

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS

PARA LA BASE AEREA COTOPAXI

Tesis previa a la obtención del Título de
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones.

CARLOS PATRICIO OLEAS SANCHEZ

QUITO, DICIEMBRE DE 1992

Esta Tesis dedico especialmente a mi esposa Rosita, por el cariño y comprensión con que suplió las horas y días de ausencia, sin los cuales no hubiera sido posible culminar la misma.

Este trabajo, además, constituye la cristalización de los esfuerzos de mi madre Alicia; y, es la esperanza de mis hijos: María José, Patricia Gabriela, Carolina y Juan Carlos. A ellos, también, dedico.

Para el estudiante universitario la terminación de la Tesis de Grado y su graduación como Ingeniero, constituye la culminación de unos ideales y la apertura de nuevos horizontes. Pero también constituye un momento de grata recordación de quienes contribuyeron a tan anhelado propósito. Por ello deseo consignar mi expreso agradecimiento a la Fuerza Aérea Ecuatoriana que becó mis estudios y financió la elaboración de este trabajo, en la persona de su Comandante, Oficiales, Aerotécnicos y Empleados Civiles. A la Escuela Politécnica Nacional que cariñosamente me acogió en su seno y me formó técnica y humanísticamente, en la persona de su Rector, Vicerector, Profesores y Trabajadores. A la Facultad de Ingeniería Eléctrica por el cúmulo de enseñanzas recibidas, en la persona de su Decano, Subdecano, Profesores y Trabajadores. Al Ingeniero Luis Silva, Director de Tesis, quien con su orientación y buen juicio hizo posible la exitosa culminación de este trabajo; y, a todas aquellas personas que contribuyeron de una u otra manera a la consecución de este objetivo, cuyo nombre podría haber omitido involuntariamente.

Certifico que esta Tesis de
Grado ha sido elaborada por el
Sr. Carlos Patricio Oleas
Sánchez

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis Silva', is written over a horizontal line. The signature is fluid and cursive.

Ingeniero Luis Silva

INDICE

TITULO: RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS PARA LA BASE AEREA COTOPAXI- ECUADOR

	Página
- Índice.....	i
- Índice de Cuadros, Figuras y Tablas.....	vi
- Introducción.....	1
CAPITULO I: SITUACION ACTUAL.....	3
1.1. <u>Servicios Actuales</u>	3
1.1.1. Servicios de Telefonía, Telegrafía y Fac- simile.....	3
1.1.1.1. Red Mode.....	3
1.1.1.2. Red Interna.....	3
1.1.1.3. Red Pública.....	4
1.1.1.4. Otros Servicios.....	4
1.1.2. Situación de la Región.....	4
1.1.3. Análisis de Tráfico.....	7
1.1.3.1. Aspectos Básicos sobre las Previsiones....	7
1.1.3.2. Resumen de los Métodos para proyectar el número de Abonados.....	8
1.1.3.2.1. Método de Extrapolación.....	8
1.1.3.2.2. Método de la Curva de Tendencia.....	9
1.1.3.2.3. Método Normativo.....	9
1.1.3.2.4. Método Causal.....	10
1.1.3.3. Resumen de los Metodos de Previsión del Tráfico entre Centrales.....	11
1.1.3.3.1. Método Normativo.....	11
1.1.3.3.2. Método de Extrapolación.....	11
1.1.3.4. Proyecciones del Tráfico de la Red.....	12
1.1.3.4.1. Tráfico Soportado.....	12
1.2. <u>Descripción del Equipamiento Existente</u>	14
1.2.1. Equipo de Radiocomunicación.....	14
1.2.2. Equipo de Telefonía.....	15
1.3. <u>Demanda de Nuevos Servicios</u>	16
1.3.1. Servicio de Datos.....	16
1.3.2. Otros Servicios.....	17

1.3.2.1. Modernización del Servicio de Datos.....	18
1.3.2.2. Servicio de Facsímil.....	18
1.3.2.3. Correo de Texto y de Voz.....	19
1.3.2.4. Videotelefonía y Videoconferencia.....	19
CAPITULO II: FUNDAMENTOS DE LA TECNOLOGIA.....	21
2.1. <u>Características de las Líneas Metálicas</u>	21
2.1.1. Líneas de Pares.....	21
2.1.1.1. Cables para Transmisión Analógica.....	22
2.1.1.2. Cables de pares simétricos para trans- misión de hasta 2 Mb/s.....	23
2.1.1.3. Cables de pares simétricos para trans- misión de 6 a 34 Mb/s.....	25
2.2. <u>Características de los Cables Coaxiales</u>	27
2.2.1. Coaxiales de 0.7/2.9 mm.....	27
2.2.2. Coaxiales de 1.2/4.4 mm.....	28
2.2.3. Coaxiales de 2.6/9.5 mm.....	29
2.3. <u>Características de los Cables de Fibra Optica</u>	30
2.3.1. Cable Multimodo de Índice Gradual de 50/125 μm	30
2.3.2. Cable de Fibra Monomodo.....	30
2.3.3. Cable de Fibra Monomodo con Dispersión Desplazada.....	32
2.3.4. Cable de Fibra Monomodo con pérdida mini- mizada a 1550 nm.....	33
2.4. <u>Análisis Comparativo</u>	33
2.5. <u>Conceptos Básicos sobre Fibras Ópticas</u>	37
2.5.1. Clasificación.....	37
2.5.2. Definiciones.....	37
2.5.3. Atenuación.....	39
2.5.4. Dispersión.....	39
2.5.5. Emisores.....	40
2.5.c. Detectores.....	42

2.6. <u>Conceptos Básicos Sobre Red Digital de Servicios Integrada (RDSI)</u>	42
2.6.1. Clases.....	42
2.6.2. Acceso a una RDSI de Banda Fina.....	43
2.6.2.1. Interfase a Velocidad Básica (IVB).....	43
2.6.2.2. Interfase a Velocidad Primaria (IVP).....	46
2.6.2.3. Acceso Múltiple.....	47
2.6.3. Sincronización.....	48
CAPITULO III: DISEÑO DE LA NUEVA RED.....	50
3.1. <u>Configuración del Sistema</u>	50
3.1.1. Nuevos Servicios Requeridos.....	51
3.1.2. Dispositivo de la Red.....	52
3.1.2.1. Redes Dedicadas y Redes Integradas.....	52
3.1.2.2. Topología de la Red.....	53
3.1.2.3. Ubicación de los Terminales.....	54
3.1.2.4. Red de Cable Metálico.....	55
3.1.2.5. Programación.....	57
3.1.3. Funcionamiento del Sistema.....	58
3.1.3.1. Transmisión Asíncronica/Sincrónica.....	58
3.1.3.2. Línea de Abonado.....	59
3.1.3.3. Acceso a la HOST.....	60
3.1.3.4. Commutación.....	61
3.1.3.5. Codificación.....	62
3.1.3.6. Enlaces PCM a 2048 kb/s.....	63
3.1.3.7. Control y Supervisión.....	64
3.1.4. Equipo Auxiliar.....	65
3.1.5. Adecuación de las Instalaciones.....	65
3.1.6. Planos.....	68
3.2. <u>Dimensionamiento del Sistema</u>	68
3.2.1. De los Equipos Terminales de Datos.....	68
3.2.2. De los Equipos de Línea e Interfases.....	69
3.2.3. De los Cables.....	69
3.2.4. Otro Equipo.....	69

3.3. <u>Características Técnicas de los Equipos y Materiales</u>	70
3.3.1. De los Equipos Terminales de Datos.....	70
3.3.2. De los Cables y Equipo Auxiliar.....	71
3.4. <u>Perspectivas de la RDSI</u>	72
3.4.1. RDSI a Nivel Nacional.....	72
3.4.1.1. Rasgos sobre la Implementación.....	72
3.4.2. Incorporación de Nuevos Servicios.....	73
3.4.2.1. Acceso Básico.....	73
3.4.2.2. Servicio de Facsímil.....	74
3.4.2.3. Paquetización.....	74
3.4.3. Red Internacional.....	74
3.4.4. Sincronización de la Red.....	75
3.4.5. RDSI de Banda Ancha.....	76
3.4.5.1. Principales Servicios.....	76
3.4.5.1.1. Videotelefonía.....	76
3.4.5.1.2. Videoconferencia.....	77
3.4.5.1.3. Televisión por Cable.....	77
3.4.5.2. Red de Abonado de Fibra Optica.....	77
3.4.5.2.1. Introducción.....	78
3.4.5.2.2. Planificación.....	78
3.4.5.2.3. Calidad de los Enlaces.....	80
3.4.5.2.4. Características de los Sistemas de 34 y 139 Mb/s.....	81
3.4.5.2.5. Sincronización de la Red de Banda An- cha.....	81
3.4.5.2.6. Pruebas y Precauciones.....	82
CAPITULO IV: ANALISIS DE COSTOS.....	83
4.1. <u>Costos de Equipamiento</u>	83
4.1.1. Costo de los Equipos de Datos e Inter- fases.....	83
4.1.2. Costo del Equipo Complementario.....	84
4.2. <u>Costos de Instalación y Puesta a Punto del Servicio</u>	85
4.3. <u>Costos de Operación</u>	88

4.4. <u>Análisis del Índice Costo - Beneficio</u>	89
4.4.1. Costos Totales del Proyecto.....	90
4.4.2. Beneficios del Proyecto.....	90
4.4.3. Análisis Económico.....	92

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94
---	----

BIBLIOGRAFIA.....	95
-------------------	----

ANEXOS

- Situación Geográfica de la Base Aérea Cotopaxi

PLANOS

- Ubicación de los Terminales de Datos y Red de la Base Aérea Cotopaxi
- Red de Cable Metálico de la Base Aérea Cotopaxi

INDICE DE CUADROS, FIGURAS Y TABLASCUADROS

1.1. Tráfico Soportado por cada una de las Redes...	12
1.2. Estimación del Tráfico.....	13
1.3. Estimación del Número de Troncales.....	14
2.1. Tipos de Cables para Transmisión Analógica....	22
2.2. Características de los Cables para Transmisión a 2 Mb/s.....	24
2.3. Características de los Pares para Transmisión a 34 Mb/s.....	25
2.4.a Cables de Pares.....	26
2.4.b Cables de Cuadretes.....	26
2.5. Cables para Sistemas Digitales.....	27
2.6.a Características del Cable Coaxial 0.7/2.9 mm.	28
2.6.b Características del Cable Coaxial 1.2/4.4 mm.	28
2.7. Características de la Fibra de 50/125 nm.....	30
2.8. Características de la Fibra Monomodo para 1300 nm.....	31
2.9. Características de la Fibra con Dispersión Desplazada.....	32
2.10. Características de la Fibra con pérdida minimizada.....	33
2.11. Características de atenuación de los Cables Metálicos.....	34
2.12. Características de los Cables para Transmisión Digital.....	35
2.13. Distancia de Repetición para Fibras Ópticas..	36
2.14. Parámetros de las Fibras.....	39
2.15. Características de algunas fuentes luminosas.....	41
3.1. Servicios que pueden ser implementados en cada Fase.....	51
3.2. Distribución del Equipamiento.....	56
3.3. Características Eléctricas de los Cables Telefónicos.....	57

FIGURAS

2.1. Acceso de Usuario a Velocidad Básica.....	44
2.2. Trama para la línea de abonado de RDSI.....	45
2.3. Acceso a Velocidad Primaria.....	46
3.1. Línea de Abonado de Voz y Datos.....	60
3.2. Acceso de Abonado a HOST.....	61

3.3. Esquema de Desarrollo del Proyecto.....	66
3.4. Cronograma de Actividades del Proyecto.....	67

TABLAS

4.1. Costos de Equipo de Datos.....	86
4.2. Costos de Equipo Complementario.....	87
4.3. Resumen de los Costos Totales.....	90
4.4. Beneficios Anuales del Sistema a Implemen- tarse.....	91
4.5. Flujo Neto de Caja del Proyecto.....	92

RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS PARA LA BASE AEREA COTOPAXI-ECUADOR.

Introducción.

Hasta antes de la aparición de los conceptos de integración digital, la tendencia en el campo de las telecomunicaciones era de proporcionar servicios a los usuarios a través de redes diseñadas para cada uno de los servicios. Un ejemplo de ello lo proporcionan las redes de telefonía y telegrafía que en el Ecuador están todavía en plena madurez y funcionamiento.

Solamente con el advenimiento de la conmutación digital y de la digitalización de otros servicios (datos y texto por ejemplo) se hizo posible la idea de utilizar los canales digitales de voz para transmitir estos otros servicios, dándose paso a la evolución de la red telefónica digital a una Red Digital Integrada. (RDI)

La incorporación de nuevas funciones a la RDI ha dado lugar a una nueva evolución y al apareamiento, entonces, de la Red Digital de Servicios Integrada. (RDSI)

El presente estudio está dirigido a analizar los medios de comunicación disponibles en la base aérea, determinar la necesidad de nuevos servicios y proponer como una verdadera opción, la síntesis de los mismos dentro de este nuevo concepto que constituye la Red Digital de Servicios Integrados.

El dilema cierto que enfrentan los sistemas de comunicaciones privados y estatales es el de la diseminación de sus servicios que de por sí complica su administración y su disponibilidad dentro de una área cercana; frente a esto la integración de sus servicios por medio del uso de un número de interfases polivalentes usuario - red, que al mismo tiempo conlleva las ventajas de: mejor utilización de las líneas de abonado, disponibilidad de varios servicios en un mismo ambiente que pueden ser accedidos o accesarse por medio de un solo número, oportunidad de adición de nuevos servicios a la red sin mayor modificación de la plante interna y externa de una central privada y la posibilidad de una evolución gradual (sin cambios bruscos de tecnología y equipo) hacia una Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha.

La Base Aérea presenta las condiciones favorables para la integración propuesta, pues posee una Central Privada Digital (PBX) con Control por Programa Almacenado (SPC). Al mismo tiempo que el requerimiento actual de conformar una Red de Datos Local, con proyección a ser enlazada con Redes Similares

de otros repartos, puede ser aprovechada para incorporar la función de Datos, dentro del PBX de la Base con solo actualizar la información del Programa de Control Almacenado (Software) y la adquisición de nuevo equipo de línea de RDSI, como propondremos más adelante.

Finalmente es necesario decir que el presente estudio pretende ser un patrón que pueda ser implementado en cualquiera de las Bases Aéreas (sin importar en cual de ellas primero), con el fin de uniformizar el tipo de servicios y el modo de commutación y transmisión, que permita en una segunda fase la integración de todas estas pequeñas centrales locales dentro de una red nacional, desde la cual sean fácilmente accesibles los servicios internacionales utilizando el enlace por satélite.

CAPITULO 1

SITUACION ACTUAL

1.1. Servicios Actuales.

1.1.1. Servicios de Telefonía, Telegrafía y Facsimile.

La Base dispone de medios telefónicos para comunicación dentro y fuera del Reparto, medios telegráficos (telex) para comunicación de mensajes entre repartos e instituciones públicas; así como también posee medios para transmisión/recepción de gráficos y textos (facsimile) entre usuarios de este servicio, a través de la red telefónica pública.

Los medios de telefonía y telegrafía forman parte de 2 redes principales:

1.1.1.1. Red Mode.

Los medios telefónicos y telegráficos, de esta red, que posee la Base Aérea son parte de una gran red a nivel nacional, que a través de un conjunto de repetidoras diseminan la información. De esta manera llegan al Reparto, a través de un radioenlace y del respectivo multiplex FDM, 12 Canales cuya banda base esta en el rango de 60 a 108 KHz. La señalización se hace por medio del sistema en canal pero fuera de banda proporcionando una señal piloto de supervisión de enlace, cuya portadora es de 3825 Hz.

Con lo referente a la telegrafía podemos decir que este servicio forma parte de una red de conmutación de mensajes a nivel nacional. Los equipos terminales trabajan a una velocidad de 50 baudios en forma aritmética, utilizando para codificación el alfabeto internacional NQ2 de 5 unidades, siendo ofrecido este servicio en forma independiente al de telefonía, aunque en general comparte sus instalaciones.

1.1.1.2. Red Interna.

Esta compuesta por una Central Digital Privada (PBX) y la red de cable metálico diseminado a lo largo y ancho del reparto, a través de una ductería normalizada y de postes, para aquellos trayectos de tendido aéreo.

La Central telefónica posee todos aquellos servicios Suplementarios propios de las centrales digitales que funcionan con un control por programa almacenado: desvío de llamadas, rellamadas, conferencia múltiple, captura de llamadas, etc. Tiene la capacidad de ser expandida hasta un máximo de 736 puestas que no solamente incluyen aquellas de acceso a abonado sino también puertas de interfase a troncales, terminales de datos, operadora, etc.

Quizá la característica de más interés sea la capacidad que tiene la central para manejar datos proveniente de equipos terminales de Datos (ETD) que poseen interfaz del tipo RS-232C usando un adaptador de datos que hace la conversión de protocolo de un interfase R a un interfase S. De igual modo ofrece la posibilidad de acceder a la central a través de interfases 2B+D que es la otra característica que será analizada a lo largo de este estudio.

1.1.1.3. Red Pública.

El acceso a la Red Pública es realizada a través del mismo PBX que se encuentra enlazado a la central Pública por medio de líneas troncales. El servicio de facsimil en la actualidad, es un servicio que usa las líneas telefónicas directas de la Red Pública para enlazarse con otros equipos similares en los diversos repartos e instituciones.

1.1.1.4. Otros Servicios.

A más de los enunciados la Base posee, servicios de Radiocomunicación, solamente en forma marginal, pues dichos servicios se resúmen a la comunicación a través de una red nacional de radiocomunicación en la banda de HF y a los servicios en la banda de VHF para comunicaciones domésticas.

1.1.2. Situación de la Región.

La Base Aérea Cotopaxi se encuentra ubicada en la ciudad de Latacunga-Provincia del Cotopaxi, a unos 100 Km. al Sur de la ciudad de Quito. Se encuentra conformada por dos instituciones: La Industria Aeronáutica y la Escuela Técnica de la FAE.

La ciudad de Latacunga se encuentra dentro de una altiplanicie, rodeada de colinas no muy pronunciadas y atravesada de norte a sur por el río Cutuchi. La principal vía de aproxi-

mación es la carretera Panamericana que atravieza la ciudad longitudinalmente.

La Base Aérea se encuentra al norte de la ciudad, dentro de un área de unas 300 hectáreas. Las instalaciones de la Industria se encuentra ubicada a lo largo del eje longitudinal de la pista; con excepción de aquellas pertenecientes a la Escuela Técnica de la FAE, que se encuentran ubicadas hacia el occidente del mencionado eje.

Las instalaciones de la Central Pública de Telecomunicaciones se encuentra aproximadamente 1 Km. al Sur de la Base Aérea.

Desde 1980 Latacunga contaba con una capacidad de 2000 líneas de Central y en 1984 fueron incrementadas a 3000, que son con las que cuenta en la actualidad. Según la administración de Telecomunicaciones (EMETEL) este número podrá sufrir un incremento en el año 1993.

En el aspecto comercial podemos decir que si bien Latacunga cuenta con una población de alrededor de 40.000 habitantes; en cambio cuenta con una importante población rural, que es la que incrementa su población algunos días de la semana para realizar actividades de comercio, especialmente agrícolas.

El aspecto que quizá más merezca destacarse de esta ciudad y esta provincia, es el importante crecimiento industrial que ha sufrido en el último decenio; situación que es posible que sufra alguna alteración debido a las últimas políticas expedidas por el gobierno en relación a la apertura de las fronteras con Colombia para el Comercio.

Actualmente Cotopaxi cuenta con una buena cantidad de Industrias Lácteas, existen varias pequeñas empresas de confección de cueros y de procesamiento de la madera; pero acaso las más importantes sean aquellas productoras de tuberías, platinas y varillas de hierro, brocas, tornillos, dispositivos de seccionamiento de energía eléctrica. En el campo de la industria metal-mecánica podemos decir que se confecciona actualmente en varias industrias baldes y carrocerías. Finalmente diremos que una importante industria (CEDAL) perfecciona la elaboración de perfiles arquitectónicos y la laminación de Aluminio.

Este es ligeramente el medio en que se encuentra inmersa la Base Aérea Cotopaxi. En lo que tiene relación con las instalaciones de la Industria Aeronáutica, podemos decir que estas se encuentran desarrollándose a buen ritmo, en una franca tendencia hacia la implantación de un proyecto importante en este campo. Es así como se ha emprendido la cons-

trucción de nuevos hangares, Bancos de Prueba de Motores y nuevos talleres que permitan gradualmente ir absorbiendo, en una primera fase, el mantenimiento más detallado de la flota de aeronaves de la Fuerza Aérea; para en una segunda fase proyectar su actividad hacia las labores industriales específicas.

El contorno industrial de la ciudad de Latacunga y en general de la provincia del Cotopaxí, diría yo, que es bastante favorable puesto que las incipientes industrias de herramientas, partes de herramientas, la industria metal-mecánica y por sobre todo la industria de Laminación de Aluminio apoyarían las actividades de la Industria. A su vez el florecimiento de la Industria Aeronáutica sería un importante catalizador para estas pequeñas industrias y para la conformación de nuevas, de acuerdo a lo que aquella vaya demandando.

Con esta perspectiva era lógico pensar en un mejoramiento del Sistema de Telecomunicaciones de la Base, para que esté a tono con el proyecto y las actividades que brevemente hemos tratado de explicar.

El ejecutivo de hoy en cualquier institución o Empresa en el país o fuera de él, tiene a su disposición una gama de equipos de comunicación que le permite no solamente estar bien informado; sino, además procesar la información recibida, archivada y/o volverla a expedir en una comunicación dialogada con otros corresponsales. Los requerimientos de comunicaciones de una industria en plena madurez y de la envergadura de está, desbordan las fronteras nacionales hacia el campo de las telecomunicaciones internacionales de variado género y tipos.

En este contexto y con una visión del desarrollo de la Base Aérea Cotopaxí, como he expuesto brevemente, se gestó la idea de diseñar un Sistema de Telecomunicaciones para esta Base, que satisfaga los requerimientos actuales y la demanda futura estimada.

El hecho gravitante de poseer la Base un PBX digital privado, motivó la idea de solucionar los requerimientos de Telecomunicaciones, repotenciando estas instalaciones. Fue así como el inminente requerimiento de edificar una red de cómputo para la Base ha sido solucionado en este Estudio con la adición de la función de datos al PBX digital; y los futuros requerimientos de crecimiento y de nuevos servicios, con la incorporación de una tecnología de punta que se encuentra en vigencia ya en otros países, con magníficos resultados; me refiero a la conformación de una Red Digital de Servicios Integrados.

La conformación de esta red ha sido pensada, en forma

evolutiva para dejar el campo abierto a que sean los requerimientos y las demandas los que vayan señalando la oportunidad de nuevos servicios. La implantación de la primera fase, relacionada con la implementación de una red de voz y datos digital es muy auspiciosa, no solo internamente, sino externamente; puesto que la capacidad de la Central Pública (de acuerdo a los datos recabados en EMETEL) es apropiada para enlazar el PBX de la Base con cualquiera de las localidades industriales señaladas, como también con otras a nivel nacional; inclusive con otros Repartos de la Fuerza Aérea, hasta que sea conformada una red digital privada con los PBX de las otras Bases.

1.1.3. Análisis de Tráfico.

Si bien el presente estudio pretende solamente diseñar una Red Digital de Servicios Integrados a nivel del Reparto; no es menos cierto que deberá dejar planteadas diversas perspectivas, que sirvan para orientar el camino que conduzca al crecimiento organizado y coherente de la Red diseñada. Dentro de este contexto, será de interés dejar establecida la manera como la Red podrá enlazarse con las redes similares de los otros Repartos; siendo entonces necesario estimar, así sea en forma básica, el Tráfico que Soportará la Red.

Así pues, este acápite servirá par exponer brevemente las bases en que se sustentan las previsiones del número de abonados y del Tráfico; para entonces deducir la demanda actual y concluir proyectando la misma hacia el futuro.

1.1.3.1. Aspectos Básicos sobre las Previsiones.

Si se quiere emprender una obra o una serie de obras que estén relacionadas entre si, debe asegurarse que su ejecución se encuentre debidamente planificada; es decir que haya una secuencia lógica de realización de las obras.

De allí es que las administraciones de Telecomunicaciones elaboran planes de largo plazo (20 años), mediano plazo (10 años) y corto plazo (4 años). El presente estudio, si bien puede ser ejecutado en corto plazo, su duración y las perspectivas de desarrollo del mismo abarcan un período de mediano plazo.

Como ya hemos dicho, el presente trabajo no será la implantación total de una nueva instalación de Telecomunicaciones, sino más bien tratará de mejorar las instalaciones actuales de la Base con el fin de incorporar nuevos Servicios de Telecomunicaciones, en una forma ordenada y de tal manera

que se vaya conformando una Red Digital de Servicios Integrada.

Si bien el diseño apenas se extenderá a un nivel de Red Local, no es menos cierto que la perspectiva de enlace de esta red con redes similares en las otras bases servirá para repotenciar sus servicios y hacerlos más eficientes. De allí que el establecimiento del tráfico de enlace entre centrales será necesario hacerlo, así como el establecimiento de su demanda futura en base de alguno de los métodos de previsión comúnmente utilizados.

En general los métodos de previsión empleados se resúmen a establecer en forma sistemática y ordenada, en primer término, los factores básicos de que depende la demanda. La determinación de la mayor o menor precisión de estos factores dependerá de la minuciosidad del análisis y de la disponibilidad de suficiente información estadística. Luego se pasa a revisar las tendencias y previsiones establecidas con anterioridad (de haberlas); y finalmente, a establecer nuevos factores para la demanda ulterior. Con esta información es posible, entonces, establecer previsiones para el futuro, empleando alguno de los métodos de previsión, que brevemente expondremos.

1.1.3.2. Resumen de los Métodos para proyectar el número de Abonados.

1.1.3.2.1. Método de Extrapolación.

Este método consiste en, conociendo el modo de variación de los datos examinados o los de una magnitud proporcional, suponer que en el futuro variarán de la misma manera.

El método de extrapolación es apropiado utilizar en redes locales o en cualquier nivel de la red, con la condición que el crecimiento tenga cierta regularidad o el número de abonados sea grande.

EXTRAPOLACION LINEAL: Consiste en ajustar los datos del pasado, por el método de los mínimos cuadrados, mediante una recta o mediante una curva; para posteriormente extrapolar mediante una recta.

EXTRAPOLACION NO LINEAL: Cuando la curva extrapolada no es conveniente que sea una recta, se procede entonces a ajustar los datos del pasado mediante una curva y esta se extra-

pola hasta el instante futuro que sea de interés.

EXTRAPOLACION DEL CRECIMIENTO: Consiste en la utilización de métodos matemáticos de extrapolación, basados en un crecimiento exponencial y en un valor supuesto de saturación. De igual modo que antes se ajustan los valores de densidad del pasado a la curva de tendencia mediante el método de los mínimos cuadrados, extrapolando entonces hacia el futuro.

Entre otras curvas, las que mejor se adaptan a este método de extrapolación son las llamadas curva Logística y la curva de Gompertz.

1.1.3.2.2. Método de la Curva de Tendencia.

Se utiliza cuando se desea establecer previsiones en base de la evolución económica general, sin hacer relación con la evolución telefónica pasada. Para esto se utiliza curvas de Tendencia que relacionan la densidad telefónica con el Producto Interno Bruto per cápita por ejemplo.

El análisis de mediano plazo permite llegar a una estimación más precisa que utilizando métodos de extrapolación.

1.1.3.2.3. Método Normativo.

Este método se emplea para obtener la densidad telefónica en Redes Locales de abonados especiales. Consiste en la clasificación de cada localidad, región o ciudad dentro de un grupo determinado, de acuerdo a reglas previamente establecidas; con el fin de asignar a cada uno de estos grupos una densidad telefónica determinada.

Una clasificación de las localidades basada en estadísticas internacionales puede ser la siguiente:

- Categoría I : Pequeña Localidad rural (aldea agrícola)
- Categoría II : Pequeña Localidad Industrial (aldea agrícola con importante instalación industrial).
- Categoría III: Ciudad de Provincia (Población de Mediana Importancia).
- Categoría IV : Capital (ciudad).
- Categoría V : Centro Administrativo (Centro Territorial).

Con base en esta clasificación se editan curvas de densi-

dad Telefónica vs Densidad Telefónica media Nacional que son de utilidad para la determinación de la densidad telefónica aproximada de una Localidad.

1.1.3.2.4. Método Causal.

Este método toma en cuenta a la mayoría de los factores que inciden sobre la demanda telefónica; si bien es un método laborioso, en cambio da buenos resultados tanto para zonas pequeñas o grandes.

Consiste en que la variable objeto de previsión y los factores CAUSANTES, pueden ser relacionadas por algunas constantes.

Método Causal Lineal.

Se llama así porque la relación entre el incremento de la demanda y los factores causantes (crecimiento de la densidad, crecimiento del Producto Nacional Bruto (PNB), aumento de las cuotas de instalación-arriendo, incremento de las tarifas.) es lineal.

Generalmente el factor que más incide sobre el incremento de la demanda es el incremento de la densidad telefónica, por lo que su estimación se realiza con mayor precisión, clasificando los teléfonos en 3 clases: Teléfonos para entidades comerciales, oficiales y comunales; teléfonos particulares; teléfonos públicos y para otros fines.

El incremento del número de teléfonos particulares, en general depende del crecimiento del ingreso per cápita y del decrecimiento que sufra el umbral E_s (Ingreso de una familia a partir del cual dicha familia está en capacidad de solicitar la instalación de 1 teléfono). En cambio el incremento del número de teléfonos Comerciales, Oficiales y Comunales depende del crecimiento demográfico de la zona y del decrecimiento del umbral E_s. El incremento de número de teléfonos públicos y para otros fines es pequeño comparado con los otros tipos enunciados; sin embargo con fines de cálculo se considera que su tasa de crecimiento es aproximadamente similar al de los teléfonos particulares.

Método continuo.

Se utiliza para determinar la densidad telefónica por

métodos matemáticos, cuando se descubre una correlación matemática entre los ingresos de una familia y la provisión de Servicios telefónicos.

1.1.3.3. Resumen de los Métodos de Previsión del Tráfico entre Centrales.

La determinación del tráfico entre las Centrales Telefónicas de los Repartos, sale fuera del objetivo del presente estudio; pues este análisis deberá ser parte de un estudio posterior relacionado con el enlace de Radiocomunicaciones de las mencionadas Centrales. Sin embargo como complemento al resumen de los métodos de previsión que estamos desarrollando, expondremos brevemente algunos tópicos de los Métodos de Previsión del Tráfico entre Centrales.

Existen dos métodos principales: El Método Normativo y el Método de Extrapolación.

1.1.3.3.1. Método Normativo:

Utiliza curvas basadas en estadísticas internacionales para obtener el tráfico originado por abonado de una zona de central; así como también la relación entre el tráfico entrante-saliente/tráfico interior de la zona, vs Población de la Zona de Central. La primera de ellas sirve para estimar el tráfico generado en cada zona de central en base del número de abonados; la segunda en cambio permite obtener el tráfico dentro de la zona en estudio, conociendo el tráfico entrante-saliente a dicha zona.

La diferencia entre el tráfico originado en la zona en estudio y el tráfico interior a la zona, constituye el tráfico interurbano que puede ser distribuido, utilizando gráficos estadísticos para cada una de las clasificaciones enunciadas en el numeral 1.1.3.2.3.

1.1.3.3.2. Métodos de Extrapolación.

Este método sirve también para estimar el tráfico entre centrales. Para la aplicación de este método se realiza mediciones en cada una de las rutas (en la hora cargada) y luego, conjuntamente con datos de los registros de años anteriores proceder a ajustar la curva adecuada y extrapolar hacia el futuro.

1.1.3.4. Proyecciones del Tráfico de la Red.

En este numeral vamos a determinar el tráfico que actualmente se esta cursando por la red interna para luego hacer proyecciones a 10 años.

Para el presente trabajo es de interés realizar previsiones acerca del tráfico interurbano entrante-saliente desde la red de la base hacia las otras Bases Aéreas y Repartos; así como también el tráfico desde estos hacia la Base Aérea Coto-paxi.

1.1.3.4.1. Tráfico Soportado.

Con este fin se realizaron mediciones de tráfico a la hora pico, cuyo valor promedio fue de 1.2 erlangs de salida y 2.5 erlangs de entrada. De este tráfico el 50% corresponde al tráfico cursado entre Repartos, o sea 1.85 erlangs.

PBX PRIVADO (INTERMEDIO LA RED PUBLICA)			
SALIENTE HACIA OTROS REPARTOS	SALIENTE HACIA OTROS LUGARES	ENTRANTE DESDE LOS REPARTOS	ENTRANTE DESDE OTROS LUGARES
0.6 E	0.6 E	1.25 E	1.25 E

* E (Erlangs)

Cuadro 1.1 Tráfico Soportado por la Red

Si consideramos al número de abonados divididos en: abonados de la central telefónica de la Base (N_1) y en abonados de las Centrales Telefónicas de otros Repartos (N_R); y que, los mismos, acusen un índice de crecimiento uniforme de un 10% anual; entonces utilizando la fórmula para el cálculo del crecimiento del tráfico entre centrales podremos determinar el tráfico futuro:

$$A_{I,R} = A_{I,R_0} \frac{N_1 \frac{N_R}{N_{R_0}} + N_R \frac{N_1}{N_{1_0}}}{N_1 + N_R}; \quad (1-1)$$

N_{1_0} , N_1 = Número de abonados actual y futuro de la Base Aérea.

N_{R_0} , N_R = Número de abonados actual y futuro de los otros Repartos.

$A_{1,n}$, $A_{i,n}$ = Tráfico cursado entre la Base y los otros Repartos, actual y futuro.

Tendremos que el crecimiento del tráfico entre la Base y los otros Repartos será igualmente del 10% anual, como se demuestra a continuación.

$$AIR = AIRo \frac{1.1 NI + 1.1 NR}{NI + NR}$$

$$AIR = 1.1 AIRo$$

$$\frac{AIR - AIRo}{AIRo} = 10\% \text{ anual.} \quad (1-2)$$

Con estos datos podemos entonces proyectar el tráfico para un periodo de 10 años:

Del cuadro 1.2 el tráfico que es de interés para el presente trabajo es el saliente desde la Base Aérea hacia los otros Repartos y viceversa, a través de la red pública. Actualmente es de 1.85 erlangs y se encuentra calculado para 5 años y 10 años mediante la fórmula:

$$T_o = T_i (1+i)^t \quad (1-3)$$

Donde: T_o = Tráfico final
 T_i = Tráfico inicial
 i = Rata anual de crecimiento
 t = Tiempo (años)

TRAFICO ENTRE LA CENTRAL TELEFONICA DE LA BASE Y LOS OTROS REPARTOS		
TRAFICO *	DESDE LA BASE HACIA LOS REPARTOS Y VICEVERSA	DESDE LA BASE HACIA OTROS SITIOS Y VICEVERSA.
AÑOS		
0	1.85	1.85
5	2.97	2.97
10	4.79	4.79

* Tráfico en Erlangs
 $c = 10\%$ rata anual de crecimiento

Cuadro 1.2 Estimación del Tráfico.

Su importancia radica en que es la base para el cálculo del número de canales troncales que se debe proveer para enlazar la Base en los otros Repartos, en el supuesto caso que se realice la interconexión de las centrales telefónicas de los Repartos mediante una Red externa de microonda digital (que es objeto de otro estudio especializado).

Por lo tanto utilizando las fórmulas "B" de Erlang, para la rata de 10% de crecimiento anual y para una probabilidad de Bloqueo, igualmente, del 10%; podemos estimar el número futuro de canales troncales.

ANO (B=10%)	0	5	10
TRAFICO (E)	1.85	2.97	4.79
NUMERO DE TRONCALES	4	6	8

E = Erlang.

Cuadro 1.3 Estimación del número de troncales

De allí que la previsión de un enlace PCM 30B+2D será más que suficiente, pues no solo que soportará la demanda de tráfico en el mediano plazo (10 años), sino que aún podrá soportar la demanda de largo plazo (20 a 30 años).

El tráfico de datos que pueda generarse y ser transmitido, una vez implantada una Red Nacional, no ha sido tomado en cuenta, como tampoco el tráfico que pueda absorberse de aquel cursado a través de la Red Mode actualmente. En cualquiera de los casos o en ambos juntos, estimo que el enlace PCM 30B+2D podrá absorber el tráfico adicional a largo plazo.

1.2. Descripción del Equipamiento Existente.

1.2.1. Equipo de Radiocomunicación.

Básicamente la Base posee una red interna de comunicación para envío de mensajes administrativos, en base a equipos de radio que operan en la gama VHF con modulación FM. En general los equipos trabajan con una estación Base y equipos portá-

tiles diseminados a lo largo de la Base.

La Estación Base es un equipo que requiere para su trabajo una fuente de 110 AC, tiene potencia de salida de 40 watos y posee 4 canales para transmisión - recepción half-duplex, en diferentes frecuencias generadas en osciladores a cristal.

Los equipos portátiles, de igual manera, transmiten la información bajo la tecnología de modulación de frecuencia, son equipos livianos que necesitan para su operación pilas recargables (12.5 V) y poseen igualmente 4 canales con frecuencias diferentes.

Como parte de una red de radio comunicación a nivel nacional, la Base también posee un equipo que trabaja en la gama de HF, su gama de frecuencia oscila entre 2 a 30 MHz, opera con una fuente de 30 VDC y tiene una potencia de salida de 100 watos.

1.2.2. Equipo de Telefonía.

Hemos dicho que la telefonía interna, así como el acceso a la telefonía pública se hace a través del PBX, que puede ser expandido con solo adicionar tarjetas de interfase para teléfonos internos, multifunción, interfases para troncales con la Centrales públicas, para terminales de datos, etc.

El diseño y dispositivo de esta central digital proporciona un arreglo redundante de toda la circuitería crítica como son: los procesadores, circuitería de control, memorias, etc; lo que proporciona al sistema elevada confiabilidad.

La configuración máxima de la central comprende un módulo misceláneo y 4 módulos de interfase de puerta. En el módulo misceláneo tenemos conectada toda la circuitería de alarma y supervisión, el interfase para el terminal de administración y mantenimiento; entre otros.

La central tiene una capacidad de 736 puertas (184 por cada Modulo de Interfase de Puerta PIM) para conectar los diversos equipos terminales.

El funcionamiento general de la central esta controlado por el programa almacenado en sus memorias ROM; en cambio el almacenamiento de datos relacionado con tareas o asignación de servicios se encuentra en memorias RAM.

En lo que tiene relación con el equipo terminal de la red mode, la Base cuenta con una pequeña centralita que tiene una

capacidad de 3 troncales analógicas y 25 extensiones internas. Además existen 2 teleimpresoras para envío de información escrita dentro de una red de commutación de mensajes a nivel nacional. La comunicación telefónica se realiza con los equipos terminales correspondientes (teléfonos normales).

1.3. Demanda de Nuevos Servicios.

La tendencia actual en la Base como en otras instituciones, es la de procesar datos en Computadoras Personales, sin la posibilidad de un intercambio ordenado de información a nivel local, peor aún a nivel nacional. En los casos donde la función de datos (transmisión, recepción y procesamiento) ha sido incorporada, esta se encuentra formando una red especializada. Por ello a mi manera de ver el servicio que mayor demanda presenta es el de procesamiento y transmisión de datos.

1.3.1. Servicio de Datos.

No se incluyó dentro de la descripción del equipo de la Base, a los equipos de procesamiento de datos PCs, pues éstos forman un conjunto aislado uno de otro, sin posibilidad de comunicación entre ellos.

La Base Aérea desde el punto de vista administrativo - logístico maneja una gran cantidad de información que en muchos casos es procesada en las PCs individuales. Sin embargo, así como la alta administración actual requiere conocer a cada instante reportes actualizados de esa información procesada; así mismo los altos comandos de una Base requieren apreciar continuamente la situación financiera, logística, administrativa, etc., directamente sin obtener la información de segundas personas.

En consecuencia los requerimientos de comunicaciones podrían ser resumidos de la siguiente manera:

a.- Conformación de una Red Local de Datos, enlazando los Terminales dispersos y/o adicionando nuevos terminales de datos; dentro de la cual la inclusión de una computadora HOST debe ser contemplada, con el fin de que dentro de esta residan y puedan ser procesados los grandes bancos de datos que desbordan las capacidades de las pequeñas PCs:

b.- La estructura de esta red debe permitir a los Comandantes el acceso, consulta y la obtención de reportes directamente, sin desmedro de las capacidades de comunicaciones ya insta-

ladas en la Base, sino más bien integrando este servicio dentro de los ya ofrecidos, con el fin de simplificar la implementación de este servicio y mejorar la utilización de la capacidad ya instalada.

c.- Aprovechar esta eventualidad, así como los conceptos de las nuevas tecnologías en vigencia que se adecúen al problema, para lograr integrar cuantos servicios sean posibles dentro de una sola red, con el fin de: evitar la diseminación de los mismos, poner al servicio de los comandantes varios servicios en forma simplificada (con la marcación de un solo número) y con esto dar a la red local una estructura simple y uniforme que le prepare para una edificación, también simple, de una gran red a nivel nacional, en segunda instancia, que sirva como estructura básica para el acceso internacional a través del satélite.

Los requerimientos señalados coinciden con los objetivos y con la tecnología disponible ya actualmente de lo que se denomina Red Digital de Servicios Integrados.

Los interfases y el equipo terminal de acceso esta disponible en el mercado y lo que es más importante, pueden ser conectados a nuestros PBXs digitales con solo actualizar el Programa de Control Almacenado, aprovechando la planta de líneas bipolares de cobre instaladas y diseminadas en el reparto, prácticamente sin nuevos requerimientos de líneas.

Finalmente es menester decir que el presente estudio se inscribe en el análisis de: la estructura de la red de comunicaciones interna, los nuevos interfases que deben ser usados, las líneas de transmisión que deben ser escogidas; así como también un análisis teórico de los códigos de línea y de los medios de control y supervisión que brinda la nueva tecnología. Finalizando con el esbozo de las perspectivas que ofrece la nueva estructura y un cálculo de costos, necesario en todos los planes de ingeniería para cerciorarse que las nuevas proposiciones estén dentro de los conceptos de economía de medios; dejando para sí a los profesionales del campo de la informática y computación, la estructuración del software más conveniente para el funcionamiento de los medios de procesamiento de datos que son parte de la red de comunicaciones propuesta.

1.3.2. Otros Servicios.

La Red de datos propuesta en el numeral anterior iniciará su funcionamiento, transmitiendo datos a velocidades bajas (entre 50 y 9600 b/s); de allí que en el futuro cuando la demanda por este servicio se incremente, tanto por el aumento

de abonados, como por el aumento del grado de utilización de los terminales de datos, por parte de los abonados individuales, se requerirá transmitir datos a velocidades superiores.

Así mismo nuevos Servicios y facilidades se irán adicionando al Esquema inicial de la Red, que en forma resumida serían los siguientes:

1.3.2.1. Modernización del Servicio de Datos.

Como ya dijimos el incremento del número de abonados y del tráfico generado por cada abonado individual, crearía la necesidad de instalar interfases de transmisión-recepción de datos de más alta velocidad. Si de inicio los terminales podrán transmitir a velocidades de hasta 9.600 b/s (y quizá hasta 19.200 b/s), posteriormente se puede dotar al abonado de equipo de línea adecuado (que ya existe en el mercado) para manejar datos a velocidades de 64 Kb/s, por ejemplo, consiguiéndose con esto transferir los archivos de datos con mayor rapidez y disminuir el tiempo de las sesiones de datos de cada abonado individual.

Este nuevo grado de utilización de los Servicios de datos por parte de los usuarios de la red, podría provocar que el enlace de la computadora Host a la red, que inicialmente podría llevarse a cabo mediante un simple enlace de abonado individual, requiera posteriormente de varios enlaces de 64 Kb/s, llegando quizá finalmente, a requerir un enlace multiplexado a 2.048 Kb/s.

1.3.2.2. Servicio de Facsímil.

Es un servicio que ha tenido buena difusión en nuestro medio. Los equipos terminales existentes en la Base están conectados a la Red Pública de Telefonía, a través de la cual se enlazan con cualquier otro terminal conectado a esta red tanto a nivel nacional como a nivel internacional.

El incremento de este servicio podría preverse, dentro de una RDSI privada a nivel nacional, en la cual podría transmitirse la información en forma digital a velocidades superiores a la que se transmite vía la red telefónica.

Por otro lado la central NEAX 2400 permite la conexión de Módulos de Valor Adicionado, que en este caso posibilitarían lo que se denomina "llamada multidireccional" para enviar la información desde un terminal a varios destinatarios al mismo tiempo; como también, el llamado "correo facsímil",

que permite a un equipo facsímil que estuvo apagado, ocupado o fuera de servicio, recuperar la información enviada tiempo atrás por otros equipos.

1.3.2.3. Correo de Texto y de Voz.

Se habló ya en el numeral anterior del "correo facsímil" y de su adecuada utilización dentro de una Red Digital privada a nivel nacional. En forma similar, dentro de una red a nivel nacional, la incorporación a la Central NEAX 2400 de los Servicios Correo de Texto y Voz serían de utilidad para el envío, de reportes de datos a terminales telefónicos lejanos. En la eventualidad de que los equipos de estos destinatarios estén ocupados, apagados o fuera de servicio, los mensajes correspondientes son gravados en Módulos de Valor Adicionado, para permitir su recuperación posterior por el Destinatario Correspondiente.

1.3.2.4. Videotelefonía y Videoconferencia.

Son servicios típicos de una RDSI de banda ancha y su implementación podrá hacerse dentro de una Red Nacional.

La Videotelefonía, a nivel nacional posibilitaría el enlace, de voz e imagen, de los usuarios; facilitándose por este medio mostrar al destinatario, fotos, planos, objetos, etc; con la consiguiente explicación de los detalles por parte del remitente.

La Videotelefonía a nivel internacional a más de lo ya dicho se aplica con mucha utilidad a la denominada "telecompra" donde la imagen de un producto con su costo y características aparece en pantalla. Esta aplicación puede ser muy interesante para el aprovisionamiento logístico.

La Videoconferencia, se puede considerar como una generalización de la videotelefonía y su utilización es interesante cuando se tiene el propósito de enlazar varias localidades, lejanas entre sí, para permitir a un conjunto de ejecutivos discutir sobre un mismo tema, acerca del cual se debe tomar una decisión rápida; con la gran ventaja de tener no solo señales de voz, sino también imágenes de la localidad, del conferensista o de otros documentos u objetos útiles para la discusión en curso.

Estos servicios serían convenientes implementar cuando se haya enlazado las centrales NEAX 2400 de todos los Repartos y esta red a su vez se haya enlazado a nivel internacional (por medio del satélite); de tal manera que, si bien estos ser-

CAPITULO II

FUNDAMENTOS DE LA TECNOLOGIA

La proposición de una nueva red extraña en si mismo la proposición de uso de las mismas o de nuevas líneas de transmisión, nuevo equipo terminal de abonado y de línea; así como el conocimiento teórico del procesamiento que sufre la información a través de la red y del equipo de conmutación existente. Por eso en este capítulo trataremos de describir las características eléctricas de las líneas de transmisión físicas para transmisión de señales digitales; así como también presentaremos los fundamentos básicos para el acceso a una RDS1.

2.1. Características de Las Líneas Metálicas.

2.1.1. Líneas de Pares.

Existe una variedad de líneas metálicas, utilizadas para la transmisión de señales de los sistemas digitales. Dichos cables poseen diversas características mecánicas, químicas y eléctricas de acuerdo a la manera o al medio ambiente en que van a ser utilizados. De esta manera las siguientes características son necesarias mencionarse:

1. Los cables de hilos autosuspendidos sirven para la conexión entre un punto de distribución, montado en un poste y la residencia del abonado. Su diámetro oscila entre 0.8 a 1 mm. y el par puede ser de hilos paralelos o retorcidos.

Existen cables en que el elemento de autosuspensión es un hilo de acero galvanizado macizo o cableado, pudiendo en ese tipo de cables reducirse la sección a 0.5 mm. de los pares metálicos.

El aislamiento para estos cables es realizado por un revestimiento de neopreno, cloruro de vinilo (PVC), polietileno (PE) o de una combinación de ellos.

2. Los hilos de fachada son parecidos a los descritos pero su resistencia mecánica puede ser

menor; los hilos subterráneos tienen un mayor aislamiento y los hilos interiores tienen una protección más simple, generalmente PVC.

3. Los hilos desnudos pueden ser de acero galvanizado, de bronce, de cobre estirado en frío o de acero recubierto de cobre, dependiendo de las condiciones de transmisión y de los esfuerzos mecánicos a que van a ser sometidos.
4. Cuando varios pares metálicos siguen una misma ruta, puede ser conveniente reemplazarlos por un cable multipar, especialmente cuando se trata de cables enterrados.

2.1.1.1. Cables para transmisión analógica

Los cables que se tienden en las nuevas redes contienen pares simétricos no cargados destinados a la explotación de 12, 24, 36, 48, 60 o 120 canales telefónicos de portadores en cada cable. (120 canales en 1 solo cable)

Hay varios tipos de pares simétricos, cuyas características se detallan en el Cuadro 2.1.

	TIPO I	TIPO II	TIPO II BIS	TIPO III	TIPO III BIS
Diámetro de los conductores (mm)	0.9	1.2	1.2	1.3	1.3
Capacidad Efectiva (UF/Km)	33	26.5	21	28	22
Impedancia característica (Ohmios) a 120 KHz	148	174	203	165	193
Atenuación por unidad de longitud a 10.C (dB/Km) a 120 KHz	3.1	2.0	1.5	1.6	1.4

Cuadro 2.1 Tipos de cables para Transmisión analógica.

La atenuación por unidad de longitud a una frecuencia F superior a f_0 se calcula por $A=A_0 \sqrt{(f/f_0)}$. (2-2)

3. La Telediafonía se mide entre pares asignados a un mismo sentido de transmisión a la frecuencia f_0 . Si la medición se efectúa a una frecuencia f diferente a f_0 , el valor correspondiente se corrige con la ley $20 \log f/f_0$. Si la medición se efectúa en un par de longitud L diferente a la longitud de referencia L_0 , el valor medido se corrige aplicando una ley $10 \log L/L_0$ (dB).

La paradiafonía se mide en pares asignados a la transmisión en sentido opuesto a la frecuencia f_0 .

Las características más importantes de los cables están dadas en el Cuadro 2.2

CARACTERISTICAS	TIPO I	TIPO II	TIPO II BIS	TIPO III
Velocidad binaria (Kb/s)	2048	2048	2048	2048
Ganancia de los Repetidores	34 dB			
Diámetro de los conductores (mm)	0.8	0.7	1	0.8
Impedencia nominal a f_0 (ohmios)	100	130	130	
Atenuación a f_0 y 20°C (dB/Km)	18	11.5	8.5	15.5
Resistencia nominal a 20°C	88.6	94.1	46.1	
Capacidad mutua - nominal (nf/Km)	50	39	39	44

Cuadro 2.2 Características de los Cables para transmisión a 2 Mb/s. .

2.1.1.3. Cables de pares simétricos para transmisión de 6 a 34 Mb/s)

Estos cables transmiten señales a ratas de 6 a 34 Mb/s, pudiendo además hacerlo con señales a ratas mayores o menores, tan sólo adaptando la longitud de las secciones de regeneración. De allí que puedan transmitirse señales de videoteléfono o televisión en banda base.

Para estas velocidades de transmisión hay dos tipos de cables:

1. Cable concebido para ser utilizado para un sólo sentido de transmisión, cuyas características básicas son:

CARACTERISTICAS DEL PAR	CABLE DEL TIPO I
DIAMETRO DE LOS CONDUCTORES (mm)	0.64
CAPACIDAD MUTUA MEDIA DE LOS PARES (nF/km)	24.2
IMPEDANCIA CARACTERISTICA (ohmios)	178
ATENUACION POR UNIDAD DE - LONGITUD A 24°C (dB/km)	13.5
NOTA:	La atenuación por unidad de longitud y la impedancia característica se mide a 3150 KHz

Cuadro 2.3 Características de los pares para transmisión a 34 Mb/s

2. Cables concebidos para disponer de los dos sentidos de transmisión, tanto en pares como en cuadretes, cuyas características están detalladas en los cuadros 2.4a y 2.4b.

CARACTERISTICAS	TIPO DE CABLE				
	I	II	III	IV	V
Impedancia característica (1MHz) (ohmios)	160	160	140	120	145
Atenuación (1MHz) (dB/Km a 10oC)	7.0	9.3	10.5	9.5	5.2
diámetro de los conductores (mm)	0.6	0.6	0.65	0.9	1.2
Capacidad Nominal (nF/Km)	28.5	28.5	31.5	38	30

Cuadro 2.4a Cables de Pares.

CARACTERISTICAS	TIPO DE CABLE	
	I	II
Diámetro de los Conductores mm.	0.65	0.9
Impedancia característica (1MHz) (ohmios)	165	120
Atenuación (1MHz) (dB/Km a 10oC)	8.8	9.5
Diámetro de los conductores (mm)	0.65	0.9
Capacidad Nominal (nF/Km)	28	38

Cuadro 2.4b Cables de Cuadretes

2.2. Características de Los Cables Coaxiales.

Los cables coaxiales son líneas de transmisión metálicas que tienen capacidad de transmitir señales analógicas o digitales. Son cables compuestos por un conductor central sólido y una malla de cobre suave, separados por un aislante; todo ésto cubierto por una chaqueta aislante.

Los cables coaxiales transportan señales digitales que van de 8 a 565 Mb/s, como se observa en el cuadro.

ANCHURA DE BANDA (Mhz)	VELOCIDAD (Mb/s)	TIPO DE COAXIAL A UTILIZARSE (mm)
8.5	8	0.7/2.9
35	34	0.7/2.9 1.2/4.4
100	140	1.2/4.4 2.6/9.5
700	565	2.6/9.5

Cuadro 2.5 Cables para Sistemas Digitales

2.2.1. Coaxiales de 0.7/2.9 mm.

La constitución de este par coaxial es la siguiente:

- El valor nominal del diámetro del cable interior, de hilo de cobre macizo es: 0.7 mm.
- El valor nominal del diámetro interior del conductor exterior es: 2.9 mm.
- El conductor exterior está formado por una cinta de cobre de 1 mm. de espesor.

Las principales especificaciones están detalladas en el cuadro 2.6a

CARACTERISTICAS	CABLE 0.7/2.9mm
Impedancia característica (ohmios) (1 MHz)	75
Atenuación por unidad de longitud dB/Km (10oC 1 MHz)	8.9
Atenuación paradiafóca (dB) (0.5 a 20 MHz) (L=2 a 4 Km)	135

Cuadro 2.6a Característica del cable coaxial 0.7/2.9 mm

La atenuación medida en el cable a la temperatura media $t^{\circ}\text{C}$ se refiere a 10°C mediante la fórmula:

$$A_{10} = A_t \frac{1}{1 + K_a (t-10)} \quad (2-3)$$

El coeficiente K_a es igual a:

$$1.8 \times 10^{-3} / ^{\circ}\text{C} \quad f > 2 \text{ MHz}$$

$$1.9 \times 10^{-3} / ^{\circ}\text{C} \quad f = 1 \text{ MHz}$$

2.2.2. Coaxiales de 1.2/4.4 mm.

El empleo de este cable está de acuerdo a lo descrito en el cuadro 2.6b

Las principales características pueden ser resumidas como sigue:

CARACTERISTICAS	CABLE 1.2/4.4mm
Impedancia característica (ohmios) (1 MHz)	75
atenuación por unidad de longitud (dB/Km) (10oC 4 MHz)	5.3
Atenuación por unidad de longitud (dB/Km) 12 MHz 10oC	18

Cuadro 2.6b Características del Cable 1.2/4.4 mm.

Para calcular la atenuación A, en la que A se expresa en dB/Km y f en MHz, para frecuencias superiores a 2 MHz se utiliza en forma aproximada la fórmula:

$$A = 0.07 + 5.15\sqrt{f} + 0.005f \quad (2-4)$$

La variación de la atenuación en función de la temperatura se calcula con la fórmula especificada en el apartado anterior, teniendo en cuenta que Ka es igual a $2 \cdot 10^{-3} / ^\circ\text{C}$ a las frecuencias iguales o superiores a 500 KHz; aumentando ligeramente a frecuencias inferiores ($2.8 \cdot 10^{-3} / ^\circ\text{C}$ a 60 KHz).

Dentro de este tipo de cables coaxiales, existen a su vez dos tipos de cables:

1. Cable coaxial cuyo conductor exterior tiene un espesor de 0.15 mm. y cuyas características de atenuación y coeficiente de temperatura Ka estan de acuerdo a la Recomendación G.622 de la CCITT.
2. Cable Coaxial cuyo conductor exterior tiene un espesor de 0.18 mm. y cuyas características de atenuación son especificadas dentro de la recomendación G.622.

2.2.3. Coaxiales de 2.6/9.5 mm.

Este tipo de cable es de conductor interior de hilo de cobre macizo de 2.6 mm. de diámetro. El aislante está compuesto de gas y de una substancia dieléctrica, que satisfaga las condiciones requeridas en la Recomendación G.623 de la CCITT y el conductor exterior es una cinta de 0.25 mm. de espesor y de 9.5 mm. de radio interior.

La atenuación por unidad de longitud a una $f = 60$ MHz y a 10°C es de 18 dB/Km

La atenuación (dB/Km) en función de la frecuencia (MHz), para frecuencias superiores a 1 MHz, se rige por la ley:

$$x = 0.01 + 2.3\sqrt{f} + 0.003f \quad (2-5)$$

2.3. Características de los Cables de Fibra Óptica

2.3.1. Cable Multimodo de índice gradual de 50/125 μm

Esta fibra puede ser utilizada en la región de 850 nm o en la región de 1300 nm con mayores ventajas; o bien en ambas regiones simultáneamente. El perfil del índice de la fibra, en general será parabólico.

Las principales características de esta fibra son:

CARACTERISTICAS	FIBRA DE 50/125 μm .
Apertura numérica	0.18 a 0.24
Coefficiente de Dispersión cromática (850 nm) [ps/(nm.km)]	< 120
Coefficiente de Dispersión cromática (1300 nm) [ps/(nm.km)]	< 6
Coefficiente de atenuación (A) (850 nm) (dB/Km)	$2 < A < 4$
Coefficiente de Atenuación (A) (1300 nm) (dB/Km)	$0 < A < 2$

Cuadro 2.7 Características de la Fibra de 50/125 nm

Este tipo de cable, es utilizado ampliamente en las redes de Telecomunicaciones, para transmisión analógica y digital.

2.3.2. Cable de Fibra Monomodo.

La CCITT en su recomendación G.652 ha descrito una fibra monomodo optimizada para uso en la región de

1300 nm, pudiendo utilizarse en la región de 1550 nm aunque no en forma optimizada. Igualmente como antes, esta fibra puede ser utilizada para transmisión analógica y digital.

El valor del diámetro modal a 1300 nm; está en la gama de 9 a 10 μm y el valor nominal del diámetro del revestimiento recomendado es de 125 μm .

Las principales características de estas fibras son las siguientes:

CARACTERISTICAS	FIBRA MONOMODO
Atenuación (A) 1300 nm (db/Km)	$0.5 < A < 1$
Atenuación (A) 1500 nm (db/Km)	$A < 0.5$
Coefficiente de Dispersión (S) 1550 nm [ps/(nm.km)]	$6 < S < 20$
Coefficiente de Dispersión (S) 1270 - 1340 nm	$3.5 < S < 6$
Coefficiente de Dispersión (S) 1265 - 1330 nm	$S < 3.5$

Cuadro 2.8 Características de la Fibra Monomodo para 1300 nm.

Los valores más bajos del coeficiente de atenuación dependerá del proceso de fabricación, de la composición y diseño de la fibra, y del diseño del cable. Se han obtenido valores comprendidos entre 0.3 y 0.4 dB/Km en la región de 1300 nm y entre 0.15 y 0.25 dB/Km en la de 1550 nm.

2.3.3. Cable de Fibra Monomodo con Dispersión Desplazada

Este tipo de fibra se caracteriza por tener una Dispersión nula en la región de longitudes de onda de 1550 nm, estando optimizada para el uso en dicha región. Puede también utilizarse en torno a 1300 nm con ciertas restricciones.

Las principales características de esta fibra son las siguientes:

CARACTERISTICAS	FIBRA DE DISPERSION DESPLAZADA
Atenuación (A) 1300 nm.(db/Km)	$0.5 < A < 1$
Atenuación (A) 1500 nm.(db/Km)	$A < 0.5$
Diámetro del campo modo 1550 nm (um)	7 - 8.3
Diámetro del Revestimiento um	125
Dispersión cromática [ps/(nm.Km)] a 1550 nm.	< 3.5

Cuadro 2.9 Características de la Fibra con Dispersión Desplazada.

Valores más bajos del coeficiente de atenuación pueden ser obtenidos, actuando sobre el proceso de fabricación, como ya antes dijimos. Así se ha obtenido valores de atenuación en el rango de 0.19 a 0.25 dB/Km en la región de 1550 nm.

2.3.4. Cable de fibra Monomodo con pérdida minimizada a 1550 nm.

Para casos en los que se requiere fibras con un nivel de pérdida sumamente bajo, es recomendable la utilización de esta fibra que presenta esta característica en torno a 1550 nm y además una dispersión nula en la región de 1300 nm.

Las principales características de esta fibra son las siguientes:

CARACTERISTICAS	VALOR
Diámetro del campo de modo a 1550 nm (um)	10.5 (posiblemente)
Diámetro de revestimiento (um)	125
Coefficiente de atenuación a 1550 (dB/Km)	< 0.25
Dispersión cromática a 1550 nm [ps/nm.km]	20

Cuadro 2.10 Característica de la Fibra con Pérdida minimizada.

Es necesario consignar que se han producido fibras de este tipo, con valores de atenuación comprendidos en la gama de 0.15 a 0.20 dB/Km.

2.4. Análisis Comparativo.

La utilización de los diferentes tipos de cables en las redes depende en mucho de las características de atenuación, en los cables metálicos; y de la atenuación y dispersión en los cables de fibra óptica; por lo que en forma resumida en el cuadro 2.11 podemos ver algunos intervalos de atenuación de los cables metálicos, en relación directa a la frecuencia de trabajo.

CARACTERISTICAS	CABLES TELEFONICOS	CABLES PARES SIMETRICOS	CABLES COAXIALES
Diámetro (mm)	0.4 a 0.6	0.6 a 1.2	0.7/2.9; 1.2/4.4; 2.6/9.5
Atenuación (dB/Km) 20° y 100 KHz	16.11 a 8.04	5.0 a 1.8	1.4 a 0.7
Atenuación (dB/Km) 20° y 1 MHz	57.2 a 25.4	16.0 a 5.2	4.45 a 2.3
Atenuación (dB/Km) 20° y 100 MHz	572 a 254	160 a 52	44.5 a 23
Atenuación (dB/Km) 20° y 500 MHz		358 a 116	100 a 51
Atenuación (dB/Km) 20° y 900 MHz		874 a 295	133.5 a 69

Cuadro 2.11 Características de atenuación de los Cables Metálicos.

Si consideramos una atenuación máxima tolerable de 20 dB en la línea de Abonado que es típica en una PEX podemos decir lo siguiente:

1. Para velocidades de transmisión de 192 Kb/s (típica de un interfase de acceso básico) el ancho de banda requerido mínimo es de 100 KHz y las longitudes del lazo de abonado digital utilizando cables telefónicos oscilan entre 1 a 2.4 Km. Sin repetidora.
2. Para velocidades de transmisión de 2 Mb/s (típica de un acceso a velocidades primarias) el ancho de banda requerido mínimo es de 1 MHz y las longitudes del lazo de abonado digital utilizando cables telefónicos oscilan entre 0.3 a 0.7 Km; en cambio que utilizando cables de pares

simétricos tendremos distancias entre 1.25 a 3.8 Km sin necesidad de repetidores.

3. La transmisión a velocidades superiores a 34 Mb/s se hacen en forma más eficiente por medio de cables coaxiales.

El cuadro 2.15 presenta un resumen comparativo de las características de los cables para transmisión digital.

CARACTERISTICAS	CABLES TELEFONICOS	CABLES SIMETRICOS	CABLES COAXIALES	CABLES FIBRA OPTICA
Diámetro (mm)	0.4 a 0.8	0.8 a 1.2	0.7/2.9 1.2/4.4 2.8/9.5	125 um.
Atenuación (dB/Km) 20°C 100 KHz	8 a 18	1.8 a 5	0.7 a 1.4	0.1 a 4 *
USO	Abonado analógico Abonado digital Abonado Voz + Datos	Abonado videotex Abonado videotelef. Acceso primario.	Canales alta velocidad distribuc. TV cable	Canales muy alta veloc. Servicios alta calidad Enlace larga distancia.
Longitud de Repetición	1-2.4 Km (100 KHz)	1.25 a 3.8 Km. (1 MHz)	0.5 a 0.8 Km (100 MHz)	* *
	0.3 a 0.7 Km (1 MHz)		0.2 a 0.4 (500 Mhz) 0.15 a 0.3 Km (900 MHz)	

(*) (para longitud de onda entre 0.8 a 1.6 um)

(**) (Estas características están en el cuadro 2.13)

Cuadro 2.12 Características de los Cables para transmisión Digital.

La distancia de repetición en los cables de Fibra Optica, está limitada por la atenuación y por el ancho de banda característico del cable.

Valores típicos para sistemas de 34 y 140 Mb/s se encuentran tabulados en el Cuadro 2.13 de donde se puede observar la ventaja que tienen estos cables para transmitir señales de alta velocidad sobre distancias largas.

	34 Mb/s			140 Mb/s		
	FIBRA MULTIMODO			FIBRA MULTI-MODO		FIBRA MONO-MODO
	1RA. VENTANA LED	2DA. VENTANA		1RA. VENTANA	2DA. VENTANA	2DA. VENTANA
LED		LASER				
L max (Km) por atenua.	8.48	12	20.6	11.3	19.2	30
L max (Km) por disper.	3.1	8.68	20	8.35	20	100

Cuadro 2.13 Distancia de Repetición para Fibras Opticas.

De estos cuadros podemos deducir que para redes locales digitales, cuya línea de abonado no sea más larga que unos 2.4 Km pueden utilizarse sencillamente líneas de cobre que son típicas de los cables multipares, sin necesidad de utilizar repetidores si es que la velocidad de transmisión es de máximo 192 Kb/s.

Sin embargo de esto, el diseñador de hoy debe estar prevenido con el conocimiento básico de las Fibras Opticas, cuya opción en casos especiales deberá ser considerada.

2.5. Conceptos Básicos Sobre Fibras Ópticas.

Hemos visto ya a medida que las tasas de transmisión van aumentando, los requerimientos de ancho de banda también van creciendo; por lo que la transmisión de señales digitales de 34 Mb/s o más pueden requerir el uso de fibras ópticas en una red local. De allí que el conocimiento de sus principios básicos es imprescindible para el diseñador actual.

Las fibras ópticas (como los cables coaxiales) son guías de onda, químicamente compuestas por dióxido de Silicio, formando lo que se conoce como "vidrio de cuarzo". Estas se destacan frente a los otros tipos de guías de onda metálicas por sus características de poseer muy bajas atenuaciones y ser "prácticamente" insensibles a interferencias electromagnéticas.

2.5.1. Clasificación.

Las fibras se clasifican por la forma en que varía el índice de refracción del núcleo en: Fibras de Perfil Escalonado y Fibras de Perfil Gradual. En cambio por el número de modos que conducen en: Fibras Multimodo y Fibras Monomodo.

- Las Fibras de Perfil Escalonado, mantienen el índice de refracción constante a lo largo del núcleo de la fibra y cambian abruptamente al pasar al recubrimiento.
- Las Fibras de Perfil Gradual, en cambio, tienen un índice de refracción variable (generalmente parabólico), que reduce la dispersión modal considerablemente.
- Las Fibras Multimodo son capaces de conducir o acoplar a la fibra 2 o más modos transversales.
- Las Fibras Monomodo, en cambio, "acoplan" al núcleo únicamente el modo fundamental.

2.5.2. Definiciones.

- Ángulo de Aceptación y Apertura Numérica, se entienden como el ángulo máximo al que puede ser acoplada la energía en la fibra. El seno de este ángulo se conoce como apertura numérica.
- Diámetro del campo de Modo ($2W_0$), se define solo para las fibras monomodo y se refiere al duplo del

radio al cual, el campo radial se reduce al 37% de su valor máximo en el eje de la fibra.

- Parámetro Estructural (V), se define por su utilidad para el cálculo del número de modos conducidos por una fibra y es igual a:

$$V = \frac{2a AN}{l} \quad \begin{array}{l} a = \text{radio del núcleo.} \\ AN = \text{apertura numérica} \\ l = \text{longitud de onda} \end{array} \quad (2-6)$$

- Número de Modos conducidos por una Fibra(N), se define en base al parámetro estructural V como:

$$N = \frac{V^2}{2} \cdot \frac{g}{g+2} ; \quad \begin{array}{l} g = 2 \text{ para fibras de p. gradual.} \\ g = \infty \text{ para fibras de p. escalonado.} \end{array} \quad (2-7)$$

- Parámetro estructural límite, es aquel valor máximo que puede tomar el parámetro V, para que una fibra conduzca un solo modo. Para las fibras de perfil escalonado este valor es 2.405 y para las de Perfil gradual 3.4

Un resumen de las fórmulas de cálculo de los principales parámetros de las fibras se encuentra en el Cuadro 2.18

Indice de Refracción	$N(r) = N_1 (1 - 2\delta(r/a)^2)$ $N(r) = N_2$	$r < a$ $r \geq a$ (P. gradual)	(2-8)
----------------------	---	------------------------------------	-------

Diferencia relativa de índices.	$\delta = \frac{N_1^2 - N_2^2}{2 N_1^2}$	$\frac{N_1 - N_2}{N_1}$	$N_1 = \text{índice del Núcleo.}$ $N_2 = \text{índice del Recubrimiento.}$	(2-9)
---------------------------------	--	-------------------------	---	-------

Apertura Numérica

$$\text{Sen } \theta = \sqrt{N_1^2 - N_2^2} \quad (\text{P. Escalonado}) \quad (2-10)$$

$$\text{Sen } \theta(r) = AN \sqrt{1 - (r/a)^2} \quad (\text{P. Gradual})$$

- Dispersión en el Material, debido a la disminución del índice de refracción conforme aumenta la longitud de onda, produciéndose la propagación más rápida de las ondas largas.
- Dispersión Modal, producida por la dependencia de la velocidad de propagación modal de la longitud de onda.

En resumen todos los modos y longitudes de onda componente de una señal llegan al extremo de un cable dentro de un lapso de tiempo denominado "Retardo Dispersivo" (S). Para que haya una buena identificación de los pulsos es necesario que se cumpla.

$$S < \frac{1}{2B} ; \quad \text{donde } B = \text{ancho de Banda de la Señal.} \quad (2-14)$$

2.5.5. Emisores.

Son fuentes de luz infrarroja que emiten su radiación en aquellas zonas de mínima atenuación y dispersión. Así mismo, para permitir un buen acoplamiento de la luz entre el emisor y la fibra, se debe observar que: las dimensiones de la fuente y la fibra sean similares, el ancho espectral de emisión este de acuerdo con el ancho de banda de la fibra, el ángulo de emisión sea similar al ángulo de aceptación de la fibra, etc.

Existen 2 tipos principales de emisores ópticos: diodos LED y diodos LASER:

- Los diodos LED, emiten luz en forma "espontánea" aprovechando la saturación de portadores en la banda de conducción que provocan que los mismos salten a la banda de valencia, emitiendo luz. El rendimiento del acoplamiento emisor - fibra, es bajo y el ancho espectral emitido es relativamente grande, por lo que estas fuentes son utilizadas principalmente en la transmisión de medianas y bajas ratas de modulación; así como también en enlaces de mediana longitud o en redes locales que no tengan un gran número de derivaciones.

- Los diodos laser, en cambio, se caracterizan porque la propia emisión de luz, estimula la generación de más energía luminosa de la misma longitud

de onda y fase que la luz excitadora.

Por tal motivo el rendimiento del acoplamiento emisor - fibra es más alto y el ancho espectral emitido es considerablemente más bajo que los LED. De allí que estos emisores son utilizados en redes a velocidades de modulación mayores que unos 100 Mb/s hasta algunos Gb/s; así mismo también en enlaces de gran longitud o en redes locales con gran número de derivaciones.

Un resumen de las características de algunos tipos de fuentes luminosas se encuentra detallado en el cuadro 2.15

Fuente Luminosa	LED Alga As	LD Alga As	Laser de Estado solido	LED	LD
				Ga In As P	
Longitud de Onda (um)	0.75-0.9	0.75-0.9	1.08	0.9 - 1.7	
Anchura del Espectro (nm)	35	3	< 0.1	120	3
Potencia de Salida (mW)	1	5	5	1	5
Rendimiento de Potencia	algunos %	algunos %	< 1 %	algunos %	algunos %
Rendimiento de acoplamiento - de la fibra	algunos %	50%	100%	algunos %	50%
Velocidad de Modulación	200 Mb/s	cientos Mb/s	algunos Gb/s	100 Mb/s	cie. Mb/s

Cuadro 2.15 Características de algunas fuentes luminosas.

2.5.6. Detectores.

Son dispositivos semiconductores, cuya función es la reconversión de la energía luminosa de la fibra en energía eléctrica. El fenómeno es inverso al que se produce en un emisor, esto es que la luz entrante excita a los electrones de la banda de valencia a saltar a la de conducción. Este principio conduce a pensar que los materiales usados como detectores son aquellos que acusan un alto grado de absorción luminosa, como es el caso del Silicio en el rango de 800 a 1000 nm y el In.Ga.As/InP en la gama de 1300 a 1500 nm.

Hay dos tipos de detectores ópticos: El fotodiodo PIN y el fotodiodo de Avalancha (FDA). El primero de ellos toma su nombre del hecho que su composición es de una juntura P.N, en la que se ha intercalado un semiconductor Intrínseco (no dopado). Este tipo de detector no produce amplificación eléctrica por lo que su sensibilidad es mediana, utilizándose para velocidades de funcionamiento bajas. En cambio los fotodiodos avalancha producen una amplificación eléctrica, motivada por la aceleración que sufren los portadores, dentro del dispositivo, que a su vez provoca la ionización de nuevos portadores y con esto el efecto de ganancia característico de este elemento. Su sensibilidad es notablemente mejor frente a la de los fotodiodos PIN y por ello son utilizados en sistemas con velocidades de funcionamiento altas.

2.6. Conceptos Básicos Sobre RDSI.

Una Red Digital de Servicios Integrados se define como: "aquella que habiendo evolucionado de una Red Digital Integrada (RDI) para telefonía, presta una amplia gama de aplicación vocales y no vocales, mediante el empleo de un número limitado de interfases polivalentes usuario - red".

2.6.1. Clases.

La RDSI se ha dividido en 2 clases fundamentales: RDSI de Banda Fina (Estrecha) y RDSI de Banda Ancha. La primera de ellas se caracteriza porque los interfases usuario - red y por ende los servicios ofrecidos no rebasan la rata de transmisión de 2048 Kb/s. En cambio la RDSI de Banda Ancha ofrece servicios a velocidades mayo-

res que 2048 Kb/s.

En general una RDSI de Banda Fina ofrece tanto los servicios usuales de telefonía a 64 Kb/s, como también la posibilidad de enrutar nuevos servicios como son: transmisión de datos, texto, facsímil y posiblemente video teléfono (entre otros). Dentro de esta se han definido nuevos interfaces usuarios - red en correspondencia a la rata de bits llevados; así por ejemplo: Interfase D a 16Kb/s, B a 64 Kb/s, Ho a 384 Kb/s, H11 a 1544 Kb/s y H12 a 1920 Kb/s. Sin embargo existen interfaces combinados, que generalmente son los más utilizados; así por ejemplo la Red de Banda Fina es típicamente una red que ofrece servicios a 64 Kb/s y el interfase normal de abonado es aquel denominado Acceso Básico (2B+D) a una rata de 192 Kb/s.

La RDSI de Banda Ancha en cambio, procede por evolución de la anterior conservando tantos servicios y características, cuantos sean posibles. Toma esta configuración cuando son incorporados servicios de Banda Ancha, en general caracterizados por el enrutamiento de imágenes en movimiento (videoconferencia) o de imágenes de alta definición (TV de alta calidad). Así mismo estan normalizados los interfaces de banda ancha H2 para 34 Mb/s y H4 para 139 Mb/s (entre otros). La línea de abonado de Banda Ancha, sin embargo, esta conformada por la multiplexación de un interfase H4 (o varios H2) y varios interfaces de Banda Fina (un interfase Ho o H1 con varios interfaces B y D): dando como resultado un interfase normalizado a una velocidad de 150 Mb/s.

2.6.2. Acceso a una RDSI de Banda Fina.

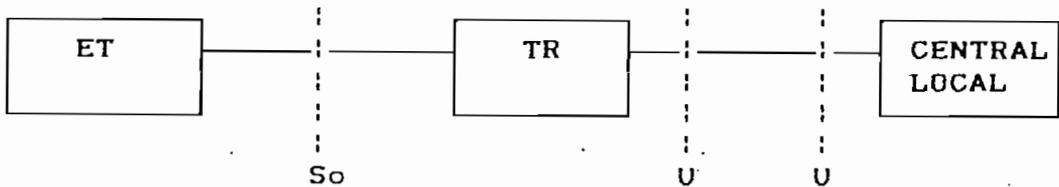
El acceso a una Central de Commutación Digital con capacidad de RDSI por parte del abonado, se realiza fundamentalmente usando 2 interfaces: Interfase a velocidad Básica (IVB) y el Interfase a Velocidad Primaria (IVP).

2.6.2.1. Interfase a Velocidad Básica (IVB).

Una línea de abonado de "Banda Fina" se caracteriza por su acceso básico (2B+D), full duplex a través del par de cobre balanceado existente.

Una línea de acceso a una Central Digital de RDSI, contiene varios interfaces y grupos funcionales combinados adecuadamente.

En el caso del abonado de Acceso Básico, ella esta compuesta de los interfases S y U y del grupo funcional llamado terminación de Red (TR) (Fig 2.1)



ET: Equipo Terminal.
 TR: Terminal de Red.
 So,U: Interfases.

Fig. 2.1. Acceso de Usuario a Velocidad Básica.

El Interfase So, constituye un bus de 4 hilos al que se puede conectar hasta 8 equipos terminales de RDSI en jacks de comunicación internacional. Su rata de transmisión es de 192 Kb/s, compuesto de la información de los canales 2B+D = 144 Kb/s y 48 Kb/s de información adicional.

El código de línea utilizado es el Código de Inversión de Marca Alternativo Modificado (AMI modificado) en el que un cero binario "0" es codificado con pulsos de voltaje positivos y negativos y el "1" binario sin voltaje.

El acceso de los Equipos terminales al canal D (canal de señalización) se realiza previa la recepción de una cierta cantidad de "1"s binarios (Número que depende de la prioridad que se da a cada ET, así el teléfono generalmente tiene alta prioridad). Luego de la transmisión de un ET, su prioridad de acceso al canal D desciende, para permitir el acceso a los otros ETs.

La conexión de los ETs puede ser realizada en dos configuraciones básicas: a) Punto a Multipunto, donde, hasta 8 ETs pueden ser conectados al bus pasivo y de aquí un enlace no mayor que 150 m. para conectar el TR. b) Punto a Punto, donde el ET es conectado al TR mediante un enlace a 4 hilos de 1Km. de longitud máximo.

La estructura de la trama a la salida del Interfase S esta compuesto por 48 bits cada 250 us., en que se encuentran

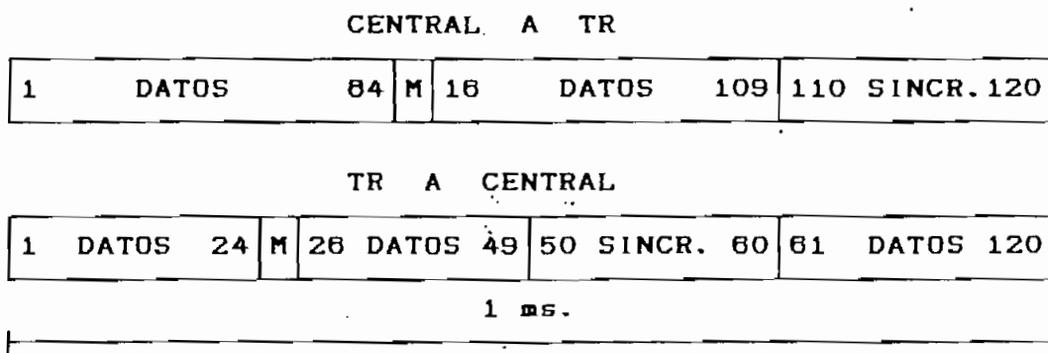
combinados 4 octetos de información útil de los canales B con 4 bits de información del canal D, adecuadamente intercalados con 12 bits de información adicional; siendo la combinación diferente para las tramas en cada uno de los sentidos de transmisión.

La Terminación de Red (TR), es uno de los grupos Funcionales más importantes de la línea de usuario, porque realiza varias funciones fundamentales: acoplamiento al interfase a 4 hilos, transmisión de la rata efectiva de 144 Kb/s en los dos sentidos de transmisión y funciones de alimentación.

El Interfase U, se instala en los extremos de la línea de abonado y se caracteriza porque: proporciona el código de línea (generalmente se usa un código de bloque 4B3T), realiza funciones de cancelación de ecos; así como también produce la mezcla (en la transmisión) y la demezcla (en la recepción) de la señal digital, con la finalidad de evitar bits periódicos no deseados.

En relación al código de línea se puede decir que se utiliza el código de Monitoreo de Estado Modificado (MMS43), que es del tipo 4B3T, ya que 4 bits de la señal digital son transformados a una señal ternaria de 3 estados, que a su vez posee 4 alfabetos diferentes. Este tipo de codificación tiene la ventaja de reducir la rata de transmisión de 160 Kb/s a una rata de modulación de 120 Kbaudios.

La estructura de su trama consiste de la subdivisión de 1ms. en 120 elementos ternarios: 108 de información, 11 de señalización y 1 de servicio. (Fig. 2.2)



Datos: Información útil de los canales B+B+D TR: Terminación de Red.
M: Canal de Servicio (Mantenimiento) SINCR: Palabra de alineación de Trama.

Fig. 2.2 Trama para la línea de Abonado de RDSI.

En lo que tiene relación con el monitoreo de la calidad de transmisión de la línea de abonado, esta se realiza observando las violaciones al código MMS43 o el apareamiento de secuencias de "0"s inadmisiblemente largas, cortándose la transmisión cuando la tasa de error de tramas es de 10^{-2} (Diez tramas erradas en cada uno de los 10 segundos consecutivos).

2.6.2.2. Interfase a Velocidad Primaria (IVP).

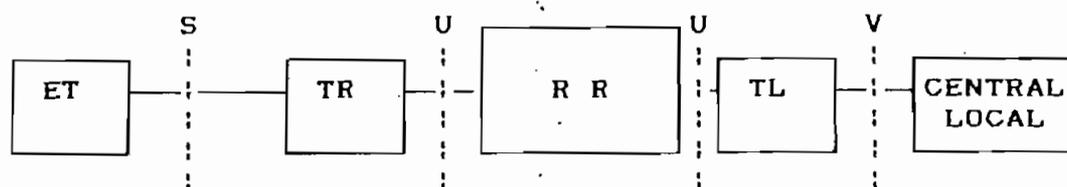
Es otro de los interfaces de acceso a la RDSI a una tasa de 2048 Kb/s, que se usa para conectar (principalmente) equipos de usuario de RDSI a la Central Digital Local.

La transmisión de la señal se puede realizar por líneas de cobre, con un código de línea HDB3 o a través de fibras ópticas operando a 1300 nm. con un código de línea MCMI (Código de Inversión de Marca Modificado).

La localización de fallas se realiza por medio de una unidad de localización de fallas y la calidad de transmisión es monitoreada por medio de una Unidad de Medición de Calidad, que chequea el enlace desde la Terminación de Central (TC) hasta el Terminal de Red. (TR).

El equipo de línea para acceso a velocidad primaria consiste de: Una Terminación de Red (TR), un Repetidor Regenerativo (RR) y una Terminación de Línea (TL) (Fig. 2.3)

La Terminación de Red (TR), es una unidad funcional que acopla el interfase de usuario S al interfase de línea U, al mismo tiempo que realiza gestiones de monitoreo de funcionamiento, como de protección contra la pérdida de alineación de trama.



ET: Equipo Terminal.
 TR: Terminal de Red.
 TL: Terminal de Línea.
 RR: Repetidor Regenerativo.

Fig. 2.3. Acceso a Velocidad Primaria.

En este circuito se realiza la alineación de trama CRC4, que consiste en la sincronización del control de secuencia para la trama de pulsos entrantes. La señal de alineación de trama esta compuesta por los bits 2 a 8 de las tramas alternadas (0011011) y el bit 2 de cada trama intermedia ("1"), de la ranura de tiempo 0. La palabra de servicio en cambio esta constituida por los bits 3 a 8 de las tramas impares: los bits 3 y 4 son indicaciones de alarma y el 5 indica la dirección de transmisión. Ocho patrones de bits "1010" de los bits Y2 (bit 6) es reconocida como una instrucción para establecer un lazo. En cambio la ausencia de señal o la pérdida del alineamiento son informadas con la inserción de la Señal de Indicación de Alarma.

La Terminación de Línea (TL), tiene la función principal de proveer el interfase para las señales a 2048 Kb/s, codificadas en HDB3, hacia el lado de la central; tanto para las terminaciones de fibra como de cobre.

En la dirección de transmisión (Central a NT), la señal entrante es ecualizada, regenerada y recodificada. La pérdida de la señal es detectada mediante un circuito especializado, que inserta un patrón de bits falso ("1010"), al mismo tiempo que es recibido una AIS (Señal de Indicación de Alarma), para prender un LED de indicación de falla.

En cambio en la dirección de recepción no hay regeneración de la señal y la calidad de la señal es monitoreada por evaluación de los errores de código HDB3. Cuando la rata de error es mayor que $1.E-3$, una falsa señal es alimentada a la central.

Para aislación de fallas, la terminación de línea proporciona un lazo que es conmutado desde la Central, cuyo comando es transmitido con los bits 5 a 8 de la palabra de servicio.

2.6.2.3. Acceso Múltiple.

Con el fin de diseminar rápidamente la RDSI de Banda Fina en una localidad se recurre a varios interfases que se les puede denominar de acceso global o múltiple, como son: el interfase So, el Multiplexor de Accesos Básicos y el concentrador de Accesos Básicos.

El Interfase So, ya visto anteriormente, permite el acceso de hasta 8 ET de RDSI, a través de un bus pasivo a 4 hilos.

El Multiplexor de Accesos Básicos, sirve para conectar a la Central entre 8 a 12 accesos básicos con una línea a una velocidad de 2048 Kb/s.

El Concentrador de Accesos Básicos, en cambio, permite conectar más de 12 accesos básicos a la Central Digital, mediante un enlace de 2048 Kb/s.

2.6.3. Sincronización.

Esta relacionada con la función de mantener a los relojes de una red interconectados entre si, de tal manera que sus relojes tengan la misma frecuencia y fase. Para ello es necesario que la información de Sincronismo fluya desde un reloj maestro hacia los relojes de la red que van a ser sincronizados a la frecuencia y fase del maestro.

El sincronismo dentro de una red local telefónica no es mayor problema y se basta con realizar sus funciones a la precisión de un reloj de cuarzo que generalmente se encuentra incorporado dentro de su equipo. Sin embargo la incorporación de servicios a ratas más altas, ha renovado las normas y preceptos que se deben observar respecto a este problema.

De igual modo si se piensa en una RDSI a nivel nacional, los requerimientos de sincronización deben ser cuidadosamente observados. En este campo ha ganado terreno la sincronización de red denominada MAESTRO - ESCLAVO, que consiste en sincronizar los relojes de la red con el de un reloj maestro ubicado, generalmente, en el nodo de mayor jerarquía; a cuya falla toma su lugar el reloj del nodo que le sigue en jerarquía, como elemento de referencia de la red.

Actualmente los relojes de red, por su importancia, son construidos en un diseño dual, esto es con todos sus subsistemas más importantes duplicados. Así mismo las exigencias de precisión y estabilidad son altas; así por ejemplo las desviaciones de frecuencia debido a las variaciones de voltaje y temperatura no deben exceder de $1.E-9$ /día y su estabilidad, igualmente, debe ser mejor que $1.E-9$ /día. Estos osciladores generalmente son capaces de reproducir una frecuencia de referencia con una desviación relativa no mayor que $3.E-11$.

En lo que tiene relación con la tolerancia de deslizamientos que soporta una RDSI, podemos decir que están supeditados a las exigencias del servicio menos tolerante a los deslizamientos. Así tenemos que para canales de 64 Kb/s no es permitido más que 1 deslizamiento cada 5 horas (equivale a una desviación relativa de frecuencia de $7 \cdot 10^{-9}$). Sin embargo debido a que solo una parte de la tasa de deslizamientos es atribuida a impresiones de sincronismo, la CCITT, por medio de la Recomendación G-811 ha impuesto una tasa más drástica, sugiriendo una tasa máxima de 1 trama deslizada cada 70 días.

En lo que tiene relación con las tolerancias máximas para el jitter y el Wander, diremos primero que estas impresiones son determinadas como un Error de Intervalo de Tiempo, es decir como una desviación máxima de fase, dada por una diferencia de tiempo máxima permitida, medida en un período de longitud dada a la frecuencia de la red. El máximo valor de Wander permitido es de 11 us en un período de 70 días.

CAPITULO III

DISEÑO DE LA NUEVA RED

3.1. Configuración del Sistema.

La red de la Base será implementada en pasos sucesivos y graduales, de tal manera que los cambios implementados sean transparentes a los usuarios. En una primera fase la función de procesamiento de datos será incorporada dentro del sistema de conmutación digital telefónico de la Base formando una Red Digital Integrada. Posteriormente, cuando los requerimientos de transferencia de información o de archivos largos, demanden la incorporación de interfases de transmisión a velocidades más rápidas, se deberá cambiar el equipo de línea y las interfases respectivas, para formar una Red Digital de Servicios Integrada a 64 Kb/s; donde cada usuario tenga 3 canales integrados: 2 a 64 Kb/s y 1 canal a 16 Kb/s. Finalmente, en la medida del desarrollo evolutivo que sufra la estructura de la red pública; y, por sobre todo, del requerimiento que tenga la Base de Servicios de más alta velocidad, se deberán incorporar a la red los servicios de Banda Ancha, conservando tantos servicios e interfases de la red anterior, para edificar lo que se conoce como una Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha.

El lapso de tiempo que debe haber entre fase y fase no es fijo y determinado; sino que más bien este depende de los requerimientos y de la urgencia que tenga el usuario para implementar determinados servicios. Inclusive podría obviarse la primera fase, para conformarse directamente una RDSI de Banda Estrecha; sin embargo, para este presente estudio revisaremos la implementación de cada uno de las fases, como también realizaremos el diseño detallado y el análisis económico para la implementación de una red de comunicación de datos.

Un resumen de los principales servicios ofrecidos actualmente y la fase respectiva en la que se puede implementar, se encuentra en el Cuadro N^o 3.1.

	RDI	RDS1*	RDS1**
	1ERA. FASE	2DA. FASE	3ERA. FASE
1. Comunicación de Datos (Rata < 16 Kb/s)	X		
2. Correo de Texto, de Voz	X		
3. Facsimil, Correo de Facsimil	X	X	
4. Comunicación de Datos por conmutación de Circuitos y Paquetes (16 Kb/s < Rata < 2048 Kb/s)		X	
5. Videotex		X	X
6. Videotelefonía, Video- conferencia			X

* de Banda Estrecha

** de Banda Ancha

Cuadro N^o 3.1. Servicios que pueden ser implementados en cada Fase.

3.1.1. Nuevos Servicios Requeridos.

La Base requiere esencialmente los servicios de Comunicación de Datos entre terminales, como ya dijimos, para enlazar los terminales dispersos en la Base y aquellos por implementarse. Dentro de este servicio debe considerarse de utilidad la incorporación del llamado correo de texto que permita dejar y recuperar mensajes de texto.

La principal característica de este servicio, es que deberá ser implementada no como una red dedicada, sino más bien incorporada dentro de los servicios de conmutación digital (servicios de voz y datos).

La transmisión de datos a través del sistema de conmutación de circuitos (transmisión de datos conmutados) es apropiada para el tráfico de datos relativamente de larga duración, pero solicitado en forma poco frecuente; en cambio que la transmisión de datos de paquetes conmutados es apropiado para solicitudes de transmisión frecuentes, pero de sesiones de duración corta.

De allí que la incorporación adicional del sistema

de conmutación de paquetes a la red de la Base deberá ser hecho en línea con la implementación del enlace digital de las Centrales NEAX a nivel nacional, de tal manera que pueda ser aprovechada no solamente la característica enunciada, de la conmutación de paquetes, sino otras (por ejemplo, las de control de flujo) que solamente tienen sentido en una red con varios nodos (Centrales) de comunicación. La transmisión con estas características ofrecería una comunicación de datos de más alta velocidad y más alta calidad.

3.1.2. Dispositivo de la Red.

3.1.2.1. Redes Dedicadas y Redes Integradas.

En la actualidad la transmisión y procesamiento de datos puede ser realizado en dos dispositivos, de acuerdo a si la red transmite los datos de 1 solo servicio o transmite de varios servicios. El primer problema que se plantea al diseñador de una red de datos, es escoger entre una de estas configuraciones la que más se ajuste a sus requerimientos. Una Red dedicada enlaza los diversos terminales de usuario a través de un medio de transmisión que servirá "exclusivamente" para soportar el tránsito de los datos transmitidos/recibidos por cada uno de estos terminales. Son ejemplos de este tipo aquellas redes en forma de bus que accesan al medio en forma aleatoria (CSMA/CD) permitiendo velocidades de transmisión altas; o también aquellas en forma de bus o anillo, pero cuyo acceso al medio de transmisión no es aleatorio sino plenamente determinístico, por medio de una trama llamada TOKEN que autoriza la transmisión a aquel terminal que la posee, a velocidades relativamente altas (TOKEN RING).

En general las Redes dedicadas fueron diseñadas para la interacción de terminales de datos a velocidades de transmisión del orden de los Mb/s; aunque ocasionalmente pueden manejar bajas ratas de bits.

Este tipo de red no es la que buscamos para nuestro diseño; sino más bien buscamos que tenga las características de una Red Integrada.

El dispositivo a implementarse en la Base tendrá la configuración de una Red Integrada de Voz y Datos que utilizará la misma planta de líneas de cobre; haciendo de esta manera que los requerimientos de red sean mínimos, como también los de control de acceso, pues la gestión de conmutación, señalización y supervisión es ejecutada por

la central telefónica.

Las características más importantes de este tipo de configuración pueden ser resumidas de la siguiente manera:

a.- Utiliza las líneas en forma más eficiente, puesto que esta modalidad permite el uso de líneas en forma compartida.

b.- Facilita la ampliación de la red de la manera más económica y más simple.

c.- Facilita la conexión de un mayor número de terminales a la computadora HOST a través de la conexión al PBX.

d.- Permite la conexión de un terminal a varios HOST conectados a la red, mejorando la utilización de las Bases de Datos. De igual modo la comunicación de mensajes entre computadoras es posible.

e.- Permite que los programas, datos y aparatos de entrada -- salida (impresores) puedan ser compartidos entre ellos.

3.1.2.2. Topología de la Red.

Los equipos terminales pueden ser conectados al medio de transmisión de varias maneras: EN ANILLO, cuando cada uno de los terminales está unido al medio de transmisión por medio de repetidoras activas. La información fluye en una sola dirección y para aumentar la confiabilidad de este tipo de dispositivo es necesario conectar un anillo duplex. EN BUS/ARBOL, cuando al medio de transmisión van unidas todas las estaciones, mediante un interfase adecuado, la transmisión de una estación se propaga por toda la red y puede ser recibida por cualquier equipo conectado a la red. Este dispositivo no es más que una generalización del dispositivo anterior.

Estas topologías, en general, son más apropiadas para redes de datos dedicadas, en las cuales se pueden manejar velocidades superiores a varios Mb/s, con técnicas especializadas de acceso al medio: TOKEN RING para el dispositivo en anillo y CSMA/CD o TOKEN BUS para el dispositivo bus/arbol. Vimos ya, sin embargo, que ninguna de estas configuraciones es apropiada para nuestro propósito de formar una Red Integrada.

Las Redes Integridas (tomando como base un PBX digital) toman la misma configuración del PBX; esto es la configuración en ESTRELLA. En esta topología el PBX hace de nodo central, realizando las funciones de conmutación entre los terminales conectados al mismo.

La concentración casi total de las funciones de comunicación en este nodo central constituye, sin embargo, la gran debilidad de esta arquitectura, pues una falla de este aísla a todas las estaciones. De allí que el PBX deberá estar protegido, de posibles cortes de energía por medio de un sistema de baterías y de un grupo electrógeno que permita su funcionamiento ininterrumpido; de igual modo estará protegido contra posibles fallas de funcionamiento por medio de un diseño redundante de la circuitería crítica: circuitos de control, Unidad de Procesamiento Central, los circuitos de memoria, etc; aumentando la confiabilidad del PBX o nodo central de esta arquitectura.

Las ventajas que se obtendrán con el uso de esta red son:

- a.- No necesita de control de acceso al medio y los requerimientos de red serán mínimos, pues se utilizará la misma planta de líneas tendidas para el servicio de telefonía.
- b.- Permite la utilización más eficiente de las líneas, debido al uso compartido de las mismas por las señales de voz y datos.
- c.- Permite al procesamiento compartido, de la carga o trabajo generado de los varios terminales, en los varios HOST conectados a la red.
- d.- Permite la utilización compartida de los recursos de la red por parte de los varios usuarios (facilidades de procesamiento, programas o bases de datos, impresoras, etc.)

3.1.2.3. Ubicación de los Terminales.

La ubicación de los terminales se detalla en el Cuadro N^o 3.2., la instalación se realizará dentro de cada una de las oficinas; las computadoras para los Comandantes y Jefes de Sección serán enlazadas al PBX a través de un teléfono multifunción por medio de un Adaptador de Datos (AD) para comunicaciones de voz y datos, en cambio que los terminales con capacidad de comunicación de datos serán conectados por medio de

un Módulo de Datos (MD).

En el Edificio NQ8 estará ubicado el Centro de Computo, en el que deberá ser instalado 1 computador HOST y 2 terminales uno en línea a través del Dterm. y otro fuera de línea (conectado directamente al HOST) para pruebas y chequeos; así como para comunicación con la HOST en la eventualidad de una falla del PBX.

En el Edificio NQ4 tendremos un terminal para el Jefe de la Sección y otro con capacidad, únicamente, de comunicación de datos para manejo de personal subalterno.

En el Edificio NQ7 deberá ser adecuada la infraestructura para un laboratorio de computadoras personales, las mismas que estarán unidas en forma multipunto por medio de un adaptador de datos al PBX.

El resto de Edificios tendrán la configuración común de terminales de datos unidos al PBX por medio de un AD o MD. (Para mayor detalle ver el cuadro 3.2 y el plano respectivo)

	<u>año 0</u>	<u>año 1</u>	<u>año 5</u>
Computadoras Personales	10	12	5
Impresoras	10	12	5
Host	1		
Adaptadores de Datos	9		4
Teléfono Dterm.	9	2	4
Terminales	--	1	
Módulo de Datos	1	2	1

3.1.2.4. Red de Cable Metálico.

Habíamos dicho que la gran ventaja de este tipo de Red Integrada, es que la demanda de nueva red va a ser pequeña o nula, pues vamos a utilizar la misma planta de líneas de cobre tendidas actualmente. En el Capítulo II dentro de las características de los cables metálicos, vimos (Cuadro NQ 2.11) que los cables telefónicos de diámetro 0.4 a 0.8 mm., a 20°C y 100 KHz, tienen atenuaciones que van de 8 a 18 dB/Km, por lo que serían suficientes para soportar las velocidades usuales que se manejan; inclusive para velocidades de 64 Kb/s típicas del acceso básico en la RDSI de banda estrecha, por lo que una introducción a esta no implicaría, todavía, mayores cambios en la planta de líneas de cable metálico (para mayor detalle del dispositivo de la red de cable metálico ver el plano respectivo).

UBICACION	PC		IMPRESORA		TERMINALES		HOST		INTERF.		DTERM.	
	INI.	ANO1	INI.	ANO1	INI.	ANO1	INI.	ANO1	IN.	ANO1	IN.	ANO1
EDIFIC. NQ1	1		1						AD		1	
EDIFIC. NQ2	1		1						AD		1	
EDIFIC. NQ3	1		1						AD		1	
EDIFIC. NQ4	1		1			1			AD MD		1	--
EDIFIC. NQ5	1		1						AD		1	
EDIFIC. NQ6	2	1	2	1					2AD		2	1
EDIFIC. NQ7		11		11						MD		1
EDIFIC. NQ8	2		2				1		1AD 1MD		1	
EDIFIC. NQ9	1		1						AD		1	
TOTAL	10	12	10	12		1	1		9AD 1MD	2MD	9	2

AD: Adaptador de Datos
MD: Módulo de Datos

Cuadro NQ 3.2. Distribución del Equipamiento

Las características eléctricas y la longitud de la línea de abonado, para una atenuación permisible de 20 dB a 100 KHz, se encuentra calculada en el Cuadro N^o 3.3.

Característica	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5
Diámetro (mm.)	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
Resistencia (ohmios /Km)	140	89	62	46	38
Capacitancia mutua (uF/Km)	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052
Atenuación a 100KHz (dB/Km)	18.0	15.0	12.4	10.0	8.0
Atenuación a 1 MHz (dB/Km)	57.2	47.7	39.5	31.8	25.4
Longitud del lazo de abonado a 100KHz (Km)	1.1	1.3	1.6	2.0	2.4

Cuadro N^o 3.3 Características Eléctricas de los Cables Telefónicos.

3.1.2.5. Programación.

Por ser el PBX una Central Digital controlada por programa almacenado, la modificación de las características de funcionamiento se realiza a través de un MAT (Terminal de Administración y Mantenimiento). A través de este pueden ser programados los puertos terminales de Datos con una gama muy amplia de características para los equipos terminales de Datos, que van a ser conectados.

Así tenemos dos tipos de características: Fijas y Variables. Dentro de las características fijas, que son almacenadas como datos de la Central están: el tipo de Información (Voz, datos, fax, telex, teletex, imagen), Protocolo de Conexión (X.20, X.21, V.24 serie 200, etc), Protocolo de Control de Transmisión (Sincrónico sin protocolo, X.25, X.75 IBM SDLC (3270 HOST), teletex, telex, fax, etc.). Dentro de las variables tenemos principalmente: Número del Modem de entrada/salida, Velocidad de Transmisión (50 b/s a 19.2 Kb/s asincrónica, 48 Kb/s a 64 Kb/s sincrónica), control de paridad, formato sincrónico o asincrónico, transmisión half o full duplex,

etc; estas últimas pueden ser variadas a discreción del usuario, a través del terminal o del teléfono multifuncional (Dterm).

3.1.3. Funcionamiento del Sistema.

A breves rasgos vamos a describir el funcionamiento de todo el sistema, desde el modo de acceso del abonado hasta el proceso de conmutación y el de control y supervisión.

3.1.3.1. Transmisión Asincrónica/Sincrónica.

La red local de la Base va a integrar equipos de voz y datos que funcionan con velocidades de transmisión diferente. Los terminales de datos pueden ser programados (como vimos anteriormente) para transmitir a diferentes ratas y en un formato asincrónico o sincrónico.

La transmisión asincrónica es aquella que transmite bloques de datos de información precedidos de bits de arranque y terminados con bits de parada. Es el tipo de formatos que usarán los terminales de la red de la Base debido a su flexibilidad para acomodarse a la transmisión de ratas de datos variables: altas ratas se transmiten bit tras bit y bajas ratas aumentando el intervalo desocupado entre bits. Sin embargo este formato debe ser usado para ratas de transmisión menores a 19.2 Kb/s, puesto que la imprecisión con que es tomada la fase inicial y la diferencia de los relojes de transmisión-recepción provocan un aumento de la rata de error en la medida con que aumenta la velocidad de transmisión.

Velocidades de 48 Kb/s a 64 Kb/s utilizarán un formato sincrónico; esto es, la transmisión de datos continua. Este tipo de transmisión supone la sincronización del reloj de muestreo local, por medio de las transiciones de la señal de entrada (0 a 1, 1 a 0); por lo cual el sistema asegura una adecuada densidad de transiciones por medio de algunas técnicas: Restricción del código fuente, Bits dedicados al sincronismo, Inserción de Bits, Mezclado de datos y bits forzados a error.

Más adelante se verá como algunos interfases y códigos de línea utilizan estas técnicas para la Sincronización de trama o multitrama, por eso les describiremos brevemente.

Restricción del Código Fuente, se relaciona con fuentes que impiden la transmisión de bits con largas cadenas sin transiciones.

Bits dedicados a Sincronismo, son aquellos que impiden que en una ranura de tiempo de 8 bits no haya por lo menos una transición.

Inserción de Bits, es utilizada para impedir que los datos de una fuente tenga más de 7 ceros seguidos, insertando un 1 como octavo bit.

Bits Forzados a Error, consiste en que el terminal de transmisión puede forzar un bit a error para impedir una larga cadena sin transiciones.

Mezcla de Datos, para aleatorizar las cadenas de ceros, relativamente cortas, para tener una adecuada densidad de transiciones.

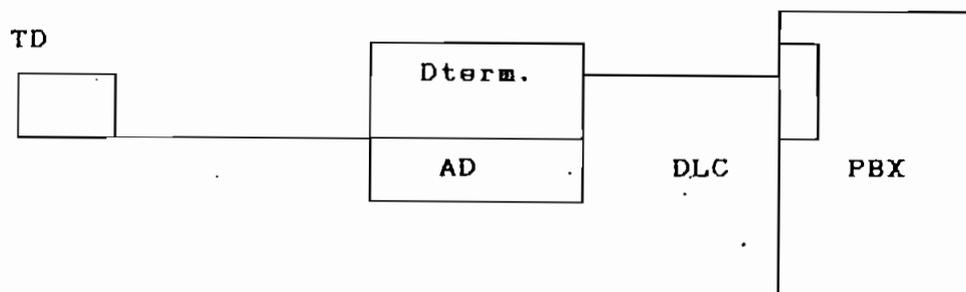
El formato sincrónico será utilizado para transferencia de bloques de información largos o en ambientes ruidosos donde el otro formato provoque tasas de error altas; o también en las líneas de alta velocidad a 2048 Kb/s que podrían ser incorporadas a la red para enlazar el PBX con la HOST o para el enlace con otra PBX a través de un multiplex de salida de 30 canales, que será implementado una vez se emprenda la edificación de una red nacional.

3.1.3.2. Línea de Abonado.

Esta compuesta por el equipo terminal de datos, conectado al Adaptador de Datos que proporciona un interfase RS-232C asincrónico (V.24 - Serie 100). Los datos son ensamblados conjuntamente con las señales de voz y transmitidos a través de la línea de abonado del Dterm. (2 pares) hacia el terminal de línea que se encuentra incorporado dentro de la Central Telefónica. (Fig. 3.1.)

Los terminales de datos pueden establecer contacto para las llamadas salientes por medio de operaciones manuales sobre el Dterm; en cambio que las llamadas entrantes para el terminal de datos (conectado al Dterm) es

contestado por operaciones normales del mismo, pudiendo también ser realizado automáticamente.



TD Terminal de Datos
AD Adaptador de Datos
Dterm Teléfono Multifunción
DLC Circuito Terminal de línea de Datos

Fig. 3.1. Línea de Abonado de Voz y Datos

Con el terminal de datos conectado al Dterm, las comunicaciones de voz y datos pueden realizarse simultáneamente o también en forma separada.

Si la conexión del Dterm a la Central telefónica es realizada a través de la red de cable, las longitudes de los lazos de abonado serán las que se detallan en el Cuadro 3.3. La alimentación al Dterm es realizado desde el PBX; en cambio que el terminal y el adaptador de datos son alimentados desde la red normal de 110 VAC.

3.1.3.3. Acceso a la HOST.

Un abonado que requiera una conexión de datos, únicamente, se conectará al PBX por medio de un Módulo de Datos (DM), que puede manejar las llamadas salientes automáticamente y controlar las llamadas entrantes automáticas o manuales.

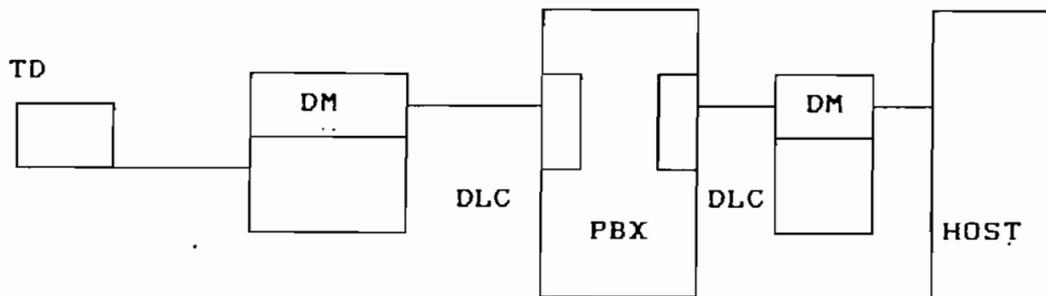


Fig. 3.2 Acceso de Abonado a HOST

DM Módulo de Datos

De modo similar se realiza la conexión entre el PBX y la HOST, completándose la conexión entre el abonado terminal y la HOST.

El Módulo de Datos puede ser instalado cerca del terminal de datos y la conexión de aquel con el PBX se realizará a través de la red de cable metálico (2 pares). El enlace de datos entre el TD y el DM tendrá un formato RS-232C y desde el DM al PBX un formato igual o equivalente (V.24-serie 100 o 200), que permita tasas de acceso entre 50 a 9600 b/s. de modo asincrónico.

En modo similar será realizado el enlace de datos entre el PBX y el HOST, a través de un DM con protocolo V24-Serie 200 que permita llamadas entrantes y salientes automáticas. (Fig. 3.2.)

Como, antes la longitud máxima de conexión entre el DM y el PBX estará de acuerdo a la información del cuadro 3.3.

3.1.3.4. Commutación.

El procesamiento de la señal de voz y datos conserva la misma forma y características de como se procesa la señal de voz en un conmutador digital. Esto es la señal de voz y datos es ensamblada dentro de los AD y DM y transmitida en forma serial hacia el conmutador digital,

donde es multiplexada y conmutada. La central NEAX IMS 2400 de la Base procesa las señales por medio de una etapa temporal contenida en 1 sola tarjeta llamada conmutador por División de Tiempo (Time División Swith: TDSW), al que llegan de cada PIM 192 ranuras de tiempo, para totalizar una capacidad máxima de manejo de 768 ranuras de tiempo (que en su mayoría son ranuras de abonado telefónico).

La conmutación entre 2 canales A y B se realiza con la ayuda de 2 localidades de memoria para cada canal (localidad de datos y de direcciones) en 2 tiempos: uno de escritura y uno de lectura. En el tiempo de escritura se escriben la información y la dirección del canal con el que se desea comunicar; en cambio en el de lectura se lee secuencialmente la información de las localidades de datos indicadas por la memoria de direcciones. Si a este esquema se suma un multiplexor para la transmisión y su demultiplexor para la recepción, se tiene completo el esquema del conmutador temporal sin bloqueo (NON-BLOCKING).

3.1.3.5. Codificación.

En general se usa para la transmisión sincrónica como medio para evitar largas cadenas de ceros y proporcionar una adecuada densidad de transiciones (como ya habíamos visto).

Adicionalmente, la codificación de línea de usa como medio para evitar la componente DC que no puede ser soportada por la línea y que causa errores.

Entre los códigos más importante tenemos los siguientes:

NRZ (Sin Retorno a Cero), codifica los 1s, 0s como pulsos positivos y negativos, sin embargo subsisten las largas cadenas de 1s, 0s y por consiguiente la componente DC eliminada produce la confusión entre los 2 niveles; y, con ello, el aumento de los errores.

Código Bipolar, se denomina también Código de Inversión de Marca Alternativa (AMI), codifica el 0 como cero voltaje y el 1 como voltajes alternativamente positivos y negativos. Proporciona un alto contenido de sincronismo y elimina la componente DC, pero no previene las largas cadenas de ceros (se toleran cadenas no mas largas que 15 ceros).

Las ventajas adicionales de este código reside en las facilidades de monitoreo de funcionamiento, que proporciona la observación de las "violaciones bipolares" cuando ocurre un solo error; las mismas que pueden ser utilizadas para marcar las tramas TDM, condiciones de alarma o códigos especiales.

Código BNZS (Código de Substitución Binaria de N ceros), complementa al anterior y previene las largas cadenas de N ceros, substituyéndolas con un código de longitud N conteniendo varios pulsos con "violaciones bipolares" (a propósito) de tal manera que en el receptor son reconocidas y substituidas por la cadena de ceros correspondiente.

Esta clase de codificación es a menudo utilizada en los enlaces digitales como veremos (Ejm. código HDB3)

Código Manchester, codifica un 0 con una onda cuadrada con una fase y un 1 con la fase opuesta, aumentando las transiciones de sincronismo a expensas del aumento del ancho de banda.

Código de Inversión de Marca Codificada, codifica el 1 con pulsos alternados positivos y negativos; un 0 como una señal cuadrada de frecuencia doble a una determinada fase. Si bien este código elimina la ambigüedad entre 1 y 0, en cambio desmejora el error de funcionamiento.

En general podemos decir que en enlaces de alta velocidad (2 Mb/s) serán utilizadas aquellos códigos que proporcionana una alta densidad de transiciones para mejorar el sincronismo y disminuir la tasa de error.

Por esta razón el enlace, de ser necesario, entre el PBX y la HOST a 2048 Kb/s o del PBX al multiplex de entrada/salida también a 2048 Kb/s será codificado en AMI complementado con el HDB3 (Código Bipolar de alta Densidad de Orden 3).

3.1.3.6. Enlaces PCM a 2048 Kb/s.

Serán realizados tanto para unir el PBX con la HOST (en este caso solamente si fuere necesario) como para integrar al PBX dentro de una red nacional que una a los PBX de las otras Bases.

La interconexión del PBX con la HOST por medio de un enlace multiplex PCM de 30 canales, no será realizada inicialmente, sino únicamente si la configuración inicial, descrita para la red de la Base (esto es terminales de datos accediendo asincrónicamente a la HOST, unida a la Central mediante una línea, también asincrónica) llegará a ser insuficiente, debido al excesivo tiempo que los terminales deben esperar para acceder a la HOST, debido a una excesiva demora en la transferencia de archivos o información, como también debido al crecimiento del número de terminales unidos a la red.

El otro caso corresponde a un Radioenlace a 2048 Kb/s que conecta al PBX de la Base con los otros PBXs. Este enlace será únicamente realizado en línea con la implementación de una Red Digital a Nivel Nacional.

El enlace, para el caso de unir el PBX con la HOST será realizado a través de línea física y para el caso de unirle a una red nacional será un enlace de radiotransmisión. En todo caso sus características serán aquellas normalizadas para este tipo de Canalización.

Así, por ejemplo, para el sistema PCM30, tenemos que la trama de la señal digital, esta formada por el entrelazado de 30 canales (de 8 bits cada uno) de información y 2 canales adicionales (cada 256 us) para entramado y señalización. La señal de alineación de trama (0011011) es transmitida en el canal 0 de las tramas pares; en cambio que en el intervalo de tiempo 17 se transmite tanto la señal de multitrama (16 tramas), como la señalización asociada al canal.

3.1.3.7. Control y Supervisión:

En general la información transmitida asincrónicamente no es objeto de codificación; no así aquella de los enlaces PCM a 2048 kb/s. Como es objeto de un estudio posterior el diseño de los radioenlaces digitales para integrar las centrales de todas las Bases, únicamente nos limitaremos a decir que la presencia de ruido en los canales de transmisión o de defectos en el transmisor o el canal de transmisión son sentidos por la medición de la Tasa de Bits de error (BER). Para el código AMI complementando con el HDB3, los niveles de la señal de recepción mínimas deben cumplir con la relación señal a ruido mayor que 14 dB, asegurando de esta manera un BER menor que $1.E-6$. Sin embargo para el diseño será escogido

un BER mucho menor para prevenir cualquier variación del margen máximo del BER producido por una variación de la relación señal a ruido.

3.1.4. Equipo Auxiliar.

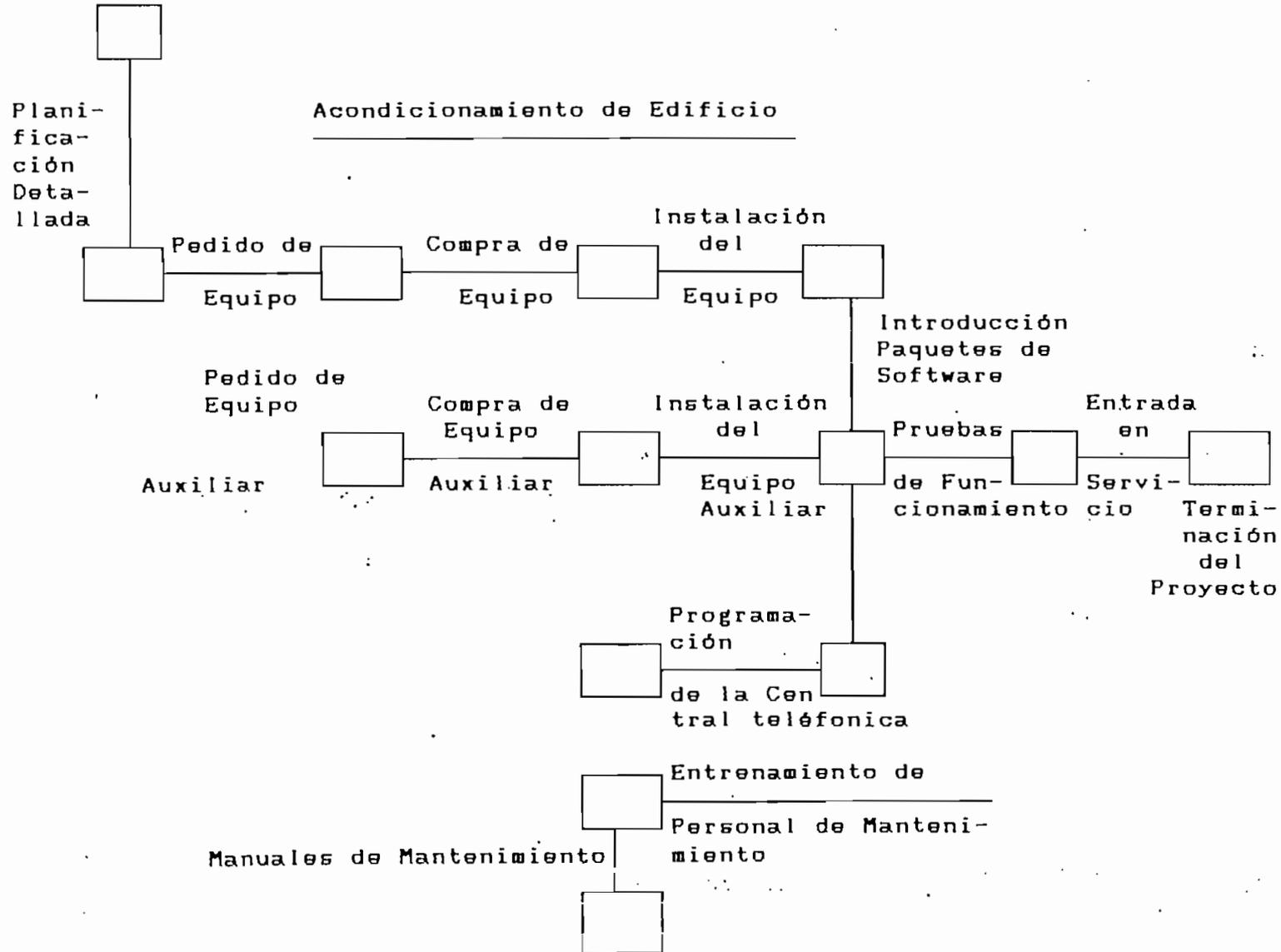
El sistema ha sido configurado con sus principales interfases y equipo terminal. A este esquema hay que adicionar algún equipo auxiliar como aparatos telefónicos, planta electrógena y UPs.

Los aparatos telefónicos para voz y datos deben garantizar niveles mínimos de recepción. En casos de líneas de abonado largas o ruidosas se requerirán aparatos más sensibles o se podrán unir dos o más pares de conductores para disminuir la atenuación. El PBX deberá garantizar su continuidad de funcionamiento por medio de un sistema de baterías que es común, complementado con una planta electrógena. El centro de computo deberá ser protegido de cortes o interrupciones de energía, con un UPS complementado, de igual modo, con una planta electrógena que podrá ser la misma que alimenta al PBX. Finalmente los terminales de datos deberán ser protegidos con UPs de los cortes de energía.

3.1.5. Adecuación de las Instalaciones.

La administración del sistema de procesamiento de datos basado en la Central Telefónica NEAX 2400 IMG, genera el requerimiento de dirección coordinada del sistema, entre los técnicos en Informática y los de Telecomunicaciones. De allí que es necesario adecuar un pequeño local donde funcione el Centro de Computo, adyacente a la Central Telefónica, en el que se instale la HOST y pueda ubicársele al personal de administración del centro. Para estos fines bastará con una edificación de unos 50 m². (Una secuencia del desarrollo del proyecto así como el respectivo cronograma de actividades se encuentran detallados en las figuras 3.3 y 3.4)

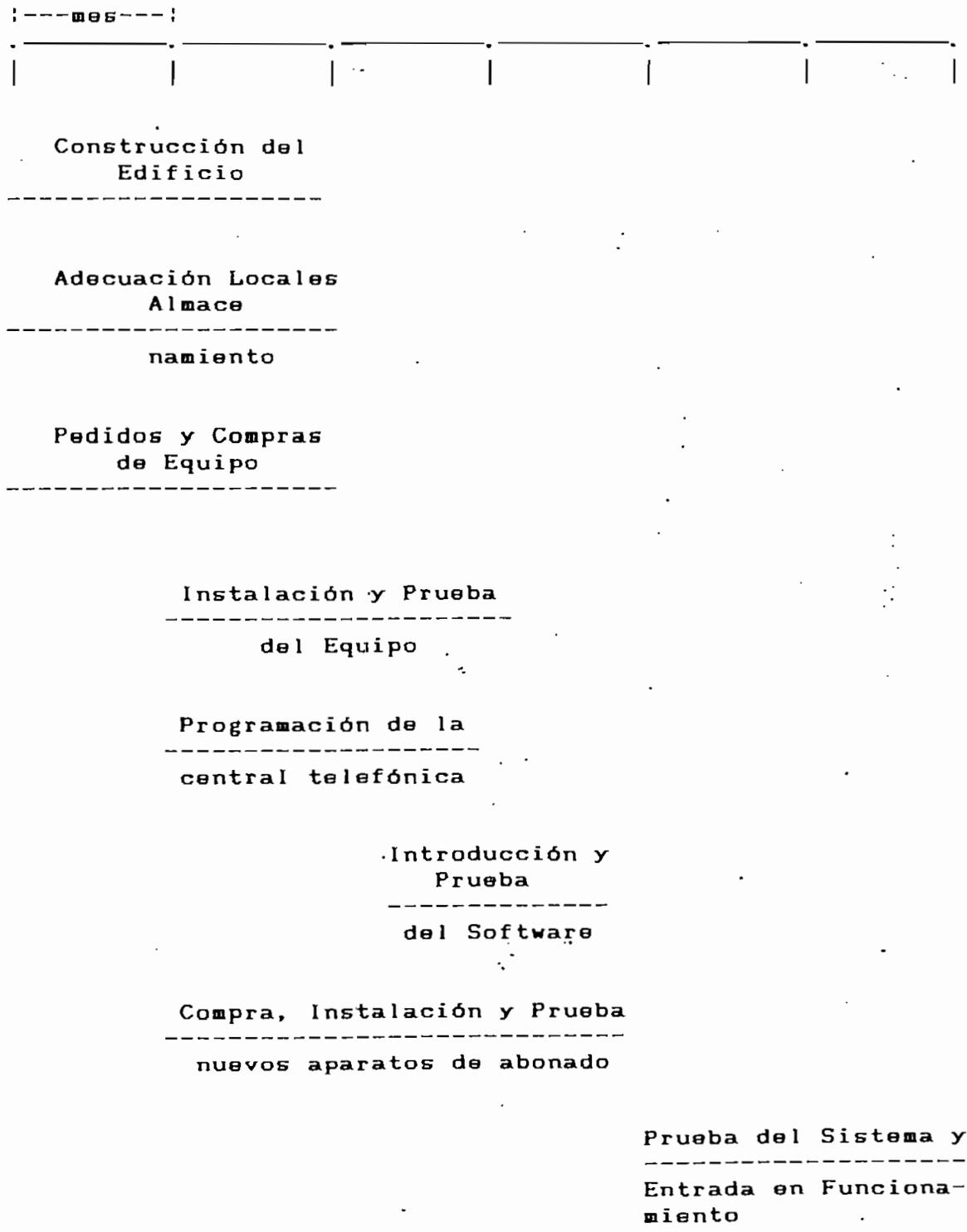
INICIACION DEL PROYECTO



66

Fig 3.3. Esquema de Desarrollo del Proyecto.

Fig. 3.4. Cronograma de Actividades del Proyecto



3.1.6. Planos.

Contiene la ubicación de los equipos terminales de datos y de red, a instalarse dentro de cada uno de los edificios de la Base, la ubicación de la HOST, del PBX y del laboratorio de computación que será implementado. Así mismo contiene la red de cable metálico a través de la cual se enrutarán las señales hacia el nodo central (PBX). (Estos dos planos se encuentran anexos al presente trabajo).

3.2. Dimensionamiento del Sistema.

3.2.1. De los Equipos Terminales de Datos

Como se detalla en el Cuadro 3.2., hasta el fin del año 1, el sistema a implementarse requerirá de 22 equipos terminales de Datos (Computadoras Personales), 1 Terminal (sin capacidad de procesamiento) y 22 impresoras; distribuidas de acuerdo a como se detalla en el cuadro y cuya localización física se encuentra determinada en el Plano respectivo. A este esquema debe agregarse la computadora HOST ubicada en el Centro de Computo por construirse (edificio N°8).

Los equipos terminales de datos son de 2 clases: Computadoras Personales, para las oficinas de los Comandantes y Jefes de Sección, con la "inteligencia" suficiente para generar, editar y procesar la información; y, los terminales simples sin capacidad de procesamiento, pero si de ingreso, recuperación y exhibición de datos. La HOST, en cambio será una computadora central con capacidades de almacenamiento y procesamiento superiores a los simples terminales inteligentes, con el fin de que sea capaz de almacenar los programas operativos, los paquetes utilitarios y los grandes archivos de utilidad común.

Las Computadoras Personales deberán tener una memoria principal capaz de procesar archivos de hasta 2 MB; por ejemplo bases de datos de 10.000 líneas de artículos con 10 campos de 20 caracteres mínimo.

La memoria secundaria, en disco duro deberá ser capaz de almacenar varios archivos y varios paquetes de aplicación en que "corren" dichos archivos. Por eso una memoria entre 15 a 20 MB sería conveniente.

La HOST, en cambio, deberá ser capaz de procesar varios archivos de allí que una memoria principal inicial de 8 MB expandible y una memoria de almacenamiento en disco inicial de 640 MB expandible será suficiente.

3.2.2. De los Equipos de Línea e Interfases.

Para implementación del sistema se necesitarán unos 9 Adaptadores de Datos y unos 3 Módulos de Datos. (Hasta el fin del año 1, de acuerdo al Cuadro 3.2).

Los Adaptadores de datos se acoplarán a los teléfonos Dterm y podrán ser escogidos para una gama de velocidades desde 50 b/s asincrónico hasta 56 Kb/s sincrónico. Como se había previsto inicialmente (hasta cuando haya necesidad de aumentar la velocidad de comunicación) se utilizarán adaptadores asincrónicos capaces de velocidades entre 50 b/s a 9600 b/s con formato RS-232C/V-24-100 que puedan conectarse (cuando sea requerido) a una combinación de modems a ratas en esta gama.

3.2.3. De los Cables.

El principal condicionamiento que debe cumplir la planta de Cables Metálicos de la base es que para lazos de abonado no mayores que 1,5 Km, su atenuación a 100 KHz (escogido con el fin de que se puedan enrutar señales sincrónicas de 56 o 64 Kb/s cuando sea necesario) no sea mayor que 20 dB, que corresponde a aquel valor máximo tolerable entre el PBX y el aparato terminal.

Por ello suficiente será considerar cables multipares de 0.6 mm. de diámetro (Cuadro 3.3.). Este mismo cable puede utilizarse para enlazar el PBX con la HOST a velocidades de transmisión a 2048 Kb/s, pero a distancias menores que 1 Km (que serán posibles si el centro de computo se construye adyacente a la Central Telefónica).

3.2.4. Otro Equipo.

Construido el Centro de Computo, adyacente a la Central Telefónica se puede utilizar una planta eléctrica común de unos 8 KW para alimentar los equipos y quede cierto margen para los circuitos de alumbrado y tomacorrientes de ambos locales. De todas maneras será necesario proveer un UPS para alimentar el equipo de

computación del Centro, de tal manera que no afecten los cortes de energía a la información que se este procesando. Bastará con un UPS de máximo 1 Kw con un tiempo de conmutación de alrededor de unos 50 ms. De igual manera los equipos terminales (PCs) deberían conectarse o tener incorporado un UPS de potencia adecuada y velocidad de conmutación similar. Además se deberá considerar reguladores de voltaje de potencia adecuada, pero con una velocidad de respuesta menor a 10 milisegundos.

Las conexiones eléctricas deberán ser realizadas con un cable de sección mayor o igual que el AWG#12 y sus tomacorrientes deberán ser polarizados de 3 elementos (fase, neutro y tierra), de tal manera que se tenga una tensión de $115\text{ V} \pm 5\%$ 60 Hz, con un voltaje entre neutro y tierra menor que 5 V.

Las condiciones ambientales en que deben ser instalados los equipos del Centro de Computo (Especialmente observadas en los climas cálidos-húmedos) son:

- . Temperatura 10 a 30 grados Centígrados.
- . Humedad Relativa 30% a 70% sin condensación.

El ambiente debe ser libre de polvo, con buena circulación de aire, evitando instalar los equipos sobre materiales que generen electricidad estática (alfombras).

3.3. Características Técnicas de los Equipos y Materiales

3.3.1. De los Equipos Terminales de Datos (ETD)

Computadores Personales (PCs)

. Memoria Principal	2 MB
. Disco Duro	20 MB (mínimo)
. Unidad de Diskette	5.25" y 3.5"
. Velocidad del Procesador	10 MHz (mínimo)
. Puerto de Comunicaciones	Serial/Paralelo
. Sistema operativo	D.O.S. 3.3 (o equivalente).

Terminales de Exhibición (no Inteligentes)

. Número de Caracteres de Exhibición.	1500 (mínimo)
---------------------------------------	---------------

- . Puerto para Impresora 1
- . Interfase de Comunicación Asincrónica (8 bits) RS-232C (V.24)

Impresoras

- . Velocidad de Impresión 320 caracteres/segundo
- . Número de Columnas 132

Host

- . Memoria Principal 8 MB (expandible)
- . Memoria de Disco 640 MB (expandible)
- . Drive para Diskette 1
- . Drive para Cinta 1
- . UPS (incorporado) 1
- . Capacidad de Procesamiento Compartido.

Adaptador de Datos/Modulo de Datos

- . Velocidad de Datos 50 a 9600 b/s
- . Tipo de Transmisión Asincrónica.
- . Interfase RS 232C/V.24-100
- . Manera de Conectarse Teclado por teléfono o Discado por computadora.

3.3.2. De los Cables y Equipo Auxiliar.

Del Cable Multipar

- . Diámetro 0.6 mm.
- . Resistencia 62 Ω /Km.
- . Capacitancia mutua 0.052 μ F/Km.
- . Atenuación a 100 KHz 12.4 dB/Km.
- . Atenuación a 1 MHz 38.5 dB/Km.

De la Planta Electrógena

- . Potencia 10 KVA
- . Factor de Potencia 0.8
- . Número de Fases 1

Del UPS

- . Potencia 1 Kw.
- . Velocidad de Commutación 50 ms.

Del Regulador de Voltaje

.. Velocidad de Respuesta	10 ms.
. Potencia	1 Kw.

3.4. Perspectivas de la RDSI

El diseño realizado de la Red Local de Procesamiento de Datos, integrada a la Red Telefónica Digital de la Base, fue realizado con el objetivo de que esta red gradualmente vaya incorporando nuevos servicios, facilidades y tecnologías hasta que la misma tome la dimensión de una RDSI.

3.4.1. RDSI a Nivel Nacional.

El presente estudio únicamente abarcó la configuración local (internamente en la Base) incipiente de la RDSI; sin embargo no esta por demás, dejar planteadas algunas ideas sobre como debería evolucionar la Red configurada, hasta el nivel de RDSI.

La Incorporación de la función de Datos, dentro de la red local, tiene relativa utilidad, si es que no se la repotencia con el enlace digital de las Centrales NEAX a nivel Nacional.

3.4.1.1. Rasgos sobre la implementación.

En el Cuadro 1.3 vimos que el número de canales requeridos con el que debe enlazarse el PBX a la Red a Nivel Nacional es apenas 8 luego de 10 años, si es que se mantiene la previsión lineal de un 10% de crecimiento para una probabilidad de Bloqueo del 10%. Esto puede satisfacerse con un enlace digital PCM del Multiplex TDM de salida.

Si una previsión similar se hiciera para los otros Repartos se podría deducir el número de canales de enlace de cada una de las Centrales con la Red de Microonda a nivel nacional. (El tráfico considerado no ha tomado en cuenta al tráfico de datos).

Con este tráfico entre nodos podría diseñarse la Red de Microonda Digital, aprovechando (en lo posible) las prominencias donde la Red Mode tiene instaladas sus repetidoras, con el fin de ahorrar gastos en nuevas instalaciones; así como de aprovechar el dispositivo de segu-

ridad de las mismas. Este esquema haría posible utilizar la señalización entre Centrales por Canal común NQ7, que permitiría la utilización de todas aquellas facilidades, de que se gozan actualmente, internamente, en los Repartos, a nivel nacional; es decir: desvío de llamadas, rellamada, cola de espera, conferencia tripartita, etc.

Aspectos como Códigos de línea, frecuencia de la portadora, potencia, Relación Señal a Ruido deberán ser abordados, entre los más importantes; así como también sobre sincronización y rata de deslizamientos toleradas.

3.4.2. Incorporación de Nuevos Servicios.

Una vez edificada una Red de Microonda Digital Nacional cobra sentido la incorporación de nuevos servicios, que hasta antes no tenían relevancia por el pobre servicio que podrían prestar. Entre los más importantes tenemos:

3.4.2.1. Acceso Basico.

Hemos considerado anteriormente, dentro del diseño de la Red de la Base que el Interfase a Velocidad Básica (IVB) es una alternativa digna de considerarse frente a la utilización de adaptadores y módulos de datos, como hemos propuesto de inicio; puesto que para los servicios de voz y datos se contaría con 2 poderosos canales de 64 Kb/s y un canal de 16 Kb/s para señalización y datos a "baja" velocidad.

Hoy en día existe ya este tipo de interfases y son utilizados en un dispositivo tal que permiten la utilización del un canal B para voz (telefonía), el otro canal B para datos commutados por circuitos y el canal D (además de para señalización) para datos de paquetes commutados.

La gran ventaja de su utilización reside en el menor tiempo de transferencia de archivos largos, así un archivo de 1 MB que a 9600 b/s tardaría en ser transferido alrededor de 15 minutos con este interfase se podría realizar en 2 minutos. Igualmente es muy útil este sistema porque se adapta al tamaño de los archivos a transferir: largos archivos utilizando el canal B de circuitos commutados, cortos archivos se transferirán por medio del canal D de paquetes commutados.

3.4.2.2. Servicio de Facsímil.

Este servicio se encuentra hoy en día muy difundido y teniendo implementada una Red a nivel nacional su utilidad será mayor puesto que es posible adicionar a este servicio fundamental otros complementarios: la llamada multidireccional que posibilita realizar una transmisión de información gráfica simultánea a varios terminales unidos a la red, y el llamado correo facsímil que permite enviar documentos a terminales apagados u ocupados, de tal manera que la información se almacena en una memoria auxiliar para su recuperación posterior. Igual cosa puede decirse de los servicios complementarios llamados correo de voz y correo de texto.

3.4.2.3. Paquetización.

El ensamblaje - desensamblaje de los datos en paquetes es un requerimiento necesario para mejorar la transmisión de datos, y conectar los terminales de datos a redes de paquetes públicas. Esto se puede lograr de 2 maneras: agregando a la central NEAX un Módulo de Comutación de Paquetes, con funciones de ensamblaje-desensamblaje de paquetes; o a su vez implementando el acceso básico 2B+D por medio de una tarjeta especializada conectada en el terminal de datos, la misma que permite, además la conexión de un teléfono en forma serial.

3.4.3. Red Internacional.

Edificada la RDSI a nivel Nacional puede pensarse en la utilización de servicios que requieren un enlace de comunicaciones a nivel mundial como son: comunicaciones convencionales de voz y datos, facsímil, videotelefonía, videoconferencia, etc.

Una red de estas características puede fácilmente ser implementada, si se tienen enlazadas las centrales telefónicas a nivel nacional, pues se requerirá de un enlace con el satélite a través de una estación de tierra; compartiendo sus facilidades con las demás Bases, justamente, a través de la red de microonda digital. La técnica más difundida utilizada para acceder al satélite se denomina Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA), que consiste en que cada estación de Tierra transmite "ráfagas" de datos sobre una frecuencia portadora común (enlace ascendente), en una ranura de tiempo

prescrita, de tal manera que las "ráfagas" desde estaciones de Tierra separadas no se sobrelapan. El satélite actúa como un transponder transfiriendo las "ráfagas" de datos entrantes a otra frecuencia portadora (enlace descendente).

En contraposición a este esquema está aquel en que cada usuario que accesa al satélite debe tener una estación de tierra; solución, ésta, más costosa. En todo caso una adecuada combinación de ambas puede ajustarse a los requerimientos particulares de cada usuario.

Para nuestro caso particular el primer esquema sería el más adecuado, adicionando una o dos estaciones de tierra móviles para aquellos lugares fuera del alcance de la red de microonda digital.

3.4.4. Sincronización de la Red.

Tanto al edificar una red de microonda a nivel nacional, con radio enlaces y estaciones repetidoras a lo largo del territorio nacional, cuanto al planificar el enlace de dicha red a otras redes internacionales por medio del satélite, es necesario pensar en los requerimientos de sincronismo de tales redes; es decir en los requerimientos para lograr que el flujo entrante de bits a un nodo de la red sea igual (a largo plazo) a la velocidad del flujo saliente de ese nodo con una precisión y estabilidad prescritas de antemano.

En una red de microonda digital la sincronización es realizada bajo el principio jerárquico maestro-esclavo, es decir que cada nodo de red tendrá una jerarquía y un reloj con una precisión y estabilidad determinadas; teniendo el nodo de más alta jerarquía la precisión más alta. Para este efecto, existen actualmente en las redes públicas relojes que pueden reproducir una frecuencia de referencia con una precisión de $1.E-11$ en concordancia con la Recomendación G-811 de la CCITT. Esta frecuencia del reloj maestro es entonces diseminada a los otros nodos con la ventaja de que pueden poseer relojes de menores características, más económicos, sincronizados por el reloj maestro.

Los objetivos de sincronización de la red deben estar en concordancia con aquellos correspondientes a las tasas de deslizamientos tolerados en la red, sin degradación de los servicios más sensibles a ellos. Así tenemos que en una red digital sincrónica, la recomendación G-822 prescribe no más de una trama deslizada en 5 horas

en un canal de 64 Kb/s ($3.E-9$); sin embargo los deslizamientos no solo son causados por la precisión limitada del reloj de red, puesto que contribuyen también las perturbaciones del canal de transmisión o las "explosiones" de bits erróneos. Por tal motivo la tasa de deslizamientos permitida debe ser mucho más conservadora, para contemplar estos problemas adicionales, permitiéndose entonces una trama deslizada cada 70 días (Recomendación G-811).

El transporte de la señal digital a través de los sucesivos repetidores regenerativos involucra recuperación de la señal de referencia entrante para sincronizar el reloj local que será usado en el desalojo del flujo de bits salientes. Finalmente en el interfase entre el enlace de transmisión y la otra Central se deberán conciliar las diferencias entre los relojes, así como compensar el JITTER acumulado, mediante almacenamientos elásticos (BUFFERS).

En lo que respecta, en cambio, a la sincronización del enlace satélite-Red de Microonda, esta se realiza plesiócronamente, con el solo detalle de conectar una fuente de referencia atómica (Cesio) al reloj maestro.

3.4.5. RDSI de Banda Ancha.

En línea con el proceso evolutivo de la RDSI, tenemos que la incorporación de servicios de video (video telefonía, videoconferencia), requieren de velocidades de transmisión del orden de cientos de Mb/s, requiriéndose también anchos de banda del mismo orden y con ello la imposibilidad de utilización económica de las líneas metálicas para enrutamiento de estos servicios; siendo la introducción de las fibras ópticas en la red de abonado oportuna.

Los servicios de Banda ancha son enrutados conjuntamente con los servicios de Banda Estrecha a 64 Kb/s o 2048 Kb/s, conservando prácticamente las características que tenían en esta red.

3.4.5.1. Principales Servicios.

3.4.5.1.1. Videotelefonía.

Es un servicio que combina voz e imagen de las personas enlazadas, se ofrece a ratas de de 1544 Kb/s o 2048 Kb/s y es de utilidad cuando este servicio es difundido a nivel de la red pública; en tales circunstancias no solamente sirve para: comunicación persona a persona, sino para observaciones de videos y slides. Quizá una interesante aplicación de este medio en un enlace internacional sea la telecompra, o sea la posibilidad de observar en video el producto y el costo del mismo, con la imagen siempre presente de comprador y vendedor.

3.4.5.1.2. Videoconferencia.

Se ofrece (la de mejor calidad a 140 Mb/s) a diversas velocidades dependiendo de la calidasd de la imagen; es un sistema novedoso porque permite enlazar por voz e imagen varias localidades o salas de conferencias al mismo tiempo para una toma de decisiones. El equipo de videoconferencia multipunto actualmente se ofrece en el mercado.

3.4.5.1.3. Televisión por Cable.

En redes modernas en base a fibras ópticas la distribución de Televisión digital se ofrece a velocidades de 140 Mb/s; sin embargo todavía esta difundida la televisión por Cable (TV Cable) utilizando una red de cable coaxial combinada con repetidores amplificadores para la distribución a múltiples abonados de las señales recogidas en una antena parabólica; generalmente se ofrecen cuatro canales seleccionados.

Si la televisión comercial en los años venideros no ofrece este servicio al público, la edificación de este sistema sería útil con fines de entretenimiento, pero principalmente para mantener el nivel del idioma inglés, en que generalmente se difunden estos programas.

3.4.5.2. Red de Abonado de Fibra Optica.

Hemos visto ya que los nuevos servicios que podrían ser adicionados a la red de Banda Ancha, requieren de la introducción de las fibras ópticas en la red de abonado. De allí que en este acápite se va a exponer algunos aspectos relativos a la introducción, planificación y administración de una red de fibra.

3.4.5.2.1. Introducción.

Sin llegar al detalle podemos decir que en general la Introducción de la Fibra Optica en la Red de Abonado es más económica que los cables coaxiales, para ratas mayores que unos 100 Mb/s. En todo caso esta dilucidación debería ser despejada luego de un análisis económico para cada diseño particular de la Red; puesto que para áreas menores que unos 8 Km a la redonda del Centro de commutación, los costos ligeramente superiores de la fibra y del equipo de transmisión - recepción pudiera ser compensando por los requerimientos de repetidores adicionales para las líneas de abonado de cable coaxial. (Cada 200 a 1000 m. dependiendo del tipo de cable utilizado)

Suponiendo dilucidada esta situación y suponiendo escogida la fibra como línea de abonado de banda ancha, podemos entonces decir que actualmente se encuentra normalizado ya, equipo de interfase de abonado de Banda Ancha a 150 Mb/s, conteniendo multiplexados canales B, D, Ho, H1 con 1 canal H4 de 140 Mb/s, suficiente para satisfacer los requerimientos de un abonado individual o colectivo.

En general, estas nuevas facilidades requerirán nuevos equipos de commutación, así como también equipo terminal de red y de línea.

3.4.5.2.2. Planificación.

La Planificación requerirá del escogitamiento del commutador apropiado como también de los transmisores, receptores y tipo de fibra. Con relación a estos últimos diremos lo siguiente:

Transmisor: Por el tamaño de la Base (distancias menores que 4 Km alrededor del PBX) así como por la rata de 150 Mb/s, considerada todavía como media, se necesitará un transmisor de características no muy sofisticadas, pudiendo escogerse por estas razones una fuente en base a Diodo Laser (Al Ga As) trabajando en la 1ra ventana. (Sus características están detalladas en el Cuadro NQ 2.15.)

Receptor: Por las mismas razones expuestas anteriormente más el hecho que su costo es más bajo en el mercado, sería conveniente un receptor en base a fotodiodo PIN de Siliciom trabajando en la 1ra ventana.

Fibra: La elección de un tipo de fibra se hace determinando sus parámetros principales de atenuación y dispersión para una distancia de repetición predeterminada. Para nuestro caso distancias mayores que 4 Km para línea de abonado no existen, por tanto podría considerarse esta como la longitud de referencia.

La atenuación de la fibra puede calcularse por medio de la fórmula:

$$\alpha \leq \frac{D - (I+M)}{L} \quad (3-1)$$

D= Ganancia del Sistema (Diferencia entre los niveles de transmisión y recepción).
= 40 dBm (típico)

I= Penalización por Ancho de Banda limitado de la Fibra.
= 1 dB (típico)

M= Margen de Seguridad (Para compensar fallos, averías, Interferencias, etc)
= 8 dB (típico)

L= Longitud Máxima de la línea de Abonado
= 4 Km (como hemos deducido)

α = Atenuación por unidad de longitud

$$\alpha \leq \frac{40 - (1+8)}{4} = 7.75 \text{ dB/Km}$$

La dispersión en cambio se calcula, para una fibra multimodo de índice gradual, trabajando con una fuente en base a Laser en la 1ra. ventana, por medio de la fórmula:

$$\sigma_n \leq \frac{0.1875}{B.L.} \quad (3-2)$$

σ_n = Coeficiente de dispersión
[Picosegundos/nanómetro/kilometro]
B= Ancho de Banda requerido [teraherzios]
= 100 MHz = 1.E-4 THz

L= Longitud máxima de línea de abonado
= 4 Km. (como fue deducido)

$$\sigma_n \leq \frac{0.1875}{1.E-4.4} = 468.75 \text{ ps/nm/km}$$

Del Cuadro 2.12. observamos que cualquiera de las fibras podrían servirnos si solo consideraríamos la atenuación; sin embargo la dispersión es el otro limitante que debe ser considerada. Observando los Cuadros del numeral 2.3. vemos que la Fibra Multimodo de 50/125 um. de Índice gradual cumpliría con los requerimientos (Cuadro 2.7.), puesto que su atenuación en la 1ra. ventana (850 nm.) es menor que 7.75 dB/Km y su dispersión, para la misma frecuencia, es también menor que el máximo requerido de 468.75 ps/nm/km.

3.4.5.2.3. Calidad de los Enlaces.

En general se cuantifica por medio de algunos criterios de calidad, entre los cuales los más importantes son: la disponibilidad y los errores en línea.

Disponibilidad: Se refiere al % del tiempo que un sistema o enlace se encuentra en condiciones técnicas, mínimas, para cursar un servicio. Esta depende en forma inversa del número de fallas por unidad de tiempo y del tiempo medio en reparar las fallas.

En un sistema a diodo laser la tarjeta laser prácticamente determina la fiabilidad del transmisor, dado en Tiempo Medio entre fallas (TMEF).

Las fallas se considerarán como aquellos eventos que degradan la Tasa de Error a niveles peores que 1.E-6; en cambio que los cortes se identifican cuando la tasa a descendido a niveles peores que 1.E-3 por varios segundos.

Errores en Línea: Se relacionan con la calidad de todo el sistema y se cuantifica por medio de un porcentaje de segundos con error SCE(%) que no puede ser excedido en todo el enlace, en base del cual puede ser calculada la Tasa de Error, considerando que los errores en línea de las fibras ópticas siguen una Ley de Poisson.

3.4.5.2.4. Características de los Sistemas de 34, 139 Mb/s.

Estas tasas generalmente se manejan para las señales de video y sus principales características son:

Sistemas de 34 y 139 Mb/s

Deberán poder transmitir señales de 34.368 Kb/s \pm 20 ppm. y 139.264 Kb/s \pm 15 ppm. respectivamente. Serán capaces de detectar las condiciones de avería relacionadas con falla de alimentación interna y de los regeneradores, tasa de errores mayor que $1.E^{-3}$, pérdida de la señal de línea entrante, falta de la señal óptica de entrada/salida al/del equipo terminal y umbral de la corriente de polarización del diodo laser.

Interfases a 34 y 139 Mb/s

El interfase a 34 Mb/s tendrá una rata nominal de 34.368 Kb/s con un código de línea HDB3 y las especificaciones de fluctuación de fase se realizará sobre una señal pseudoaleatoria de 8'388.607 bits codificados, de igual manera, en HDB3.

El interfase a 139 Mb/s tendrá una rata nominal de 139.264 Kb/s \pm 15 ppm. codificadas en CMI (Código de Inversión de Marca).

3.4.5.2.5. Sincronización de la Red de Banda Ancha.

El equipo básico de abonado de Banda Ancha constituye el equipo terminal, el interfase de banda ancha y su terminal de red. Desde la central local se deriva la sincronización, de el reloj de red, hacia la red de conmutación de canal B y al equipo terminal de Banda Ancha, donde los canales B, D, Ho, H4 son multiplexados a una rata de 150 Mb/s y demultiplexados sincrónicamente, para posteriormente en la red de conmutación de la central local ser enrutados a los enlaces de largo alcance.

3.4.5.2.6. Pruebas y Precauciones.

Una vez implementada una Red de Banda Ancha en base a elementos ópticos, requiere de una serie de ajustes y pruebas antes de entrar en funcionamiento (en forma similar como se haría al instalar un conmutador digital por vez primera).

Las pruebas más importantes que deben ser hechas están relacionadas con el Funcionamiento de los subsistemas (interfases, alarmas, alimentación, etc.); con los datos de referencia que deben ser documentados para soporte de las futuras operaciones de mantenimiento y reparación (errores, niveles y registros en puntos de prueba, etc); con la verificación de la calidad de los elementos ópticos (potencia óptica, anchura espectral, sensibilidad del receptor como función del JITTER y tasas de error). Finalmente se procede a una prueba general del sistema (frecuencia del reloj, formas de onda, medidas del JITTER y la operación global de las alarmas).

En relación a las precauciones que se deben tener para manejar los dispositivos ópticos, especialmente cuando tenemos fuentes en base a laser, podemos decir que se han cuantificado los niveles de Exposición Máxima Permitida (EMP) como una función de la frecuencia de la luz emitida; las frecuencias altas tienen niveles bajos y las frecuencias bajas tienen niveles más grandes. De estas cantidades, así como también del diámetro de la pupila en condiciones de obscuridad, se ha deducido una Mínima distancia ocular (MDO) a la que debe observarse una fibra (de cable roto por ejemplo) para que a la retina no le llegue un nivel de señal superior a la EMP. Estas distancias son de 158 m. o de 100 m. cuando las fibras están acopladas a láseres que emiten a 10 dBm (10 mW) en la 1ra y 2da ventana respectivamente.

CAPITULO IV

ANALISIS DE COSTOS

En este capítulo trataremos de hacer un breve resumen del costo de implementación del sistema propuesto, considerando que las inversiones se realizarán fundamentalmente en dos partes: una inicial al comienzo mismo del proyecto y la segunda al final del 1er año.

El análisis será hecho a manera de un perfil económico, sin entrar en detalle, con el fin de presentar una breve perspectiva de lo que se espera en este campo, dejando una segunda aproximación para cuando se inicie el proyecto mismo.

4.1. Costos de Equipamiento

Aquí abarcaremos el costo de los equipos terminales de datos (PCs e Impresoras), de los Interfases y del Equipo Auxiliar necesario para el funcionamiento del sistema.

4.1.1. Costo de los Equipos de Datos e Interfases.

Los requerimientos de equipos terminales e Interfases están detallados en el Cuadro 3.2 del numeral 3.1.2.3. En la Tabla 4.1. indicamos el costo de las inversiones que deberán ser hechas al inicio del proyecto (año 0), posteriormente al final del año 1 para adquisición del resto del equipo. Así mismo se contempla una nueva adquisición de equipo terminal de datos al final del año 5 (mitad de período), para cubrir el crecimiento de la demanda, que se considera que será de un 10% anual (1 equipo más por año).

Estos costos son considerados de acuerdo a la información proporcionada, por las casas comerciales de equipo de computación, como también por representantes de la casa constructora del PBX de la Base.

En resumen tenemos que en el año de implementación del proyecto habrá que desembolsar, por concepto de equipo e interfases 90.500 dólares americanos, que a la

cotización de \$ 2.000 por cada dolar nos da un total de \$ 181'000.000.

Al final del año 1 habrá que desembolsar una cifra de 47.700 dólares americanos, casi exclusivamente para implementar un laboratorio de computadores personales, en el edificio N27, esto equivale a una inversión de \$ 95'400.000

Al final del año 5, con el fin de adquirir equipo terminal de datos que cubra los requerimientos impuestos por la demanda anual considerada en un 10%, habrá que desembolsar US 25.000 dólares americanos, que equivalen a \$ 50'000.000

4.1.2. Costos de Equipo Complementario

Se considera aquí el resto del equipo que será necesario para permitir el funcionamiento del sistema, como son: UPS, reguladores de voltaje, tarjetas de interfase para la central NEAX y MODEMS para el enlace de datos a través de la red pública usando las líneas telefónicas. En la Tabla 4.2 se encuentran detallados estos requerimientos, considerando además que a mitad de período (5 años) se requerirá la instalación de unos 5 equipos terminales de Datos adicionales.

Como se vió anteriormente los UPS y reguladores se utilizarán para los terminales individuales; en cambio que los UPS de 1000 W se destinarán 1 al Centro de Computo y 2 para el Laboratorio de computadores personales.

Las Tarjetas de Interfase se requieren para colocar en la central NEAX: 2 tarjetas 4 DLC para 8 teléfonos Dterm de voz y datos que servirán para complementar los ya existentes y posibilitar el interfase de 12 equipos terminales de datos, permitiendo la conectividad entre sí, a través de la central NEAX (Inicialmente en el año 0 solo requerimos 9 puertos de interfase, los puertos restantes serán ocupados posteriormente en los años 1 y 5).

Las tarjetas 4 DTL, en cambio, permitirán el interfase de hasta 4 Equipos Terminales de Datos directamente a la Central NEAX (no a través de un teléfono Dterm); al inicio requerimos un sólo puerto y posteriormente ocuparemos los 3 restantes.

Las tarjetas de Interfase 4 MDMT ofrecen 4 puntos de interfase para MODEM; al comienzo solo requerimos 2 para conectar 2 MODEMs en la combinación del mismo nombre (pool de modems), de tal manera de permitir su utilización compartida por todos los Equipos Terminales de Datos conectados a la red de la Base, para lograr conectividad a través de la red pública con PCs similares en otros repartos, hasta cuando sea implementado el enlace privado de las centrales NEAX de los Repartos, por medio de un anillo de Microonda Digital.

4.2. Costos de Instalación y Puesta a Punto del Servicio

Aquí expondremos los costos en que se incurrirá por concepto de instalación de los equipos terminales, de interfase, programación de la Central Telefónica, instalación de los paquetes de programas operativo, de comunicaciones y otros paquetes utilitarios de aplicación general. Así mismo se incluirán los costos de la Infraestructura necesaria para el funcionamiento del Centro de Computo y del Laboratorio de Computadoras Personales.

Los costos de instalación y puesto a punto involucran los trabajos de colocar los equipos e interfases en los lugares deseados y conectarlos entre sí. Es decir cada Terminal de Datos será conectado a la Central NEAX a través de un Dterm o directamente por medio de un adaptador o de un módulo de Datos; así mismo cada uno de estos puertos de datos deberá ser programado para cumplir con sus funciones, utilizando el Terminal de Administración y Mantenimiento de la Central NEAX. Luego de esto la empresa proveedora de los Equipos de Datos deberá realizar la instalación del sistema operativo y de los programas de comunicaciones y de aplicación, que permita el funcionamiento y conectividad normal del sistema instalado, debiendo finalizar con la realización de pruebas de su funcionamiento y con la medición de la Tasa de Errores como prueba del enlace de comunicación.

Actualmente este trabajo lo realizan los ingenieros y técnicos de las empresas proveedoras y generalmente su costo es incluido dentro del costo de los equipos terminales; sin embargo en ocasiones este costo es facturado independientemente y esta alrededor del 10% del costo del Equipo.

Para este cálculo consideraremos la suma del costo del Equipo Principal más el del Equipo Complementario.

TIPO DE EQUIPO	COSTO UNITARIO		CANTIDAD				COSTO TOTAL	
	(US \$)		AÑO0	AÑO1	AÑO5	AÑO0	AÑO1	AÑO5
Computadoras Personales	3000		10	12	5	30000	36000	15000
Impresoras	600	10 12	5	6000		7200	3000	
HOST	40000		1			40000		
Adaptador de Datos	1000		9		4	9000		4000
Modulo de Datos	1000		1	2	1	1000	2000	1000
Terminales	1500			1			1500	
Dterm.	500		9	2	4	4500	1000	2000
TOTAL (US\$)						90500	47700	25000
TOTAL (\$) \$ 2000/US\$						181'000.000	95'400.000	50'000.000

Tabla 4.1 Costos de Equipo de Datos e Interfaces

<u>EQUIPO</u>	<u>COSTO UNITARIO</u> (US \$)	<u>CANTIDAD</u>			<u>COSTO TOTAL</u>		
		<u>AÑO0</u>	<u>AÑO1</u>	<u>AÑO5</u>	<u>AÑO0</u>	<u>AÑO1</u>	<u>AÑO5</u>
Modem	1000	2			2000		
UPS 200 W	300	10	12	5	3000	3600	1500
Reguladores 200 W	100	10	1	5	1000	100	500
Reguladores 1000 W	500	1	2		500	1000	
Tarjetas 4 DLC	1300	2		1	2600		
Tarjetas 4 DTL	1300	1			1300		
Tarjetas 4 MDMT	1500	1			1500		
TOTAL (US\$)					11900	4700	3300
TOTAL \$ (\$2000/US\$)					23'800.000	9'400.000	6'600.000

Tabla 4.2 Costo de Equipo Complementario

COSTO TOTAL DE EQUIPO 366'200.000

COSTO DE
PUESTA A PUNTO DEL SERVICIO.... 36'620.000

Dentro de este acápite consideraremos también los costos del software. Cuando se implementa un sistema de Telecomunicaciones para procesamiento de datos, un costo también notable constituye el de los programas y su monto esta alrededor del 10% del costo del equipo.

COSTO DEL SOFTWARE (10%)..... 36'620.000

Como parte de la instalación puede considerarse el costo de la Infraestructura necesaria para proveer de un local al centro de computo. Habíamos dicho ya que necesitábamos para este fin (numeral 3.1.5) una construcción de 50 m² adyacente a la Central Telefónica. Igualmente la construcción de un local para un Laboratorio de Computadoras personales será de 100 m². Ambas construcciones deberán ser de loza de hormigón, por lo que se estima un costo unitario de \$/ 133.333 /m² de construcción.

COSTO DE INFRAESTRUCTURA = 150 m² X \$ 133.333/m² = 20'000.000

En resumen tenemos lo siguiente:

COSTO DE PUESTA A PUNTO ...:	36'620.000
COSTO DE SOFTWARE	36'620.000
COSTO DE INFRAESTRUCTURA	20'000.000
TOTAL (COSTO DE INSTALACION Y PUESTA A PUNTO)	\$/ 93'240.000

4.3. Costos de Operación

En este acápite nos referimos en forma aproximada a los costos en que se incurrirá por concepto de mantenimiento, tanto de la circuitería (HARDWARE) de la Central, de los terminales de datos e interfases; como del mantenimiento del software (programas) y de las líneas físicas.

La central NEAX por ser un PBX privado de pequeñas dimensiones, así como porque sus líneas se encuentran

dentro de la Base, sin mayor exposición a condiciones perjudiciales para su mantenimiento, tienen costos de mantenimiento mucho menos significativos que los de una Central Pública. De allí que la experiencia de contratos de mantenimiento anteriores y tomando en cuenta que, la incorporación de la función de datos dentro de la Central Telefónica, elevará un poco más estos costos, se ha considerado un monto de \$ 266.666 mensuales para mantenimiento de la Planta Interna y de los Equipos terminales e Interfases; y, otros \$ 266.666 mensuales para el mantenimiento de la Planta Externa de Líneas Metálicas.

COSTOS DE MANTENIMIENTO 6'400.000 anuales

Incluiremos también en este acápite los costos de la documentación Técnica (Manuales de Mantenimiento y Operación); así como los costos de entrenamiento para la Operación y Mantenimiento del sistema implementado.

Como ya dijimos antes, este costo también suele venir incluido en alguno de los costos anteriores. Sin embargo en caso de que esto no sea así, en base a experiencias pasadas, bastaría con reservar unos US \$ 2600 dólares americanos para estos gastos. En resumen tendremos:

COSTOS DE MANTENIMIENTO \$ 6'400.000 (por año)

COSTOS DE MANUALES Y ENTRENAMIENTO (2600 X 2000)
5'200.000

4.4. Análisis del Índice Costo-Beneficio

En este numeral serán resumidos los costos detallados en los numerales anteriores: costos de equipo, costos de instalación y puesta a punto del servicio y los costos de operación; para compararlos luego con los Beneficios económicos, supuestos del Proyecto y obtener el Flujo de Caja que nos permita el cálculo del Índice Costo-Beneficio y de la Tasa Interna de Retorno (TIR) del Proyecto.

4.4.1. Costos Totales del Proyecto

En la Tabla 4.3 se encuentran consolidados cada uno de los costos, con el fin de llegar a obtener el costo total anual. Es notorio observar que las mayores inversiones son realizadas al inicio del proyecto (año 0 y año 1); así como también en el año 5 que coincide con la adquisición de equipos terminales para cubrir la demanda, dentro de los 5 primeros años. En los años restantes los costos se limitan, únicamente a los costos de operación.

4.4.2. Beneficio del Proyecto

Para determinar el Beneficio económico que se obtiene con la implantación de este proyecto, vamos a considerar el "ahorro" generado por tener el sistema funcionando, evitando el alquiler de equipos de procesamiento a Empresas Privadas.

Actualmente el arriendo diario de una PC con su correspondiente impresora esta alrededor de \$ 20.000, que coincide aproximadamente con el costo de 8 horas de clase de computación en Centros de Computo privados (calculado únicamente la alícuota correspondiente a los 3 costos básicos analizados en los numerales 4.1, 4.2 y 4.3).

ANO	COSTO DE EQUIPO	COSTO DE INSTALACION Y PUESTA A PUNTO	COSTO DE OPERACION	COSTO TOTAL
0	204'800.000	93'240.000	5'200.000	303'240.000
1	104'800.000		6'400.000	111'200.000
2			6'400.000	6'400.000
3			6'400.000	6'400.000
4			6'400.000	6'400.000
5	56'600.000		6'400.000	63'000.000
6			6'400.000	6'400.000
7			6'400.000	6'400.000
8			6'400.000	6'400.000
9			6'400.000	6'400.000
10			6'400.000	6'400.000
		COSTO TOTAL		528'640.000

Tabla 4.3 Resumen de los Costos Totales

A este costo diario de alquiler de equipos de procesamiento individuales, debemos adicionar el beneficio, que significa tener enlazados los terminales a través del PBX de la Base, para lo cual a más de la compartición de las funciones del mismo se necesita adquirir equipo complementario e interfases especializados, como fue detallado en los subcapítulos anteriores. Por esta circunstancia al costo de alquiler neto de los equipos de computación, vamos a sumar un 10% por el beneficio de la conectividad.

COSTO DIARIO DE UTILIZACION
DE UN EQUIPO PC CONECTADO
A LA RED DE LA BASE..... \$ 22.000/día/equipo

Finalmente es necesario decir que si en la práctica una institución requiriera alquilar los equipos de procesamiento, ésta se limitaría a arrendar un cierto número óptimo de equipos o solamente arrendaría, la totalidad de equipos un número óptimo de días. Cualquiera de las dos proposiciones es equivalente y a la falta de datos en este campo fijaremos en un 60% la utilización óptima del equipo arrendado. Esto significará que no requerimos arrendar los 240 días laborables del año sino únicamente 144 días al año. Con estos datos se han calculado los Beneficios del Proyecto en la **Tabla 4.4**

COSTO DE ARRIENDO DE 1 EQUIPO/AÑO = 144 x 22.000 = 3'168.000

AÑO	NUMERO DE EQUIPOS TERMINALES DE DATOS EN EXISTENCIA	COSTO DE ARRIENDO ANUAL/EQUIPO	BENEFICIO ANUAL
0	--		
1	11	3'168.000	34'848.000
2	23	"	72'864.000
3	23	"	72'864.000
4	23	"	72'864.000
5	23	"	72'864.000
6	28	"	88'704.000
7	28	"	88'704.000
8	28	"	88'704.000
9	28	"	88'704.000
10	28	"	88'704.000
BENEFICIO TOTAL			769'824.000

Tabla 4.4 Beneficios Anuales del sistema a Implementarse.

4.4.3. Análisis Económico.

Con estos antecedentes que orientan el análisis económico, podemos enumerar algunas condiciones, bajo las cuales se realizará esta evaluación.

a.- El tiempo de vida útil del proyecto será fijado en 10 años, en coincidencia con el tiempo de vida de los componentes electrónicos.

b.- Las cantidades que se manejan están todas en términos reales, excepto cuando se diga expresamente lo contrario.

c.- El beneficio económico de tener disponible un PC y una impresora conectada a la red será de \$ 22.000/día.

d.- Se considerará para los cálculos que cada mes tiene 20 días laborables y que, únicamente los equipos se utilizarán el 60% de los días hábiles del año.

En la Tabla 4.5 se encuentra el Flujo de Caja del Proyecto elaborado en base a las Tablas 4.3 y 4.4, de donde podemos deducir fundamentalmente 2 indicadores económicos: el índice Costo-Beneficio y la Tasa Interna de Retorno. (TIR)

ANO	COSTO DEL PROYECTO	BENEFICIOS DEL PROYECTO	FLUJO NETO DE CAJA DEL PROYECTO
0	303'240.000		- 303'240.000
1	111'200.000	34'848.000	- 76'352.000
2	6'400.000	72'864.000	+ 66'464.000
3	6'400.000	72'864.000	+ 66'464.000
4	6'400.000	72'864.000	+ 66'464.000
5	63'000.000	72'864.000	+ 9'864.000
6	6'400.000	88'704.000	+ 82'304.000
7	6'400.000	88'704.000	+ 82'304.000
8	6'400.000	88'704.000	+ 82'304.000
9	6'400.000	88'704.000	+ 82'304.000
10	6'400.000	88'704.000	+ 82'304.000
TOT.	528'640.000	769'824.000	

Tabla 4.5 Flujo Neto de Caja del Proyecto

$$\text{INDICE COSTO-BENEFICIO} = \frac{528'640.000}{769'824.000} = 0.6867$$

TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) = 8.76 % (Terminos reales)

TIR (en términos corrientes) = 112.08 % (Considerando
inflación anual del
95 %)

Que el índice Costo-Beneficio es 0.6867, equivale a decir que si las inversiones se hicieran todas en el año 0 y si los beneficios fueran recibidos el momento de implementar el proyecto mismo, el Costo de implementación del proyecto sería el 68.67% de los Beneficios recibidos.

En general este indicador económico se usa de preferencia en los análisis de proyectos que no son de lucro, puesto que para el diseñador es suficiente saber que el proyecto a implantarse va a tener un costo menor, de lo que costaría no tener el sistema propuesto y tener que recurrir a la Empresa Privada para satisfacer los requerimientos, generalmente a costos mayores. En general el índice de 0.6867 es considerado como bueno y justifica la implementación económica del proyecto.

En cambio el método de la Tasa Interna de Retorno es un enfoque más dinámico y empresarial, puesto que los desembolsos o los ingresos no son considerados solo contablemente, sino que toma en cuenta su ubicación en la escala del tiempo. Así mismo indica al empresario cuanto espera ganar y si la Tasa de rendimiento es lo suficientemente "atractiva" como para invertir.

En el presente caso una Tasa en términos reales de 8.76% es buena, puesto que en el mundo financiero Tasas entre 8 y 10% son consideradas como un límite inferior a partir del cual cualquier capitalista invertiría, si es que el proyecto verdaderamente produciría los ingresos cuantificados como "beneficios".

En definitiva el Índice Costo-Beneficio de 0.6867 justifica la implementación económica del proyecto, siendo su rentabilidad del 8.78% (112.08%) si se considera que los beneficios supuestos pueden ser transformados en ingresos de dinero.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- El proyecto de conformar una Red Local de Procesamiento de Datos, como primer paso para la formación de una Red Digital de Servicios Integrados, tomando como Base la Infraestructura montada, en funcionamiento, del PBX de la Base NEAX 2400 IMG, es completamente factible y económicamente beneficioso.
- 2.- El presente estudio, si bien ha sido realizado, tomando en cuenta los requerimientos de la Base Aérea Cotopaxi, constituye un intento de proporcionar una red de datos estándar, que puede ser aplicada a cualquiera de las otras Bases de la Fuerza Aérea; de tal manera que en el futuro sea posible edificar redes normalizadas en cada uno de los Repartos, que posibilite un enlace e intercambio de información más sencillo y rápido. Así mismo la idea central de este estudio es el de conformar una Red de Comunicaciones local única a la que se vayan integrando los nuevos servicios o se vayan repotenciando los antiguos, de tal manera que su crecimiento ordenado se vea garantizado; tendiéndose a conformar una Red Digital de Servicios Integrados..

Con este propósito recomiendo lo siguiente:

- a.- Ejecutar y concretar el presente estudio para la Base Aérea Cotopaxi por ser beneficioso para la institución tanto económica, como tecnológicamente.
- b.- Edificar, luego, redes locales estándares, a la propuesta en las otras Unidades de la Fuerza Aérea, con equipos e interfases igualmente estándares.
- c.- Realizar el Estudio Técnico - Económico y ejecutarlo de ser conveniente económica y tecnológicamente; para enlazar las centrales telefónicas de los Repartos; por medio de una Red de Microonda Digital a nivel Nacional, que posibilite luego el enlace de esta Red a nivel internacional, por medio del satélite.

BIBLIOGRAFIA

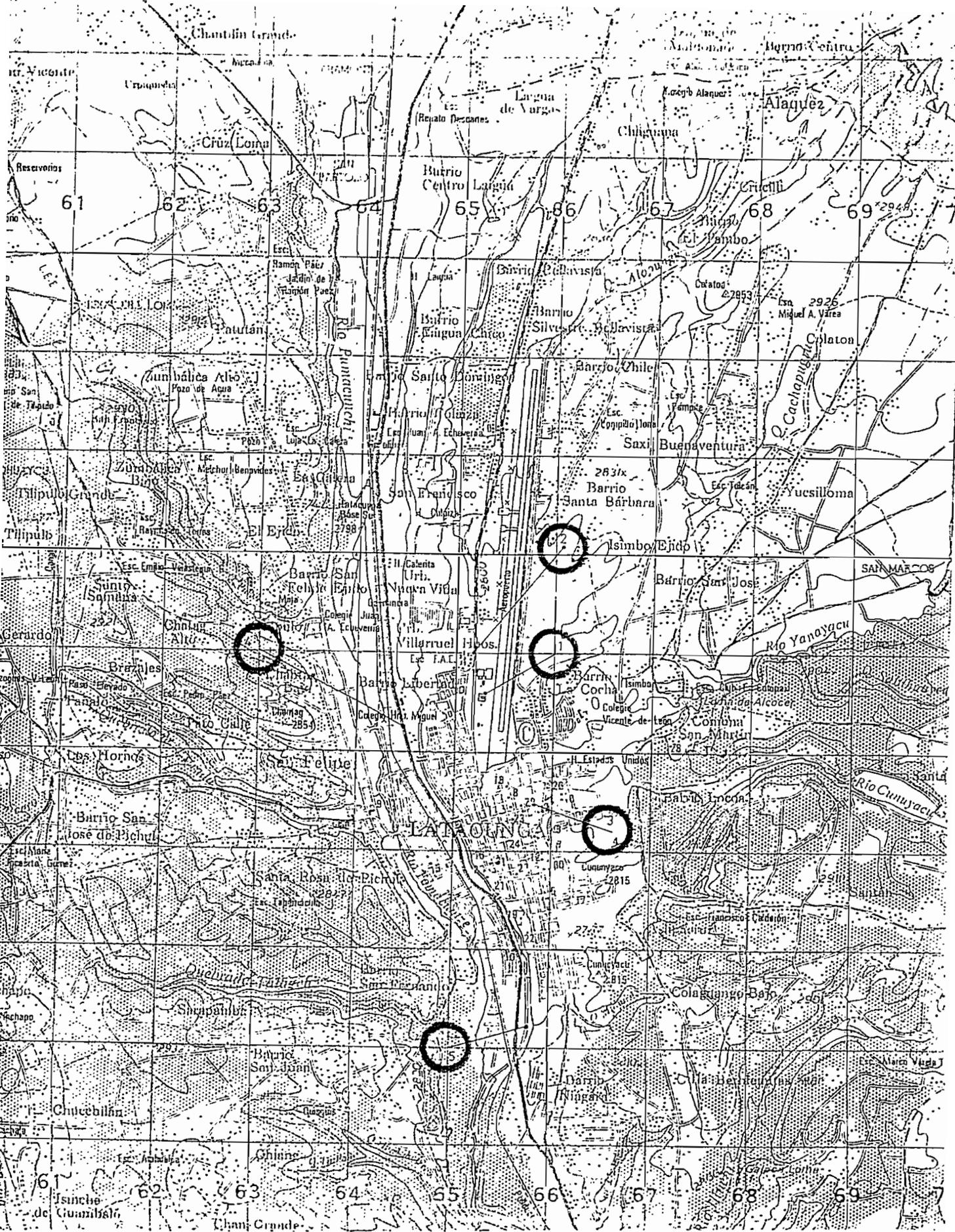
LIBROS DE TEXTO

- 1.- BELLAMY JOHN, DIGITAL TELEPHONY, NEW YORK, JOHN WILEY, 1982.
- 2.- MAHLKE GONTER, CONDUCTORES DE FIBRAS OPTICAS, MAR COMBO, BERLIN, 1987.
- 3.- CCITT, RDSI: ESTRUCTURA GENERAL Y CAPACIDADES DE SERVICIOS, TOMO III, FASCICULO III.7, GINEBRA, 1989.
- 4.- CCITT, MEDIOS DE TRANSMISION, TOMO III, FASCICULO III.3, GINEBRA 1989.
- 5.- CCITT, ASPECTOS Y FUNCIONES GLOBALES DE LA RED, INTERFASES USUARIO RED DE LA RDSI, TOMO III, FASCICULO III.8, GINEBRA, 1989.
- 6.- CCITT, INTERFASES ENTRE REDES Y PRINCIPIOS DE MANTENIMIENTO, TOMO III, FASCICULO III.9, GINEBRA, 1989.
- 7.- DIAZ DE LA IGLESIA, COMUNICACIONES POR FIBRA OPTICA, BARCELONA, MARCOMBO, 1985..
- 8.- MARTINEZ EDUARDO, ANALISIS DE LAS REDES LOCALES DE COMPUTACION, ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, 1982.
- 9.- VANCEK ELIGIUS, SISTEMAS DE COMUNICACIONES A TRAVES DE FIBRAS OPTICAS, IEEE, 1986.

PUBLICACIONES

- 1.- NTT, TECNOLOGIA DE TELECOMUNICACIONES POR FIBRA OPTICA
- 2.- NEC, NEAX 2400 IMS: DESCRIPCION GENERAL, TOKIO, 1989
- 3.- SIEMENS, SISTEMA DE COMUNICACION DE OFICINA EMS 601
- 4.- PAUL DRUGH, PRIMARY RATE ACCESS (PMXA) FOR ISDN USER EQUIPMENT, TELCOM REPORT, 1987
- 5.- DIETER NIETHALIER, NTV-2 NETWORK CLOCK, TELCOM REPORT 10, 1987
- 6.- ARMBROSTER H., WIRED BROADCASTING SYSTEMS AND BROADBAND ISDN, TELCOM REPORT 8, 1985, NQ 3

- 7.- TAKESHI KAWAUCHI, INS-NET64 AND INS-NET 1500, NTT REVIEW VOL. 2 Nq4 JULY 1990
- 8.- ISDN in France - 1987 to 1990, JEAN PIERRE GUENIN, IEEE COMUNICACIONES MAGAZINE, Vol. 29 Nq1, JANUARY 1991
- 9.- TAKATO YANAGIMOTO, NTT Introduces New ISDN Packet Mode Service, NTT REVIEW, JULY 1990
- 10.- AT Y T's 5 ESS SWITCH: EARLY EXPERIENCES AND DETAILS ON PLANNING AND IMPLEMENTING A LARGE-SCALE ISDN CORPORATE R y D NETWORK, JERALD JOHNSON, IEEE COMMUNICATION MAGAZINE, VOL. 29 Nq1, JANUARY, 1991
- 11.- OHTOMO SEIICHI, CUSTOMER EQUIPMENT, THE KEY TO FURTHER ISDN SPREAD, NTT REVIEW, VOL. 2 Nq4, JULY 1990
- 12.- SIEMENS, ISDN EN LA OFICINA-HICOM, BERLIN, 1985
- 13.- LUTZ SCHWEIZER, DIGITAL TRANSMISSION IN THE ISDN, TELCOM REPORT 10, 1987, BERLIN
- 14.- DIAZ DE LA IGLESIA, FIBRAS OPTICAS EN CONECCIONES DE DATOS Y REDES DE AREA LOCAL, TELEFONICA, MADRID, 1986
- 15.- HERMANN SEIDEL, EL ISDN BASIC ACCESS, TELCOM REPORT, BERLIN, 1987
- 16.- BELINCHON FERNANDO, INTRODUCCION AL MODELO DE REFERENCIA DE PROTOCOLOS DE LA RDSI, TELEFONICA, MADRID, 1986
- 17.- HEINZ BEETZ AND ERHARD STEINER, NETWORK SYNCHRONIZATION IN THE ISDN, TELCOM REPORT (10), 1987
- 18.- DAVID PORTER, A HIGH SPEED FIBER OPTIC DATA BUS FOR LOCAL DATA COMMUNICATIONS, IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, APRIL, 1983
- 19.- ERICSSON, LA TELEFONIA DIGITAL, ESTOCOLMO, 1977
- 20.- SIEMENS, TELEFONIA DIGITAL, MUNICH, 1981
- 21.- MARIO EGAS, SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES DEL VALLE DEL CUMBAYA, ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, JULIO 1987.
- 22.- CCITT, PLANIFICACION DE REDES LOCALES.



A N E X O N O 1

- 1 Industria Aeronáutica
- 2 Escuela FAE
- 3 EIMETEL(Lga)

SITUACION GEOGRAFICA DE LA
BASE AEREA COTOPAXI

- 4 Panamericana
- 5 Río Cutuchi