PROBABILIDAD DE PERDIDA (E)									n	
	0.007	0.006	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2		0.4
1	0.00705	0.00806	0.00908	0.0101	0.0204	0.03093	0.0526	0.1111	0.25	0.66667	1
2	0.126	0.13532	0.14416	0.15259	0.2235	0.28155	0.3813	0.5954	1.0000	2.0000	2
3	0.39664	0.41757	0.43711	0.45649	0.6022	0.71513	0.6994	1.2708	1.9299	3.4798	3
4	0.77729	0.81029	0.84085	0.86942	1.0923	1.2589	1.5246	2.0454	2.9452	5.021	4
5	1.2362	1.281	1.3223	1.3608	1.6571	1.8752	2.2185	2.8811	4.0104	6.5955	5
6	1.7531	1.8093	1.861	1.909	2.2759	2.5431	2.9603	3.7584	5.1086	8.1907	6
7	2.3149	2.382	2.4437	2.5009	2.9354	3.2497	3.7378	4.6662	6.2302	9.7998	7
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271	3.9865	4.543	5.5971	7.3692	11.419	8
9	3.5395	3.6274	3.708	3.7825	4.3447	4.7479	5.3702	6.5464	8.5217	13.045	9
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.084	5.5294	6.2157	7.5106	9.685	14.677	10
11	4.8537	4.9709	5.0691	5.1598	5.8415	6.328	7.0764	8.4871	10.657	16.314	11
12	5.5543	5.6708	5.7774	5.876	6.6147	7.141	7.9501	9.474	12.036	17.954	12
13	6.2607	6.3863	6.5011	6.5672	7.4015	7.9667	8.8349	10.470	13.222	19.598	13
14	6.9611	7.1154	7.2382	7.3517	8.2003	8.8035	9.7295	11.473	14.413	21.243	14
15	7.7139	7.8568	7.9874	8.103	9.0096	9.6500	10.633	12.484	15.608	22.891	15
16	8.4579	8.6092	8.7474	8.875	9.8284	10.505	11.544	13.500	16.807	24.541	16
17	9.2119	9.3714	9.5171	9.6516	10.656	11.368	12.461	14.522	18.01	26.192	17
18	9.9751	10.143	10.296	10.437	11.491	12.233	13.385	15.548	19.216	27.844	18
19	10.747	10.922	11.082	11.231	12.333	13.145	14.515	16.579	20.424	29.498	19
20	11.526	11.709	11.876	12.031	13.182	13.977	15.249	17.513	21.635	31.152	20
21	12.312	12.503	12.677	12.828	14.036	14.885	16.189	18.651	22.807	32.808	21
22	13.106	13.303	13.484	13.641	14.896	15.778	17.132	19.692	24.036	34.484	22
23	13.901	14.11	14.297	14.459	15.761	16.675	18.08	20.737	25.322	36.121	23
24	14.709	14.922	15.116	15.285	16.831	17.577	19.031	21.784	26.452	37.779	24
25	15.519	15.739	15.939	16.125	17.505	18.483	19.985	22.833	27.582	39.437	25
26	16.334	16.561	16.768	16.959	18.383	19.392	20.943	23.885	28.672	41.096	26
27	17.153	17.337	17.601	17.897	19.265	20.305	21.904	24.939	29.742	42.755	27
28	17.977	18.218	18.438	18.649	20.125	21.224	22.867	25.895	30.792	44.414	28
29	18.805	19.053	19.279	19.497	21.039	22.14	23.833	27.053	31.822	46.074	29
30	19.837	19.891	20.123	20.337	21.932	23.062	24.802	28.113	32.832	47.735	30
31	20.473	20.734	20.972	21.395	22.827	23.987	25.773	29.174	33.822	49.395	31
32	21.312	21.58	21.823	22.049	23.725	24.914	26.746	30.237	34.792	51.056	32
33	22.155	22.429	22.678	23.09	24.626	25.844	27.721	31.301	35.742	52.718	33
34	23.001	23.281	23.538	23.872	25.529	26.776	28.698	32.367	36.672	54.378	34
35	23.849	24.136	24.397	24.628	26.435	27.711	29.677	33.434	37.582	56.041	35
36	24.701	24.994	25.264	25.602	27.343	28.647	30.657	34.503	38.472	57.703	36
37	25.556	25.854	26.423	26.378	28.254	29.585	31.64	35.572	39.342	59.365	37
38	26.413	26.718	26.896	27.252	29.166	30.526	32.624	36.643	40.192	61.028	38
39	27.272	27.583	27.857	28.428	30.081	31.468	33.609	37.715	41.022	62.69	39
40	28.134	28.451	28.741	29.097	30.997	32.412	34.596	38.787	41.822	64.353	40
41	28.999	29.322	29.616	29.338	31.916	33.357	35.584	39.861	42.592	66.018	41
42	29.866	30.194	30.494	30.172	32.836	34.305	36.574	40.936	43.342	67.679	42
43	30.734	31.069	31.374	31.666	32.768	35.253	37.565	42.011	44.072	69.342	43
44	31.608	31.948	32.256	32.543	34.682	36.203	38.557	43.088	44.782	71.069	44
45	32.478	32.824	33.14	33.432	35.607	37.155	39.55	44.165	45.472	72.689	45
46	33.366	33.705	34.026	34.1822	36.534	38.108	40.545	45.243	46.142	74.333	46
47	34.230	34.587	34.913	35.2115	37.462	39.062	41.549	46.322	46.802	75.997	47
48	33.168	35.471	35.603	35.8169	38.392	40.018	42.537	47.401	47.452	77.660	48
49	35.888	36.357	36.894	36.9094	39.323	40.975	43.534	48.481	48.092	79.324	49
50	36.870	37.245	37.588	37.7821	40.255	41.933	44.533	49.562	48.722	80.986	50
51	37.754	38.434	38.430	38.89	41.189	42.892	45.533	50.644	49.342	82.652	51

ANEXO D

—

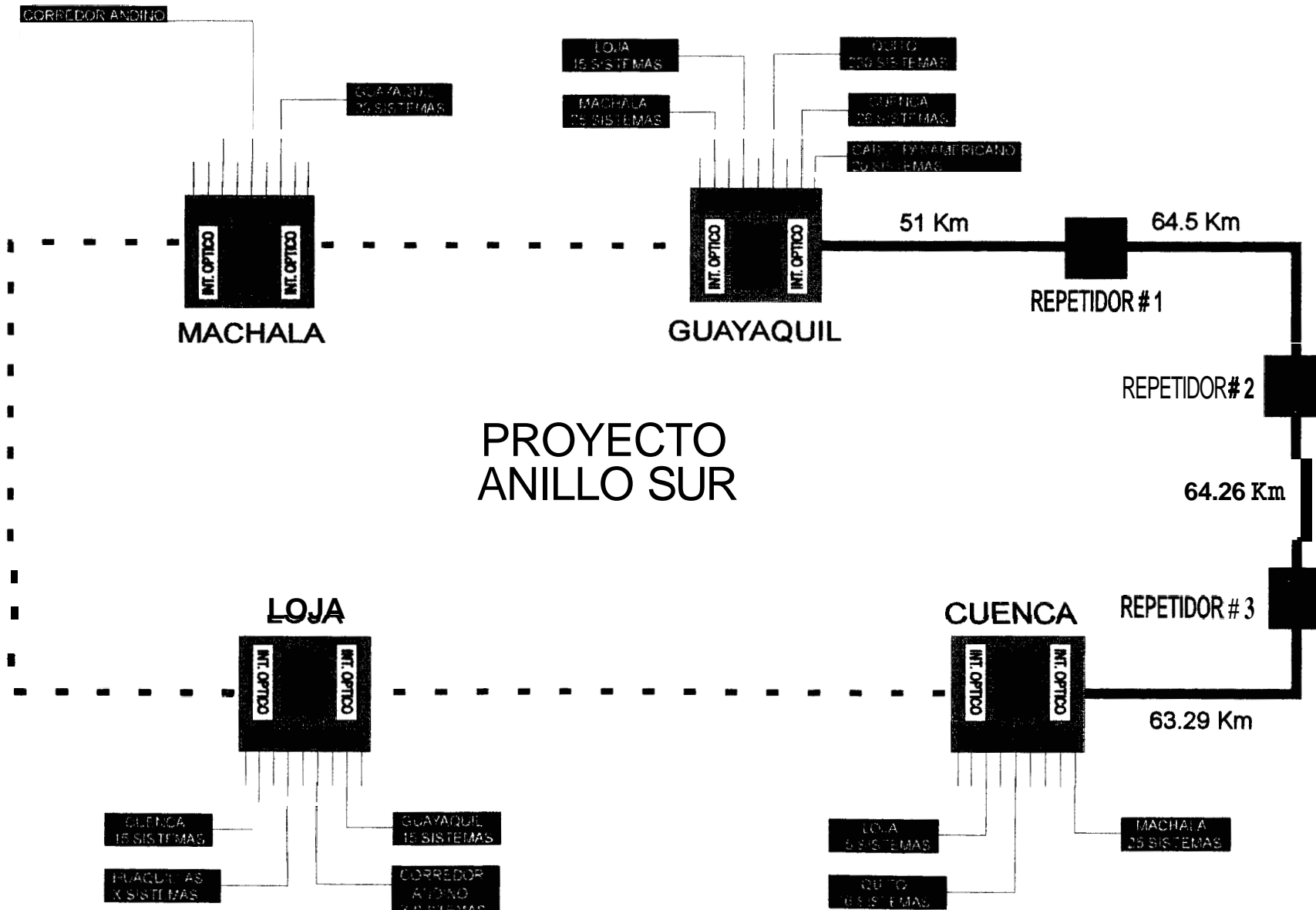


Fig. D.1 diagrama de Recoleccion de Tributarios

TABLA D-1

CARACTERISTICAS DEL EQUIPO UTILIZADO (STM-16)

Lado de Transmision	Unidad	Longitud de Onda Optica en nm			
		1260 a 1335		1510 a 1560	1530 a 1550
		Version estandar Realimentacion Distribuida	Version alta potencia Realimentacion Distribuida	Version estandar Realimentacion Distribuida	Version alta potencia Realimentacion Distribuida
		L-16.1/S-16.1	JE-16.1	L-16.2/S-16.3	JE-16.2/JE-16.3
	nm	< 1	< 1	< 0.5	< 0.3
	dB	> 30	> 30	> 30	> 30
		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.15
	dBm	-3 a 0'	-1 a +2'	-3 a 0'	-1 a 2 +11 a 14' con amplific. optico
Lado de Recepcion		Ge-APD		III/IV-APD	
		L-16.1/S-16.1		L-16.2/S-16.2	
	dBm	-27 a 0'		-28 a -6	

TABLA D-2

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS REPETIDORES Y DESCRIPCIÓN DE LOS TRAMOS DE LA RUTA

Tramos	# de Empalmes	Espacio entre repetidores (Km)	Longitud de fibra utilizada (Km)	Ubicación del Repetidor			Coordenada Geografica en el Mapa		Longitud del Canalizado (Km)	
				Total de Torres en cada Trayecto	Cantidad y Tipo de Torre		Desde Gye (Km)	Abscisa		Ordenada
					230 KV	138 KV				

GLOSARIO

UIT	Union Internacional de Telecomunicaciones
CCITT	Comite consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía
SER	Nivel de atenuacion de transmisión
RRE	Nivel de atenuacion de Recepción
IS	Indice de Sonoridad
ERC	Equivalente de Referencia Corregido
ERCG	Equivalente de Referencia corregido Global
ERCT	Equivalente de Referencia Corregido Total
RDSI	Red Digital de Servicio Integrado
PCM	Multiplexacion por Impulsos Codificados
NRZ	No retorno de ceros
TDM	Multiplexacion por division de tiempo
PDH	Jerarquia Digital Plesioclona
SDH	Jerarquia Digital Sincrona
SONET	Red Optica Sincrónica
LAN	Red de Area Local
MAN	Red Metropolitana de Area Local
ISDN	(remitase a RSDI).
STM	Modulo de Transmision Sincrono

VC	Contenedor Virtual
AU	Unidad Administrativa
TMN	Controlador De la red de Telecomunicaciones
ER	Elementos de Red
B-ISDN	Red de circuito Integrado de Banda Ancha
ADM	Multiplexor de Extracción / Inserción
PRC	Reloj de Referencia Primario
TNC	Reloj Nodal de Transito
LNC	Reloj de Nodo Local
UTC	Tiempo coordinado Universal
PRS	Fuente de Reloj de Orden Superior
OPGW	Cable de Tierra Optico
OPPW	Cable de Fase Optico
ADSS	Cable Auto soportado Aereo
FCC	Transmisión de Funcion Auxiliares
R I	Regeneración Intermedia
T I	Multiplexor Terminal
INECEL	Instituto Ecuatoriano de Electrificación

BIBLIOGRAFIA

CONSULTORIAS :

ING. ELEC. Ernesto Molineros
vicepresidente Tecnico de Pacifictel
Profesor de Tópico II

Dr. Freddy Villao
Asesor del Fondo de Solidaridad
Profesor de Tópico II (Comp.)

ING.ELEC. Leonardo Yanez
Jefe Tecnico de la Subestacion Pascuales (INECEL)

ING. ELEC. Alfredo Noboa
Gerente de Transmisionesde Pacifictel

PACIFICTEL
Ingenieria de Conmutacion
Planificacion de Conmutacion

MANUALES :

Bases para el concurso CE-96-16/ EMETEL S.A.
Prevision de Sistemas de Transmision **SDH** por fibra Optica para redes Intercentrales

SIEMENS
Cables de Fibra Optica para la Transmision de Comunicaciones

BRUGG TELECOM AG
Specification for Laying Optical Ground Wire (OPGW)

Fundamentos de Ingenieria Telefónica
Autor: Enrique Laconte Perez
Editorial Limosa- Mexico

Dirección de Internet:

<http://www.internet.siemens.com>

<http://www.act.com>

<http://www.brinki.com>

<http://www.brugg.com>

e-mail:bouvard.hans-peter@kwbrugg.ch