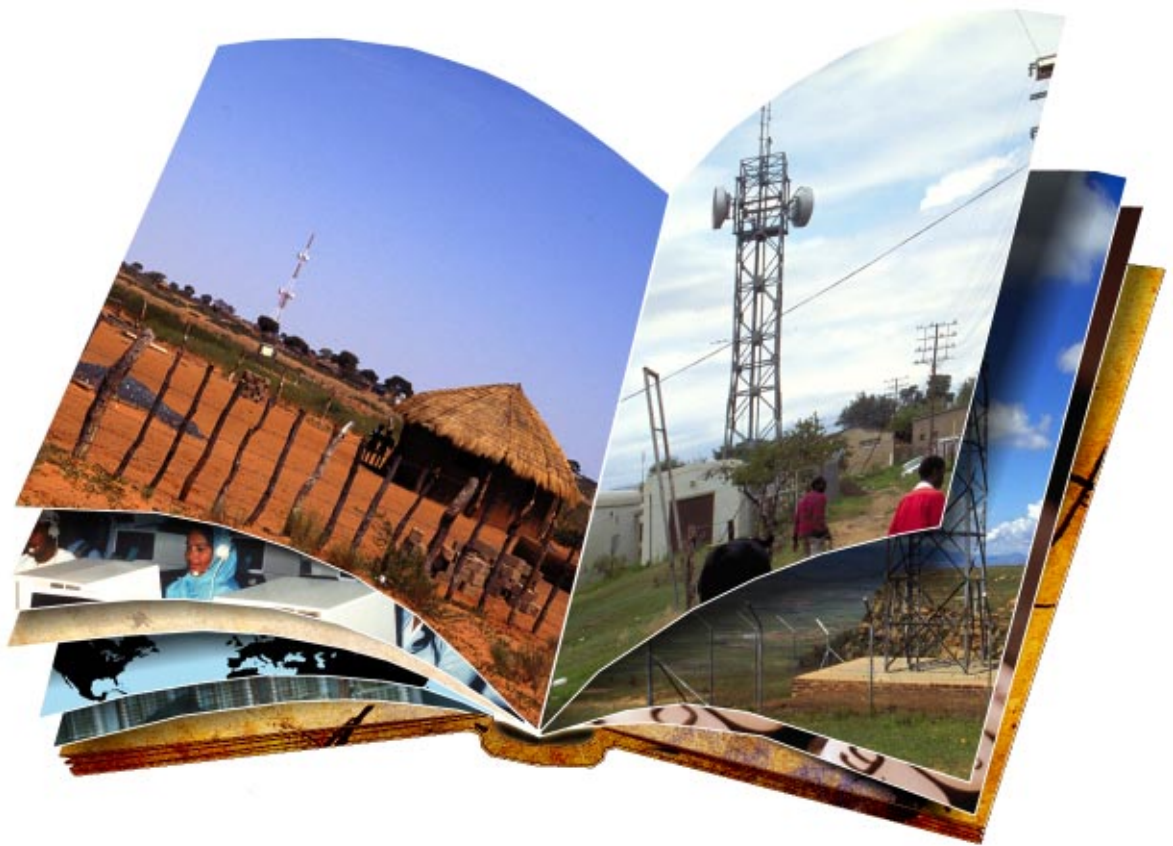




UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

Preparación de manuales destinados
a los países en desarrollo:
Avances en las telecomunicaciones rurales



BDT

OFICINA DE
DESARROLLO DE LAS
TELECOMUNICACIONES

UIT-D Comisiones de Estudio
Primer Periodo de Estudios (1995-1998)
Informe sobre la Cuestión 2/2

LAS COMISIONES DE ESTUDIO DEL UIT-D

Las Comisiones de Estudio del UIT-D se establecieron de acuerdo con la Resolución 2 de la CMDT-94 (Buenos Aires, marzo de 1994). Para el periodo 1994-1998, a la Comisión de Estudio 1 se le encomendó el estudio de cinco Cuestiones en el campo de las estrategias y políticas de desarrollo de las telecomunicaciones, y a la Comisión de Estudio 2 se le confió el estudio de ocho Cuestiones de carácter más técnico. Los trabajos se iniciaron realmente en 1995 y tuvieron como resultado una serie de doce Recomendaciones, que se aprobaron en la CMDT-98 (La Valetta, marzo de 1998).

Para toda información sobre asuntos de las Comisiones de Estudio del UIT-D

póngase en contacto con:

UIT
Sra. Alessandra Pileri
Place des Nations
CH-1211 Ginebra 20
Suiza

| | |
|----------|---------------------------------|
| Teléfono | +41 22 730 6698 |
| Facsímil | +41 22 730 5484 |
| Internet | alessandra.pileri@itu.int |
| X.400 | S=brmail; P=itu; A=400net; C=ch |

Para solicitar las Publicaciones de la UIT

póngase en contacto con:

UIT
Servicio de ventas y marketing
Place des Nations
CH-1211 Ginebra 20
Suiza

| | |
|-----------|--------------------------------|
| Teléfono | +41 22 730 6141 Inglés |
| Teléfono | +41 22 730 6142 Francés |
| Teléfono | +41 22 730 6143 Español |
| Facsímil | +41 22 730 5194 |
| Télex | 421 000 uit ch |
| Telegrama | ITU GENEVE |
| Internet | sales@itu.int |
| X.400 | S=sales; P=itu; A=400net; C=ch |

© UIT 1999

Reservados todos los derechos de reproducción. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

Preparación de manuales destinados
a los países en desarrollo:
Avances en las telecomunicaciones rurales

BDT

OFICINA DE
DESARROLLO DE LAS
TELECOMUNICACIONES

UIT-D Comisiones de Estudio

Primer Periodo de Estudios (1995-1998)

Informe sobre la Cuestión 2/2

PUBLICACIONES DE LAS COMISIONES DE ESTUDIO DEL UIT-D

Periodo de estudios 1995-1998

Comisión de Estudio 1

| | |
|--------------------------------------|---|
| Informe sobre la Cuestión 1/1 | Papel de las telecomunicaciones en el desarrollo económico, social y cultural |
| Informe sobre la Cuestión 2/1 | Políticas de telecomunicaciones y sus repercusiones a nivel institucional, reglamentario y de explotación de los servicios |
| Informe sobre la Cuestión 3/1 | Repercusiones de la introducción y utilización de nuevas tecnologías sobre el entorno comercial y reglamentario de las telecomunicaciones |
| Informe sobre la Cuestión 4/1 | Políticas y modalidades de financiación de las infraestructuras de telecomunicación en los países en desarrollo |
| Informe sobre la Cuestión 5/1 | Industrialización y transferencia de tecnología |

Comisión de Estudio 2

| | |
|--------------------------------------|--|
| Informe sobre la Cuestión 1/2 | Intereses especiales de los países en desarrollo en lo que se refiere a los trabajos de los Sectores de Radiocomunicaciones y de Normalización de las Telecomunicaciones |
| Informe sobre la Cuestión 2/2 | Preparación de manuales destinados a los países en desarrollo |
| Manual sobre los | « <i>Avances en las telecomunicaciones rurales</i> » |
| Manual sobre las | « <i>Nuevas tecnologías y nuevos servicios</i> » |
| Manual sobre los | « <i>Aspectos económicos, de organización y reglamentarios de la gestión nacional del espectro</i> » |
| Informe sobre la Cuestión 3/2 | Planificación, gestión, explotación y mantenimiento de redes de telecomunicaciones |
| Informe sobre la Cuestión 4/2 | Comunicaciones en las zonas rurales y remotas |
| Informe sobre la Cuestión 5/2 | Desarrollo y gestión de los recursos humanos |
| Informe sobre la Cuestión 6/2 | Consecuencias de las telecomunicaciones en la asistencia sanitaria y en otros servicios sociales |
| Informe sobre la Cuestión 7/2 | Contribución de las telecomunicaciones a la protección del medio ambiente |
| Informe sobre la Cuestión 8/2 | La infraestructura de la radiodifusión como servicio público en los países en desarrollo |

Preparación de manuales destinados a los países en desarrollo

Avances en las telecomunicaciones rurales

Índice

| | <i>Página</i> |
|---|---------------|
| Prefacio..... | vii |
| Acrónimos..... | 1 |
| 1 Introducción..... | 5 |
| 1.1 Finalidad y alcance..... | 5 |
| 1.2 Estructura del Manual | 5 |
| 2 Particularidades de los entornos rurales, su incidencia en las telecomunicaciones y los beneficios que arrojan las telecomunicaciones rurales | 5 |
| 2.1 Definición de una zona rural | 5 |
| 2.2 Acceso universal y servicio universal | 6 |
| 2.2.1 Definiciones | 6 |
| 2.2.2 Prestación de acceso universal | 7 |
| 2.2.3 Del «acceso universal» al «servicio universal» | 7 |
| 2.2.4 Estrategias para conseguir el servicio universal | 8 |
| 2.2.5 Ventajas e inconvenientes de los métodos «directo» e «indirecto» | 9 |
| 2.3 Beneficios económicos, sociales y culturales..... | 10 |
| 2.3.1 Visión general de los beneficios..... | 10 |
| 2.3.2 Ejemplos de los beneficios | 11 |
| 3 Planificación de redes en zonas rurales y distantes | 17 |
| 3.1 Antecedentes | 17 |
| 3.2 Proyectos/programas de planificación de la red de telecomunicaciones rurales..... | 18 |
| 3.3 Estudios económicos de los costes de ingeniería | 19 |
| 3.4 Análisis financiero | 19 |
| 3.5 Planificación fiscal | 19 |
| 3.6 Previsiones de demanda | 20 |
| 3.6.1 Acceso/servicio universal e inversión | 20 |
| 3.6.2 Previsiones de crecimiento..... | 21 |
| 3.6.3 Ejemplo | 21 |
| 3.7 Aspectos relativos a la reglamentación | 22 |
| 3.7.1 Primera categoría: subvenciones internas cruzadas objeto de reglamentación | 23 |
| 3.7.2 Segunda categoría: concesión de licencias exclusivas a operadoras rurales | 23 |
| 3.7.3 Interconexión..... | 23 |
| 3.8 Aspectos relativos a la financiación | 27 |
| 3.9 Planificación del desarrollo de las telecomunicaciones rurales nacionales..... | 29 |
| 3.9.1 Planes de desarrollo..... | 29 |
| 3.9.2 Planes técnicos fundamentales | 29 |
| 3.9.3 La planificación de la red | 30 |
| 3.9.4 Planificación en zonas rurales | 31 |
| 3.9.5 Estudios complementarios..... | 31 |
| 3.10 Consideraciones relativas al diseño del sistema..... | 32 |
| 3.10.1 Criterios para seleccionar la tecnología..... | 32 |
| 3.10.2 Constricciones ambientales | 32 |
| 3.10.3 Implementación | 33 |
| 3.11 Gestión de la red | 33 |
| 3.12 AOM&P (administración, operación, mantenimiento y provisión) | 34 |

| | <i>Página</i> |
|-------|---|
| 4 | Tecnologías de red..... 35 |
| 4.1 | Sistemas de conmutación, concentradores y unidades locales distantes 35 |
| 4.1.1 | Conmutación 35 |
| 4.1.2 | Pequeños sistemas de conmutación autónomos 37 |
| 4.2 | Multiplexores 37 |
| 4.3 | Interconexión 37 |
| 4.4 | Tecnologías de la red de acceso 39 |
| 4.4.1 | Sistemas no radioeléctricos 39 |
| 4.4.2 | Sistemas radioeléctricos 43 |
| 4.5 | Tendencias de la tecnología 49 |
| 4.5.1 | Sistemas alámbricos 49 |
| 4.5.2 | Sistemas inalámbricos 49 |
| 5 | Comparación técnica y económica 50 |
| 5.1 | Comparación técnica de las tecnologías..... 53 |
| 5.2 | ¿Qué tecnología y a qué precio? 56 |
| 5.2.1 | Escenarios..... 58 |
| 5.2.2 | Tecnologías aplicables a los escenarios 58 |
| 5.2.3 | Compatibilidad y coherencia de la tecnología..... 61 |
| 5.2.4 | Soluciones para los tres escenarios 61 |
| 5.2.5 | Las hipótesis 61 |
| 5.2.6 | Comparación de los costos 62 |
| 5.3 | Conclusión 64 |
| | Anexo I – Ejemplo de análisis financiero 68 |
| | Referencias bibliográficas..... 75 |
| | Bibliografía adicional 76 |

PREFACIO

Me complace presentar esta última publicación de la serie de Manuales sobre telecomunicaciones rurales de la UIT. Los Manuales previos sobre este tema los elaboró el GAS 7 del CCITT (actualmente UIT-T), Grupo que se ha suprimido. Este Manual lo ha elaborado la BDT como contribución a la Cuestión 2/2 del último ciclo de la Comisión de Estudio 2 del UIT-T. El Manual se basa en gran medida en las contribuciones presentadas con respecto a esta Cuestión y en una serie de artículos, ponencias y Manuales sobre el particular publicados por la UIT (véanse las Referencias).

La penetración telefónica en las zonas rurales de los países en desarrollo es, generalmente, muy baja y muchas comunidades rurales ni siquiera tienen acceso a las telecomunicaciones básicas. Hoy en día, todo el mundo reconoce que las telecomunicaciones son un motor de crecimiento y que la mayoría de las poblaciones de los países en desarrollo, que habitan zonas rurales, tienen que tener la oportunidad de aprovecharlas y de participar activamente en la sociedad mundial de la información en evolución. Los Miembros de la UIT conceden una alta prioridad al acceso universal, que exige grandes inversiones en el desarrollo de las telecomunicaciones rurales.

Por consiguiente, muchos fabricantes ven ahora a las zonas rurales como uno de los mercados futuros más importantes en lo que respecta a los equipos de telecomunicación, y vienen desarrollando ininterrumpidamente nuevas tecnologías ajustadas a las condiciones de las zonas rurales y aisladas. En consecuencia, cualquier Manual sobre este tema pierde vigencia con toda rapidez en cuanto a la elección de tecnologías, aunque no así en lo concerniente a los principios básicos, que siguen siendo válidos. Por lo tanto, se espera que los usuarios de este Manual puedan sacar provecho de las orientaciones generales y reciban el estímulo suficiente como para mantenerse a la vanguardia de los desarrollos tecnológicos.

Hamadoun I. Touré

Director

Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones

ACRÓNIMOS

| | |
|--------|---|
| ADM | Multiplexor de adición-sustracción (<i>add-drop multiplexer</i>) |
| AMPS | Sistema de telefonía móvil avanzada (<i>advanced mobile phone system</i>) |
| AN | Nodo de acceso (<i>access node</i>) |
| ANSI | American National Standards Institute |
| AOM&P | Administración, operación, mantenimiento y provisión (<i>administration, operation, maintenance and provisioning</i>) |
| AON | Red óptica activa (<i>active optical network</i>) |
| ATM | Modo de transferencia asíncrono (<i>asynchronous transfer mode</i>) |
| BAAP | Buenos Aires Action Plan for the Global Development (véase PABA) |
| BDT | Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones (<i>Telecommunication Development Bureau</i>) |
| BML | Nivel de gestión comercial (<i>business management level</i>) |
| BOT | Construcción, explotación y transferencia (<i>build, operate and transfer</i>) |
| BSC | Controlador de estación de base (<i>base station controller</i>) |
| BTO | Construcción, transferencia y explotación (<i>build, transfer and operate</i>) |
| BTS | Estación transceptora de base (<i>base transceiver station</i>) |
| CAI | Interfaz aérea común (<i>common air interface</i>) |
| CDMA | Acceso múltiple por división de código (<i>code division multiple access</i>) |
| CP | Punto de concentración (<i>concentration point</i>) |
| CPE | Equipo en las instalaciones del cliente (<i>customer premises equipment</i>) |
| CT | Telecomunicaciones inalámbricas (<i>cordless telecommunications</i>) |
| CT2 | Segunda generación de teléfono inalámbrico (<i>cordless telephone second generation</i>) |
| D-AMPS | Sistema de telefonía móvil avanzada digital (<i>digital advanced mobile phone system</i>) |
| DAMA | Acceso múltiple con asignación por demanda (<i>demand assigned multiple access</i>) |
| DC | Concentrador digital (<i>digital concentrator</i>) |
| DECT | Telecomunicaciones inalámbricas digitales mejoradas (<i>digital enhanced cordless telecommunications</i>) |
| DP | Punto de distribución (<i>distribution point</i>) |
| ETSI | Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (<i>European Telecommunication Standards Institute</i>) |
| FDD | Dúplex por división de frecuencia (<i>frequency division duplex</i>) |
| FDMA | Acceso múltiple por división de frecuencia (<i>frequency division multiple access</i>) |
| FITL | Fibra en el bucle (<i>fibre in the loop</i>) |
| FSS | Servicio fijo por satélite (<i>fixed satellite service</i>) |
| FTTC | Fibra hasta el punto de acometida (<i>fibre to the curb</i>) |
| FTTCa | Fibra hasta la caja de conexión (<i>fibre to the cabinet</i>) |
| FTTH | Fibra hasta el hogar (<i>fibre to the home</i>) |
| FWA | Acceso inalámbrico fijo (<i>fixed wireless access</i>) |
| GAS | Grupo Autónomo Especializado (<i>Special Autonomous Group</i>) |
| GDP | Gross domestic product (véase PIB) |

| | |
|----------|--|
| GEO | Órbita geoestacionaria (<i>geostationary orbit</i>) |
| GMPCS | Sistemas móviles mundiales de comunicaciones personales por satélite (<i>global mobile personal communications by satellite</i>) |
| GNP | Gross national product (véase PNB) |
| GOS | Grado de servicio (<i>grade of service</i>) |
| GSM | Sistema mundial de comunicaciones móviles (<i>global system for mobile communication</i>) |
| HDI | Índice de desarrollo humano (<i>human development index</i>) |
| IC | Información y comunicación (<i>information and communication</i>) |
| IDMT | Informe sobre el Desarrollo Mundial de las Telecomunicaciones |
| IFC | Primer coste de instalación (<i>installed first cost</i>) |
| IMT-2000 | Telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (<i>international mobile telecommunications-2000</i>) |
| IRR | Tasa interna de rentabilidad (<i>internal rate of return</i>) |
| ISDN | Red digital de servicios integrados (véase RDSI) |
| IT | Tecnología de la información (<i>information technology</i>) |
| LAN | Red de área local (<i>local area network</i>) |
| LDAU | Unidad de acceso digital local (<i>local digital access unit</i>) |
| LDC | País menos adelantado (<i>least developed country</i>) |
| LE | Central local (<i>local exchange</i>) |
| LEO | Órbita terrena baja (<i>low earth orbit</i>) |
| LTU | Unidad de terminación de línea (<i>line termination unit</i>) |
| MCT | Telecentro comunitario polivalente (<i>multipurpose community telecentre</i>) |
| MDF | Repartidor principal (<i>main distribution frame</i>) |
| MEO | Órbita terrena media (<i>middle earth orbit</i>) |
| MIC | Modulación por impulsos codificados |
| ML | Línea principal (<i>main line</i>) |
| MSC | Centro de conmutación de los servicios móviles (<i>mobile switching centre</i>) |
| N-AMPS | Sistema de telefonía móvil avanzada de banda estrecha (<i>narrow-band advanced mobile phone system</i>) |
| NEML | Nivel de gestión de elemento de red (<i>network element management level</i>) |
| NML | Nivel de gestión de red (<i>network management level</i>) |
| NMT | Sistema nórdico de telefonía móvil (<i>nordic mobile telephone</i>) |
| NPV | Valor neto actual (<i>net present value</i>) |
| NT | Terminación de red (<i>network termination</i>) |
| NTT | Nippon Telephone and Telegraph Corporation |
| NTU | Unidad de terminación de red (<i>network termination unit</i>) |
| OMC | Organización Mundial del Comercio |
| OSI | Interconexión de sistemas abiertos (<i>open systems interconnection</i>) |
| PABA | Plan de Acción de Buenos Aires para el Desarrollo |
| PACS | Sistema de comunicaciones de acceso personal (<i>personal access communications system</i>) |
| PBX | Centralita privada de abonados (<i>private branch exchange</i>) |

| | |
|---------|--|
| PCM | Pulse Code Modulation (véase MIC) |
| PCO | Oficina pública de comunicaciones (<i>public call office</i>) |
| PCS | Servicio de comunicaciones personales (<i>personal communication service</i>) |
| PDH | Jerarquía digital plesiócrona (<i>plesiochronous digital hierarchy</i>) |
| PHS | Sistema de teléfono de mano personal (<i>personal handy phone system</i>) |
| PIB | Producto interior bruto |
| PLANITU | Planificación de redes asistida por computador (<i>computer-aided network planning</i>) |
| PLDT | Philippine Long Distance Telephone Company |
| PLMN | Public land mobile network (véase RMTP) |
| PMP | Punto a multipunto (<i>point-to-multipoint</i>) |
| PNB | Producto nacional bruto |
| PNUD | Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo |
| POI | Punto de interconexión (<i>point of interconnection</i>) |
| PON | Red óptica pasiva (<i>passive optical network</i>) |
| POTS | Servicio telefónico ordinario (<i>plain old telephone system</i>) |
| PPP | Paridad de poder adquisitivo (<i>purchasing power parity</i>) |
| PSDN | Public switched data network (véase RPDC) |
| PSTN | Public switched telephone network (véase RTPC) |
| PTO | Empresa operadora de telecomunicaciones públicas (<i>public telecommunications operator</i>) |
| PWAC | Valor actual de los gastos anuales (<i>present worth of annual charges</i>) |
| RDAU | Unidad de acceso digital distante (<i>remote digital access unit</i>) |
| RDSI | Red digital de servicios integrados |
| RF | Frecuencia radioeléctrica (<i>radiofrequency</i>) |
| RGT | Red de gestión de las telecomunicaciones |
| RMTP | Red móvil terrestre pública |
| RPDC | Red pública de datos con conmutación |
| RTPC | Red telefónica pública conmutada |
| SAN | Nodo de acceso por satélite (<i>satellite access node</i>) |
| SDH | Jerarquía digital síncrona (<i>synchronous digital hierarchy</i>) |
| SML | Nivel de gestión de servicio (<i>service management level</i>) |
| STS | Servicio de telecomunicaciones estratosféricas (<i>stratospheric telecommunications service</i>) |
| TACS | Sistema de comunicaciones con acceso total (<i>total access communication system</i>) |
| TDD | Dúplex de división de tiempo (<i>time division duplex</i>) |
| TDMA | Acceso múltiple por división de tiempo (<i>time division multiple access</i>) |
| TMN | Telecommunication management network (véase RGT) |
| TOT | Telephone Organization of Thailand |
| TS | Intervalo de tiempo (<i>time slot</i>) |
| UHF | Ondas decimétricas (<i>ultra high frequency</i>) |
| UIT | Unión Internacional de Telecomunicaciones |

| | |
|-------|--|
| UIT-D | Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones |
| UIT-R | Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Radiocomunicaciones |
| UIT-T | Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Normalización de las Telecomunicaciones |
| UNDP | United Nations Development Programme (véase PNUD) |
| VAN | Red de valor añadido (<i>value-added network</i>) |
| VHF | Ondas métricas (<i>very high frequency</i>) |
| VPN | Red privada virtual (<i>virtual private network</i>) |
| VSAT | Terminal de muy pequeña abertura (<i>very small aperture terminal</i>) |
| WTDR | World Telecommunication Development Report (véase IDMT) |
| WTO | World Trade Organization (véase OMC) |
| xDSL | ADSL: línea de abonado digital asimétrica (<i>asymmetric digital subscriber line</i>) HDSL: línea de abonado digital de alta velocidad (<i>high rate digital subscriber line</i>) S-HDSL: línea de abonado digital de alta velocidad de un solo par (<i>single-pair high rate digital subscriber line</i>) SDSL: línea de abonado digital simétrica (<i>symmetric digital subscriber line</i>) VDSL: línea de abonado digital de velocidad muy alta (<i>very high speed digital subscriber line</i>) |

INFORME SOBRE LA CUESTIÓN 2/2

Preparación de manuales destinados a los países en desarrollo*Avances en las telecomunicaciones rurales***1 Introducción****1.1 Finalidad y alcance**

El Volumen I (Ginebra, 1992) del Manual del Grupo Autónomo Especializado 7 (GAS 7) trata de los sistemas radioeléctricos en las zonas rurales, y el Volumen II (Ginebra, 1994), aborda la conmutación, la RDSI, los aspectos financieros y la utilización de las fibras ópticas en las redes rurales [1].

Este Manual, elaborado en estrecha colaboración con el Programa 9 del PABA [2] (Desarrollo rural integrado), tiene por finalidad complementar y actualizar los Manuales del GAS 7.

Se centra en las tecnologías corrientes o de reciente aparición, que pueden proporcionar soluciones rentables y son apropiadas para las necesidades de las zonas rurales de los países en desarrollo, y su objetivo es proporcionar información para ayudar a esos países en la toma de decisiones. Se pone el acento en las metodologías, en vez de las recomendaciones, pues incumbe a la administración y a la empresa operadora de telecomunicaciones públicas (PTO) determinar cuál es la mejor solución para satisfacer las necesidades de sus poblaciones rurales en materia de telecomunicaciones.

1.2 Estructura del Manual

El Manual se divide en cinco secciones. Después de la introducción, en la Sección 2 se pasa revista a las características especiales de los entornos rurales y sus repercusiones en el desarrollo de las redes de telecomunicaciones para las zonas rurales, aisladas y poco atendidas. También se analizan los beneficios que arrojan las telecomunicaciones para el desarrollo económico, social y cultural. Se proponen estrategias para el desarrollo del acceso universal, pues el objetivo último es el suministro del servicio universal.

En la Sección 3, se examina la planificación de las redes de las zonas rurales y distantes, y se abordan los aspectos de ingeniería, finanzas, fiscales y de reglamentación. También se estudian las opciones de financiación del desarrollo de las telecomunicaciones rurales, así como la implementación, el funcionamiento y el mantenimiento de las redes de telecomunicaciones rurales.

La Sección 4, dedicado a las tecnologías de red, es un análisis de las diversas tecnologías que se pueden aplicar en las telecomunicaciones rurales, en el que se destacan las tecnologías radioeléctricas, que proporcionan, en muchos casos, un medio eficaz y rentable para desarrollar la infraestructura necesaria.

En el Sección 5, se ofrece una comparación técnica y económica general de las diferentes tecnologías. Es probable que se necesiten puntos de concentración o distribución entre la central local y el abonado, para los que las tecnologías más apropiadas pueden ser las de extremo inalámbrico o una combinación de sistemas alámbricos e inalámbricos. Se hace una comparación detallada de los tres modelos diferentes en función de los costos. El capítulo termina con un análisis de los servicios que se podría ofrecer por la red, que muestra claramente que no existe una solución universal para el desarrollo de las infraestructuras de telecomunicaciones rurales.

El Anexo I es un ejemplo que ilustra los factores que hay que tener en cuenta en el análisis financiero de los ofrecimientos en las licitaciones.

2 Particularidades de los entornos rurales, su incidencia en las telecomunicaciones y los beneficios que arrojan las telecomunicaciones rurales**2.1 Definición de una zona rural**

Tradicionalmente, el término rural se aplica al campo o a cualquier cosa relacionada con él. Casi siempre, el adjetivo rural se opone a urbano. Ahora bien, éste no es el significado que se utiliza en el Manual, pues la expresión «rural y distante» (o únicamente «rural») se refiere a zonas rurales, aisladas y poco atendidas, en las que interactúan diversos factores que dificultan la instalación de los servicios de telecomunicación.

Una zona rural [3] consiste generalmente en colonias, pueblos y pequeñas ciudades dispersas, que pueden distar hasta varios cientos de kilómetros de una ciudad o un centro urbano. Y en ciertos casos, incluso una zona suburbana también se puede considerar como rural.

La zona presenta una o más de las siguientes características:

- falta parcial o total de servicios públicos, como suministro fiable de electricidad y agua, carreteras de acceso y transporte regular;
- escasez de personal técnico;
- condiciones topográficas que plantean dificultades, por ejemplo, lagos, ríos, montes, montañas o desiertos, pues hacen muy costosa la construcción de redes de telecomunicaciones;
- condiciones climáticas adversas, que imponen exigencias críticas a los equipos;
- economía limitada a actividades básicas, como la agricultura, la pesca, la artesanía, etc.;
- bajos ingresos per cápita;
- infraestructuras sociales subdesarrolladas (salud, educación, etc.);
- baja densidad de población;
- tasas de llamada muy altas por línea de central, lo que refleja la escasez de servicios telefónicos y el hecho de que una gran cantidad de gente depende de una sola línea de central.

Estas características dificultan el suministro de servicios de telecomunicaciones públicas de calidad aceptable mediante medios tradicionales a precios asequibles, que resulten comercialmente viables para el proveedor de servicio.

La última característica de la lista tiene un efecto ambivalente. Para tenerlo en cuenta, se debe dimensionar la red de telecomunicaciones de forma que tenga más capacidad de conmutación y una mayor cantidad de circuitos interurbanos de los que se necesitarían en las zonas urbanas. Si se adopta esta estructura, el gran volumen de tráfico y los altos ingresos por línea de acceso permiten mejorar los resultados financieros y económicos de las redes rurales. Si la red no se dimensiona así, estará crónicamente congestionada, prestará malos servicios y derrochará gran cantidad de capacidad en llamadas no completadas.

Las tasas de penetración en las zonas rurales de muchos países en desarrollo son muy bajas. Hay considerables retrasos en la instalación de los servicios para los abonados que lo solicitan, y en muchos países ni siquiera los pueblos grandes tienen una cabina pública. En los países de ingresos bajos (según la definición del Banco Mundial) había, en 1996, un promedio de sólo 8,9 líneas principales residenciales por 100 hogares y 0,56 cabinas públicas por 1 000 habitantes (en comparación con 102,7 y 5,17, respectivamente, para los países de ingresos altos) – Informe sobre Desarrollo Mundial de las Telecomunicaciones de la UIT, 1998 [4].

Una de las causas principales de las tasas de penetración limitadas en esos países de bajos ingresos es que, debido a las características descritas más arriba, los sistemas terrenales de telecomunicaciones rurales (especialmente los que se implementan con la política de servicio universal) exigen inversiones de capital relativamente considerables. En doce proyectos recientes financiados por el Banco Mundial, las líneas de acceso que se añaden en las zonas rurales de los países en desarrollo eran, en promedio, tres veces más caras que las correspondientes en las zonas metropolitanas.

Estos retos específicos que hay que afrontar para prestar servicios de telecomunicación en las zonas rurales de los países en desarrollo de manera económicamente eficaz no significa que la prestación comercial sea imposible, o que siempre se necesiten subvenciones. Con frecuencia, las inversiones en telecomunicaciones de los países en desarrollo se pueden financiar con medios comerciales normales. En general, en los países en desarrollo, donde la demanda normalmente rebasa la oferta, una entidad de telecomunicaciones bien gestionada, que tiene una política de precios eficaz, puede recuperar todos los costos de los servicios mediante las tarifas. En general, se supone que para conseguir la recuperación de costos, los servicios de telecomunicaciones rurales necesitan considerables subvenciones cruzadas procedentes de los servicios de larga distancia o de las zonas metropolitanas. Pero tampoco esta situación es totalmente válida. Si en el diseño de red se utilizan tecnologías que pueden agrupar llamadas en una zona amplia (por ejemplo, diversas arquitecturas terrenales o de satélite «inalámbricas») para reducir al mínimo las repercusiones negativas de los costos unitarios bajos, los servicios de telecomunicaciones para las regiones rurales pueden, con frecuencia, generar ganancias significativas con respecto a las inversiones practicadas.

2.2 Acceso universal y servicio universal

2.2.1 Definiciones

En el contexto de este Manual, «acceso universal» se define como el acceso a los servicios de telecomunicación a una distancia aceptable con respecto a los hogares. El significado de distancia «aceptable» dependerá de los medios de transporte disponibles (a pie, en bicicleta o en vehículos) y de la forma en que la gente valora su tiempo.

Por definición, «servicio universal» significa al menos una línea telefónica para cada hogar. Sólo unos pocos países han alcanzado este objetivo, que está muy lejos de lo que realmente se podrá conseguir en los países en desarrollo en el futuro inmediato.

2.2.2 Prestación de acceso universal

NOTA – El Informe sobre el Desarrollo Mundial de las Telecomunicaciones, 1998, UIT, constituye un análisis completo sobre el suministro de acceso universal.

El acceso a los servicios y facilidades de telecomunicación se debe proporcionar en un lugar central y conveniente en cada comunidad. El abanico de servicios que se ofrezca debe satisfacer las necesidades de esa comunidad. Tanto los tipos como la cantidad de servicios ofrecidos aumentarán a medida que aumente la demanda y surjan nuevas aplicaciones y oportunidades.

Inicialmente, ese acceso se puede proporcionar mediante las oficinas públicas de comunicaciones (PCO), que luego se pueden convertir en telecentros comunitarios polivalentes (MCT). Algunas administraciones de telecomunicación, como las de Bangladesh, Chile, India, Indonesia, Kenya, Perú, Senegal y Yemen han dado prioridad al suministro de teléfonos públicos en las zonas rurales. Algunas de ellas, por ejemplo, India, Indonesia y Senegal, han adoptado políticas innovadoras para estimular a los empresarios privados a participar en el mercado de las PCO. Esto ha movilizó inversiones considerables para la expansión de los teléfonos de pago, y ofrecer así más disponibilidad y fiabilidad.

Los estudios sobre la utilización de PCO en las zonas rurales de los países en desarrollo [5] indican que una política de desarrollo de PCO bien gestionada permite obtener ganancias que cubren los costos de instalación de las oficinas, y arrojan beneficios considerables para los usuarios, que rebasan sustancialmente el precio de sus llamadas telefónicas («excedente del consumidor»).

Los teléfonos de pago son un medio para conseguir los objetivos del servicio universal de los países que actualmente tienen redes con acceso limitado, y también representa para las empresas ubicadas en zonas distantes el único vínculo con la red pública, gracias al cual los empresarios consiguen más oportunidades, aumentan la productividad y crean empleo.

El concepto de telecentros comunitarios polivalentes (MCT) [6] – una instalación del servicio compartido de información y comunicación (IC) – se reconoce hoy ampliamente como un medio para mejorar el acceso a los servicios IC en las zonas rurales y distantes (así como en las zonas urbanas deprimidas). Al telecentro comunitario también se lo denomina centro de teleservicio comunitario, centro comunitario de información, casa de campo electrónica o, como se lo llamaba al comienzo, «telequiosco». Proporciona tecnología de la información (IT) y facilidades de telecomunicación, apoyo al usuario y formación para la mayoría de la población de una comunidad rural que no tiene medios para comprar esos equipos de forma independiente y tampoco tiene la capacidad para manejar esas herramientas.

Además de los servicios públicos de telefonía, facsímil y correo vocal, un MCT bien equipado proporcionará acceso a las redes de datos (por ejemplo, Internet), para correo electrónico, transferencia de ficheros, acceso a bibliotecas y bases de datos electrónicas, sistemas informáticos de la administración y la comunidad, información sobre precios y productos, vigilancia del medio ambiente, etc., así como instalaciones y equipos de teleeducación y telemedicina. Si está dotado de computadoras, impresoras, fotocopadoras, etc., el MCT también puede ofrecer (en forma compartida) despachos, equipamiento y formación para la producción (y recepción) local de programas comunitarios de radio y televisión.

Además, el MCT también puede albergar las oficinas de otros servicios comunitarios, como correos, banca, electricidad y agua; se convierte, entonces, en un centro para realizar las actividades de la comunidad a distancia, y desarrollar actividades sociales y culturales.

2.2.3 Del «acceso universal» al «servicio universal»

Las estadísticas de telecomunicaciones que publica la UIT muestran que existe un desequilibrio entre la penetración telefónica de las zonas urbanas y las rurales. También indican que cuanto más bajo es el PIB, tanto más grande es la disparidad de la penetración urbana y rural. Esto se ilustra en el Cuadro 1.

La diferencia de penetración telefónica en zonas rurales y urbanas obedece principalmente al efecto de umbral de ingresos.

CUADRO 1

Estimación de la penetración telefónica en las zonas rurales de los países en desarrollo

Fuente: UIT, 1998 – Banco Mundial

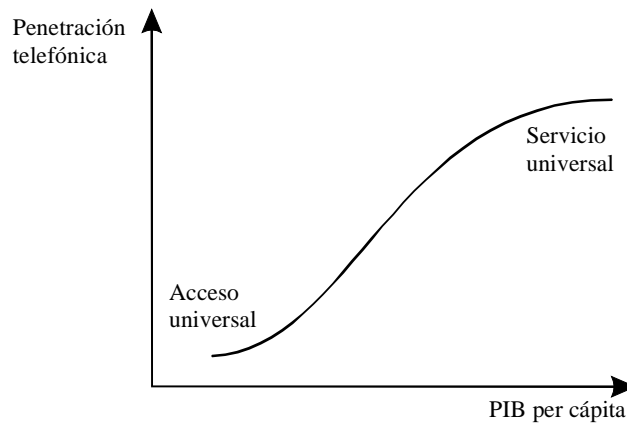
| Año 1996 | Población (millones) | | Penetración telefónica (líneas principales por 100 habitantes) | |
|--|----------------------|--------------|--|--------------|
| | Total | Rural (est.) | Total | Rural (est.) |
| Países de ingresos bajos | 3 258,10 | 2 350 | 2,45 | 0,7 |
| Países de ingresos bajos, salvo China, India, Pakistán | 947,29 | 695 | 0,825 | < 0,1 |
| Países de ingresos bajos a medios | 1 170,62 | 510 | 9,71 | 2,3 |
| Países de ingresos medios a altos | 440,36 | 110 | 13,36 | 7,9 |

Por consiguiente, cuando una gran parte de la población se encuentra por debajo del umbral de ingresos necesarios para conseguir una línea telefónica privada, se necesitan estrategias especiales para proporcionar el servicio universal.

La Figura 1 ilustra la evolución de los objetivos de acceso universal a servicio universal a medida que crece el PIB per cápita del país.

FIGURA 1

Del acceso universal al servicio universal



d01

El problema fundamental que deben afrontar los gobiernos y los organismos reguladores (y las operadoras de telecomunicaciones que tienen obligaciones de acceso universal/servicio universal) no estriba en invertir o no en la expansión de las redes rurales, sino en cómo hacerlo. Dicho de otra manera: ¿cuál método de expansión de las redes rurales será el más rentable?

2.2.4 Estrategias para conseguir el servicio universal

La finalidad de todas las estrategias concretas de servicio universal es ampliar la cobertura geográfica de la red telefónica pública conmutada y proporcionar líneas de acceso adicionales; ahora bien, la intensidad del acento que se ponga en estos dos aspectos de una política de servicio universal puede variar.

Con un método, se elige incrementar la central de acceso local y la capacidad de conmutación local, para proporcionar rápidamente más líneas de acceso y reducir, así, la lista de espera. Se lo puede llamar «método directo» para conseguir los objetivos del servicio universal. Pero no siempre es necesario conseguir más líneas de acceso. Cabe la posibilidad de estimular la expansión de los enlaces de transmisión local y la conmutación en cascada, así como la red de larga distancia. Es el «método indirecto» para el servicio universal: puede que, a corto plazo, se conecten menos líneas de acceso que con el método directo, pero se consigue una cobertura geográfica más amplia y también (por las razones que se aducen más adelante), quizás se consigan más líneas de acceso a largo plazo.

Según las prioridades fundamentales fijadas en las políticas económicas y sociales, se puede elegir cualquiera de los dos métodos. Los altos cargos de algunos países han definido sus objetivos de servicio universal y las obligaciones relativas al servicio universal de las empresas operadoras de telecomunicaciones principalmente en términos de la cantidad de líneas de acceso que se añadirán en las nuevas zonas, lo que implica un acento en el método «directo». Un ejemplo de esta posición es la India, donde hace poco se pidió a los licenciatarios privados de servicios fijos que construyan al menos 10% de sus nuevas líneas de centrales directas en las zonas rurales. Los encargados de las políticas de otros países han definido los objetivos del servicio universal en términos de medidas que indican el alcance geográfico de la red, lo que implica una cierta preferencia por el método indirecto. Ejemplos de esta clase de política son los programas de desarrollo de la segunda operadora de telecomunicaciones de Kenya, cuya ejecución comenzó en 1979, en las que se hace hincapié en la ampliación del servicio a las zonas rurales del país, con acento en el enfoque de «distrito»: instalación de nuevas centrales digitales en nueve lugares para dar servicio telefónico automático a las 41 sedes de distrito de Kenya. Este objetivo se alcanzó en 1988.

Antes de entrar en el análisis, cabe señalar que la reciente aparición de arquitecturas modernas, de red «inalámbricas» especialmente las que utilizan satélites, facilita enormemente la solución del dilema de políticas en términos de la elección entre los dos métodos. Con frecuencia, la misma inversión en sistemas inalámbricos puede ampliar la cobertura geográfica de los servicios y aumentar la capacidad simultáneamente. En realidad, en el caso de los sistemas de satélites, normalmente no se puede elegir entre invertir en cobertura o en capacidad, pues cualquier capacidad que se añada al sistema está disponible simultáneamente en una zona muy amplia, que abarca la «estampa» de un satélite o de una «constelación» de satélites. Estas observaciones generales se aplican a una amplia gama de arquitecturas de satélite modernas pertinentes para el suministro de servicios rurales en los países en desarrollo, entre las que figuran los transpondedores de satélite geoestacionario de los complejos sistemas VSAT DAMA y los satélites no geoestacionarios de los sistemas mundiales de comunicaciones móviles personales (GMPCS).

2.2.5 Ventajas e inconvenientes de los métodos «directo» e «indirecto»

NOTA – El tráfico entrante es una fuente adicional de ingresos. La experiencia sugiere que estos ingresos son con frecuencia superiores a los generados por el tráfico saliente. Por otra parte, suelen ignorarse al efectuar los análisis financieros de los proyectos de desarrollo.

Como ya se ha dicho, el método «directo» consiste en asignar una alta prioridad al despliegue de la central de acceso local de la red telefónica pública conmutada (RTPC) en las zonas rurales y las zonas suburbanas de ingresos bajos. Para atraer a los abonados residenciales de esas zonas, el precio del servicio básico debe ser bajo. Si para conseguir ese precio se utilizan las subvenciones cruzadas procedentes de tarifas altas para las llamadas de larga distancia e internacional (abonados generalmente comerciales), se puede dificultar el crecimiento económico, como sucede cuando se crean impuestos.

Por el contrario, el método «indirecto» aumenta de por sí la oferta del servicio de larga distancia. Estas comunicaciones tienen un gran valor comercial porque las usan empresas y personas en actividades de envergadura, y los estudios han demostrado que estos tipos de aplicación de telecomunicaciones tienen un fuerte impacto en la producción y, por consiguiente, aumentan los ingresos nacional y per cápita. A largo plazo, esto posibilita que más hogares puedan acceder al servicio básico residencial a precios no subvencionados (o muy poco subvencionados) lo que, a su vez, ayudará a que esta mayor oferta sea más comercialmente viable.

El contraste entre los dos métodos descritos más arriba se puede ilustrar mediante un caso hipotético de una población rural compacta, del tipo que se encuentra comúnmente en muchos países en desarrollo (en la India, por ejemplo, hay más de 500 000 pueblos con poblaciones inferiores a 1 000). Una estrategia que aplique el «método directo» al servicio universal podría otorgar prioridad a la creación o ampliación de una red local en este pueblo hipotético para conectar una cantidad considerable de hogares. Para conseguir esto, se necesitará ofrecer servicio de acceso y servicio de llamada local con precios muy subvencionados. Pero el servicio de llamada local propiamente dicho tiene un valor de mercado relativamente limitado en ese pueblo (puesto que la comunicación personal es habitual y fácil), mientras que las llamadas de larga distancia pueden ser enormemente útiles, por ejemplo en los casos de urgencias médicas.

En muchos de esos pueblos, habrá gente que necesite el servicio de larga distancia con asiduidad, y muchos otros que necesiten hacer llamadas de larga distancia (o incluso internacionales) ocasionalmente para, por ejemplo, solucionar una urgencia médica o mantenerse en contacto con parientes alejados. Asimismo, éstos son los tipos de llamada a los que concederán gran valor. A menos que el pueblo sea absolutamente autosuficiente (una situación muy rara), exporta e importa productos y, quizá servicios. Gran parte de este comercio «exterior» lo administran los intermediarios, comerciantes y tenderos, que podrían realizar sus funciones con más eficacia si estuvieran vinculados con los mercados en los que venden o compran, mediante un servicio telefónico de larga distancia a precios razonablemente bajos. Varios estudios también muestran que las comunicaciones mejoradas permiten a los productores rurales obtener más poder de

negocio en los mercados, lo que arroja mayores ganancias. Una respuesta más rápida y mejor a las condiciones de los mercados distantes también beneficiará a los productores de las «exportaciones» del pueblo y a los consumidores de sus «importaciones». Las telecomunicaciones de larga distancia pueden proporcionar al pueblo acceso al asesoramiento médico (las enfermeras locales y otro personal médico auxiliar efectúan consultas a médicos que trabajan en otros lugares) y a programas educativos.

2.3 Beneficios económicos, sociales y culturales

En relación con la Cuestión 1/1 – Papel de las telecomunicaciones en el desarrollo económico, social y cultural, la Comisión de Estudio 1 del UIT-D publicó un Informe final [7] que ofrece un panorama completo de los beneficios que se obtienen de las telecomunicaciones. Investigaciones cada vez más numerosas demuestran el valor de las telecomunicaciones como motor del crecimiento económico. Los estudios indican que, en la mayoría de los casos, los beneficios económicos que los usuarios obtienen de la utilización de los servicios de telecomunicaciones rebasan considerablemente los costos de esos servicios. Muchos gobiernos también consideran que la prestación eficaz de servicios de telecomunicación es un catalizador de la construcción del país y la cohesión social. El objetivo ideal del acceso/servicio universal es fomentar el tratamiento equitativo, las oportunidades y la participación de todos los habitantes de un país. Más particularmente, las telecomunicaciones pueden aportar contribuciones importantes a la integración de las poblaciones periféricas en la vida nacional, económica, social y política.

Una fuerza que impulsa el esfuerzo para establecer servicios de telecomunicación fiables y eficaces es el reconocimiento del impacto significativo que pueden tener esos servicios en el ritmo y la dirección del desarrollo del país en el futuro. A continuación, se ofrece una visión general de los diversos beneficios que arrojan las inversiones en el sector de las telecomunicaciones.

2.3.1 Visión general de los beneficios

2.3.1.1 Efecto multiplicador

Normalmente, la inversión en un sector aumenta los resultados económicos en cantidades que rebasan la de la inversión: es el efecto multiplicador de la inversión. La inyección de nuevo capital actúa como catalizador de las actividades comerciales en los sectores de proveedores y de usuarios. El sector de las comunicaciones es más importante desde el punto de vista del proveedor de contribuciones a otros sectores que como usuario de esas contribuciones. El impacto de los proyectos de desarrollo de las telecomunicaciones en la economía nacional se siente principalmente en el aumento del empleo, la producción y/o la productividad.

2.3.1.2 Ingresos directos del mercado exterior

Se prevé que la instalación de líneas telefónicas adicionales y servicios telefónicos mejorados para las llamadas internacionales de larga distancia incrementarán considerablemente las ganancias obtenidas mediante el servicio internacional y, por tanto, acrecentarán los ingresos en divisas.

2.3.1.3 Ahorros de energía

Los servicios de telecomunicaciones pueden sustituir en parte al transporte, y también propiciar una utilización más eficaz de los vehículos y la gasolina y, en consecuencia, contribuir al mejoramiento del medio ambiente.

2.3.1.4 Estrategia de comercialización perfeccionada

Las telecomunicaciones perfeccionadas ayudan a mejorar la eficacia de la comercialización y la competencia. Para que el mercado pueda realizar correctamente su función de asignador de recursos, es preciso que los compradores tengan información sobre los precios, las cantidades y las características de los productos. La utilización de la red de telecomunicaciones es un elemento importante de este proceso. Las telecomunicaciones también pueden servir para establecer un contacto más directo entre los proveedores de materias primas y los mercados finales. Este acortamiento de la cadena de distribución puede reducir los costos de distribución de mercancías y servicios y, quizá, posibilitar más ganancias para los proveedores (específicamente en las zonas rurales), con lo que se ayuda a mitigar la pobreza.

2.3.1.5 Mejor interacción dentro y entre los sectores económicos

El desarrollo de casi todos los sectores de la economía depende de la adecuación de la red de infraestructura del país: carreteras, puentes, centrales eléctricas y de distribución, y redes de telecomunicaciones. El papel clave de los servicios de telecomunicaciones es bien obvio en ámbitos como el desarrollo agrícola, industrial, comercial, las industrias orientadas a servicios, como la banca y el turismo, periodismo e información. Cuando no hay servicios de telecomunicación accesibles y fiables, esas actividades están expuestas a muchos fallos.

2.3.1.6 Desarrollo del comercio internacional

Las empresas están trabajando cada vez más en un ámbito internacional. La inversión adecuada en el sector de las telecomunicaciones facilitará las actividades comerciales internacionales, con lo que contribuirá a obtener más ingresos de las exportaciones.

2.3.1.7 Respaldo de la descentralización regional

Desde hace bastante tiempo, los gobiernos vienen ofreciendo incentivos para que las empresas se instalen en zonas menos desarrolladas. Pero los altos costos de la información, las transacciones y el transporte que conlleva la distancia reducen la eficacia de dichos incentivos. Las telecomunicaciones perfeccionadas pueden menguar los costos considerablemente. Por consiguiente, la inversión en telecomunicaciones es una herramienta eficaz para atraer actividades que generen empleo a las regiones menos desarrolladas.

2.3.1.8 Servicios y programas estatales más eficaces

El funcionamiento de la administración pública se basa, en gran parte, en la coordinación entre la sede, los centros regionales, las oficinas locales e incluso los mismos funcionarios. Una red de telecomunicaciones ampliada y mejorada será más eficaz a la hora de difundir e intercambiar ideas e información, así como administrar los programas estatales. Asimismo, facilitará los programas estatales. Facilitará la ampliación a las zonas rurales de bajos ingresos de los servicios sanitarios, educativos y administrativos y otros, y equilibrará la escasez de expertos que proporcionen asesoramiento, apoyo y supervisión.

2.3.1.9 Posibles beneficios del crecimiento del parque de abonados

Una forma de efecto multiplicador, esta vez desde el punto de vista del abonado, es que los nuevos abonados al servicio de telecomunicación no sólo adquieren la posibilidad de obtener beneficios directos sino, también, de incrementar los posibles beneficios de los que ya están conectados a la red de telecomunicaciones. Además, los beneficios que resultan de una llamada no terminan en los participantes que la efectúan, sino que pueden alcanzar a otras personas como resultado de la llamada original.

2.3.1.10 Mejoramiento de la infraestructura y los servicios ambientales

Los servicios de datos brindan la posibilidad de supervisar y controlar a distancia el suministro de electricidad, agua, transporte, petróleo y gas a las zonas rurales, en caso de que estos servicios se suministren, así como identificar rápidamente los problemas que se puedan plantear en estos sistemas. Entre otros ejemplos cabe citar el telecómputo para la facturación y el control de sistemas de irrigación, basándose en las condiciones climáticas y de los suelos. Estos servicios permiten también supervisar el medio ambiente y suministrar servicios de alerta en condiciones de emergencia, tales como las alertas ante erupciones volcánicas inminentes, grandes tormentas e inundaciones y tsunamis. En particular, los servicios por satélite son generalmente resistentes a las catástrofes y permiten realizar rápidas evaluaciones y responder con celeridad cuando no se dispone de sistemas terrenales de comunicación o estos se hayan destruido.

2.3.1.11 Seguridad y mayor bienestar social

Las telecomunicaciones contribuyen al bienestar de las personas, familias y comunidades, y ayudan a mantenerlo, al facilitar los contactos entre parientes, amigos y socios, y proporcionar acceso rápido a los servicios necesarios para preservar la vida, la salud y los bienes. Las telecomunicaciones contribuyen al desarrollo de las poblaciones mediante el suministro de canales de comunicación que alcanzan hasta las zonas más distantes. También facilitan la integración política, cultural, económica y social.

2.3.2 Ejemplos de los beneficios

2.3.2.1 El producto nacional bruto y las telecomunicaciones

La contribución de un teléfono al producto nacional bruto (PNB) es tanto mayor cuanto más bajo es el PIB per cápita, como lo ilustra el Cuadro 2.

Por ejemplo, un aumento de la penetración telefónica en África subsahariana rural, de 0,095 a 0,28 contribuirá a un incremento del PNB total de la región de unos 4 a 5 USD (o sea, un aumento de 3% del PNB total).

La contribución de una llamada telefónica al PNB es de unos 4 a 12 USD. Para los países que tienen un PNB per cápita de 100 USD, y de 1 a 3 USD para los países con un PNB per cápita de 300 USD.

CUADRO 2

Contribución de un teléfono al PNB per cápita

Fuente: Documento 1/183 – Comisión de Estudio 1, Cuestión 1/1
(último Periodo de estudios, 1994-1998)

| PNB per cápita USD | Contribución USD |
|-----------------------|---------------------|
| 100 | 11 804 |
| 200 | 5 550 |
| 300 | 3 727 |
| 500 | 2 384 |

2.3.2.2 Relación entre beneficios y costos

Se han realizado varios estudios para cuantificar los beneficios que puede obtener el consumidor del acceso a los servicios de telecomunicación.

El siguiente ejemplo, comunicado en 1981 por el Ministro de Comunicaciones de la India no necesita explicación (Cuadro 3):

CUADRO 3

Relación costo/beneficio en India

(estudio efectuado con 120 usuarios de una PCO)

| Con telecomunicaciones | | Sin telecomunicaciones | | | Superávit INR Rupias f = (e-b) | Relación costo/beneficio $g = \frac{f}{b}$ |
|---|---|--|---|---|---|--|
| Distancia media de la llamada en km (a) | Costo de la llamada Rupias (b) | Costo del transporte en autobús Rupias (c) | Valor en tiempo perdido ¹⁾ Rupias (d) | Costo total del transporte Rupias (e) | | |
| 11,24 | 1,37 | 4,53 | 2 | 6,53 | 5,16 | 3,76 |
| 34,57 | 3,54 | 8,45 | 4 | 12,45 | 8,91 | 2,52 |
| 80,54 | 4,56 | 16,19 | 8 | 24,19 | 19,63 | 4,30 |
| 149 | 5,44 | 27,69 | 8 | 35,69 | 30,25 | 5,56 |

¹⁾ Se estima el valor del tiempo perdido, en caso de que sea necesario realizar viajes.

En 1986, se comunicaron las siguientes relaciones de costo/beneficio obtenidas en Filipinas por empresas que tienen acceso a instalaciones de telecomunicaciones (Cuadro 4).

CUADRO 4

Relación costo/beneficio de empresas de Filipinas

| Actividad | Relación costo/beneficio |
|-------------|--------------------------|
| Agricultura | 44 |
| Salud | 33 |
| Otras | 21 |

2.3.2.3 Índice de desarrollo humano y telecomunicaciones [8]

El Informe sobre Desarrollo Humano publicado por el PNUD en 1990 introduce la noción de un indicador compuesto, que contiene tres aspectos igualmente ponderados del desarrollo humano de un país: longevidad (determinado por la esperanza de vida en el momento del nacimiento), conocimientos (determinado por el alfabetismo de los adultos y el promedio de años de educación) e ingresos (determinado por la relación real PNB/per cápita expresada en términos de paridad del poder adquisitivo de la moneda). Este indicador, denominado índice de desarrollo humano (*human development index*, HDI) varía de 0 a 1. Se considera que los países que tienen un HDI superior a 0,8 tienen un «desarrollo humano» alto, mientras que los que tienen un HDI inferior a 0,5, tienen un nivel de desarrollo humano inferior. Este índice parece ser una medida adecuada y eficaz del desarrollo social, económico y cultural de un país.

Por ejemplo, entre 1961 y 1992, el HDI de los países de África subsahariana aumentó de 0,2 a 0,357, en comparación con la evolución de 0,255 a 0,653 experimentada en Asia oriental.

Hay una correlación entre el HDI y la penetración telefónica, y se ha demostrado que cuanto más alto es el HDI, tanto más aumenta la penetración telefónica. Ahora bien, es preciso estudiar con más detalle y cuantificar la relación de causa entre el HDI y el crecimiento de las telecomunicaciones.

2.3.2.4 Ejemplos seleccionados

– *Beneficios de la telefonía pública de Senegal* [5]

En 1986, se emprendió un estudio en Senegal para cuantificar los beneficios que obtienen los usuarios de la telefonía pública. Se realizaron entrevistas con unos 700 usuarios de telecomunicaciones públicas para obtener información y elaborar un perfil de usuario con miras a calcular el valor del excedente del consumidor (el beneficio directo obtenido de la utilización de las telecomunicaciones en comparación con una forma alternativa de comunicación). Las variables fueron: edad, nivel de educación, ocupación, propósito de la llamada, distancia del viaje para efectuar la comunicación, y método alternativo preferido de comunicación en el caso de que falle la llamada. Además, se hicieron otras preguntas para averiguar hasta cuánto estarían dispuestos a pagar los usuarios por un servicio de mejor calidad o para tener un teléfono público más cerca de sus hogares.

En este estudio también se tuvo en cuenta que resulta difícil fijar un valor para el costo del tiempo en un entorno rural, sujeto a la informalidad y a variaciones estacionales, y en el que un viaje puede tener diversas finalidades. Para incorporar este aspecto en el estudio, se descartó todo viaje que tuviera diversos propósitos y se eligió la alternativa de costo de oportunidad más bajo. Se utilizó un costo promedio de una llamada de 4,3 minutos independientemente de la distancia, y se evaluó el beneficio promedio del usuario por llamada como el costo de la mejor alternativa, a que nos referiremos aquí como «excedente del consumidor». Puesto que no se tuvo en cuenta la distancia, el excedente del consumidor resulta subestimado para las llamadas de distancia más cortas y sobreestimado para las distancias más largas, pero en promedio, se obtuvieron excedentes del consumidor entre 38% y 134% o, dicho de otra manera, factores de costo/beneficio de 1,38 a 2,34.

– *Telefonía pública rural en Vanuatu* [9]

En 1988, la UIT realizó un estudio en Vanuatu con la finalidad de optimizar la ubicación de las oficinas públicas de radiocomunicaciones rurales. Pese a que el país cuenta con una infraestructura de telecomunicaciones adecuada en las zonas urbanas y grandes empresas en las zonas rurales, la población rural no puede acceder fácilmente a los servicios telefónicos. Sólo unos 60 teléfonos rurales (44 de los cuales son públicos) prestan servicio a alrededor del 80% de la población total, que es de 130 000 habitantes. El estudio se efectuó para determinar cuál es el alcance y la distribución espacial óptima que aportaría mayores beneficios a los usuarios rurales de teléfonos públicos por un coste determinado. En el marco del estudio se midieron y modelaron las pérdidas resultantes de la ausencia de telecomunicaciones adecuadas.

Se compilaron datos sobre la distancia de ida y vuelta que se debía recorrer (a pie o en vehículo) para llegar a cada uno de los teléfonos públicos en las zonas rurales. Luego se expresó la demanda anual de comunicaciones internas cada 100 habitantes en función del costo en el que incurren los usuarios rurales, sobre la base del salario mínimo de subsistencia y el costo pagado por el transporte en vehículo. Se estimó que el coste del viaje era de 30 vatus por km (100 vatus = 0,75 USD (febrero de 1999)), cifra que a su vez se utilizó para calcular el excedente del consumidor. Luego se elaboró un modelo espacial para determinar los beneficios que entrañaría la ampliación de la red rural, al reducir la

distancia que debían recorrer los habitantes de zonas rurales para llegar a un teléfono. La superficie del país se dividió en 96 zonas, y el modelo se utilizó para calcular la tasa de llamada cada 100 habitantes, el volumen del tráfico telefónico, la distancia hasta el teléfono más próximo, la zona en la cual se encuentra dicho teléfono, y el excedente del consumidor para cada zona y para la totalidad de la zona objeto de estudio.

Se calculó que el aumento del número de emplazamientos telefónicos, de 44 a 64, arrojaría un beneficio adicional de 2,6 millones de vatus por año (se ahorrarían anualmente 56 000 km de viaje); si se instalaba un teléfono en 100 de esas zonas, el beneficio adicional sería de 11,4 millones de vatus por año (se ahorrarían 125 000 km de viaje anuales). El beneficio medio anual por emplazamiento que aportaría la adición de 10 emplazamientos telefónicos (con lo cual se aumentaría el número de teléfonos de 44 a 54) sería de 78.200 vatus. En general, los beneficios económicos obtenidos de la red telefónica aumentaron de manera proporcional al aumento de los emplazamientos, pero a un ritmo descendiente; la mayor parte de los beneficios se obtuvo con los 100 primeros emplazamientos, pues a medida que ese número fue aumentando el tráfico tendió a incluir más llamadas de menor valor. Una grave limitación del estudio fue que los beneficios no se evaluaron exentos de costos, puesto que no se dispuso de información sobre los costos inherentes a la prestación del servicio y, por consiguiente, no se sabe si la estrategia recomendada fue concebida sobre la base de la recuperación de costos.

En el Cuadro 5 se muestran los efectos de la instalación de un mayor número de teléfonos para reducir la distancia hasta el teléfono más próximo. Por un lado, el resultado es un aumento de las tasas de llamada, y por otro, el beneficio adicional es de 3,7 millones vatus/año para 200 teléfonos y de 7,0 millones vatus/año para 500 teléfonos.

CUADRO 5

Distancia versus número de teléfonos

| Número de teléfonos | Distancia hasta el teléfono más próximo | | |
|---------------------|---|------|------|
| | 3 km | 5 km | 8 km |
| Situación actual | 3 km | 5 km | 8 km |
| Con 200 teléfonos | 1 km | 3 km | 5 km |
| Con 500 teléfonos | 1 km | 1 km | 3 km |

Se observó que la prestación de servicios telefónicos públicos a nuevas zonas rurales redundaba en beneficio de cada uno de los segmentos del mercado. En el Cuadro 6 se indican los beneficios anuales en zonas rurales por segmento de mercado (millones de vatus/año).

CUADRO 6

Beneficios anuales en zonas rurales

| Segmento de mercado | Beneficios anuales en zonas rurales (millones de vatus/año) | | |
|---------------------------|---|-------------|-------------|
| | 200 | 300 | 500 |
| Hogares | 7,4 | 9,7 | 11,5 |
| Servicios gubernamentales | 7,7 | 8,8 | 11,0 |
| Comercio y agricultura | 2,9 | 2,9 | 2,9 |
| Total | 18,0 | 21,4 | 25,4 |

– *Telecomunicaciones rurales en Indonesia* [7]

En Indonesia se utilizó una combinación de muestreo aleatorio y dirigido para seleccionar 299 encuestados de cuatro categorías: abonados con teléfono en su vivienda, que en muchos casos era el lugar de trabajo; empleados de oficinas que disponían de teléfono; personas que piden prestado el teléfono (prestatarios), que aunque no tenían teléfono solían utilizar los de otros con cierta asiduidad y, finalmente, los no abonados sin acceso al teléfono. La muestra tenía una distribución bastante homogénea en cuanto a sexo, edad, educación y otros criterios.

El estudio puso de manifiesto la imperiosa necesidad que tenían los habitantes de las zonas rurales de comunicarse con otros más allá de su entorno próximo. En la muestra de no abonados, casi el 40% necesitaba comunicarse habitualmente con personas fuera de sus lugares de trabajo. Los porcentajes correspondientes fueron mucho más elevados entre los abonados domésticos (79%), los empleados de oficinas (80%) y los prestatarios de teléfonos (76%).

La ejecución de los programas de desarrollo de zonas rurales en Indonesia exige una comunicación estrecha entre las oficinas y las organizaciones. Los resultados siguientes subrayan la importancia del teléfono para este tipo de comunicaciones: de los abonados con teléfono doméstico, el 76% utilizaba el teléfono para comunicarse con oficinas y organizaciones, comparado con el 52% de los empleados de oficinas y el 23% de los prestatarios. De los no abonados, nadie afirmó utilizar el teléfono para este tipo de comunicación. Por otra parte, el 78% de los no abonados recurría a visitas personales, comparado con el 61% de los prestatarios, y el 42% de los empleados de oficinas. Sólo el 10% de los abonados con teléfono doméstico hacían visitas personales a estos efectos.

En cuanto a los medios alternativos de comunicación, más de la mitad de los encuestados indonesios optaban por tomar prestado el teléfono de otro, reiterando la importancia del teléfono en sus vidas. La mayor parte de los encuestados pensaba que el teléfono había tenido influencia en su vida; esta afirmación era más frecuente entre los abonados con teléfono doméstico (96%) que entre los empleados de oficinas (69%) y los prestatarios (47%). La mayoría de los encuestados pensaba que esa influencia se manifestaba en la facilitación de diversos tipos de relaciones y no simplemente en la transmisión de informaciones o el ahorro de tiempo. Al parecer, las relaciones interpersonales son de fundamental importancia para el trabajo y los negocios en las comunidades rurales indonesias. Al ampliarse las relaciones laborales con el crecimiento económico, el teléfono se convierte en un medio indispensable para mantener relaciones que son fundamentales para la realización del trabajo.

– *Telecomunicaciones rurales en Tailandia* [7]

El estudio de Tailandia se centró en cuatro zonas, dos semirurales y dos rurales, todas ellas dentro de un radio de 900 km de Bangkok. Las zonas semirurales eran: Phuket, con 1 400 teléfonos, y Kamphaeng Phet, con 400 teléfonos. Los dos distritos rurales eran Pasang, con 100 teléfonos y Choke-chai, sin teléfonos en el momento de realizar el estudio.

Se utilizó nuevamente una combinación de muestreo intencionado y aleatorio para seleccionar 400 encuestados de cuatro categorías: abonados con teléfono doméstico que tenían un teléfono en su vivienda, en la que habitualmente trabajaban; empleados de oficinas donde había un teléfono disponible; personas que tenían dos teléfonos, uno en su casa y otro en la oficina, y no abonados sin acceso al teléfono. La muestra era bastante representativa en cuanto a sexo, edad, educación y otros criterios.

Las conclusiones del estudio de Tailandia fueron análogas a las del estudio de Indonesia: los encuestados tailandeses sentían la imperiosa necesidad de comunicarse más allá de su entorno próximo. El 85% de los no abonados necesitaba comunicarse periódicamente con personas ajenas a su lugar de trabajo. Esta cifra era muy superior a la de Indonesia, acaso porque en el estudio de Tailandia había dos zonas semirurales. Los porcentajes de los otros grupos tailandeses fueron: 96% para los empleados de oficina, 93% para los abonados con teléfono doméstico y 98% para los que tenían dos teléfonos.

La necesidad de comunicarse con oficinas y organizaciones era tan apremiante como en Indonesia: 77% de los no abonados, 91% de los empleados de oficina, 89% de los abonados con teléfono doméstico y 95% de los que tenían dos teléfonos.

Este estudio puso de manifiesto que hay una demanda incipiente de servicios de telecomunicación incluso en zonas rurales de países como Indonesia y Tailandia. Siempre que hay teléfonos disponibles, ya sea en empresas particulares, en oficinas gubernamentales o en domicilios privados, se utiliza plenamente por limitado que sea este recurso. Aproximadamente tres cuartas partes de las llamadas consideradas eran de larga distancia. Las conclusiones indican que cuando se instalen más teléfonos públicos en las zonas rurales, éstos se utilizarán al máximo, y los ingresos generados procederán principalmente de las llamadas de larga distancia.

Para la mayor parte de la población rural estudiada, la carencia de servicios telefónicos representa un importante inconveniente. En la muestra de Tailandia, casi el 65% de los que no tenían teléfono en la vecindad se veían obligados a desplazarse más de 25 km para conseguir uno. Casi el 10% tenía que desplazarse más de 40 km. Más del 90% de dichas llamadas eran de larga distancia.

La Telephone Organization of Thailand (TOT) ejecutó un proyecto de telefonía rural a larga distancia, en cumplimiento de las obligaciones de servicio universal, para proporcionar comunicaciones rurales mediante conexiones tanto públicas como privadas. El proyecto satisfacía los requisitos socioeconómicos generales, pues prometía generar un elevado excedente del consumidor y estimular las actividades económicas.

En 1996, MIDAS Agronomics Company Limited llevó a cabo un estudio del efecto socioeconómico de las telecomunicaciones rurales. Se solicitó información a tres grupos de personas: usuarios de teléfonos, operadores de oficinas públicas de comunicaciones y público en general (autoridades de los poblados, agricultores, grupos económicamente desfavorecidos, empresarios, profesores y estudiantes). El estudio se llevó a cabo en nueve provincias para satisfacer los criterios de distribución geográfica, incidencia de la pobreza y alejamiento de la zona. Se escogieron tres poblados de cada provincia, uno con un teléfono recientemente instalado, otro con un teléfono instalado hacía algún tiempo y otro sin teléfono.

El estudio puso de manifiesto que los teléfonos públicos instalados en el marco de este proyecto proporcionaron considerables beneficios a los habitantes de las zonas rurales. Los miembros más pobres de la comunidad pudieron enterarse de las ofertas de empleo y mantenerse en contacto con los miembros de su familia que vivían en lugares distantes. Los teléfonos permitieron adoptar decisiones más documentadas en materia de emigración. Los agricultores y los comerciantes pudieron verificar sus precios y aumentar sus ingresos. Los teléfonos ayudaron a los organismos públicos y privados a prestar servicio a los habitantes del ámbito rural, incluida la posibilidad de comunicar rápidamente los accidentes y otras emergencias. El valor económico del ahorro en desplazamientos y otros costos de comunicaciones representó beneficios que eran por lo menos el doble de las cantidades gastadas en una llamada telefónica. Los resultados del estudio facilitaron la adopción de decisiones más documentadas con miras a la expansión de la red de telecomunicaciones rurales.

– *Telecomunicaciones rurales en Colombia* [10]

El Organismo Canadiense de Desarrollo Internacional (CIDA) realizó en 1997 una visita a la costa del Pacífico de Colombia, al oeste de la ciudad de Cali, donde se habían instalado, en 1994, dos sistemas radioeléctricos de microondas punto a multipunto (PMP). El propósito de la visita fue analizar la experiencia en el servicio y determinar si se habían cumplido los objetivos de desarrollo económico, social y cultural.

Los dos sistemas PMP atienden 18 comunidades pequeñas, con unos 25 000 habitantes. A algunas de estas comunidades sólo se puede llegar por mar. La base económica es principalmente la agricultura y la pesca, y tres son también lugares turísticos. Se instalaron un total de 31 líneas. Los servicios de telecomunicación se suministran a través del «servicio de atención indirecta» de Telecom Colombia. El promedio mensual de ingresos de un sistema alcanzó, a mediados de 1997, 8 500 000 pesos, pero los ingresos por línea en servicio, los ingresos en función de la población atendida y los ingresos mensuales experimentaron amplias variaciones.

El análisis de abonados según el porcentaje de llamadas, basado en 68 entrevistas estructuradas – 51 con abonados y 17 con operadoras – muestra:

| | |
|---|-----|
| Desarrollo económico (mercados, agricultura, transporte, pesca, turismo) | 39% |
| Desarrollo social (salud, gobierno, educación, entorno) | 37% |
| Personal (parientes y amigos) | 24% |

Algunos de los comentarios formulados por los abonados indican que la disponibilidad de telecomunicaciones en las zonas en las que no hay medios de transporte adecuados (por ejemplo, acceso por mar) arroja una mejora del sistema sanitario, mejores sistemas administrativos en el seno de la comunidad, y un incremento de la actividad comercial y de la seguridad. Cabe mencionar que los abonados están solicitando la instalación de más líneas.

– *Otros ejemplos* [11]

En Bangladesh, país en el cual el 90% de la población vive en zonas rurales y casi todos los habitantes de estas zonas se dedican a la agricultura, que representa el 50% del PIB del país, sólo el 10% de los teléfonos se hallan en territorio rural. A causa de su topografía, el país es propicio a las inundaciones durante la estación monzónica, lo que imposibilita las comunicaciones por carretera y ferrocarril. En aplicación de la política nacional, las telecomunicaciones se están ampliando hacia las zonas rurales y actualmente 449 de los 466 subdistritos rurales disponen de medios de telecomunicación. Se tiene la intención de desarrollar los subdistritos rurales para transformarlos en centros de actividades económicas rurales y principales núcleos de crecimiento, con miras a desalentar la migración hacia las ciudades.

La magnitud y el alcance de la ampliación de las telecomunicaciones hacia estas zonas rurales entraña gastos que superan los recursos de que dispone el Gobierno, y por ende se ha invitado a los operadores privados a participar en esta labor. Hasta la fecha los resultados obtenidos han sido prometedores. Bangladesh ha descubierto que las telecomunicaciones rurales pueden ser una importante fuente de ingresos. A título de ejemplo, cada teléfono genera un ingreso medio de 190 USD diarios, con un promedio de utilización de 100 usuarios llamantes por día.

En Líbano se está intensificando la demanda de servicios de telecomunicaciones en zonas rurales, fundamentalmente con miras a promover el comercio y el desarrollo económico. Dicha demanda incluye las necesidades administrativas de los sectores público y privado, las empresas orientadas a la ejecución de proyectos, como los relacionados con la explotación de plataformas extracosteras, minería y silvicultura, transacciones electrónicas para el sector bancario, y control y gestión de redes para empresas de canalización. Se prevé que, también en el caso del Líbano, el desarrollo de las telecomunicaciones rurales reducirá parcialmente la migración hacia zonas urbanas.

En Myanmar, país en el cual la economía comienza a orientarse hacia el mercado, la necesidad de telecomunicaciones se ha hecho más patente. En una economía cuyo rendimiento es inferior a sus posibilidades, la mejora de las telecomunicaciones promoverá el crecimiento económico, estimulará la producción y conducirá al aumento de la producción agrícola y a una mayor eficacia en el transporte.

En Bhután el 70% de la población habita en zonas rurales, prácticamente carentes de servicios y de acceso topográficamente difícil; algunas zonas se encuentran nada menos que a siete días de marcha de la carretera más próxima. El Gobierno se ha fijado como objetivo la prestación de servicios de telecomunicaciones a todos los centros rurales en el año 2002. Bhután participa en un proyecto piloto que se llevará a la práctica en el marco del Programa 9 – Desarrollo rural integrado (actualmente, Programa 3 del Plan de Acción de La Valetta).

El Gobierno de China reconoce sin ambages el valor del desarrollo económico y social que traen consigo las telecomunicaciones rurales. El Gobierno de este país ha emprendido un ambicioso programa destinado a proporcionar servicios modernos de telecomunicaciones a las vastas zonas rurales en las cuales habitan las tres cuartas partes de la población del país. Las prioridades de orden práctico han conducido al establecimiento de un programa rural, de varios años de duración, en el marco del cual las actividades se han centrado en un primer momento en la región costera sudoriental y luego se desplazarán hacia el oeste a través del territorio nacional.

La gestión del programa de telecomunicaciones rurales en China está basada en principios uniformes que abarcan la planificación, la selección de normas, equipos y sistemas, la construcción y las aplicaciones favorables al desarrollo. En el contexto del programa se utiliza una amplia variedad de tecnologías modernas de telecomunicaciones. Los objetivos de crecimiento en lo que respecta a la teledensidad son muy ambiciosos. Evidentemente la finalidad del gobierno es sacar provecho del considerable desarrollo económico y social y de los beneficios resultantes.

El Gobierno de Yemen también reconoce que las telecomunicaciones son indispensables para el desarrollo y el crecimiento socioeconómicos. Tres cuartas partes de la población del país habita en zonas rurales, principalmente en comunidades muy pequeñas, escasamente pobladas y de difícil acceso a causa de su topografía. No obstante, el Gobierno de Yemen está firmemente decidido a lograr que las telecomunicaciones penetren en las zonas rurales y distantes.

Para llevar a la práctica esta iniciativa, el Gobierno de Yemen ha recibido considerable apoyo de la comunidad internacional, tanto del sector público como del privado. El programa rural de Yemen avanza satisfactoriamente, y se están ejecutando varios proyectos específicos para los cuales se utilizan tecnologías modernas de telecomunicaciones. Se están realizando estudios sobre planificación de redes para complementar los progresos del programa rural. Vale la pena citar la última frase de la contribución de Yemen: «Para concluir, las telecomunicaciones seguirán siendo un instrumento indispensable en todas las actividades humanas, y siempre que haya voluntad habrá un camino».

3 Planificación de redes en zonas rurales y distantes

3.1 Antecedentes

La Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones (CMDT-94 Buenos Aires, 1994) en su Resolución 4 – Políticas y estrategias de comunicación, sugería políticas y principios apropiados, algunos de los cuales son especialmente importantes a la hora de considerar las comunicaciones de las zonas rurales y distantes. Estas políticas y principios fueron respaldados por la segunda Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones (CMDT-98, La Valetta, 1998), en particular por sus siguientes instrumentos:

- Recomendaciones 6, 7 y 8;
- Resolución 11. En el Informe sobre comunicaciones para las zonas rurales y remotas [3] preparado en respuesta a la Cuestión 4/2 y adoptado por la Comisión de Estudio 2 se proporcionan directrices adicionales. El Programa 9 del PABA – Desarrollo rural integrado (actualmente Programa 3 del Plan de Acción de La Valetta – Acceso universal y desarrollo rural) adoptado por la CMDT-94 y la CMDT-98, respectivamente, también tiende a promover el desarrollo de las telecomunicaciones rurales.

Las políticas de telecomunicaciones deben formar parte de una estrategia general de desarrollo económico y social. Los principios económicos orientados al mercado están desempeñando un papel cada vez más importante en el desarrollo del sector de las telecomunicaciones.

Debe separarse la función de reglamentación de la función de explotación. Un marco de reglamentación adecuado garantizará el desarrollo estable a largo plazo del sector de las telecomunicaciones, fomentando al mismo tiempo la innovación tecnológica, la modernización de las infraestructuras, la diversificación de los servicios y la mejora de la calidad de los mismos. Una reglamentación apropiada también es esencial para promover el acceso universal a los servicios básicos de telecomunicaciones en las zonas rurales y distantes.

La política de desarrollo de las telecomunicaciones debe fomentar el desarrollo armonioso de redes y servicios con el fin de reducir las disparidades nacionales y regionales y mejorar el interfuncionamiento de las redes en todo el mundo. Dicha política debe garantizar que las PTO presten atención especial a las necesidades de las zonas rurales y distantes. Dada la magnitud de la inversión que se requiere para el desarrollo de infraestructuras modernas de telecomunicaciones, particularmente en las zonas rurales y distantes, es muy importante explorar todas las alternativas para atraer la inversión procedente de fuentes de ahorro nacionales y fomentar la participación del sector privado nacional e internacional. Actualmente, el progreso tecnológico debería facilitar una estrategia más ambiciosa para ofrecer los mismos servicios y calidad de servicio a los abonados urbanos y a los rurales.

Se ha determinado adecuadamente que la mejora de la infraestructura de las telecomunicaciones en esas zonas puede conducir a mejorar de manera significativa la calidad de vida. No obstante, las telecomunicaciones son un elemento necesario pero no suficiente para esa mejora de la calidad de vida. También son fundamentales otros componentes de la infraestructura, por ejemplo, los transportes, el agua potable y de riego y la electricidad.

Ahora bien, para que los servicios de telecomunicaciones rurales tengan éxito y sean duraderos es indispensable asegurar que la prestación de dichos servicios se basa en principios comerciales. Los procesos de toma de decisiones y las actividades de las PTO deben estar basados en la economía de empresa, en virtud de la cual queden claramente definidas y se tengan en cuenta tanto los costes como los ingresos, reduciendo al mínimo los primeros y aumentando al máximo los últimos. Puede ocurrir que sea necesario imponer el «acceso universal» y/o la obligación de «servicio universal» para las zonas rurales y distantes. Si se presta la debida atención a la economía y a la rentabilidad se podría aligerar mucho la carga que supone esta obligación.

Es posible ahorrar mucho en los costes aplicando un programa de telecomunicaciones rurales bien planificado y ordenado. Un programa especializado de varios años de duración podría aumentar el nivel de competencia tanto dentro de las PTO como entre los vendedores de equipo. Las operadoras empresariales de las PCO en las pequeñas poblaciones encontrarán nuevas y creativas oportunidades para proporcionar servicios útiles a los residentes de las zonas rurales.

Dado que la prestación de servicios de telecomunicaciones en las zonas rurales y distantes resulta por lo general más cara que en las zonas urbanas, hay que hacer todo lo posible para aprovechar al máximo las oportunidades de desarrollo de las comunidades a las que se ofrecen dichos servicios. Es importante crear capacidad suficiente para atender todas las necesidades de servicios, ya que de esta manera las PTO podrán obtener todos los ingresos que pueda generar la cobertura de dichas necesidades.

En teoría, es posible proporcionar servicios a las zonas rurales de forma rentable, y será esta rentabilidad la que garantice la viabilidad constante del servicio. Se requerirá un mínimo de reglamentación para garantizar la continuidad de los servicios en las zonas rurales.

Las iniciativas nacionales de desarrollo de las telecomunicaciones rurales deben organizarse y ponerse en práctica a través de un programa cuidadosamente planificado, ordenado, progresivo y de varios años de duración, que forme parte del Plan director nacional de desarrollo de las telecomunicaciones, para garantizar su aplicación eficiente y económica.

3.2 Proyectos/programas de planificación de la red de telecomunicaciones rurales [3]

Toda planificación de las redes de telecomunicaciones es intrínsecamente compleja, ya que implica la interacción de muchas variables relacionadas entre sí. Dicha planificación es un proceso de naturaleza repetitiva que busca un acercamiento progresivo a la solución óptima. En toda planificación de redes debe prestarse mucha atención a las perspectivas a largo plazo. Los planes deben ser abiertos y flexibles.

Los planes de las redes alternativos *siempre* deben ser similares en cuanto a su cobertura, a los servicios proporcionados, a la calidad de dichos servicios y a la duración, a fin de proporcionar una base apropiada para la toma de decisiones.

Es esencial utilizar una herramienta de planificación informatizada, por ejemplo, «PLANITU» de la UIT, para investigar y comparar de forma adecuada las alternativas multidimensionales de las redes que ahora es posible realizar. Dichas herramientas de planificación de redes son cada vez más fáciles de utilizar.

Al planificar redes de telecomunicaciones rurales, es importante considerar los beneficios socioeconómicos que generarán las telecomunicaciones a las zonas rurales, tanto cualitativamente como cuantitativamente, en la medida en que sea posible. Es aconsejable considerar el beneficio socioeconómico en términos financieros (véase más adelante el § 3.4 – Análisis financiero).

Deben establecerse claramente los objetivos de calidad de servicio. La demanda prevista de los abonados y las expectativas de ingresos correspondientes son, por supuesto, un elemento importante del proceso de planificación. Por desgracia, en general se sabe poco de la demanda en las zonas rurales y distantes a las que todavía no se presta servicio. Es difícil prever el nivel de utilización por parte de quienes nunca han disfrutado de servicios de telecomunicaciones, cualesquiera que sean las circunstancias. Probablemente la lista de espera sea muy inferior a las demandas latentes no expresadas y «no registradas». En consecuencia, resulta esencial explorar varios escenarios para determinar la dependencia del plan ante las principales variaciones de la demanda.

3.3 Estudios económicos de los costes de ingeniería

Dichos estudios se basan en los flujos de capital de todo tipo, durante el periodo estudiado, incluidos los gastos de capital, los ingresos, los gastos de mantenimiento, los de explotación y los costes generales y también el reciclaje (al final de la vida útil del equipo o sistema). Deben tomarse las disposiciones financieras necesarias en lo que concierne a los dispositivos de prueba y los repuestos, la capacitación del personal y otros gastos, tales como los de comercialización y facturación y las comisiones del caso. Todos estos movimientos de capital deben contabilizarse correctamente durante el periodo estudiado de conformidad con los requisitos de tributación y depreciación, que tienden a variar según los países.

Si los ingresos son constantes al comparar las diferentes soluciones, el criterio apropiado para la selección es el «valor actual de los gastos anuales», pero al efectuar estudios de redes rurales es probable que los ingresos esperados varíen según las soluciones, si no en las cantidades globales por lo menos en lo que se refiere al tiempo y, por consiguiente el criterio correcto de decisión es el de «valor neto actual». Otro criterio útil es el de «tasa interna de rentabilidad». El objetivo del planificador de la red es encontrar la solución que eleve al máximo el valor neto actual y la tasa interna de rentabilidad. Para llegar a esa solución, seguramente tendrá que efectuar varias repeticiones del Plan propuesto. Las decisiones de planificación de la red no deberían basarse en el «primer coste de instalación», aunque haya que tener en cuenta dicho coste, ya que influye directamente en las necesidades de financiación del proyecto/programa.

También es importante llevar a cabo análisis de dependencias. Por lo general se encontrará que, de los factores considerados, tres o cuatro tienen una influencia significativa en el resultado del estudio y en las conclusiones alcanzadas, y que los demás factores son relativamente poco importantes. La labor de gestión, pues, se centrará en estos factores críticos y los supervisará, a medida que se va ejecutando el Plan, a fin de ajustarlo si así se requiere.

Para la red son preferibles las soluciones flexibles que puedan adaptarse fácilmente a variaciones inesperadas de la demanda. A este respecto, las soluciones de tipo radioeléctrico, con capacidad flexible y posibilidad de desplazamiento de equipos suelen ser más ventajosas que las soluciones a base de cable fijo, que implican trabajos de obra civil irrecuperables y de gran envergadura.

El planificador debe analizar también las redes interurbanas nacional e internacional. Si dichas redes están a cargo de diferentes organizaciones, tanto la distribución de ingresos como los acuerdos de interconexión son muy importantes. Estas partes de la red general nacional son fundamentales para la red rural, ya que los ingresos generados por los servicios de larga distancia serán un factor básico esencial en el análisis económico. La capacidad de las redes interurbanas para cursar las llamadas de larga distancia es esencial si se quieren conseguir dichos ingresos. En los países desarrollados, el «uno por ciento de llamadas no completadas, hora cargada, en interurbano» es un rendimiento usual de la red que se especifica normalmente y generalmente se puede lograr.

3.4 Análisis financiero

El análisis financiero constituye el paso que sigue al estudio económico. Temas que deben analizarse con las mismas podrías ser los cambios en el nivel de tarificación y/o las estructuras de tarificación alternativas. La distribución de los ingresos también debe considerarse. En esta fase una interpretación cuantificada de los beneficios socioeconómicos que se derivarán de la red de telecomunicaciones rurales propuesta puede ser el factor que más influya en los acuerdos de reglamentación.

3.5 Planificación fiscal

En la planificación fiscal deben considerarse no solamente los valores financieros previamente determinados sino también el calendario de flujos de capital, los métodos según los cuales van a recabarse fondos (por ejemplo, emisión de deuda frente a capital por acciones y fondos generados internamente), necesidades de divisas y otras estrategias de financiación como por ejemplo los acuerdos BTO y BOT.

Dos cuestiones específicas que deben estudiarse cuidadosamente, especialmente por los países en desarrollo que importan equipos de telecomunicaciones, son los riesgos cambiarios y los requisitos arancelarios. Una gestión fiscal prudente exige disposiciones que protejan a la empresa contra los riesgos ocasionados por las fluctuaciones inesperadas de los tipos de cambio de las divisas. Las tasas de importación aumentan directamente el coste del equipo y los sistemas importados, y este aumento del coste quedará reflejado en última instancia en el precio del servicio. Un buen argumento fiscal que puede aducirse es que la imposición de gravámenes a la importación de equipos de telecomunicaciones rurales en los países en desarrollo resulta poco provechosa y además es contraproducente.

Tras analizar debidamente los factores arriba indicados, los encargados de la planificación fiscal deben asegurarse de que el proyecto/programa de telecomunicaciones rurales propuesto se ajusta convenientemente a los planes y expectativas fiscales generales de la explotación de telecomunicaciones.

3.6 Previsiones de demanda

La demanda vendrá determinada en buena medida por la relación entre el coste del servicio y la renta disponible de los abonados potenciales.

De todos modos, la escasez de capital limita normalmente la proporción de la demanda de los abonados que puede satisfacerse en las zonas rurales. En este caso, el capital de inversión disponible será el factor que fije los objetivos del proyecto y el número de abonados a los que se podrá dar servicio.

Para estimar la posible penetración de los servicios telefónicos en zonas rurales y distantes, se han de tener en cuenta los siguientes factores:

- la población y su dispersión geográfica;
- el PIB per cápita en las zonas rurales (que, en la mayoría de los casos, es inferior al PIB per cápita de todo el país);
- el grado en que las personas o los hogares están dispuestos a gastar, o pueden hacerlo, en servicios de telecomunicaciones;
- el ingreso por línea que ha de obtener la operadora para que la inversión sea viable desde el punto de vista comercial.

3.6.1 Acceso/servicio universal e inversión

Las estadísticas de la UIT indican que los países gastan entre el 1 y el 3% de su PIB en servicios de telecomunicaciones. En el caso de la mayoría de los países en desarrollo, parece razonable suponer que las comunidades rurales están dispuestas a pagar al menos el mismo porcentaje de su renta global por los servicios de telecomunicaciones básicos. La renta media de las zonas rurales se puede estimar a partir de las estadísticas disponibles.

Considérese, por ejemplo, un país con una población de 20 millones de habitantes de los que el 70% viven en zonas rurales, cuyas zonas representan una superficie de 600 000 km². El PIB medio per cápita del país en su conjunto es de 200 USD, aportando la población rural el 56% del PIB. Cada habitante de las zonas rurales está dispuesto a gastar el 1,5% de su renta en servicios de telecomunicaciones. El PIB per cápita de las zonas rurales se calcula de la siguiente manera: $200 \times 20 \times 10^6 \times 0,56/20 \times 10^6 \times 0,70 = 160$ USD. Así pues, la cantidad que cada persona estará dispuesta a gastar en servicios de telecomunicaciones será de 2,4 (= $160 \times 0,015$) USD por año. Si una familia consta, por término medio, de seis personas, cada familia gastará en promedio 14,4 USD/año.

Se supone que los costes de capital por línea principal rural son de 2 500 USD, si bien la experiencia muestra que pueden superar los 10 000 USD en algunas regiones (no obstante, los costes de capital por línea rural principal están en franca disminución y lo que se pretende es que queden por debajo de los 1 000 USD). Es obvio que las operadoras – y los inversores – necesitan recuperar su inversión tan rápido como sea posible. Por ello prevén una tasa interna de rentabilidad del orden del 25%. Este objetivo exige que el ingreso por línea sea superior a los 830 USD (financiación a 10 años con un interés del 8% anual, depreciación anual constante durante un periodo de 15 años, costes de explotación, administración, explotación y mantenimiento equivalentes al 15% de la inversión en capital con un incremento del 5% anual).

Para conseguir el ingreso indicado, cada línea principal instalada en las zonas rurales del país del ejemplo tendría que dar servicio a $830/2,4 = 346$ habitantes. Sería por ello necesario instalar unas 40 500 líneas principales, lo que representa una inversión de 101,25 millones de USD.

La provisión de acceso universal – un punto de acceso a las telecomunicaciones, con dos líneas telefónicas, dentro de una distancia máxima de 5 km – requeriría solamente 18 500 líneas, es decir, una inversión de 46,25 millones de USD.

NOTA – Habría que realizar un cálculo más detallado para tomar en consideración la exacta distribución demográfica en las zonas rurales con respecto a las zonas desérticas, forestales, etc.

La provisión de servicio universal – una línea telefónica por hogar, cada uno de ellos constituido por seis personas – requeriría unos 2,33 millones de líneas, es decir una inversión de 5 750 millones de USD.

NOTA – Huelga decir que la inversión requerida para suministrar el servicio universal se ha subestimado, ya que pueden obtenerse apreciables economías de escala al considerar el número de líneas principales que deben instalarse.

El Cuadro 7 muestra de forma resumida los resultados.

CUADRO 7

Número de líneas e inversión requerida en zonas rurales de un país ficticio

| Requisito | Número de líneas | Inversión (millones de USD) | Ingreso esperado (millones de USD) |
|-----------------------|------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| Acceso universal | 18 500 | 46,25 | 33,6 |
| En base al PIB/cápita | 40 500 | 101,25 | 33,6 |
| Servicio universal | 2 330 000 | ≤ 5 750 | 33,6 |

NOTA – Habida cuenta de que una inversión es un gasto que se realiza de una sola vez y de que los ingresos previstos se obtienen anualmente, se considera que los primeros dos enfoques son posiblemente rentables, aunque no se hayan tomado en consideración los ingresos dimanantes del tráfico entrante.

3.6.2 Previsiones de crecimiento

Las tasas de crecimiento reales en el sector rural dependen a menudo de la disponibilidad de inversión.

Cuando la inversión sea suficiente para satisfacer la demanda, las tasas de crecimiento deberían basarse en una previsión de la demanda en la que se tomen en consideración la tasa histórica de crecimiento del sector de la telefonía, las tendencias y previsiones de crecimiento económico y los cambios demográficos debidos, por ejemplo, a la urbanización o la descentralización.

Sin embargo, el crecimiento de la red rural, sobre todo en las primeras etapas de su desarrollo, se ve limitado con frecuencia por el volumen de inversión disponible. En tal caso, las previsiones de crecimiento se basarán en las políticas de inversión y en las previsiones.

La previsión del crecimiento deberá hacerse abarcando un plazo de tiempo lo bastante largo como para que las decisiones puedan basarse en un periodo de estudios económicos válido, normalmente de dos a cinco años.

Las tasas de crecimiento anual podrían estar comprendidas entre el 2 y el 12%, dependiendo de las condiciones específicas. Las tasas de crecimiento más bajas reflejan, por lo general, situaciones en las que la inversión es limitada, o una saturación del mercado. Las tasas de crecimiento más elevadas son indicadoras, normalmente, de situaciones en las que se ha dispuesto de inversión suficiente y la demanda no satisfecha está siendo atendida.

3.6.3 Ejemplo [11]

La Philippine Long Distance Telephone Company (PLDT) toma la municipalidad como unidad básica a efectos de estimación de la demanda de servicios telefónicos. Las municipalidades se agrupan en: 1) aquellas a las que da servicio la PLDT y 2) todas las demás. Este segundo grupo incluye las municipalidades servidas por otras compañías telefónicas y las que carecen de los servicios mencionados (zonas nuevas).

1) Municipalidades servidas por la PLDT

- a) Los requisitos de la zona de servicio existente se han conocido efectuando encuestas en cada municipalidad. Los datos secundarios, tales como los relativos a la población y renta de la misma, se emplean para estimar las posibilidades de crecimiento. Al llegar a las cifras finales se utilizan datos proporcionados por la dirección local de la PLDT sobre la zona de que se trate.
- b) Las localidades situadas dentro de un radio de 1,5 km a partir del centro urbano pero que no disponen de servicio telefónico representan la población adicional a la que se ha de dar servicio.
- c) La demanda de la estación principal se calcula aplicando la fórmula siguiente:
 - demanda de la estación principal = población × densidad de la estación principal;
 - la variable población viene dada por la población media dentro de un radio de 1,5 km desde el centro urbano, en base a los datos sobre centrales rurales existentes de la PLDT;
 - la variable densidad de la estación principal se obtiene a partir de las centrales rurales de la PLDT, pero se reduce en un 10% para tener en cuenta el hecho de que las zonas a las que da servicio la PLDT están por lo general más desarrolladas.

- 2) Municipalidades servidas por otras compañías telefónicas y municipalidades sin servicio
- la demanda se calcula utilizando la fórmula indicada más arriba.
 - también se calculan estimaciones regionales de densidad de estación principal. La demanda de los abonados residenciales depende de la renta familiar, de la tasa de inflación y del coste de las necesidades básicas. Se supone que la demanda de los abonados comerciales está correlacionada con el producto interior bruto (PIB).
 - la demanda en las «barangays» (aldeas) situadas dentro de un radio de 1,5 km a partir del centro urbano pero fuera del propio pueblo se descompone también en demanda de abonados residenciales y comerciales.
 - la previsión de la densidad de la estación principal para la demanda de abonados residenciales se basa en la tasa de crecimiento esperada del PIB per cápita. Se prevé que el crecimiento de la demanda de abonados comerciales sea de un 3,5% anual. En el caso de las «barangays» situadas dentro del radio de 1,5 km, el servicio atenderá en 2010 el 90% de la demanda de los abonados residenciales y comerciales, siendo así que esa cobertura era del 75% en 1987.

3.7 Aspectos relativos a la reglamentación

La reestructuración de la industria de las telecomunicaciones y su mayor liberalización son manifiestas en prácticamente todos los países. Esto es algo cada vez más evidente en los nuevos acuerdos internacionales (OMC) sobre servicios.

En el Informe sobre el Desarrollo Mundial de las Telecomunicaciones de 1994 se analizan la amplitud y diversidad de las cuestiones, las alternativas, las decisiones que se han tomado y se están tomando y, en la medida de lo posible, los resultados. La contribución que aporta el sector de servicios a la riqueza económica es, sin duda, cada vez mayor. Al mismo tiempo, las innovaciones tecnológicas están haciendo que aumenten las capacidades y disminuyan los costes espectacularmente, lo que se puede apreciar fácilmente en el ámbito de las transmisiones a larga distancia, así como en la conmutación, el apoyo operacional y los sistemas comerciales. En la red local de bucle (o «acceso»), algunos costes tales como el de «derecho de paso», los trabajos de obra civil o de generación de energía eléctrica, son difíciles de reducir, pero las nuevas tecnologías ofrecen un nivel muy superior de calidad y flexibilidad.

Las tarifas establecidas en condiciones de monopolio se han utilizado para subvencionar el servicio local con cargo a los ingresos generados por las comunicaciones de larga distancia nacionales y especialmente internacionales. El servicio a los abonados comerciales ha subvencionado el servicio a los abonados residenciales, y el servicio urbano ha subvencionado al servicio rural. Cuando se introduce la competencia entre servicios, los nuevos proveedores de servicios dirigen naturalmente su atención a las esferas de servicios en las cuales el precio se fija muy por encima del coste, y se alejan prudentemente de aquellas otras esferas en las cuales el coste equivale al precio o lo supera.

En lo tocante a la interconexión, los nuevos proveedores de servicios deben conectar las llamadas de sus clientes a través de la red de bucle local de la PTO establecida, por supuesto en un extremo de la llamada y por lo general en ambos. Las condiciones de esa interconexión son factores esenciales a efectos de rentabilidad.

A. Dymond, de Teleconsult Ltd., Canadá [12], ha estudiado diversas políticas que se pueden emplear para acelerar el desarrollo de las telecomunicaciones en zonas rurales y distantes de los países en desarrollo. En el Cuadro 8 que sigue se dan algunos ejemplos de políticas tendientes a promover el desarrollo de las telecomunicaciones rurales.

CUADRO 8
Ejemplos de políticas [12]

| Política | País |
|--|---|
| Imposición de obligaciones de servicio a las operadoras de monopolios recién privatizados para llegar a determinados tipos de comunidad | México, Argentina, Venezuela, Perú |
| Imposición de porcentajes de cobertura rural a las nuevas operadoras competitivas, en la concesión de monopolios y a las operadoras reformadas o privatizadas parcialmente | India, Indonesia, Malasia, Botswana |
| Oferta de licencias monopolísticas en zonas de servicio predominantemente rurales | República Checa, Hungría, Bangladesh, Venezuela |
| Autorización a nuevas operadoras competitivas o proveedores de servicios cooperativos a dar servicio en zonas rurales | Argentina, Polonia |
| Vinculación de la obligación de cobertura rural a la concesión de licencias atractivas de explotación de una pasarela internacional atractiva o de un sistema celular o de valor añadido | Filipinas, República Sudafricana |
| Oferta de financiación del desarrollo de las telecomunicaciones en las zonas que quedan fuera de las obligaciones de la operadora principal | Chile, Perú |

Los ejemplos anteriores pueden clasificarse en dos categorías:

3.7.1 Primera categoría: subvenciones internas cruzadas objeto de reglamentación

México constituye un ejemplo de país que ha establecido servicios de telecomunicaciones en todas sus zonas rurales y distantes a través de la imposición reglamentaria de una obligación de concesión específicamente definida y dirigida [3]. Cuando se privatizó el operador público, Telmex, en 1990-1991, la concesión de privatización contenía condiciones muy concretas para extender el alcance de las telecomunicaciones a las comunidades de determinadas poblaciones a lo largo de todo el país. A la sazón, ya se estaba aplicando en México una política de telecomunicaciones rurales y se estaba llevando a la práctica un programa de telecomunicaciones rurales. Los planificadores de red habían considerado las tecnologías disponibles y pertinentes, y las más prometedoras ya se estaban introduciendo en la red mexicana. Entre las condiciones de la concesión de Telmex figuraba el requisito de que las telecomunicaciones llegasen a todas las comunidades que carecían de servicios en México, según se indica en el Cuadro 9 que figura a continuación.

CUADRO 9

Matriz para el cumplimiento del requisito de expansión por parte de Telmex

| Población de la comunidad | | | | | | | |
|---------------------------|--|------|-----------|------|-------------|------|--------|
| | 0-500 | | 500-2 500 | | 2 500-5 000 | | >5 000 |
| Solicitantes (A) | <100 | >100 | <100 | >100 | <100 | >100 | (B) |
| Fines de 1994 | Nulo | Nulo | (C) | (C) | (C) | (D) | (E) |
| 1995 y después | (F) | (D) | (F) | (D) | (F) | (D) | (E) |
| NOTAS | | | | | | | |
| (A) | Solicitantes, con un depósito pagado de tres meses. | | | | | | |
| (B) | Exigencia de atender todas las solicitudes. Se debe proporcionar servicio automático a todas las comunidades con una población de más de 5 000 habitantes. | | | | | | |
| (C) | Requisito mínimo, teléfono público y/o oficina telefónica. «Acceso al servicio básico». | | | | | | |
| (D) | Se debe prestar servicio automático en un plazo de 18 meses a partir del momento en el que haya 100 solicitudes en espera. | | | | | | |
| (E) | Se debe proporcionar servicio automático a todas las comunidades con una población superior a 5 000 habitantes. | | | | | | |
| (F) | Prestar servicio si se puede recuperar el 75% de los costes. | | | | | | |

En el momento de la concesión, sobre la base de la información censal disponible se estimó que este requisito entrañaría la prestación del servicio a aproximadamente 9 600 comunidades adicionales, con la expectativa de que antes de fin de 1994 otros datos censales llevarían a incluir nuevas comunidades entre las que necesitaban servicios, y a cambiar la categoría de algunas de las comunidades que ya figuraban en la lista.

La experiencia mexicana, tras la concesión de Telmex, es un ejemplo de un programa de telecomunicaciones rurales ejecutado relativamente bien y con resultados satisfactorios; se trata de un programa ordenado que se llevó a la práctica de manera económica y alcanzó sus objetivos. Se planificó y llevó a ejecución a lo largo de un periodo de cuatro años, con un mandato claramente definido, un rendimiento específico previsto y una fecha de terminación estipulada.

3.7.2 Segunda categoría: concesión de licencias exclusivas a operadoras rurales

En países como Bangladesh, la República Checa, Polonia o Venezuela, las operadoras rurales han sido autorizadas a operar sobre todo en zonas rurales. Se han de tener en cuenta varias cuestiones, a saber, la rentabilidad, el reparto de ingresos y la interconexión.

3.7.3 Interconexión

El siguiente análisis se basa en el trabajo del cuarto Coloquio sobre Reglamentación de la UIT, Unidad de Política y Planificación Estratégica [13, 14].

Para crear un entorno competitivo en el campo de las telecomunicaciones, las nuevas operadoras que accedan al mercado han de ser capaces de interconectarse en condiciones que sean «justas y razonables». Esa expresión se refiere no sólo a la fijación de precios, sino también a otros muchos aspectos que a continuación se examinan brevemente.

De antemano, conviene tener en cuenta que la proporción que, de los costes totales de una nueva operadora de larga distancia, representan los pagos efectuados a la PTO ya establecida por servicios de interconexión. Por ejemplo, más del 45% de los costes totales en que incurre Sprint (una de las empresas de telecomunicación de larga distancia de los Estados Unidos) para proporcionar una llamada media, consiste en pagos por servicios de interconexión para originar y terminar sus llamadas o darles curso en parte de la ruta de larga distancia de otra empresa operadora de larga distancia (esta cifra se basa en un análisis de los informes anuales de Sprint de 1991 a 1993 efectuado por M. Tyler y otros). De manera similar, hace algunos años, dos nuevas operadoras de larga distancia japonesas, DDI y Teleway Japan, abonaban aproximadamente el 35% del precio que percibían por una llamada típica a la PTO ya instalada, la Nippon Telephone and Telegraph Corporation (NTT), por el transporte local de la llamada. Todas las nuevas operadoras que ofrecían en principio sólo servicio de larga distancia (incluyendo, en algunos casos, servicio internacional), han tenido que hacer frente a unos costes de interconexión de magnitud similar.

Los precios de la interconexión que permiten la entrada y el funcionamiento estable de los competidores constituyen una condición necesaria pero no suficiente para una política de interconexiones saneada desde el punto de vista económico. El nivel y la estructura de precios de la interconexión afecta también al equilibrio entre ventaja competitiva y estrategias específicas y el comportamiento tanto de la operadora ya instalada como de la recién llegada. Unas condiciones de interconexión basadas en criterios económicos apropiados y el desarrollo resultante de presiones competitivas pueden incentivar a la operadora ya instalada para que mejore la calidad de sus prestaciones y a las nuevas operadoras para que busquen las maneras más rentables de construir nuevas redes y desarrollar o «rediseñar» sistemas operativos y prácticas. Por otro lado, unos precios de interconexión muy elevados (o «anticompetitivos») dará como resultado una atribución de recursos deficiente. El acuerdo de la OMC sobre telecomunicaciones básicas contiene algunas directrices a este respecto: «La interconexión con un suministrador principal se asegurará en cualquier punto técnicamente viable de la red ... en condiciones (incluidas las normas y especificaciones técnicas), tasas y términos no discriminatorios y con una calidad no inferior a la proporcionada para sus propios servicios de tipo similar o para servicios similares de suministradores de servicios no afiliados o para sus subsidiarias o afiliadas ...». Las administraciones que deseen disponer de un marco amplio en el que basar su política de interconexiones encontrarán provechoso el documento de referencia de la OMC, que ha tenido gran aceptación.

3.7.3.1 Tipos de interconexión

En el informe de la UIT sobre interconexión se consideran siete tipos de interconexión. Se trata de interconexiones de interés para el desarrollo rural en tanto en cuanto los servicios rurales puedan ser suministrados por un suministrador que compita con la PTO ya existente. En muchos casos, la competencia puede ser un instrumento necesario para promover el desarrollo de las telecomunicaciones rurales y ampliar la red existente. En otros casos, la reestructuración, la planificación alternativa o, más probablemente, un influjo de inversión directa nacional o extranjera dentro de la infraestructura existente pueden ser suficientes para iniciar el desarrollo.

Utilizando la metodología derivada del informe sobre interconexión de la UIT, los siete tipos de interconexión se han agrupado en tres clases. Las clases y tipos son como sigue:

Clase 1

- 1) *Conexión del equipo en las instalaciones del cliente (CPE) a la RTPC.* Este asunto se refiere a las reglas de reglamentación relativas a la interconexión del equipo en las instalaciones del cliente (CPE) con la RTPC, por ejemplo, aparatos telefónicos, máquinas de fax, módems o centralitas privadas de abonados (PBX). Puesto que la cambiante tecnología da en muchos casos la oportunidad de elegir entre la realización de determinadas funciones por el CPE o por la RTPC, la distribución entre conexión del CPE (sobre todo las PBX) y otras formas de interconexión es menos clara de lo que en un principio puede parecer.
- 2) *Interconexión de redes privadas («empresariales») con la RTPC.* Las redes privadas, basadas normalmente en la utilización total o parcial de líneas arrendadas («circuitos privados») proporcionadas por una o más PTO pueden existir como entidades que dan curso al tráfico sólo entre puntos «en la red», es decir, sitios conectados por las PBX o por líneas arrendadas. Sin embargo, su valor económico aumenta en gran medida si las llamadas se pueden originar en la red privada y terminar en la RTPC, u originarse en la RTPC y terminar en la red privada.
- 3) *Interconexión de redes de valor añadido (VAN) con la RTPC.* Los proveedores de servicios de valor añadido o «mejorados» (por ejemplo, correo electrónico, servicios de acceso a información en línea/bases de datos, o servicios de comunicación de datos especializados) explotan los componentes de su propia red, por ejemplo los computadores y el soporte lógico de las aplicaciones y, a veces, conmutadores especializados. No necesitan interconectarse con la RTPC y/o una red pública de datos con conmutación (RPDC) para proporcionar sus servicios a los usuarios más distantes.

Desde el punto de vista del reglamentador, los tres tipos de interconexión de clase 1 son similares en dos aspectos básicos. Puesto que los CPE, las redes privadas y las VAN no compiten con la actividad comercial básica de las redes de las PTO ya instaladas, en gran número de países se liberalizaron mucho antes de que la política aplicada al respecto en los mismos permitiera la entrada competitiva en el negocio de la telefonía de red básica. A menudo, las redes privadas y las VAN son objeto de muy poca reglamentación, si es que se les aplica alguna, y los reglamentadores permiten por lo general que las PTO ya instaladas facturen a los compradores de interconexión como si fuesen usuarios de extremo ordinarios (siendo así que podrían disfrutar de los descuentos ofrecidos normalmente a usuarios de extremo de gran volumen).

Clase 2

- 4) *Interconexión de nuevas redes de larga distancia fijas con la RTPC.* A efectos del presente análisis, esto se refiere al caso «clásico» la nueva operadora es sólo, un proveedor de servicios de larga distancia e internacionales basado en infraestructuras propias, como en el caso de MCI y Sprint en los Estados Unidos, DDI en Japón, Mercury en el Reino Unido, Clear Communications en Nueva Zelanda, por ejemplo.
- 5) *Interconexión de nuevas redes locales fijas con la RTPC.* Aunque en la mayoría de los casos la entrada competitiva se produjo inicialmente en los mercados de larga distancia e/o internacionales (en los que ya se ha producido plenamente), en la actualidad se están estableciendo en muchos países redes fijas alternativas también para servicios locales. Algunas de estas operadoras prestan sólo servicio local por su propia red. Para proporcionar un servicio viable desde el punto de vista comercial, tales operadoras se han de interconectar con una o más empresas de telecomunicación de larga distancia y con la red local de la PTO ya instalada en su propia zona local.

Ambos tipos de interconexión de clase 2 han empezado a ser utilizados sólo una vez que la política de telecomunicaciones, del país de que se trate, ha permitido la entrada de una o más empresas preparadas para competir con la PTO ya instalada en el mercado. Esto es lo que sucede normalmente (pero no necesariamente) tras la liberalización de la interconexión de clase 1. Una vez que se produce este profundo cambio de reglamentación, se plantean nuevas y complejas cuestiones en materia de reglamentación a propósito de la interconexión, por ejemplo, el nivel y la estructura apropiados de las tasas de interconexión y la manera más adecuada de regular estos asuntos.

La interconexión de la red de la operadora entrante con la RTPC explotada por la PTO ya instalada constituye una RTPC ampliada, básicamente una red física unificada de la que son propietarias, y explotan, múltiples organizaciones independientes. Los asuntos relativos a la interconexión, de los que se ocupan los reglamentadores, se refieren sobre todo a la interconexión de las nuevas operadoras entrantes que construyen y explotan sus propias redes de transmisión («empresas de telecomunicación basadas en infraestructuras propias»), pero en algunos casos afectan a las empresas de reventa de servicios de telecomunicaciones (aquellas cuya actuación consiste principal o totalmente en revender los servicios de otras empresas de telecomunicación).

Clase 3

- 6) *Interconexión de redes celulares y otras redes «inalámbricas» con la RTPC.* Puesto que la mayor parte del tráfico al que dan curso las redes celulares se origina y termina en la RTPC fija, es necesaria la interconexión con la PTO ya instalada. De manera similar, las redes «inalámbricas» que proporcionan servicios de acceso local por medios inalámbricos se deben interconectar con la RTPC para prestar un servicio viable desde el punto de vista comercial.
- 7) *Interconexión de sistemas de satélite con la RTPC.* En principio, no se trata de una categoría aparte. Si los sistemas de satélite proporcionan servicios móviles, podrían catalogarse como de tipo 6. Si se establecen a efectos de utilización empresarial integrada, podría decirse que corresponden a la categoría de red privada. Si los utiliza una operadora de red fija, cabría considerarlos como pertenecientes a la clase 2. Sin embargo, en la práctica, las políticas de interconexión relativas a los sistemas de satélite figuran a menudo como un elemento aparte en los programas de reglamentación. Tal ha sido el caso, por ejemplo, en los países europeos que han permitido la entrada de la competencia en las comunicaciones por satélite.

Ambos tipos de interconexión de clase 3 implican la entrada de nuevas operadoras que mejorarán de manera significativa las redes de las PTO ya instaladas nacionales. Además de los temas de reglamentación genéricos, que afectan también a las nuevas operadoras de las clases 1 y 2, las de la clase 3 plantean temas de reglamentación especiales que se derivan en parte de las demandas que plantean en relación con el espectro de radiofrecuencias y de la movilidad transnacional de muchos de sus usuarios de extremo.

3.7.3.2 Las múltiples dimensiones de la política de interconexión

Una política de interconexión tiene varios elementos diferentes. Las dimensiones de la política de interconexión se pueden definir considerando dos cuestiones: cuáles son las condiciones de interconexión que le interesan a una operadora nueva y en cuáles de esas condiciones tratará el reglamentador de influir, o cuáles tratará de controlar.

Condiciones de interconexión

a) Aspectos relativos a los precios:

- Nivel de precios
- Estructura de los precios
 - Medios/diferentes
 - Agrupados/desglosados
 - De un componente o de varios componentes

b) Aspectos no relativos a los precios:

- Condiciones técnicas de la explotación
 - Funciones de interconexión efectuadas
 - Agrupación frente a desglose de las funciones de interconexión
 - Estructura geográfica de la interconexión
 - Ubicación del punto de interconexión en la arquitectura de red de la RTPC existente
 - Disposiciones relativas a la calidad
 - Interfaces y normas técnicas
- Condiciones administrativas
 - Revelación de la información
 - i) Situación actual de la red existente
 - ii) Planes futuros en relación con la red existente
- Condiciones de facturación/pago

La expresión «nivel general de los precios de interconexión» se refiere al importe que paga la empresa de telecomunicaciones que se interconecta a la PTO ya instalada por dar curso a un volumen de tráfico dado o proporcionar una capacidad determinada. Un tema fundamental, en relación con el nivel de precios, es el grado en que pueden incluir un elemento de sobretasa basado en consideraciones distintas de las relativas a los recursos utilizados por la PTO ya instalada para prestar servicios de interconexión, por ejemplo, para ayudar a sufragar el coste que representa para la PTO ya instalada el cumplimiento de sus obligaciones de acceso al servicio universal.

La estructura de los precios de interconexión consta de numerosos componentes. De las consideraciones de tipo estructural, las más importantes son:

– *Promediación frente a diferenciación:*

Las tasas de interconexión se pueden fijar al mismo nivel para todo tipo de tráfico o pueden variar, normalmente para reflejar circunstancias específicas que afectan al coste que representa para la PTO ya instalada la prestación de servicios de interconexión. Las tasas diferenciadas pueden variar para reflejar factores tales como:

- el volumen de tráfico en cada punto de interconexión (POI);
- la mayor o menor distancia entre un POI de la nueva operadora entrante y el conmutador local más cercano de la red de la PTO ya instalada (si la distancia es grande porque la entrante ha optado por instalar pocos POI, su tráfico debe alcanzar el conmutador local más cercano de la operadora ya instalada vía enlaces intermedios en la red de esta última operadora, es decir, conmutadores tándem o «troncales entre máquinas»);
- la zona geográfica en la que se proporciona la interconexión (los costes para la PTO ya instalada pueden ser en algunas zonas más altos que en otras, debido por ejemplo al número y la densidad geográfica de abonados al servicio telefónico).

– *Agrupación frente a desglose:*

¿Paga la empresa de telecomunicación que se interconecta una tasa única por todas las funciones de red requeridas para originar o terminar una llamada vía la red de la PTO ya instalada? O bien, ¿existe un menú con diferentes funciones, cada una con su propio precio con la posibilidad de seleccionar determinadas funciones y otras no, cuando esto sea técnicamente viable? El desglose de los precios puede implicar la oferta de utilización de forma separada de partes geográficas diferentes de la red de la operadora ya instalada, o la utilización de forma separada de funciones técnicas diferentes, o ambas cosas.

– *Tarifas de un componente o de varios componentes:*

Las tasas por interconexión pueden tomar la forma sencilla de un precio por minuto de tráfico con una tarifa de un solo componente. De manera alternativa, el precio puede comprender varios componentes diferentes, por ejemplo, una tasa por minuto más una tasa basada en la capacidad de interconexión proporcionada por la PTO ya instalada. Son posibles también formas más elaboradas de fijación de precios con varios componentes. Algunas de esas formas pueden ser defendibles desde el punto de vista económico, con buenos argumentos a su favor, aunque quizá resulte difícil implementarlas.

En conclusión, puede decirse que sólo se podrán prestar servicios de telecomunicaciones satisfactorios y duraderos en zonas rurales si se dispone de una política y un marco de reglamentación adecuados. Las organizaciones internacionales podrían aportar asistencia técnica para desarrollar políticas de tarificación e interconexión específicas de los países, que apoyen el desarrollo comercial de los servicios de telecomunicaciones en zonas rurales y distantes. Entre los ejemplos de países en los que este tipo de incitativa ya ha tenido resultados satisfactorios figuran el de México, antes descrito, y el de Bangladesh, mencionado anteriormente.

La experiencia indica que el régimen de reglamentación más favorable para el desarrollo de las telecomunicaciones rurales ha de constar de lo siguiente:

- una entidad de reglamentación independiente a cargo de los acuerdo de licencia y concesión;
- sistemas adecuados de tarificación y distribución de ingresos;
- en las obligaciones de concesión se deberá tener en cuenta la integridad financiera y la sostenibilidad del servicio de telecomunicaciones rurales;
- se consideran y definen las condiciones de la interconexión;
- la utilización eficaz del espectro garantiza una gestión eficaz del mismo;
- los acuerdos de licencia están en consonancia con una estructura de red eficaz.

En la prestación de servicios de telecomunicaciones a las zonas rurales y distantes hay que tener en cuenta los siguientes principios básicos:

- para prestar servicio a los clientes empresariales se utilizan las PCO, los MCT, y líneas metálicas;
- Se fomenta la inversión en zonas rurales, según modalidades que sean compatibles en general con la relación precio-coste;
- se promueve la innovación al prestar servicios a zonas rurales;
- se alienta la explotación de PSO y IMC rurales por empresarios (locales) con franquicia de otras empresas privadas.

La relación entre coste e ingresos es un factor esencial para el organismo de reglamentación, sobre todo en lo que respecta al volumen y los ingresos del tráfico entrante, incluido el tráfico tasado de mensajes internacionales entrante. El agente reglamentador puede exigir una «contribución de los ingresos locales» suficiente y adecuada pero no excesiva, con cargo al total del tráfico entrante y saliente tanto nacional como internacional.

A menudo se deberá imponer una obligación en virtud de la cual se exija la prestación de servicios a las zonas rurales y distantes. La obligación financiera se debe mantener al nivel más bajo que sea viable y permita garantizar la integridad y sostenibilidad financiera del servicio de telecomunicación rural.

Un método que ha resultado satisfactorio consiste en imponer condiciones, en la licencia o concesión de la PTO, en virtud de las cuales se exija la prestación acelerada y duradera de servicios en zonas rurales.

3.8 Aspectos relativos a la financiación

En muchos países, las telecomunicaciones rurales se consideran todavía una actividad comercial deficitaria. Sin embargo, recientes estudios indican que, por lo general, el servicio de telecomunicaciones rurales produce de hecho beneficios.

La prestación de servicios de telecomunicaciones en zonas rurales y distantes requiere de todos modos un gran volumen de recursos financieros (véase § 3.2.1). El capital necesario se puede obtener a partir de:

- los propios ingresos (autofinanciación);
- los inversores del sector privado;
- la ayuda multilateral al desarrollo;
- la ayuda bilateral.

Otras formas de financiación podrían ser:

- la subvención cruzada interna;
- la aplicación de tasas de interconexión dispares o la contribución en favor de las operadoras rurales;
- los fondos para el desarrollo rural.

Tanto la ayuda multilateral como la bilateral son de corta duración; sólo se hacen efectivas en el momento en que los países en desarrollo necesitan más capital para invertir en las telecomunicaciones rurales. Está claro que las únicas alternativas posibles son la financiación interna, la participación del sector privado y los planes de financiación innovadores.

Para que los servicios de telecomunicaciones rurales sean satisfactorios y duraderos se deben basar en los principios comerciales de las empresas.

La operadora ha de tener muy claro y tratar adecuadamente lo que son costes y lo que son ingresos, aprovechando cualquier oportunidad de minimizar los primeros y maximizar los segundos. Los costes se pueden reducir aplicando mecanismos tales como las compras al por mayor, las adquisiciones competitivas, la compartición de infraestructuras, la innovación en el diseño de sistemas y equipos, la fabricación local y la utilización de los recursos humanos locales. Los ingresos se pueden aumentar ampliando la gama de servicios prestados mediante una infraestructura o facilidad determinadas y aplicando técnicas de comercialización eficaces.

Además, a la PTO se le debe permitir, y se le debe estimular a que fije y siga su propio plan, sin directrices gubernamentales ni otra interferencia que la derivada de una función reglamentadora prudente y «minimalista».

La Comisión de Estudio 1 del UIT-D ha publicado un proyecto de Informe provisional sobre Políticas y procedimientos de financiación de las infraestructuras de las telecomunicaciones en los países en desarrollo. Dicho documento, junto con las actas de los seis coloquios sobre financiación y comercio de las telecomunicaciones organizados por la BDT en las diversas regiones del mundo y el estudio de 1998 sobre financiación y comercio, proporciona una amplia visión de conjunto de las diversas maneras de que se dispone para obtener recursos financieros [15, 16, 17].

Conviene señalar que los gobiernos pueden conceder una serie de incentivos que ayuden a la PTO y a los inversores potenciales a establecer las infraestructuras requeridas a costes más bajos. Ejemplos de tales incentivos son la aplicación de tasas y derechos reducidos a la importación de equipos, las vacaciones fiscales, la prórroga del pago de impuestos o la deducción de pérdidas netas, etc.

Una manera de reducir el coste que conlleva la prestación de servicios en zonas rurales consiste en fomentar el establecimiento de cooperativas locales, que construyan, exploten y sean propietarias de la red local. La participación en la cooperativa podría abarcar la labor de trabajadores voluntarios en la construcción de la central telefónica, con los evidentes ahorros que ello traería consigo. Normalmente la administración de la cooperativa tendría carácter voluntario.

Un argumento económico esencial que se necesario poder esgrimir en favor de las telecomunicaciones rurales es que todas las líneas que se hallen en servicio generan ingresos suficientes por concepto de comunicaciones de larga distancia tanto salientes como entrantes. Por lo general esto se consigue en el caso de las PCO/los MCT y de instituciones y empresas comerciales que generan un volumen considerable de comunicaciones de larga distancia. Si los posibles abonados residenciales son grandes usuarios de los servicios de larga distancia, la prestación a los mismos de servicios residenciales redundará en beneficio de los servicios empresariales. Para velar por que el volumen de tráfico de larga distancia de esos abonados sea suficiente, se podría aplicar el principio de tarificación «consumir o pagar» («take-or-pay» tariff principle). Conforme a este principio, el abonado a quien se le proporciona una línea en su residencia se compromete a pagar una «cantidad básica» especificada de llamadas de larga distancia, aunque su volumen de llamadas de larga distancia no llegue a esa cantidad.

Otra manera de reducir la inversión de la PTO y sus costes de explotación consiste en conceder franquicias para la instalación y explotación del equipo terminal (PCO o MCT). La experiencia de Senegal e India, por ejemplo, muestra que tanto el franquiciado como la PTO obtienen notables beneficios. El caso de Bangladesh, en donde se ha concedido a Grameen Telecom [18] una licencia para la prestación de servicios de telecomunicaciones en cada una de las 68000 aldeas del país, es otro ejemplo de actuación satisfactoria. El equipo terminal de cada aldea lo compra un habitante de la misma con la ayuda de un micropréstamo. El micropréstamo será reembolsado por la operadora del terminal durante un cierto periodo de tiempo utilizando para ello las ganancias derivadas de la explotación del terminal. Conviene señalar que ese procedimiento ayuda además a crear empleo para las personas que explotan dichos terminales en las aldeas distantes.

Para las inversiones mayores en la infraestructura de telecomunicaciones requerida, el capital necesario podría generarse también mediante un «fondo renovable para el desarrollo de las telecomunicaciones rurales» establecido a nivel nacional, subregional o regional por las operadoras, que aportarían un pequeño porcentaje de sus ingresos a dicho fondo. En [17,19] se describe el funcionamiento de un fondo renovable como ese.

3.9 Planificación del desarrollo de las telecomunicaciones rurales nacionales [3]

3.9.1 Planes de desarrollo

La planificación de una red de telecomunicaciones para una zona y un periodo determinados implica:

- la definición de la estructura de la red general (conmutación y transmisión) y la red de acceso de los abonados;
- la elección de sistemas que satisfagan las limitaciones del entorno y permitan alcanzar los objetivos de explotación, desempeñar las funciones necesarias y satisfacer la demanda de los clientes con la mejor relación calidad/precio.

Según el horizonte de planificación, se hará una distinción entre:

a) *Plan director (planificación a largo plazo)*

Documento elaborado para un periodo de diez a veinte años, que abarca el plan de desarrollo general.

En efecto, si se deja que una red de telecomunicaciones evolucione a la merced de las actividades de gestión operacional, dicha red no funcionará mucho tiempo a su nivel óptimo.

Por ello, es necesario elaborar un plan director de las telecomunicaciones, documento indispensable que servirá de marco para una política coherente en relación con el equipo, la gestión técnica racional y, finalmente, la administración eficaz de los gastos de inversión.

b) *Plan a medio plazo*

Concebido para un periodo de tres a cinco años, este plan versa sobre la viabilidad de los proyectos y sus especificaciones. Su objetivo es definir:

- la red que quiere construirse durante el periodo considerado, con estimación de las necesidades en cuanto a la oferta de servicios y su evolución;
- las grandes etapas de transición de la red existente hacia la red que quiere conseguirse.

c) *Plan a corto plazo*

Se concibe para un periodo de uno a tres años y se aplica a especificaciones particulares de proyectos o ampliaciones de los mismos; dicho de otra forma, su objetivo es definir detalladamente el desarrollo de la red y las modalidades prácticas de su instalación.

d) *Actualización de los planes directores*

Los planes a largo y mediano plazo deberían actualizarse periódicamente para reflejar los cambios de la demanda y la tecnología.

3.9.2 Planes técnicos fundamentales

La siguiente lista de planes técnicos fundamentales no es exhaustiva:

- el plan de numeración;
- el plan de encaminamiento;
- el plan de transmisión;
- el plan de digitalización;
- el plan de sincronización;
- el plan de tasación;
- el plan de señalización;
- el plan de cobertura;
- el plan de frecuencias; etc.

3.9.3 La planificación de la red

Ésta se lleva a cabo tras estudios previos que consisten en recopilar y aunar los datos básicos siguientes:

1) Previsión de la demanda y el tráfico.

La previsión de la demanda tiene por objeto hacer una proyección del número de líneas principales (ML) durante el periodo planificado (incluyendo las necesidades inmediatas y futuras de las zonas rurales a las que se piense dar servicio); además, se deberá indicar si estas líneas son de las PCO, los MCT, líneas de empresa, de administración o de tipo residencial y líneas de servicio y el tipo de servicios que se van a ofrecer.

La previsión del tráfico realizada en base a las previsiones de demanda indicará los volúmenes y flujos de tráfico. Sólo cuando el tráfico se conozca podrá dimensionarse adecuadamente el equipo.

El objetivo en cuanto a cobertura, en términos de extensión geográfica de la red, deberá reflejar la realidad económica técnica y operativa, así como una definición del acceso/servicio universal coherente con las necesidades de desarrollo y las capacidades de la operadora o las operadoras de telecomunicaciones.

2) Reglas de ingeniería sujetas a la estrategia de desarrollo, teniendo en cuenta los sistemas que deben instalarse y las recomendaciones de los planes técnicos fundamentales.

3) Datos sobre las infraestructuras existentes que sirvan de base para adoptar decisiones en lo que concierne a:

- reemplazar el equipo que haya quedado obsoleto;
- ampliar la vida útil del equipo en buen estado;
- utilizar o reubicar infraestructuras existentes (torres, por ejemplo).

Habida cuenta de los datos e información anteriores, la planificación de la red podría incluir, además, las siguientes tareas:

- a) elegir los centros de conmutación y los nodos de transmisión;
- b) diseñar la estructura de la red de conmutación.

En el pasado, las redes rurales contenían a menudo un gran número de pequeñas centrales locales. Debido a su dimensión reducida y su ubicación distante, esas centrales comportan normalmente grandes costes de capital y mantenimiento por línea de acceso. Versiones más recientes de la arquitectura «alámbrica» terrenal resuelven parcialmente este problema concentrando el tráfico procedente de líneas de acceso de usuario en cada ubicación vía alguna forma de unidad distante. Es posible que esta última no efectúe todas las funciones de conmutación, pero en cambio da curso al tráfico por circuitos de transmisión eficazmente compartidos hacia una central regional. Así se obtienen economías de escala que no se pueden conseguir en una arquitectura que requiera gran número de pequeñas centrales.

Las arquitecturas «inalámbricas» más recientes se basan en la misma idea en una etapa posterior, recogiendo y concentrando tráfico vía «estaciones de base» radioeléctricas (cada una de las cuales da servicio a una amplia zona en la que la densidad de clientes es baja). El tráfico procedente de las estaciones de base se encamina a través de un centro de conmutación regional con el que se pueden conseguir economías de escala. También hay soluciones por medio de satélites, que se basan fundamentalmente en el mismo concepto con la salvedad de que las «estaciones de base» están en el espacio y las zonas geográficas en las que se recoge tráfico (las «proyecciones» de los satélites) son mucho mayores. Estas arquitecturas son por tanto especialmente adecuadas para dar servicio en regiones en las que la densidad de clientes es muy baja (y los costes fijos de una estación de base terrenal por cliente servido son demasiado altos), así como en regiones con terreno dificultoso, en donde los costes de una planta telefónica terrenal y/o la propagación radioeléctrica constituyen problemas importantes.

c) diseñar la estructura de la red de transmisión.

En particular, los enlaces de transmisión de larga distancia de una red rural constituyen una parte importante de la inversión, cualquiera que sea la tecnología utilizada, por ejemplo, líneas de hilo desnudo, sistemas terrenales por microondas, cables aéreos o coaxiales, cables de fibra óptica o incluso enlaces por satélite. La utilización eficaz de estos enlaces es, por tanto, fundamental. Para ello, se puede recurrir a lo siguiente:

- utilización de la compresión digital para señales vocales;
 - utilización de la capacidad de conexión inalámbrica con los usuarios de extremo para recoger el tráfico de una zona amplia, de manera que las diferentes corrientes de tráfico con sus «horas cargadas» produciéndose en momentos diferentes se combinen en el mismo medio de transmisión. La capacidad de hacer esto constituye una ventaja especial de las arquitecturas basadas en satélites;
 - utilización de la señalización por canal común (empleando las normas del UIT-T sobre el sistema de señalización N.º 7) para no malgastar en señalización el tiempo de los circuitos vocales.
- d) planificar la obra civil (edificios o casetas de protección, vías de acceso, cámaras subterráneas, emplazamientos radioeléctricos, torres, etc.);
 - e) planificar los requisitos de la planta de energía (ya sea convencional, de origen solar, etc.);

- f) delimitar las zonas (locales y de subrepartición);
- g) evaluar en términos de pares/km de cables primarios y/o equipos de radiocomunicaciones de conexión entre el equipo de conmutación y las estaciones de base para la red de acceso;
- h) evaluar los pares secundarios que deben sacarse y/o de los equipos de radiocomunicaciones de acceso (estaciones de base y terminales de abonados) para la red de acceso;
- i) estimaciones del coste de la inversión para el periodo de planificación, que se utilizan con el fin de:
 - evaluar la financiación requerida para ejecutar el plan de desarrollo;
 - calcular la rentabilidad global de las inversiones;
 - permitir una movilización adecuada y oportuna de fondos.

En las previsiones de inversión se deberán incluir las compras de terreno para edificios y torres y los pagos por derechos de paso para cables, líneas de potencia y caminos de acceso.

De estas tareas se derivan correcciones, reevaluaciones y actualizaciones periódicas durante todo el periodo que abarque el plan de desarrollo. La complejidad y la repetición de estos cálculos requieren la utilización de programas informáticos tanto para la planificación como para la actualización de los resultados.

Pueden utilizarse herramientas específicas según el tipo de planificación, por ejemplo para:

- la estructura general de la red (conmutación y transmisión); y
- la estructura de la red local de acceso de abonado (alámbrica y/o radioeléctrica).

3.9.4 Planificación en zonas rurales

La red rural debe considerarse como una extensión de la red pública nacional. Así pues, la planificación de la red en zonas rurales debe abarcar tanto la estructura de la red troncal, que soporta el tráfico de la zona rural, como la estructura de la red de acceso de los abonados rurales.

Como se indica más arriba, se utilizan programas informáticos de planificación para la elaboración de la estructura de la red general, incluida la central de conmutación que cubre la zona rural.

También se dispone de herramientas específicas de la planificación, concebidas para las partes «radioeléctricas» de la red local, que incluyen, por ejemplo, los cálculos de la cobertura, las necesidades de frecuencias y su planificación.

Las herramientas informáticas antes indicadas permiten realizar simulaciones, variando los parámetros de entrada, que ayudan a elegir la estructura de red óptima y las tecnologías más apropiadas.

3.9.5 Estudios complementarios

Deberán efectuarse estudios complementarios para evaluar la viabilidad económica, planificar el proyecto y hacer una estimación de los requisitos en materia de recursos humanos para redes rurales.

El estudio de la viabilidad económica permite elegir y optimizar la solución menos onerosa, teniendo en cuenta los costes de inversión, los ingresos y los gastos de explotación. Permite igualmente readaptar los objetivos del plan en función de los recursos financieros y los gastos de explotación previstos. El resultado final, que será objeto de reevaluaciones periódicas, puede utilizarse a continuación para revisar los planes de desarrollo.

Los requisitos en cuanto a recursos humanos y de capacitación necesarios para explotar la red deberán ser asimismo objeto de evaluación, ya que también influirán en el coste del proyecto.

En cualquier tipo de planificación de red es indispensable tener en cuenta la totalidad de la demanda, incluidas las necesidades inmediatas y futuras de la zona rural. En el caso de proyectos de corto o medio plazo, se necesitan especificaciones detalladas para preparar la petición de licitaciones de modo que éstas cumplan los requisitos de explotación y se atengan a los objetivos de funcionamiento. (Algunas de las especificaciones se derivan de la planificación de la red, por ejemplo, el volumen de tráfico por central, el número de circuitos, los planes de encaminamiento, la capacidad de transmisión requerida, etc.)

3.10 Consideraciones relativas al diseño del sistema

3.10.1 Criterios para seleccionar la tecnología

Además de lo anterior, el proceso de selección deberá guiarse por los siguientes criterios:

- a) Los equipos nuevos deberán ser digitales hasta la central local, incluida ésta. Por debajo del nivel de la central (es decir, la red de acceso del abonado o el bucle local) se prefiere digital pero se puede aceptar analógico en base a consideraciones de tipo económico. Lo que se pretende es maximizar la rentabilidad de la red manteniendo la compatibilidad con las tecnologías más recientes. Las centrales de comunidades pueden emplear cualquier tecnología, siempre que el servicio requerido se preste al mínimo coste en la actualidad y el futuro.
- b) Cuando se justifique, deberá darse preferencia a los equipos y componentes fabricados localmente.
- c) Se dará preferencia a los equipos y sistemas elaborados siguiendo las normas recomendadas por la UIT frente a aquellos que se atengan a normas patentadas o cerradas.
- d) Aunque se necesite disponer de una cierta gama de capacidades, el número de tipos diferentes de equipos utilizados deberá ser tan bajo como sea posible para maximizar las economías de escala y minimizar los costes de explotación imputables al almacenamiento de piezas de repuesto y las necesidades de capacitación.
- e) Se dará preferencia a los equipos y sistemas modulares con un alto grado de flexibilidad a efectos de ampliación y facilidad de instalación.
- f) Se dará preferencia a los equipos probados en el terreno con datos de fiabilidad, basados en estadísticas obtenidas en servicio, para instalaciones de gran escala. En todos los casos, deberán especificarse las garantías que se dan.
- g) Se dará preferencia a los equipos con bajo consumo de energía o que dispongan de subsistemas integrados opcionales de energía de reserva.

En teoría, el procedimiento que ha de seguirse consiste en seleccionar un grupo reducido de posibles tecnologías en base a las consideraciones anteriores y utilizarlas en el proceso de diseño del sistema. A partir de ahí podrán pasarse pedidos importantes de equipos tras la convocatoria de concursos de licitación competitivos. Hasta la fecha, las siguientes tecnologías han sido seleccionadas y aplicadas frecuentemente por organismos del gobierno y empresas de ingeniería del sector privado:

- sistemas radioeléctricos de abonado de acceso múltiple;
- sistemas de comunicaciones celulares fijos y móviles;
- sistemas radioeléctricos de un solo canal y de dos canales;
- centrales conmutadoras digitales de baja capacidad;
- pequeñas estaciones terrenas/VSAT.

El proceso de diseño del sistema deberá ser un proceso extenso en el que se consideren los requisitos de servicio existentes y futuros así como la integración con la RTPC y, si hace falta, con otras redes. Al diseñar el sistema óptimo (coste global mínimo) deberán tenerse en cuenta la adquisición de materiales, la compartición de infraestructuras, la integración de servicios y la calidad de los mismos. Se deberá analizar cuidadosamente cada elemento de costo, por ejemplo:

- a) El coste, elevado, de las torres autosoportadas, que aumentará de manera significativa el coste por línea en emplazamientos distantes que den servicio a una o unas pocas líneas y, por ello, resulta difícil justificarlo salvo en los emplazamientos que dispongan de una central.
- b) El coste de mantener un número mayor de repetidores en emplazamientos de acceso más fácil, que posiblemente sea menor que el de mantener unos pocos repetidores en emplazamientos de acceso más difícil. Ahora bien, más repetidores requerirán más capital y más mantenimiento.

3.10.2 Constricciones ambientales

El entorno ambiental influye en el diseño del sistema y en la selección de equipos. Por ello, deberá acopiarse la siguiente información:

- valores máximos, mínimos y extremos de la temperatura media mensual;
- valores más elevados de la combinación humedad relativa y temperatura;
- valores más elevados de la velocidad del viento (estable y a ráfagas) y dirección predominante;
- frecuencia de las tormentas eléctricas (rayos);
- frecuencia de las precipitaciones (lluvia, granizo, nieve);
- polvo, insectos, hongos;
- atmósferas corrosivas o contaminantes;

- datos sobre insolación (para el caso de energía solar);
- actividad sísmica;
- características del suelo (para trabajos de obra civil y en relación con las puestas a tierra).

Deberán conseguirse las estadísticas de distribución anual de cada ubicación, si es que se dispone de ellas. Los valores máximos y mínimos deberán ser los que se produzcan normalmente, ya que por lo general no tiene sentido diseñar para condiciones extremas que raramente se dan.

3.10.3 Implementación

El mantenimiento del proyecto en marcha durante la fase de implementación implica:

- supervisar el progreso del mismo y proceder al seguimiento de la conclusión de las etapas más importantes;
- inspeccionar la obra civil y la instalación de los equipos;
- buscar posibles fallos y efectuar las pruebas de aceptación de los trabajos terminados.

Se dispone de métodos basados en técnicas de computador para la planificación y supervisión del proyecto, que deberán utilizarse cuando sea posible.

3.11 Gestión de la red

Se entiende por funciones de gestión de la red las relacionadas con la configuración, el control, la supervisión y el registro de la utilización y el funcionamiento de los recursos de la red para proporcionar servicios de telecomunicaciones con una calidad y unos costes aceptables.

El UIT-T ha definido una arquitectura funcional y una arquitectura física para la función de gestión, la red de gestión de las telecomunicaciones (RGT). El modelo genérico se define en la Recomendación UIT-T M.3100. Detalles relacionados con el modelo de información de la SDH se dan en las Recomendaciones UIT-T G.774, G.774.01, G.774.02, G.774.03 y G.774.04.

Puesto que la oferta de servicios de telecomunicaciones y la capacidad de tratamiento de tráfico de los nodos de conmutación y los sistemas de transmisión aumenta de manera constante, la gestión de la red (incluidos los aspectos relativos a la explotación, el mantenimiento y la administración) es cada vez más importante. Implica la supervisión de varios elementos de red para conocer su situación y grado de utilización, a fin de controlar y optimizar la calidad de la prestación de los servicios.

Las Recomendaciones relativas a la red de gestión de las telecomunicaciones (RGT) presentan las necesidades arquitecturales de carácter general en las que se basan los requisitos de gestión a efectos de planificación, provisión, instalación, mantenimiento, explotación y administración de las redes y servicios de telecomunicaciones. Dentro del contexto de la RGT, gestión se refiere al conjunto de capacidades que hacen posible el intercambio y el procesamiento de información de gestión que permiten a las operadoras dirigir sus empresas de manera eficaz. Los servicios y protocolos de la gestión de sistemas de la OSI (Recomendación X.700) representan un subconjunto de las capacidades de gestión que puede proporcionar la RGT. Estos conceptos son aplicables a las redes rurales siempre que se efectúen las adaptaciones y simplificaciones necesarias.

Las funciones de aplicación de gestión están contenidas dentro de las funciones del sistema de operaciones de la RGT. Están situadas en cuatro capas o niveles, a saber:

- a) En el *nivel de gestión de elemento de red* (NEML) están situadas las funciones relacionadas con la gestión de los elementos de red de una región. Se trata de funciones muy probablemente orientadas hacia el mantenimiento pero que podrían incluir también alguna capacidad de configuración o incluso estadísticas detalladas.
- b) En el *nivel de gestión de red* (NML) están situadas las funciones relativas a la gestión global de una determinada red. Lo normal será la visibilidad completa de la red en su conjunto y hará falta mantener una visión independiente del fabricante. A este nivel se efectuará la configuración de la red como un todo, y se llevarán a cabo análisis y se obtendrán estadísticas de la calidad de funcionamiento.
- c) En el *nivel de gestión de servicio* (SML) están situadas todas las funciones que gestionan un determinado servicio. El servicio puede prestarse a través de varias redes, cada una de las cuales sustenta muchos servicios. Es en este nivel donde se encuentran las funciones relacionadas con el cliente, incluidos los registros de abono, derechos de acceso, mantenimiento de registros de utilización y cuentas y funciones relacionadas con el establecimiento y el mantenimiento de facilidades proporcionadas por el propio servicio, además de las facilidades de la red.

- d) En el *nivel de gestión de empresa* (BML) están situadas las funciones necesarias para la aplicación de políticas y estrategias dentro de la organización que posee y explota los servicios (y posiblemente la red). Influidas por niveles de control todavía altos, tales como la legislación al respecto o factores macroeconómicos, esas políticas y estrategias podrían ser, por ejemplo, las políticas de tarificación, las estrategias de mantenimiento de la calidad por las que se dan orientaciones sobre la explotación del servicio cuando se degrada el funcionamiento de los equipos o la red, y así sucesivamente. Lo más probable es que la mayoría de estas funciones no sean automáticas en un próximo futuro, aunque podrían considerarse algunas herramientas en las que intervinieran el análisis de tendencias, los modelos económicos, los modelos de demanda o la predicción de la repercusión de la calidad.

Las principales funciones de gestión de la RGT se refieren a:

- averías: supervisión de alarmas, localización de averías y realización de pruebas;
- contabilidad y estadística: todas las funciones que permiten la contabilización de la utilización de la red;
- calidad de funcionamiento: gestión del tráfico y la red (observaciones del tráfico, control de reconfiguración) y observaciones tendentes a la optimización de la calidad del servicio;
- configuración: gestión de los parámetros de la configuración, instalación, controles y estados;
- seguridad: protección del sistema y de la red contra recursos y datos no autorizados o mal funcionamiento de los equipos.

En todas las redes, la gestión de los recursos se verá facilitada si los equipos son homogéneos, tanto los de conmutación como los de transmisión. El mantenimiento se simplificará y será menos costoso cuanto menor sea el número de paneles de conmutación que tengan que ser probados, reparados o reemplazados. La gestión de materiales, la documentación, la capacitación, etc., también se simplificarán en gran medida si los equipos están normalizados en toda la compañía.

Los equipos deberán admitir la introducción de mejoras o modificaciones mientras estén en funcionamiento. La evolución deberá ser compatible con modificaciones anteriores y con los servicios, programas informáticos, documentación, etc. existentes. La mayoría de las modificaciones, por ejemplo la telecarga de soporte lógico en el microprocesador cuando se vayan a ofrecer los servicios, se pueden efectuar a distancia.

Las tecnologías nuevas simplifican la explotación y el mantenimiento con pruebas en servicio y la detección y localización automáticas de averías. Todo esto tiene una importancia especial en zonas distantes.

La implementación de equipos de transmisión de la SDH mejora la disponibilidad y la fiabilidad de la red. Mecanismos que actúan a diferentes niveles proporcionan información sobre el funcionamiento de la red para evitar fallos del sistema debidos a la saturación o la sobrecarga de recursos de la misma.

En varias Recomendaciones UIT-T de las series G, M y Q se tratan aspectos relativos al mantenimiento, la gestión y la explotación de la red.

3.12 AOM&P (administración, operación, mantenimiento y provisión)

La AOM&P de servicios de telecomunicaciones comprende lo siguiente:

- comercialización de los servicios;
- facturación y cobro a los abonados, incluida la recogida del dinero de las cajas recaudadoras;
- control de la situación de los abonados (desconexiones temporales/permanentes);
- preparación y cumplimiento de un presupuesto anual de administración, operación y mantenimiento (personal y material);
- capacitación del personal de explotación;
- trabajos de instalación de estaciones de abonado en los locales de los nuevos clientes;
- seguimiento de las reclamaciones de los clientes;
- adiestramiento de los usuarios o instrucciones a los mismos;
- mantenimiento administrativo.

Los sistemas telefónicos rurales existentes deberán cambiarse según se precise para satisfacer la demanda creciente o la demanda de nuevos servicios. El mantenimiento del GOS (grado de servicio) requerido exige que se realice lo siguiente:

- incrementar el número de canales;
- modificar los parámetros del sistema;
- supervisar los datos de tráfico;
- analizar y utilizar las estadísticas de fallos;

- controlar el inventario de piezas de repuesto;
- contratar la reparación por parte del fabricante de los equipos de unidades que no puedan repararse en un centro de mantenimiento, y la ejecución de los trabajos correspondientes;
- capacitar al personal de mantenimiento;
- el mantenimiento preventivo;
- el mantenimiento correctivo.

4 Tecnologías de red

La red de acceso es la parte de la red de telecomunicaciones que conecta a los abonados con la central local. Consta de un cierto número de elementos de conmutación y transmisión que, tradicionalmente, se han dispuesto en configuración de estrella, árbol o bus. De entre todas las diversas topologías de diseño, se ha elegido una basada en la distribución geográfica de los emplazamientos distantes existentes o planificados, los servicios que se van a ofrecer, el tráfico esperado y los riesgos de tipo ambiental y de seguridad. Con la introducción de la SDH en la red, una de las topologías técnicamente adecuadas es la configuración en «anillo». En dicha configuración, todos los concentradores de conmutación y las unidades de abonado locales y distantes se pueden conectar con la central principal a través de un anillo de transmisión autocorrector.

No obstante, cualquiera que sea la topología de red que se elija, la red de acceso a los abonados se puede realizar con una diversidad de sistemas utilizando la transmisión por hilo de cobre, por fibra óptica, radioeléctrica, por microondas o por satélite o una combinación de todos esos medios.

En el pasado, las redes de acceso de las zonas rurales se implementaban normalmente con hilos de cobre, algunas veces en combinación con la transmisión radioeléctrica de baja capacidad punto a punto o por microondas punto a multipunto. En la actualidad, las nuevas tecnologías tratan de conseguir:

- costes de explotación y mantenimiento reducidos;
- explotación y mantenimiento mejorados (por ejemplo, localización de averías centralizada, modificación de servicios, etc.);
- fácil y rápida implementación de los nuevos servicios;
- mayor anchura de banda/capacidad más elevada.

En este capítulo se examinan esas nuevas tecnologías, considerando también su capacidad de llevar nuevos servicios, tales como los de Internet, los multimedia, vídeo por demanda, telemedicina, teleeducación, etc., que precisan anchuras de banda mayores. Incluso aunque los posibles abonados de las zonas rurales de los países en desarrollo no puedan, por ahora, permitirse la utilización de esos servicios, han de ser tenidos en cuenta cuando se planifiquen nuevas redes o se mejoren las existentes. Los telecentros comunitarios polivalentes (MCT) plenamente desarrollados, por ejemplo, requieren una anchura de banda mayor que las oficinas públicas de comunicaciones (PCO), ya que los MCT tienen por objeto proporcionar nuevos servicios así como prestar su asistencia a los usuarios y capacitar a la mayoría de la población de la aldea (o grupo de aldeas).

Para que los costes de puesta en funcionamiento no sean muy elevados, la red de acceso ha de ser de dimensiones variables, de tal manera que la operadora de la red, añadiendo unidades «enchufables de banda ancha», pueda responder rápidamente a las nuevas demandas con un coste mínimo.

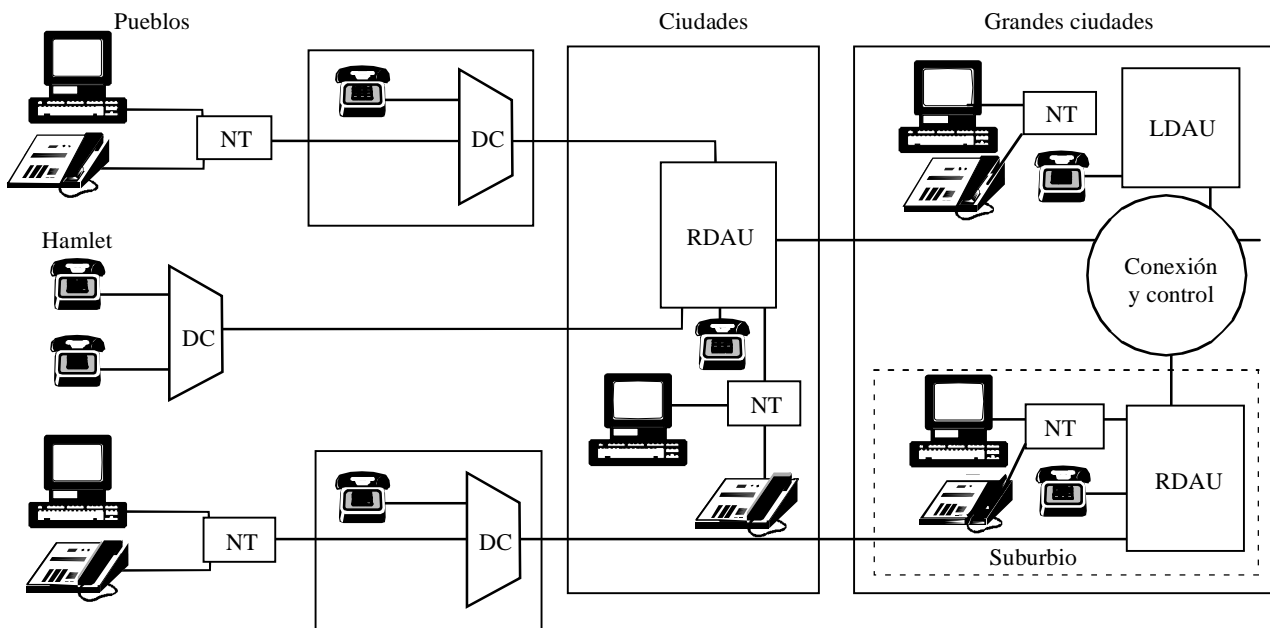
4.1 Sistemas de conmutación, concentradores y unidades locales distantes [1]

El Manual del GAS 7 da un ejemplo de organización de red local (véase la Figura 2).

4.1.1 Conmutación

Hay varios suministradores que ofrecen sistemas de conmutación con una arquitectura descentralizada, en la que una central patrón proporciona una unidad de control central para funciones tales como las de encaminamiento y tasación. La función de conexión del abonado la efectúan unidades especializadas que pueden estar colocadas con la central – unidad de acceso digital local (LDAU) – o alejadas de la misma – unidad de acceso digital distante (RDAU). Una arquitectura como esa permite una distribución óptima de funciones entre los diferentes módulos y procesadores. La modularidad del soporte físico y del soporte lógico hace que los sistemas puedan adaptarse a una diversidad de topologías de red diferentes y facilita la ampliación de la red de telecomunicaciones para satisfacer necesidades futuras en términos de número de abonados, número de ubicaciones y servicios de banda estrecha o banda ancha.

FIGURA 2
Ejemplo de organización de red local



d02

RDAU = Unidad de acceso digital distante
 LDAU = Unidad de acceso digital local
 DC = Concentrador digital
 NT = Terminación de red

La capacidad de esos sistemas de conmutación varía de 2000 a más de 100 000 abonados. Las RDAU y LDAU, que tienen una capacidad de unos cuantos miles de abonados (normalmente 5000) se pueden repartir entre varias ubicaciones lo que permite la conexión de pequeños grupos de abonados dispersos en una zona extensa. En estos casos, los abonados están conectados a concentradores digitales (DC) con una capacidad de algunas decenas de abonados y se conectan a las RDAU a través de enlaces de 2 Mbit/s.

Las RDAU y los DC pueden efectuar funciones de conmutación para el tráfico dentro de su zona de servicio, mientras que las comunicaciones con otras zonas de servicio son procesadas por la central patrón. De este modo, un fallo en el trayecto entre una RDAU/un DC y la central no interrumpe las comunicaciones locales ni el servicio en la zona de servicio de la RDAU/el DC.

Los DC representan una solución eficaz desde el punto de vista económico en la que las interfaces analógicas y de la RDSI son totalmente intercambiables, permitiendo cualquier combinación de configuraciones que se requiera. Se pueden gestionar de manera transparente desde la central patrón, eliminando la necesidad de un sistema de gestión local. Disponibles tanto en versiones de interiores como de exteriores (en este último caso se utilizan casetas de protección contra el polvo y la intemperie), se pueden proporcionar con bastidores integrados de conversión y distribución de energía, lo que los hace ideales para su instalación en las zonas rurales.

Las diversas unidades de un sistema de conmutación con arquitectura descentralizada hacen interfaz con la red de transmisión básica al nivel de 2 Mbit/s, 34 Mbit/s, 51 Mbit/s, 140 Mbit/s o 155 Mbit/s (622 Mbit/s en el caso de centrales de conmutación muy grandes).

En el lado red de acceso, la interfaz consiste en dos hilos conductores o es el del tipo V5, según lo recomendado por el UIT-T.

Algunos suministradores de equipos ya han introducido en el mercado sistemas de conmutación capaces de proporcionar servicios de banda ancha a través de la red con conmutación, tales como el de videoconferencia, los de multimedia y la interconexión de LAN por demanda. La arquitectura modular de los conmutadores permitirá además integrar en la misma plataforma nuevas tecnologías de conmutación, por ejemplo, el ATM.

4.1.2 Pequeños sistemas de conmutación autónomos

Las pequeñas centrales rurales digitales autónomas son especialmente adecuadas para aplicaciones de grupos reducidos de abonados y ofrecen una solución eficaz desde el punto de vista económico y flexible a efectos de implementación de las redes rurales. Permiten el encaminamiento y la tasación autónomos, tienen su propio soporte lógico de gestión local al que se puede acceder desde un emplazamiento distante y ofrecen los mismos servicios que los grandes sistemas de conmutación con una arquitectura descentralizada. Las centrales autónomas suelen tener una capacidad de entre 100 y 1 000 abonados y permiten además la conexión de RDAU distantes.

4.2 Multiplexores

Los multiplexores se han utilizado mucho para llegar a usuarios, concentradores y abonados distantes. Los multiplexores de abonados a 2 Mbit/s, ya sean simétricos o asimétricos, pueden conectar hasta 30 abonados con la central. La voz se transmite en intervalos de tiempo (TS) preasignados y la información de señalización se lleva en el intervalo de tiempo (TS) 16. No obstante, ese equipo depende de la especificación del fabricante.

Los protocolos de señalización normalizados V5.1 y V5.2 hacen posible que las operadoras de red no dependan de interfaces de conmutación patentadas.

NOTA – El protocolo V5.1 sirve para la gestión del POTS y la RDSI para un máximo de 30 abonados en un enlace de 2 Mbit/s, mientras que el protocolo V5.2 sirve para gestionar la concentración y hace posible que los intervalos de tiempo sean compartidos entre abonados llamada por llamada, de lo que se deriva una reducción de costes. La última versión de las Recomendaciones UIT-T G.964 y G.965 describen en detalle estos protocolos.

La nueva tecnología del transporte basada en la jerarquía digital síncrona (SDH) junto con los protocolos antes mencionados ha inducido a algunos suministradores a desarrollar un nuevo concepto de interconexión basada en la tecnología del nodo de acceso [20].

4.3 Interconexión

En el pasado, las plantas telefónicas exteriores se realizaban sobre todo a base de pares de cobre que conectaban a los abonados a la central local. En la actualidad, la red de acceso se puede implementar utilizando varias tecnologías, ya sean alámbricas (de hilo de cobre o fibra óptica) o inalámbricas, o una combinación de ambas. La red de telecomunicaciones básica recurre cada vez más al transporte según la SDH, lo que permite ofrecer servicios de banda estrecha, banda ampliada y banda ancha por la red para satisfacer los requisitos de los distintos clientes.

La Figura 3 muestra cómo podría evolucionar la red en una zona de central local utilizando la arquitectura de anillo de la SDH.

Ya existen, o se están desarrollando, diferentes tipos de nodo de acceso. Sus características principales son como sigue:

1) *Primer tipo*

El equipo del nodo de acceso se puede conectar a un anillo STM-I con capacidad de adición/supresión de hasta 21×2 Mbit/s. Admite el protocolo V5.1 (véase la Nota) y trata POTS, RDSI (a velocidades básica y primaria) y líneas arrendadas.

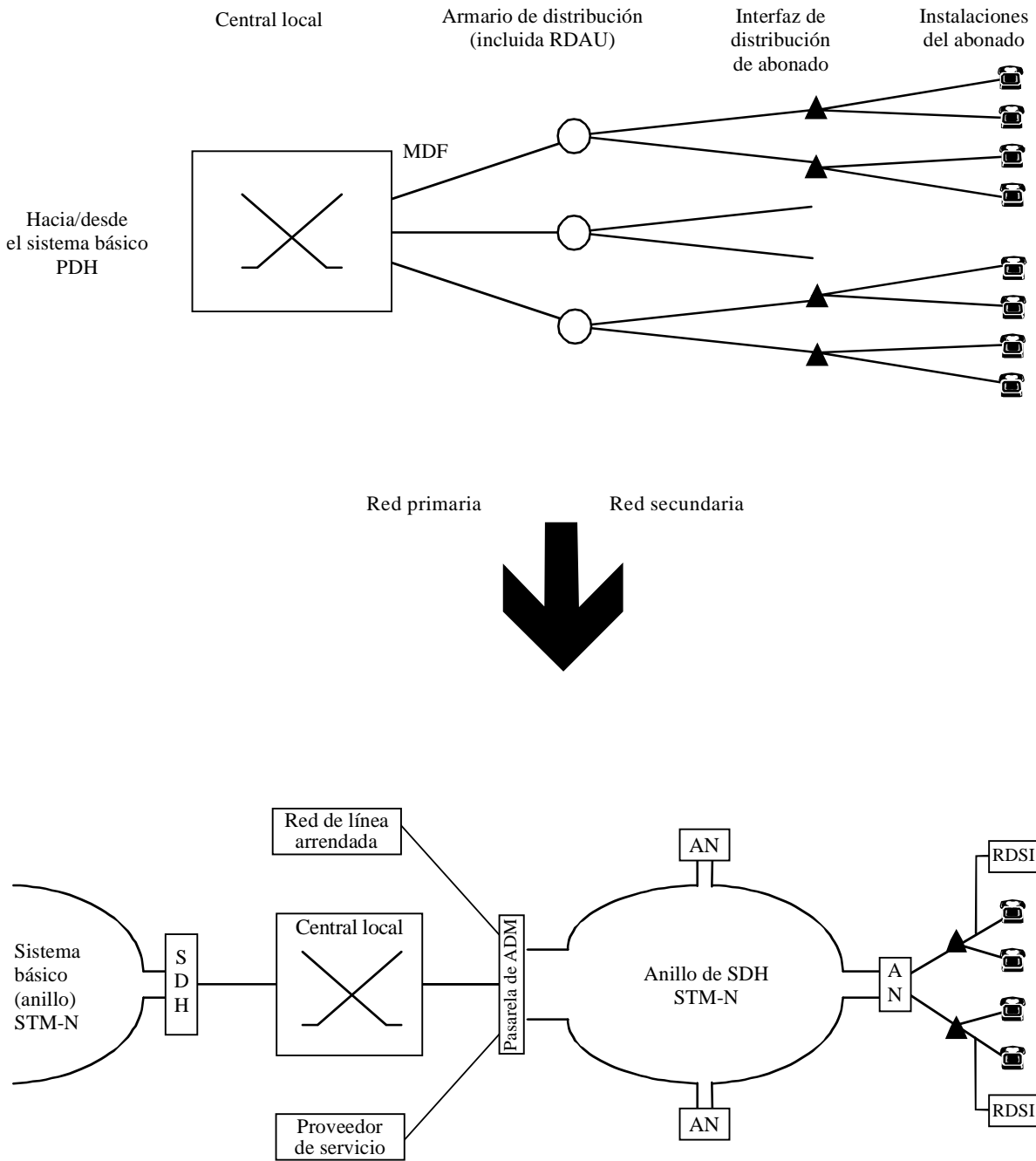
2) *Segundo tipo*

El equipo del nodo de acceso se puede conectar a un anillo STM-N y admite el protocolo V5.2 (véase la Nota). Con 51 Mbit/s, tanto en sentido ascendente como descendente, y disponible en todas las unidades de línea, este equipo de nodo de acceso puede tratar no solamente POTS, RDSI y líneas arrendadas sino también Internet u otros servicios de banda ancha. Además, una unidad interfaz permite multiplexar/demultiplexar varias corrientes a 2 Mbit/s que se pueden transmitir a un determinado grupo de usuarios.

NOTA – El protocolo V5.1 sirve para la gestión del POTS y la RDSI para un máximo de 30 abonados en un enlace de 2 Mbit/s, mientras que el protocolo V5.2 sirve para gestionar la concentración y hace posible que los intervalos de tiempo sean compartidos entre abonados llamada por llamada, de lo que se deriva una reducción de costes. La última versión de las Recomendaciones UIT-T G.964 y G.965 describen en detalle estos protocolos.

El concepto de nodo de acceso representa una manera muy flexible de dar servicio en zonas urbanas, suburbanas y rurales de una manera eficaz desde el punto de vista económico y muy fiable, gracias a que la estructura en anillo de la red de distribución primaria se autocorriga, utilizando fibra óptica o microondas, según el entorno.

FIGURA 3
Evolución de la red en una zona de central local (origen GAS 7)



AN = Nodo de acceso ADM = Multiplexor de adición-sustracción

Red de acceso:
anillo de SDH: fibra óptica o microondas
Red secundaria:
alámbrica y/o inalámbrica

4.4 Tecnologías de la red de acceso

La red de acceso ha sido hasta hace poco una de las partes más caras de la red mundial de telecomunicaciones. Los avances tecnológicos permiten ahora prestar servicios de telecomunicaciones de manera más eficiente en las zonas rurales y ofrecen procedimientos más eficaces desde el punto de vista económico de dar servicio a los abonados distantes. En los párrafos que siguen se hace un examen de los diferentes medios de transmisión basados en sistemas alámbricos, inalámbricos y por satélite (GEO, LEO, MEO).

4.4.1 Sistemas no radioeléctricos [20, 21, 22, 23, 24]

4.4.1.1 Sistemas basados en hilos de cobre

NOTA – Se señala que estos sistemas incluyen todos los basados en cables metálicos.

Hasta hace no mucho, se utilizaban en la red de acceso pares de cobre para proporcionar telefonía analógica básica en la anchura de banda de 300-3 400 Hz o servicios a velocidad básica de la RDSI a los abonados. En algunas aplicaciones, se utilizan ahora multiplexores multiservicio ubicados en las instalaciones del abonado para proporcionar, además del POTS, interfaces de datos (de 1 200 bit/s a $n \times 64$ kbit/s) por pares especiales.

1) *Sistema de ganancia de par MIC4*

Los transeptores a 144 kbit/s diseñados sobre todo para la RDSI han permitido la producción de sistemas digitales de ganancia de par, tales como la MIC4.

La MIC4 se utiliza para llevar cuatro canales telefónicos por un solo par trenzado, y representa por tanto una solución atractiva a los problemas de congestión. El sistema, que tiene dos terminaciones, una en la central y otra distante próxima a los abonados, se realiza fácilmente sin infraestructura adicional y emplea una interfaz U similar a la del acceso básico a la RDSI entre las dos terminaciones. La trama consta de dos canales a 64 kbit/s y un cable aéreo. Cada canal a 64 kbit/s lleva dos señales telefónicas codificadas con MIC diferencial adaptativa. El código de línea es un código cuaternario 2B1Q que permite la transmisión de la señal a distancias razonablemente largas: 4 km con un par de 0,4 mm u 11 km con un par de 0,8 mm.

2) *Sistemas de portadora de línea de abonado con velocidad primaria*

Los sistemas de portadora de línea de abonado con velocidad primaria extienden el servicio telefónico ordinario y los servicios especiales de un centro de conmutación a las comunidades residenciales y empresariales. En forma de enlaces digitales normalizados a velocidad primaria en líneas de abonados pueden proporcionar 24 canales (1 544 kbit/s en jerarquía digital) o 30 (2 048 kbit/s en jerarquía digital) a 64 kbit/s, cada uno de ellos. Estos canales pueden transportar diferentes servicios, tales como el servicio telefónico ordinario, servicio telefónico de previo pago, datos, RDSI y otros servicios especiales. Combinados con una función de concentrador algunos sistemas pueden soportar hasta 544 líneas de varias combinaciones de servicios.

3) *Sistemas de línea de abonado digital xDSL*

Teniendo en cuenta la existencia generalizada de plantas telefónicas a base de hilos de cobre y la necesidad que tienen los nuevos servicios de anchuras de banda superiores, se han diseñado y se están diseñando nuevos sistemas de línea de abonado digital (xDSL) para transmitir datos a velocidades binarias relativamente altas por pares de cobre, que ya están en explotación comercial y algunos de ellos se encuentran en la fase de pruebas sobre el terreno.

La UIT-T preparó en 1998 las correspondientes nuevas normas, designadas como Recomendaciones de la serie G.990, en las cuales se especifican varias técnicas para proporcionar acceso de red en Mbit/s en las líneas telefónicas de abonado existentes simultáneamente con comunicación vocal regular. Las principales aplicaciones están constituidas por acceso a Internet a alta velocidad, vídeo y otras comunicaciones de datos en línea, por ejemplo, comercio electrónico, comunicación hogar-oficina, adecuación a distancia y telemedicina.

Un resumen de las diferentes tecnologías xDSL se muestra en el Cuadro 10, en el que las velocidades de datos y los alcances típicos dan una indicación amplia de las capacidades de cada sistema.

CUADRO 10

Tecnologías xDSL

| DSL | Alcance típico (cable de 0,4 mm de diámetro) | Velocidades de datos |
|---------|---|--|
| HDSL | 3,5 km | 2 Mbit/s |
| S-HDSL | 2,15 km | 2 Mbit/s |
| SDSL | entre 5,5 km y 1,5 km | entre 144 kbit/s y 2 Mbit/s |
| ADSL | 3,5 km | hasta 6 Mbit/s en sentido descendente y 640 kbit/s en sentido ascendente |
| SL-ADSL | 4,2 km (objetivo) | hasta 1,5 Mbit/s en el sentido descendente y 512 kbit/s en sentido ascendente |
| VDSL | 0,3 km | hasta 52 Mbit/s en sentido descendente y 6,4 Mbit/s en sentido ascendente para la VDSL asimétrica. Hasta 34 Mbit/s en cada sentido para la VDSL simétrica |

4) Línea de abonado digital de alta velocidad (HDSL)

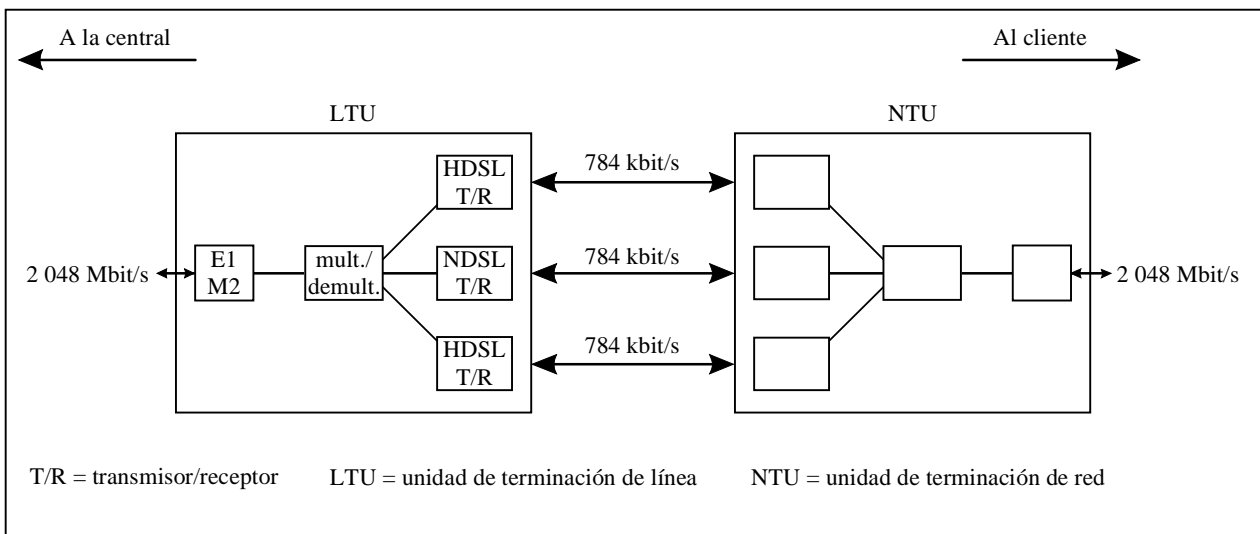
La tecnología de línea de abonado digital de alta velocidad (HDSL) permite la transmisión de corrientes bidireccionales de hasta 2 Mbit/s por uno, dos o tres pares trenzados no acondicionados y sin pantalla. En tanto que mecanismo de transporte binario independiente de la aplicación de Capa 1, permite añadir fácilmente interfaces específicas de la aplicación. El sistema HDSL tiene un alcance típico de 3,5 km. Ha sido normalizado por el UIT-T (Recomendación G.991.1).

El sistema HDSL consta de dos unidades, una en el lado abonado (NTU) y otra en el lado central (LTU). Ambas unidades están conectadas por uno, dos o tres pares de cobre y transmiten 2 320 kbit/s, 1 168 kbit/s o 784 kbit/s por cada par (Figura 4).

La aplicación del sistema HDSL se divide en dos categorías principales:

- mejora de la planta telefónica a base de hilos de cobre existente para llevar más de un canal telefónico;
- prestación de nuevos servicios, tales como el de vídeo de baja velocidad o la transmisión de datos a alta velocidad.

FIGURA 4
Configuración de HDSL



d04

NOTA – Cuando se utilizan solamente dos pares, la velocidad binaria es de 1 168 kbit/s.

5) *HDSL de un solo par (S-HDSL) y línea de abonado digital simétrica (SDSL)*

Se están desarrollando sistemas (S-HDSL) de gama completa que abarcarán distancias de hasta 2,15 km. Además, se ha definido una SDSL que se ajustará a la calidad de transmisión de línea de acceso del abonado. De esta manera, la operadora podrá entregar una anchura de banda superior utilizando la planta telefónica a base de hilos de cobre existente. El UIT-T se encuentra preparando la correspondiente norma (1998).

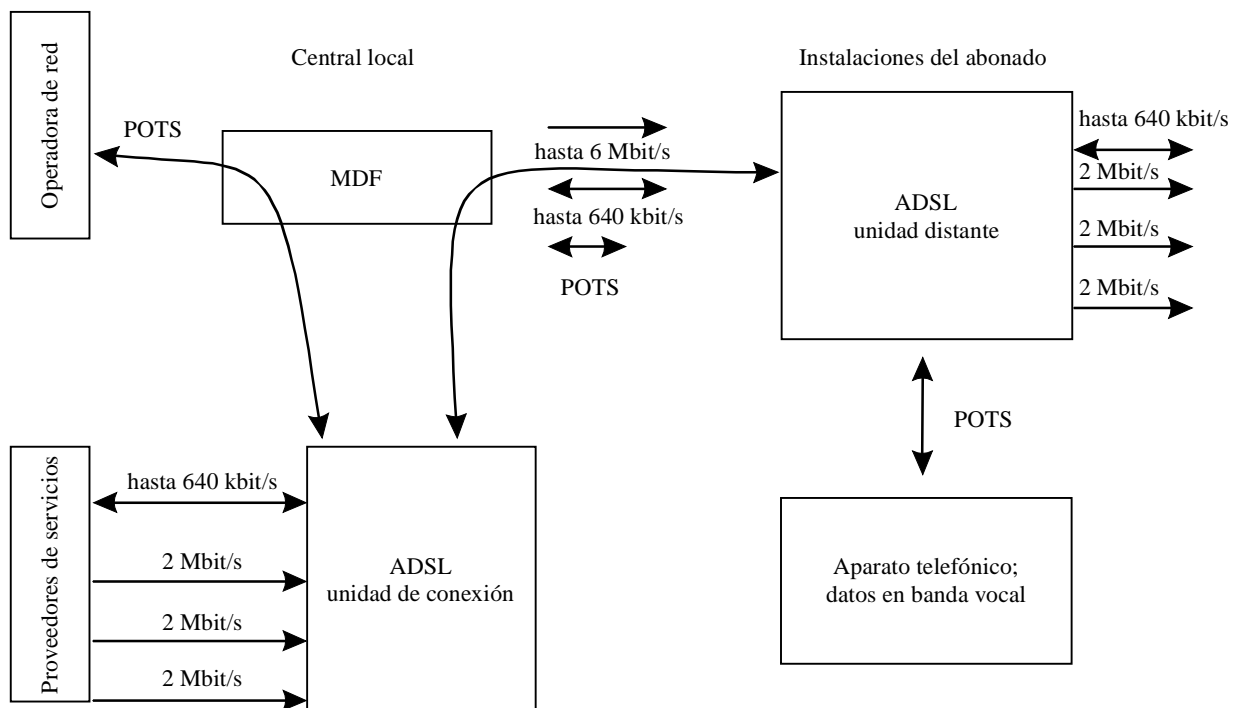
6) *Línea de abonado digital asimétrica (ADSL)*

La ADSL se ha desarrollado en respuesta a la creciente demanda de servicios nuevos que requieren una anchura de banda mayor en un sentido de la transmisión que en el otro. Entre dichos servicios figuran el vídeo por demanda, la telemedicina (por ejemplo, la transmisión de imágenes de rayos X en un sentido), educación a distancia, Internet, etc.

Además, un canal POTS siempre puede estar asociado con las señales de la ADSL sin afectar a la calidad de funcionamiento del sistema (Figura 5).

El UIT-T ha preparado un proyecto de nueva Recomendación G.992.1, en el que se especifican los transceptores ADSL con velocidades binarias de acceso de hasta 640 kbit/s en el sentido ascendente (abonado a red) y hasta 6 Mbit/s en el sentido descendente (red a abonado), dependiendo de la longitud de la línea de abonado. Se prevé aprobar el proyecto de norma en junio de 1999. En varios países se están probando (1998) varios sistemas ADSL y en otros países se ha iniciado ya el suministro correspondiente del servicio comercial.

FIGURA 5
Arquitectura de ADSL



d05

7) *Líneas de abonado digital asimétrica sin divisores (SL-ADSL)*

Se trata de un sistema simétrico sin divisores más simple que puede ser instalado por el usuario. En función de la longitud de la línea de abonado, el sistema proporciona acceso en sentido ascendente de hasta 512 kbit/s y permite al abonado telecargar datos y vídeo a velocidades de hasta 1,5 Mbit/s. Gracias a su diseño, el sistema elimina la necesidad de recurrir a un elemento del equipo llamado «divisor» en los locales del cliente. La correspondiente norma del UIT-T es la Recomendación G.992.2, que está previsto aprobar en junio de 1999. Los nuevos transceptores conformes con la Recomendación G.992.2 se conectarán simplemente a la parte trasera de un PC como se hace actualmente con los módems y esto permitirá dar a los abonados acceso a Internet por líneas de abonados existentes a velocidades binarias hasta 25 veces mayores que las que permite un módem convencional a 56 kbit/s.

8) *Línea de abonado digital de velocidad muy alta (VDSL)*

La idea con los sistemas VDSL es proporcionar velocidades binarias muy elevadas (decenas de Mbit/s) a lo largo de distancias muy cortas (cientos de metros). Las velocidades binarias máximas previstas en los sistemas VDSL asimétricos son de hasta 52 Mbit/s en el sentido descendente y hasta 6,4 Mbit/s en el sentido ascendente, dependiendo de la longitud de la línea de abonado. En el caso de los sistemas VDSL simétricos, las velocidades binarias máximas previstas son de 34 Mbit/s en cada sentido.

4.4.1.2 **Sistemas basados en cable coaxial**

El cable coaxial es más caro que los pares de cobre pero es más adecuado para la transmisión de señales de alta frecuencia o datos de alta velocidad. En la actualidad, se utiliza el cable coaxial para conectar abonados a servicios de datos de 2 Mbit/s o velocidades superiores, o para transmitir señales de TV analógica a los hogares. La utilización de sistemas de cable coaxial en zonas rurales resulta un tanto incierta porque ya se están aplicando tecnologías más recientes (por ejemplo, radiodifusión de TV por satélite).

4.4.1.3 **Sistemas basados en fibra óptica**

Las aplicaciones de fibra en el acceso (FITL) comprenden las siguientes configuraciones de acceso que podrían ser utilizadas en zonas rurales:

- circuitos de línea de banda estrecha y/o banda ancha en la interfaz de distribución del abonado (FTTC – fibra hasta el punto de acometida);
- circuitos de línea de banda estrecha y/o banda ancha en la interfaz de distribución de alimentación (fTTCa – fibra hasta la caja de conexión).

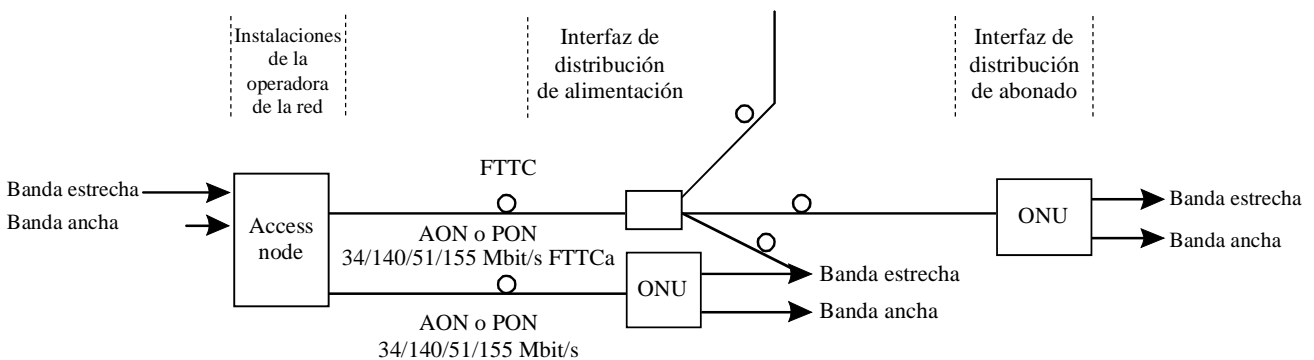
La aplicación FTTH (fibra hasta el hogar) no parece que vaya a ser una configuración apropiada para las zonas rurales en los próximos años.

En el escenario FTTC, tanto las redes primarias como las secundarias se basan en fibra, lo que significa que la distancia total entre la central local y las instalaciones del abonado puede ser de hasta 20 km utilizando la red óptica pasiva (PON), e incluso más si se introducen componentes activos en la red de distribución secundaria (AON, red óptica activa). Para los últimos cientos de metros entre la interfaz de distribución de abonado y cada abonado se utilizan pares de cobre o cables coaxiales (híbridos de fibra óptica y cable coaxial). Es importante señalar que en las zonas rurales, en donde las condiciones del terreno son a menudo muy difíciles, la FTTC representa, en la actualidad, un procedimiento costoso de hacer llegar el POTS y/o la RDSI.

La fTTCa es una manera más adecuada de prestar servicios de banda estrecha y banda ancha en zonas rurales, aunque las soluciones radioeléctricas resulten ser probablemente, en la mayoría de los casos, las más eficaces desde el punto de vista económico.

Las Recomendaciones G.981, G.982 y G.983 del UIT-T abarcan detalladamente el tema constituido por los sistemas de línea óptica para las redes locales y de acceso.

FIGURA 6
Aplicaciones de fibra hasta el punto de acometida y hasta la caja de conexión



AON = red óptica activa
 O = cable de fibra óptica
 ONU = unidad de red óptica
 PON = red óptica pasiva

4.4.2 Sistemas radioeléctricos

4.4.2.1 Sistemas terrenales [3, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30]

Un acceso local está formado tradicionalmente por pares de cobre, ya sean enterrados o aéreos.

En el pasado, se utilizaban casi exclusivamente comunicaciones inalámbricas para conectar a abonados de zonas distantes o inaccesibles.

Sólo recientemente, con el desarrollo tecnológico, las tecnologías inalámbricas han pasado a ser consideradas como una alternativa viable al tradicional acceso local alámbrico.

La posibilidad de utilizar enlaces inalámbricos para establecer el último segmento del acceso de abonado se contempla ahora como una opción atractiva por cinco razones al menos:

- 1) Las tecnologías radioeléctricas hacen posible la implementación de redes de forma más barata y en menos tiempo que utilizando sistemas de línea alámbrica. Estas tecnologías pueden ser una solución permanente en zonas escasamente pobladas o una primera medida en zonas cuya población no se haya estabilizado aún, ya que dan tiempo para cerciorarse de la utilidad de un sistema de acceso alámbrico, y en caso afirmativo, instalarlo.
- 2) Las tecnologías de acceso inalámbrico permiten que la red pueda evolucionar sin sobresalto y que lo haga también así la inversión, siguiendo la demanda del mercado.
- 3) El coste de instalar y mantener equipo de acceso radioeléctrico es generalmente inferior al de la instalación de redes alámbricas, cuando se trata de zonas con escasa densidad demográfica.
- 4) El acceso inalámbrico fijo representa un importante mercado para las operadoras y fabricantes de redes. Se han hecho esfuerzos de normalización que permiten realizar economías de escala en la fabricación de equipo. La desreglamentación ha abierto camino a la competencia, lo que supone una presión a la baja de los precios.
- 5) Las tecnologías digitales permiten el suministro de cualquier tipo de servicio de telecomunicación, incluidos los multimedia dependiendo de la velocidad de datos requerida y la anchura de banda de frecuencias disponible.

No obstante, habrá que comparar los sistemas con cables de cobre y las tecnologías inalámbricas utilizadas en el espectro de frecuencias (recurso natural limitado) en relación con sus relativos costes.

Hay que señalar que existen dos métodos para suministrar un acceso inalámbrico fijo, a saber: desplegar un sistema de acceso inalámbrico que sea una prolongación de una red fija conectada a la central local más próxima, o establecer una red celular completa por sí misma, que permita movilidad a expensas de la transparencia del servicio.

Descripción de las principales tecnologías

Hay una gran variedad de sistemas de acceso inalámbrico fijo disponibles en el mercado. Dichos sistemas se pueden agrupar en tres categorías principales: sistemas de acceso radioeléctrico fijo, sistemas digitales inalámbricos y sistemas celulares.

1) *Sistemas de acceso radioeléctrico fijo*

a) *Sistemas de relevadores radioeléctricos por microondas punto a punto*

Los sistemas de relevadores radioeléctricos por microondas son los adecuados para la transmisión de señales digitales a largas distancias en condiciones geográficas y topográficas difíciles. Se utilizan sistemas de gran capacidad (> 34 Mbit/s) para la interconexión de centrales conmutadoras o para la transmisión de señales de TV. Los sistemas de capacidad media y baja (≤ 34 Mbit/s) se emplean para conectar concentradores digitales, unidades de abonado distante, etc. con la central principal. También se pueden utilizar para conectar grupos de abonados distantes con la central (tráfico no concentrado).

b) *Sistemas radiocanales simples*

Estos sistemas, que funcionan en bandas de frecuencias de ondas métricas o decimétricas, son particularmente adecuados para conectar uno o más abonados con un punto de concentración o caja de conexión de distribución en distancias de hasta 60 km. Es posible utilizar repetidores; sin embargo, en el caso de los sistemas analógicos, su número es limitado. Uno de los inconvenientes de estos sistemas es que su eficacia espectral es más bien baja, lo que limita su utilización a gran escala en la misma zona.

c) *Sistemas radioeléctricos por microondas punto a multipunto (PMP)*

Los sistemas PMP de acceso por división de frecuencia y división de tiempo (TDMA) se han utilizado durante muchos años en un gran número de países para proporcionar la conexión de la central al punto terminal de abonado.

Los sistemas de TDMA PMP consisten en una estación central y varios cientos de estaciones distantes, ya sean estaciones repetidoras – con o sin infraestructura de abonado – o estaciones terminales. Estos sistemas tienen las características principales siguientes:

- capacidad: 30, 60 ó 120 circuitos a 64 kbit/s cada uno de ellos. Se están desarrollando sistemas con una capacidad de hasta 240 circuitos a 32 kbit/s;
- bandas de frecuencias utilizadas: 400 MHz (véase la Nota), 1,5 GHz, 2 GHz, 2,4 GHz, 2,6 GHz, 10 GHz;

NOTA – En general, las bandas de frecuencia utilizadas para los servicios radioeléctricos fijos son las atribuidas para cada región por el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT (véase el artículo S5).

- varios miles de abonados;
- bajo consumo de energía para estaciones distantes (terminales y/o repetidores), lo que permite utilizar energía solar.

Gracias a la modularidad del equipo, las estaciones distantes se pueden equipar con lo necesario para la conexión de un solo abonado, de unos pocos abonados o de varias decenas de abonados. De esta manera, el sistema puede ampliarse fácilmente a un coste mínimo, de acuerdo con la demanda.

Además de la transmisión telefónica (normalmente con un grado de servicio P.01), los sistemas de TDMA PMP pueden llevar, junto con la voz y los datos, servicios tales como el de facsímil (Grupo 3), los de la RDSI y los de Internet. La interfaz con la central es analógica o digital (hasta 2 Mbit/s).

La interfaz del abonado es por lo general analógica de dos hilos, pero también se dispone de conexión inalámbrica digital con las instalaciones del abonado.

Los sistemas digitales transparentes de extremo a extremo permiten a las operadoras realizar cualquier arquitectura de red en el acceso local.

2) *Sistemas digitales inalámbricos*

Estos sistemas se diseñaron sobre todo para aplicaciones de interiores inalámbricas, tanto residenciales como empresariales. Ofrecen movilidad limitada y son muy adecuados para resolver el problema de la «última milla». Se han establecido las normas siguientes:

- en Europa: segunda generación de teléfonos inalámbricos – CT2;
telecomunicaciones inalámbricas digitales mejoradas – DECT;
- en Japón: sistema de teléfono de mano personal – PHS;
- en Estados Unidos: sistema de comunicaciones de acceso personal – PACS.

a) *Sistemas de acceso inalámbrico basados en CT2*

Los sistemas de acceso inalámbrico basados en CT2 proporcionan una conexión entre las instalaciones del cliente y la red telefónica pública conmutada utilizando la norma CT2, adoptada por 26 países de Europa, Asia y América del Norte y del Sur. El enlace radioeléctrico es transparente al abonado, que utiliza teléfonos ordinarios, módems o máquinas facsímil conectados a enchufes telefónicos normalizados. Los sistemas de acceso inalámbrico se basan en la norma CT2/CAI y funcionan en la banda de frecuencias de 800 MHz (véase la Nota). Un sistema de acceso inalámbrico permite a las operadoras proporcionar una alternativa de línea de derivación radio a las líneas de cobre tradicionales. Estos sistemas ofrecen transmisión de voz de alta calidad con posibilidad de originar y recibir voz, datos y llamadas facsímil de una calidad comparable a la que proporcionan los sistemas de línea alámbrica.

Los sistemas de acceso inalámbrico resultan muy atractivos para aplicaciones de zonas urbanas y suburbanas de alta densidad, en las que ya existe una red de alimentación. También resultan convenientes para aldeas rurales dispersas, en donde la distancia entre asentamientos impide la utilización de sistemas con gamas de frecuencias más elevadas. Se utiliza mucho la banda de frecuencias 864-868 MHz (véase la Nota), pero se podrían proporcionar otras frecuencias para eliminar los retardos de liberación de espectro.

NOTA – En general, las bandas de frecuencia utilizadas para los servicios radioeléctricos fijos son las atribuidas para cada región por el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT (véase el artículo S5).

La planificación de frecuencias se simplifica utilizando la atribución dinámica de canales, lo que reduce el despliegue inicial del sistema y las ampliaciones subsiguientes. Con la atribución dinámica de canales se garantiza que los canales utilizados son siempre los mejores canales disponibles, transfiriéndose las llamadas a un canal libre si se detecta interferencia.

b) *Sistemas de acceso inalámbrico basados en DECT*

Los sistemas basados en telecomunicaciones inalámbricas digitales mejoradas utilizan una combinación de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) y dúplex por división de tiempo (TDD). De esta manera se elimina la necesidad de proceder al costoso filtrado de frecuencias radioeléctricas (RF), y se pueden utilizar microteléfonos compactos, ligeros y baratos. Las DECT operan en la banda de frecuencias 1 880-1 900 MHz (véase la Nota). El espectro se divide en 10 portadoras, cada una de las cuales tiene 12 intervalos de tiempo de TDMA, lo que proporciona un total de 120 canales vocales. Las señales vocales se codifican a 32 kbit/s, dos veces la velocidad utilizada para el GSM, y se proporciona una calidad efectiva de comunicación interurbana. La potencia de cresta máxima de las estaciones de base y los microteléfonos es de 250 mW, si bien el control dinámico de la potencia reduce normalmente ese valor a unos 60 mW. No obstante, puesto que se trata de potencia de cresta (es decir, presente sólo mientras dura el intervalo de tiempo transmitido), la potencia transmitida media es de 10 mW o menos, lo que da lugar a una sustancial prolongación de la vida útil de la batería en comparación con lo que ocurre con los microteléfonos celulares o los teléfonos inalámbricos analógicos convencionales.

NOTA – Los parámetros radioeléctricos se han definido en la gama de frecuencias 1 880-1 937 MHz para facilitar la introducción de las DECT en países no europeos en los que no se dispone de las frecuencias de las DECT básicas.

Las DECT permiten la compatibilidad RDSI entre voz y datos, encriptación total y traspaso sin discontinuidades. Se pueden combinar intervalos de tiempo para proporcionar transmisión de datos de alta capacidad (hasta 384 kbit/s). La atribución dinámica de canales elimina la necesidad de una planificación complicada de las frecuencias radioeléctricas y con ella no hacen falta canales de control especializados. El sistema explora de manera continua y selecciona el mejor canal RF disponible.

Las DECT tienen una capacidad de alrededor de 10 000 Erlangs/km², o sea unas cien veces la de las redes celulares existentes.

c) *Sistemas de acceso inalámbrico basados en PHS*

Los sistemas de acceso inalámbrico basados en PHS están concebidos para RTPC/RDSI y utilizan las tecnologías básicas del PHS que se describen en la Recomendación UIT-R M.1033. Con un método de acceso TDMA/TDD y una velocidad binaria de usuario de 32 kbit/s, estos sistemas admiten datos a alta velocidad y son los adecuados para zonas de gran densidad de tráfico, tales como las zonas urbanas y suburbanas, con la adopción de una estructura de microcélulas.

Estos sistemas permiten que los terminales telefónicos se desplacen en una zona limitada y por ello se les denomina también sistemas telefónicos de movilidad limitada.

d) *Sistemas de acceso inalámbrico basados en PACS*

La interfaz aérea del sistema de comunicaciones de acceso personal (PACS) ha sido aprobada como norma por el American National Standards Institute (ANSI). La norma de interfaz aérea PACS tiene un modo dúplex por división de frecuencia (FDD) y un modo dúplex por división de tiempo (TDD). El PACS puede hacer interfaz con redes RDSI, con redes GSM en la interfaz A del GSM, o con redes POTS.

El PACS admite el acceso inalámbrico en múltiples situaciones de funcionamiento. Se optimiza en entornos de baja movilidad, incluidos los peatonales de exteriores (acceso inalámbrico público), residenciales de interiores (inalámbricos domésticos), empresariales de interiores (PBX inalámbricas) y comerciales de interiores (acceso inalámbrico en aeropuertos, estaciones ferroviarias, centros comerciales, etc.). La interfaz aérea PACS admite la movilidad vehicular, si bien no es esa la situación de funcionamiento óptimo del sistema.

El PACS funciona en las siguientes bandas de frecuencias de transmisión:

- estaciones de base 1 930-1 990 MHz;
- estaciones de abonado 1 850-1 910 MHz.

Conviene señalar que tanto los sistemas DECT como los PHS se pueden interconectar con algunos sistemas de TDMA punto a multipunto, con lo que la conexión entre la última estación distante del sistema PMP y las instalaciones del abonado se basan en tecnología DECT o PHS. Este sistema digital transparente de extremo a extremo permite a las operadoras aprovechar plenamente la tecnología radioeléctrica, con independencia de las características de la arquitectura de la red. Además, se puede proporcionar movilidad limitada a los abonados.

3) *Sistemas celulares*a) *Sistemas celulares analógicos*

Los sistemas celulares analógicos, tales como el sistema de telefonía móvil avanzada (AMPS), el sistema nórdico de telefonía móvil (NMT) y el sistema de comunicaciones con acceso total (TACS) han sido muy utilizados y, cuando se modifican de manera específica para proporcionar servicio fijo, representan una alternativa sencilla y barata a los hilos de cobre.

b) *Sistemas celulares digitales*

Aunque concebidos en principio para proporcionar movilidad, los sistemas celulares digitales se pueden utilizar también para aplicaciones de acceso inalámbrico fijo. A continuación se describen las diferentes normas:

- *Sistemas de acceso inalámbrico basados en D-AMPS/TDMA*

Se trata de sistemas de acceso inalámbrico digital basados en la tecnología TDMA que se ajustan plenamente a las normas IS-54/IS-136 de los Estados Unidos. Ofrecen calidad de voz digital y seguridad en la conversación y se pueden configurar para funcionamiento en la banda de frecuencias de 400 MHz o de 800 MHz. Además de los servicios de telefonía se soportan los de fax y datos a baja velocidad. Este conjunto adicional de capacidades está disponible a título facultativo cada vez que surge la necesidad del mercado.

- *Sistemas de acceso inalámbrico basados en CDMA IS-95*

Los sistemas de acceso inalámbrico basados en CDMA IS-95 utilizan la norma IS-95 de los Estados Unidos y proporcionan un sistema de acceso inalámbrico fijo digital que incorpora tecnologías de conmutación e interfuncionamiento de redes ya experimentadas. Ese sistema consta de equipos de conmutación y radioeléctricos del lugar. Un sistema básico incluye controlador, controlador de estación de base (BSC) y estaciones transceptoras de base (BTS). Cada BSC está conectado a un conmutador de controlador. El controlador hace interfaz con la red del sistema de señalización N.º 7 y la red telefónica pública conmutada (RTPC).

El BSC hace interfaz con el controlador en un extremo y con múltiples emplazamientos de célula que contienen las BTS en el otro extremo. Las BTS admiten el establecimiento de conexiones CDMA por el aire de la norma IS-95 con estaciones de abonado. Dependiendo de la configuración celular deseada, en cada emplazamiento de célula se pueden instalar múltiples BTS.

El número de abonados que soporta cada emplazamiento de célula es variable. A diferencia del AMPS y del N-AMPS, que utilizan el acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) para dividir la anchura de banda disponible en canales de 30 kHz, atribuyéndose cada porción del espectro radioeléctrico a una unidad de abonado por demanda, o del D-AMPS, que aplica división de frecuencia y subdivide a continuación cada frecuencia en tres canales multiplexados por división de tiempo, la tecnología CDMA no asigna a ningún abonado en concreto una porción específica de frecuencia radioeléctrica o tiempo. Todas las unidades de abonado transmiten y reciben al mismo tiempo, empleando diferentes códigos, en las mismas frecuencias, utilizando la totalidad de la anchura de banda de 1,25 MHz asignada.

Otras características de los sistemas de acceso inalámbrico basados en CDMA IS-95 son las siguientes:

- el enlace radioeléctrico soporta hasta 45 llamadas activas por sector por cada banda de 1,25 MHz, con flexibilidad para el crecimiento;
- la capacidad de sector de un sistema basado en CDMA es flexible. Durante las horas de utilización anormalmente elevada, el sistema puede atribuir de manera automática recursos dinámicos para acomodar la carga aumentada con una pérdida mínima de calidad de las señales vocales;
- cada célula permite un alcance máximo de varias decenas de kilómetros en buenas condiciones de propagación;
- con el equipo de la estación de base en el centro de conmutación, las antenas y el equipo radioeléctrico asociado se pueden situar, facultativamente, en una ubicación distante para crear un sistema descentralizado. Para transportar la señal se pueden utilizar microondas punto a punto;
- puesto que las estaciones de base utilizan la misma banda de frecuencias, no se requiere planificación o coordinación de frecuencias entre las células. Esta importante característica facilita el mantenimiento y permite el crecimiento;
- el sistema incorpora un procedimiento de reducción del ruido de fondo no deseado mediante el esquema de codificación vocal de velocidad variable patentado. Ese procedimiento, al que se hace referencia como tecnología de predicción lineal con excitación por código (CELP), ofrece una calidad de voz de línea alámbrica que ha sido confirmada en las pruebas efectuadas en los laboratorios de evaluación de la calidad de las señales vocales.

Las técnicas de espectro ensanchado han suscitado mucho interés en el campo de las comunicaciones móviles. En el entorno móvil, consideraciones de tipo práctico hacen difícil materializar todas las posibilidades del CDMA asíncrono. Tratándose del acceso inalámbrico fijo, con equipo de abonado fijo, y las ventajas que aportan las antenas direccionales, es probable que se puedan aprovechar esas posibilidades con un grado de complejidad mucho menor que en los sistemas móviles.

Los sistemas de CDMA asíncrono, tales como los basados en la norma IS-95, están limitados por la interferencia, a diferencia de las capacidades FDMA y TDMA cuya limitación principal es la anchura de banda. Así pues, cualquier reducción de la interferencia se traduce de manera directa y lineal en un aumento de la capacidad.

Al menos un fabricante ha desarrollado un sistema de CDMA asíncrono punto a multipunto, aplicando el control de temporización de bucle cerrado en ambos sentidos para asegurar la recepción síncrona de todos los canales de tráfico. Se puede considerar que la capacidad de ese sistema está limitada únicamente por el código. El sistema genera un incremento notable de la eficacia espectral básica en sistemas CDMA IS-95. Se atiene a las normas pertinentes del ETSI (EN 301055 y EN 301124).

- *Sistemas de acceso inalámbrico basados en GSM*

En la actualidad, las redes GSM se explotan a nivel mundial y se basan en una norma ampliamente aceptada que permite el recurso a múltiples fuentes y ha demostrado su fiabilidad, ya que en todo el mundo tiene varios centenares de redes, hay más de 100 millones abonados GSM.

Las redes GSM funcionan en las gamas de frecuencias 900 MHz, 1 800 MHz o 1 900 MHz, dependiendo de su disponibilidad.

Algunos sistemas específicos ofrecen «muchísimas prestaciones», con servicios tales como Centrex y Red Privada Virtual (VPN), que han permitido la entrada de nuevas operadoras en estos mercados.

Se puede generar un ingreso adicional de varias maneras, por ejemplo ofreciendo:

- capacidades adicionales, tales como la de cribado de perfiles de abonado, en base a un pago por utilización o a un abono;
- servicios tales como el de notificación de correo vocal, que impulsa el tráfico por la red;
- servicios tales como la interconexión y tarificación de redes empresariales, que da acceso a segmentos lucrativos del mercado;
- capacidades de valor añadido, tales como el tráfico basado en mensajes breves o la información meteorológica.

- *Sistemas de acceso inalámbrico basados en la tecnología compuesta CDMA/TDMA*

Los sistemas de acceso inalámbrico utilizan una tecnología compuesta de acceso múltiple por división de código/tiempo (CDMA/TDMA) que cumple plenamente las normas J-STD-017/IS-661. Dichos sistemas tienen una arquitectura modular que permite utilizarlos como sistemas autónomos con conmutación o como sistemas auxiliares de los conmutadores existentes en la oficina central. Un sistema básico constaría de un controlador de estación de base (BSC), estaciones transceptoras de base (BTS) y unidades de abonado situadas en las instalaciones del abonado. El BSC se conecta a un conmutador que hace interfaz con la red telefónica pública conmutada (RTPC) o a otros conmutadores cuyo propietario es el proveedor del servicio.

El BSC hace interfaz con el conmutador en un extremo, y con múltiples emplazamientos que contienen las BTS en el otro extremo. Las BTS admiten el establecimiento de conexiones CDMA/TDMA por el aire de la norma IS-661 con estaciones de abonado. Dependiendo de la capacidad de células deseada (número de abonados), se pueden instalar múltiples BTS en cada emplazamiento de célula.

La utilización de la tecnología del espectro ensanchado tiene una ventaja adicional, que consiste en una gama mayor de tamaños de células. Los sistemas pueden dar servicio a células de diámetro inferior a 400 metros o de diámetro superior a 22 km para autopistas o zonas rurales.

La utilización de la tecnología TDMA dentro de una célula permite a la unidad de abonado iniciar y controlar la transferencia cuando la intensidad de la señal se acerca al límite del valor requerido a efectos de calidad de las señales vocales. Esto hace que el sistema sea muy sencillo y que no dependa del conmutador, ya que el conmutador no necesita supervisar la intensidad de la señal ni mantener un seguimiento de las células vecinas.

El número de abonados que admite un emplazamiento de célula es variable. Sin embargo, el empleo de la tecnología del espectro ampliado combinada con el TDMA facilita el diseño de la capacidad de sistema. No depende de la velocidad con que se desplaza la unidad, de la interferencia, de la relación conversación/silencio ni de otros factores que afectan a otros sistemas puramente CDMA.

Los sistemas de acceso inalámbrico CDMA/TDMA compuesto ofrecen lo mejor de las tecnologías CDMA y TDMA y están concebidos de manera específica para el entorno de acceso inalámbrico fijo, con todas las ventajas de la capacidad PCS:

- el enlace radioeléctrico puede soportar hasta 16 llamadas simultáneas por sector y por banda de 2 MHz;
- a diferencia de otros sistemas de acceso inalámbrico, la capacidad del sector no se ve reducida por la velocidad de las unidades móviles, la interferencia, etc.;
- cada BTS está diseñada de manera que soporte un alcance máximo de unos 10 km en buenas condiciones de propagación.

4.4.2.2 Sistemas estratosféricos [11]

El servicio de telecomunicaciones estratosféricas, al que se hace referencia como STS, se basa en una futura tecnología inalámbrica que se encuentra en desarrollo y utilizará plataformas estacionarias situadas en la atmósfera superior para prestar servicios inalámbricos fijos (alta densidad). Las plataformas consisten en un armazón de múltiples capas, ligero y sumamente resistente, que contiene células flotantes llenas de helio, un sistema de mantenimiento de la estación en posición que incorpora un CPS (sistema mundial de determinación de posición) y un sistema de propulsión avanzado, la cabida útil de las telecomunicaciones, paneles solares como fuente de energía durante el día y células de combustible como fuente de energía durante la noche.

Las plataformas, situadas por encima de determinados mercados, proporcionarán servicios inalámbricos de banda ancha tales como el de videotelefonía y el de telefonía digital, y también el acceso a Internet a alta velocidad. Puesto que cada plataforma sirve a un mercado particular, los STS pueden ser adaptados por cada país para satisfacer sus necesidades de comunicación. A una altura de 21-23 km, y con una «proyección» de 1 000 km, de diámetro, el STS puede atender por igual las necesidades en materia de comunicación de las zonas urbanas, suburbanas y rurales y proporcionar una manera económica de enlazar zonas rurales con zonas urbanas. Las plataformas se conectarán a las RTPC vía estaciones pasarela situadas en el suelo, y las propias plataformas se pueden interconectar para dar cobertura de comunicaciones regionales y globales. Las frecuencias de funcionamiento serán las de las bandas de 47,2-47,5 y 47,9-48,2 GHz.

Estas singulares plataformas, más ligeras que el aire, ofrecerán una variedad mayor de servicios inalámbricos de bajo coste. Algunos de los atributos del STS, que contribuyen a ese bajo coste, son la guía de la plataforma por control remoto para reducir los costes de instalación y posicionamiento, la gran altitud (por encima del 99% de la atmósfera) y, por consiguiente, el menor riesgo de desgaste y roturas provocadas por las condiciones climáticas, pocas necesidades en cuanto a potencia de transmisión y una visibilidad directa de las antenas de la plataforma mejor que la que se produce con los servicios basados en Tierra. Se prevé iniciar en 1999 el desarrollo del STS a título experimental.

4.4.2.3 Sistemas de satélite [31, 32]

La tecnología a base de satélites presenta algunas ventajas con respecto a otras tecnologías por lo que se refiere a la satisfacción de las necesidades de servicios de telecomunicaciones básicas en zonas rurales y zonas aisladas. Se puede proporcionar prácticamente cualquier tipo de servicio de telecomunicaciones casi en cualquier lugar del mundo, a un coste que no depende de la distancia geográfica o de la topografía, utilizando sistemas de satélite geoestacionario y no geoestacionario. No obstante, actualmente su coste es prohibitivo para un gran número de usuarios finales en las zonas rurales pobres.

4.4.2.3.1 Servicios fijos por satélite (FSS)

Los FSS pueden ser servicios de telefonía, de datos y de vídeo proporcionados desde satélites en órbita geoestacionaria. Estos servicios dependen de una infraestructura terrenal fija para la transmisión, recepción y distribución.

Los avances en la tecnología de satélites han hecho posible utilizar niveles mucho más altos de potencia de transmisión de satélite. Esto, junto con los diseños innovadores de las antenas de estaciones terrenas y la introducción de las técnicas de codificación digital y compresión, ha reducido de manera notable el tamaño y el costo de las antenas y la anchura de banda necesaria para la transmisión y recepción de los servicios desde la órbita geoestacionaria. La reducción de los costes ha hecho posible, a su vez, la ampliación de los servicios existentes y la introducción de nuevos servicios en los países en desarrollo, con los que se atiende a las necesidades de las zonas distantes y rurales. El empleo de técnicas avanzadas tales como la de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) y la de acceso múltiple con asignación por demanda (DAMA) (véase la Nota), incluyendo anchura de banda por demanda, hace posible utilizar de manera óptima un recurso de alto coste (el satélite) e implementar un sistema de telecomunicaciones rurales de manera eficaz.

NOTA – El DAMA es un servicio moderno basado en la utilización, para servicios de la RTPC de poco tráfico con requisitos de conectividad alta o baja que proporciona a los pequeños usuarios una solución fácil para digitalizar sus redes. La conectividad instantánea por marcación entre una gran comunidad de usuarios, con un canal que proporciona conectividad directa y conmutación dinámica a todos los usuarios de la red, hace que el DAMA sea una solución eficaz desde el punto de vista económico para las operadoras de poco tráfico. El DAMA se puede utilizar para voz y datos de banda vocal, datos y facsímil.

Los FSS se pueden utilizar para proporcionar enlaces troncales entre ciudades pequeñas que originan tráfico suficiente como para justificar una asignación de capacidad permanente. El enlace de acceso entre un usuario (o grupo de usuarios) aislado y la RTPC se puede proporcionar combinando la tecnología de los terminales de muy pequeña abertura (VSAT) con la del acceso inalámbrico fijo. Las empresas operadoras de radiotelecomunicaciones deberán tomar en consideración el problema que puede plantear el enlace con dos satélites.

Otra ventaja importante de los FSS para los planificadores de sistemas es la facilidad con la que pueden satisfacer cargas de tráfico no previstas. En lugares en los que resulta difícil estimar las cargas de tráfico, se puede iniciar la explotación con unos pocos circuitos y ajustar la capacidad añadiendo simplemente más equipos de canales en la ubicación en cuestión hasta conseguir un grado de servicio satisfactorio. Los FSS, junto con el DAMA, constituyen una manera eficaz de dar servicio a múltiples estaciones de bajo tráfico. Además, algunos de ellos proporcionan una herramienta centralizada para el control del tráfico y el análisis de su crecimiento.

4.4.2.3.2 Sistemas móviles mundiales de comunicaciones personales (GMPCS)

Una de las ventajas de los sistemas de comunicaciones personales móviles mundiales por satélite (GMPCS) consiste en que proporcionan movilidad y por tanto son muy adecuados para zonas rurales. Mientras que la telefonía celular proporciona actualmente movilidad dentro de una región limitada, los sistemas de satélite de órbita terrena baja (LEO), de órbita terrena media (MEO) y de órbita terrena geostacionaria (GEO) pueden extender la cobertura geográfica de esas redes y ampliar la base de usuarios para incluir a personas situadas en posición de desventaja desde el punto de vista de la geografía.

En la actualidad, las opciones técnicamente viables por lo general para proporcionar un servicio de comunicación a un terminal móvil de mano o transportable de alguna otra manera son:

- i) órbita terrena baja (LEO – hasta 1 500 km de altitud); hay tres tipos de LEO:
 - pequeñas LEO para comunicaciones de datos (almacenamiento y retransmisión);
 - grandes LEO, básicamente para telefonía móvil y datos hasta 9,6 kbit/s;
 - LEO de banda ancha para multimedios, incluidas señales vocales y de datos hasta 1,5 Gbit/s.

Para mayor información sobre esta tecnología, sírvase consultar [33]:

- ii) órbita terrena media (MEO – 8 000 a 20 000 km); y
- iii) órbita terrena geostacionaria (GEO – 36 000 km).

Para abarcar totalmente la Tierra, es preciso que haya de 40 a 288 satélites en LEO, 6 a 20 satélites en MEO y 3 a 6 satélites en GEO.

La opción de la configuración orbital ha de tener en cuenta no sólo la calidad del servicio que se entregará al cliente sino también la viabilidad y el riesgo técnico de los propios satélites, y los problemas que conlleva la fabricación y gestión de los satélites requeridos.

4.5 Tendencias de la tecnología

En la actualidad se están desarrollando nuevos productos y sistemas que contribuirán a la expansión de servicios de telecomunicaciones fiables y de alta calidad en las zonas rurales. Conviene mencionar los siguientes ejemplos al respecto.

4.5.1 Sistemas alámbricos

Un fabricante está considerando la posibilidad de utilizar el sistema de distribución de potencia de la zona local como portador de señales telefónicas. Si las pruebas al respecto dan resultado positivo, este procedimiento permitiría en algunos casos combinar el desarrollo de las redes de potencia con el de las redes de telefonía.

4.5.2 Sistemas inalámbricos

Otros fabricantes han diseñado un sistema inalámbrico que consta de tantos nodos de abonado como se requieran. Además de proporcionar acceso digital al abonado, cada nodo encamina las llamadas a otro nodo de la red y registra la información de facturación. Los registros detallados de las llamadas y la información de tipo administrativo se telecargan cada noche en los PC de un centro administrativo. Las llamadas hacia y desde la RTPC son encaminadas automáticamente hacia y desde un nodo pasarela. De esta manera se elimina la necesidad de estaciones de base radioeléctricas o la conmutación local, con lo que la red puede tener, al iniciar su andadura, un tamaño tan reducido como se desee, sin gastos importantes, y crecer a partir de ahí en respuesta a la demanda. El equipo funciona en las bandas de frecuencias de ondas métricas o decimétricas, no requiere una planificación de frecuencias detallada y es fácil de instalar. Las llamadas a nodos situados a grandes distancias (más de 50 km) se hacen a través de la red, actuando los nodos de abonados intermedios a modo de repetidores. No es preciso encaminar las llamadas entre dos abonados de la red a través de un nodo pasarela. El sistema, que puede funcionar de forma autónoma, podría describirse como un sistema inalámbrico multipunto a multipunto. Cada nodo de abonado puede tratar dos líneas de abonado, ya sean residenciales o de previo pago o de datos.

A principios del próximo siglo, se ampliará el sistema GSM para soportar un modo en paquetes nativo denominado servicios radioeléctricos generales en paquetes (GPRS, *general packet radio services*). Los GPRS ofrecerán al usuario apoyo de velocidad binaria hasta 100 kbit/s y harán necesario utilizar los nuevos elementos constituidos por los nodos de soporte SGSN de servicio (SGSN, *servicing GPRS support nodes*) y los nodos de soporte GPRS de cabecera de línea (GGSN, *gateway GPRS support nodes*).

Gracias a su modularidad, los productos GSM permiten una plena flexibilidad para hacer que la red evolucione.

El sistema GSM es capaz de proporcionar a los abonados servicios vocales, facsímil, datos y mensajes.

El UIT-R [34] está estudiando la evolución y la transición de los sistemas de telecomunicaciones móviles existentes hacia las recomendadas telecomunicaciones móviles internacionales (IMT-2000) recomendadas, que se conocían en el pasado como futuros sistemas públicos de telecomunicaciones móviles terrestres (FPLMTS). Los sistemas IMT-2000 son sistemas móviles radioeléctricos de tercera generación para los que se ha previsto que empiecen a dar servicio en la primera década del próximo milenio. Dichos sistemas darán acceso mediante uno o más enlaces radioeléctricos a una amplia gama de servicios de telecomunicaciones sustentados por una red de telecomunicación fija (por ejemplo, la RTPC, la RDSI) así como a otros servicios específicos de las unidades móviles. Se prevé una gran variedad de tipos de terminales móviles y fijos, enlazados con redes terrenales o por satélite. Las características fundamentales del sistema IMT-2000 son:

- velocidad binaria de datos de 184 kbit/s (para una movilidad completa) [35] y 2 Mbit/s (para una movilidad limitada) [36], con el fin de soportar cualquier tipo de servicio digital, hasta multimedios;
- un alto grado de uniformidad en el diseño a nivel mundial;
- compatibilidad de los servicios dentro del sistema IMT-2000 y con redes fijas;
- alta calidad del servicio;
- utilización de un pequeño terminal de bolsillo de bajo coste a nivel mundial.

El sistema IMT-2000 funcionará en la banda de frecuencias de 2 000 MHz. En la referencia [34] se dan más detalles sobre IMT-2000.

5 Comparación técnica y económica

El suministro oportuno y eficaz de infraestructura de telecomunicaciones en las zonas rurales y distantes de los países en desarrollo constituye un importante desafío para las administraciones y las empresas operadoras. La inversión necesaria es elevada y los sistemas instalados tendrán un ciclo de vida de diez años o más. Es, pues, esencial elegir adecuadamente las tecnologías y la configuración de los sistemas.

CUADRO 11

Principales ventajas e inconvenientes de las diferentes tecnologías

| | Ventajas | Inconvenientes |
|--|---|--|
| Cables de cobre Sistemas basados en cables de cobre | <ul style="list-style-type: none"> – Calidad – Tecnología sencilla – Pueden cubrir grandes distancias – No son dependientes de la frecuencia | <ul style="list-style-type: none"> – Inversión inicial elevada – Longitud y anchura de banda limitadas (sin equipo adicional) – Mantenimiento – Despliegue lento |
| Fibras ópticas | <ul style="list-style-type: none"> – Gran anchura de banda y, por consiguiente, capacidad elevada – Larga distancia – Calidad | <ul style="list-style-type: none"> – Mantenimiento – Inversión inicial elevada – Largo desarrollo |
| Radiocomunicaciones por microondas de gran capacidad | <ul style="list-style-type: none"> – Larga distancia – Calidad | <ul style="list-style-type: none"> – Costo de infraestructura elevado (torres, plantas de energía, edificios) – Requiere línea de visibilidad directa |
| Radiocomunicaciones por microondas de capacidad baja y media | <ul style="list-style-type: none"> – Calidad | <ul style="list-style-type: none"> – Se requiere visibilidad directa |
| Sistema radioeléctrico monocal | <ul style="list-style-type: none"> – Conexión de abonados aislados a la central local (o concentrador) a distancias superiores a 50 km – Aprovisionamiento en múltiples fabricantes | <ul style="list-style-type: none"> – Interferencias en las bandas de frecuencias VHF/UHF (sistemas analógicos) – Se requiere normalmente visibilidad directa |

CUADRO 11

Principales ventajas e inconvenientes de las diferentes tecnologías (continuación)

| | Ventajas | Inconvenientes |
|--------------------------------------|---|---|
| Sistemas FDD-FDMA PMP | <ul style="list-style-type: none"> - Conexión a un número limitado de abonados situados alrededor de 50 km como máximo de la central local (o concentrador) - Aprovisionamiento en múltiples fabricantes | <ul style="list-style-type: none"> - Interferencias en las bandas de frecuencias VHF/UHF (sistemas analógicos) - Capacidad limitada de transmisión de datos |
| Sistemas TDMA PMP | <ul style="list-style-type: none"> - Servicio totalmente transparente (transmisión de voz y datos, incluido RDSI, servicios de Internet) - Área de cobertura de varios cientos de kilómetros con repetidores - Varios cientos de estaciones - Varios miles de abonados - Interfaz de 2 hilos o 2 Mbit/s con centrales locales de cualquier tipo - Diseño modular que facilita la expansión a un costo mínimo - Bajo consumo de potencia - La interfaz del abonado puede ser de 2 hilos o inalámbrica | <ul style="list-style-type: none"> - Sistemas patentados - Se requiere visibilidad directa - Número limitado de fabricantes |
| Sistemas digitales inalámbricos CT2 | <ul style="list-style-type: none"> - Transmisión de voz y transmisión limitada de datos - Norma CT2/CAI - Facilidad de planificación - Posibilidad de establecer interfaces con sistemas TDMA PMP - Tecnología reconocida y barata | <ul style="list-style-type: none"> - Están siendo eliminados paulatinamente - Alcance limitado - Movilidad limitada |
| Sistemas digitales inalámbricos DECT | <ul style="list-style-type: none"> - Conexión a RTPC y RDSI - Norma paneuropea - Gran capacidad de carga de tráfico (en torno a 10 000 E/km²) - Aprovisionamiento en múltiples fabricantes - No es necesario planificar las frecuencias - Utilización de cualquier tipo de aparato telefónico, incluidos los microteléfonos móviles DECT - Encriptación y autenticación - Perfil de acceso inalámbrico fijo - Interfaz fácil con sistemas TDMA y PMP - Interfuncionamiento con GSM - Aprovisionamiento en múltiples fabricantes | <ul style="list-style-type: none"> - Cobertura limitada - Susceptibilidad al retardo multitrayecto distribuido en trayectos largos |
| Sistemas digitales inalámbricos PHS | <ul style="list-style-type: none"> - Conexión a la RTPC - Comunicaciones directas microteléfono a microteléfono - Encriptación y autenticación - Interfaz con sistemas TDMA PMP japoneses - Interfaz de 2 hilos, V5.1 o V5.2 con la central local | <ul style="list-style-type: none"> - Movilidad limitada - Número limitado de fabricantes |

CUADRO 11

Principales ventajas e inconvenientes de las diferentes tecnologías (continuación)

| | Ventajas | Inconvenientes |
|---|--|--|
| Sistemas digitales inalámbricos PACS | <ul style="list-style-type: none"> - Conexión a la RTPC - Interfaz con las redes RDSI y redes GSM (en la interfaz A) - Gran capacidad - Optimizados para movilidad baja - Paso hacia el PCS - Aprovisionamiento en múltiples fabricantes | <ul style="list-style-type: none"> - Falta experimentación |
| Sistemas analógicos celulares | <ul style="list-style-type: none"> - Transmisión de la voz y de datos a velocidad binaria baja ($\leq 4,8$ kbit/s) - Tecnología reconocida - Baratos - Área de cobertura de una estación de base: alrededor de 35 km - Despliegue rápido - Aprovisionamiento en múltiples fabricantes | <ul style="list-style-type: none"> - La capacidad baja puede exigir varias estaciones de base - Señal vocal mediocre - Eficacia del espectro - Falta seguridad - No transparente con la RTPC a menos que esté diseñado específicamente para aplicaciones de acceso inalámbrico fijo |
| Sistemas digitales celulares D-AMPS | <ul style="list-style-type: none"> - Transmisión de voz y datos - Tecnología demostrada - Cumple las normas CAI IS-54/IS-136 - Compatible con el sistema analógico celular AMPS - Aprovisionamiento en múltiples fabricantes | <ul style="list-style-type: none"> - Necesita un controlador en la central local - Calidad de voz |
| Sistemas digitales celulares IS95-CDMA | <ul style="list-style-type: none"> - Transmisión de voz y datos de velocidad binaria baja - Cumple la norma IS-95 - Gran capacidad - Fácil de planificar - Aprovisionamiento en múltiples fabricantes | <ul style="list-style-type: none"> - El alcance depende de la carga de tráfico - La interfaz con la central local necesita un controlador |
| Sistemas digitales celulares GSM/DCS | <ul style="list-style-type: none"> - Transmisión de voz y datos (14 kbit/s en el próximo futuro) - Norma europea, ampliamente aceptada - Uso eficaz del espectro - Tecnología demostrada - Aprovisionamiento en múltiples fabricantes - Interfuncionamiento con DECT y extensión de datos en paquetes (disponible hacia el año 2000) - Aprovisionamiento en múltiples fabricantes | <ul style="list-style-type: none"> - Inversión inicial elevada - Calidad de voz - Transmisión limitada de datos (por el momento) |
| Combinación de sistemas digitales celulares CDMA/TDMA | <ul style="list-style-type: none"> - Amplia gama de servicios (telefonía, datos, etc.) - Compatibilidad con todos los conmutadores RTPC - Interfaces de 2 hilos, V5.1 y V5.2 - Expansión al PCS - Amplia gama de emplazamientos de la célula - Cumple la norma IS-661 y J-STD-017 - Aprovisionamiento en múltiples fabricantes | <ul style="list-style-type: none"> - Nuevo diseño |
| Sistemas estratosféricos | <ul style="list-style-type: none"> - Servicios de banda ancha inalámbricos, incluidos multimedios | <ul style="list-style-type: none"> - Aún no disponibles |

CUADRO 11

Principales ventajas e inconvenientes de las diferentes tecnologías (fin)

| | Ventajas | Inconvenientes |
|----------------------------|---|---|
| Sistemas por satélite fijo | <ul style="list-style-type: none"> - Suministro de enlaces interurbanos - Suministro de enlaces de acceso a abonados aislados (o grupos de abonados) mediante tecnologías VSAT y WLL convencional cuando no se puede utilizar otra tecnología a precios razonables - Zona de cobertura muy amplia | <ul style="list-style-type: none"> - Inversión inicial elevada (satélite, lanzamiento, etc.) aunque compartida entre muchos operadores/inversores - La calidad de la voz depende de la codificación de las señales vocales |
| GMPCS | <ul style="list-style-type: none"> - Prestación de servicios de telecomunicaciones (voz y/o datos, Internet, radiobúsqueda) a casi todos los lugares del globo - Acceso directo a satélites desde terminales fijos o móviles - Terminales duales (de satélite y terrenales en algunos casos) - Varias empresas operadoras | <ul style="list-style-type: none"> - Costo del despliegue - Precio de la llamada de un minuto demasiado alto para los habitantes de los países en desarrollo - La mayoría de los sistemas aún no está en servicio - Número limitado de fabricantes - Escaso interfuncionamiento entre los sistemas |

5.1 Comparación técnica de las tecnologías

El Cuadro 12 es una comparación de las diversas tecnologías que se podrían utilizar para el suministro de infraestructuras de telecomunicaciones rurales.

No se trata de un análisis exhaustivo o detallado, sino de una guía general sobre las características de funcionamiento de los diversos tipos de sistema existentes en ciertas zonas específicas.

Se eligieron estos criterios:

- complejidad tecnológica: se refiere a la complejidad de la propia tecnología y al número de componentes necesarios para instalarla (por ejemplo, centro de conmutación móvil, controlador de estación de base, etc.);
- calidad de la señal vocal;
- capacidad de datos;
- consumo de potencia: este criterio no se refiere al equipo en las instalaciones del cliente, salvo para las GMPCS;
- movilidad/itinerancia;
- planificación fácil: en el caso de los sistemas radioeléctricos, este criterio se refiere principalmente a la planificación de las frecuencias, los estudios de la propagación, etc.;
- modularidad: indica la capacidad del sistema de dar conexión a nuevos abonados sin necesidad de reestructurar la red;
- crecimiento de la red fácil;
- compatibilidad con la RTPC;
- compatibilidad con la RDSI;
- servicios ofrecidos.

CUADRO 12
Comparación técnica

| | Sistemas basados en cables de cobre | Cobre con x-DSL | Fibra óptica | Micro-onda | Radiodifusión en un solo canal | FDMA PMP | TDMA PMP | DECT | PACS | PHS | CT2 |
|--|-------------------------------------|-----------------|--------------|------------|--------------------------------|---------------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Complejidad tecnológica | baja | media | media | alta | baja | media | media | baja | media | media | baja |
| Calidad de la señal vocal | buena | buena | muy buena | muy buena | regular/buena | regular/buena | muy buena | buena | buena | buena | buena |
| Capacidad de datos | media | alta | alta | alta | baja | baja | alta | alta | alta | alta | media |
| Consumo de potencia | – | medio | bajo | medio | bajo | medio | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo |
| Movilidad/ itinerancia | no | no | no | no | no | no | no | sí, localmente | sí, localmente | sí, localmente | sí, localmente |
| Planificación fácil | escasa | escasa | escasa | baja | media | media | media a alta | alta | alta | alta | alta |
| Modularidad | – | – | – | baja | baja | media | alta | alta | alta | alta | alta |
| Crecimiento de la red fácil | escasa | escasa | escasa | media | – | baja | alta | alta | alta | alta | alta |
| Compatibilidad con la RTPC | sí | sí | sí | sí | sí | sí | sí | sí | sí | sí | sí |
| Compatibilidad con la RDSI | sí | sí | sí | sí | no | no | sí | sí | sí | sí | no |
| Servicios ofrecidos | antiguo servicio telefónico (POTS)* | avanzados | avanzados | avanzados | POTS | POTS | algunos servicios avanzados | avanzados | avanzados | avanzados | POTS |
| * Mejorables hasta el nivel de los servicios avanzados con equipo adicional. | | | | | | | | | | | |

CUADRO 12
Comparación técnica (fin)

| | Analógico celular | D-AMPS | GSM | IS95 CDMA | Combinación CDMA/TDMA | Sistemas estratosféricos | Sistemas por satélite fijo | Conmutación rural |
|---|--------------------------|---------------|--------------|------------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Complejidad tecnológica | alta | alta | alta | alta | alta | alta | alta | baja |
| Calidad de señal vocal | mediocre | regular | regular | buena | buena | buena | buena | buena |
| Capacidad de datos | baja | baja | baja a media | media | buena | buena | buena | – |
| Consumo de potencia | alto | alto | alto | alto | alto | alto | alto | bajo a medio |
| Movilidad/itinerancia | sí | sí | sí | sí | sí | probablemente | sí | no |
| Planificación fácil | no | no | no | sí | sí | no | no | no |
| Modularidad | media | media | alta | media | media | baja | baja | baja |
| Crecimiento de red fácil | baja | media | media a alta | alta | alta | alta | alta | baja |
| Compatibilidad con la RTPC | sí | sí | sí | sí | sí | sí | sí | sí |
| Compatibilidad con la RDSI | no | no | no | no | sí | sí | sí | no |
| Servicios ofrecidos | POTS | POTS | POTS | POTS | algunos servicios avanzados | avanzados | avanzados | POTS |
| No se contemplan los sistemas GMPCS, debido a que existen demasiadas variaciones. Véase la referencia [33]. | | | | | | | | |

Observaciones

El uso de un sistema celular móvil para prestar un servicio de telefonía fija, especialmente con teléfonos públicos, tiene inconvenientes. En función de la capacidad de la célula específica que atiende los teléfonos públicos y el número de teléfonos, las pautas del tráfico y el volumen del tráfico móvil, un sistema celular normalmente diseñado para un grado de servicio (GOS) de 95% experimentará un deterioro de su grado de servicio. En al menos un país, se ha comprobado que el número de llamadas no completadas del servicio móvil se incrementó en varias magnitudes y que el grado de servicio de los teléfonos públicos se deterioró considerablemente.

El problema es que los teléfonos públicos generan una gran cantidad de tráfico. No es infrecuente que una oficina pública de comunicaciones (PCO) transporte tanto como 100 a 200 llamadas de telefonía móvil. Ello impone una carga excepcionalmente grande para una célula y hace que, en la práctica, mantenga ocupado un canal de tráfico casi permanentemente. Cuando la misma célula atiende a varias PCO, puede ocurrir que su capacidad sea demasiado baja para proporcionar un servicio aceptable. Es obvio pensar que conviene redimensionar el sistema para que tenga mayor capacidad, por ejemplo añadir células o asignar menos PCO a cada una. Ahora bien, esos cambios entrañan costos considerables para el operador. A menos que los abonados y el organismo regulador estén dispuestos a aceptar un servicio telefónico público por debajo de la norma y una degradación del servicio móvil, la solución de utilizar la infraestructura celular móvil para prestar un servicio fijo no es satisfactoria. No obstante, podría utilizarse transitoriamente un sistema celular móvil en las zonas donde no existe un servicio público fijo.

Al atribuir el espectro y asignar las frecuencias a las empresas operadoras, se deberá considerar el hecho de que, desde el punto de vista del espectro, determinadas tecnologías son más eficaces que otras. Para el mismo número de usuarios, por ejemplo, un sistema CDMA utilizará, en ciertos casos, alrededor de una novena parte del espectro que requiere un sistema AMPS, y en torno a una cuarta parte del utilizado por un sistema GSM. Ello no significa que la tecnología CDMA sea siempre la mejor elección posible, ya que también hay que tener en cuenta otros factores. Incumbe al operador evaluar las virtudes de una tecnología con respecto a otras en un entorno determinado mediante, por ejemplo una estimación de la relación costo/rendimiento de las diversas tecnologías consideradas. Esta relación se puede expresar así:

$$\frac{\text{rendimiento}}{\text{costo}} = \frac{\text{calidad} \times \text{cobertura} \times \text{alcance} \times \text{capacidad}}{(\text{costos de capital} + \text{costos AO\&M} + \text{tasa de licencia}) \times \text{eficacia del espectro}}$$

Durante la planificación de un sistema inalámbrico es preciso examinar los requisitos de espectro y su disponibilidad (el costo del espectro también es un factor importante en la evaluación financiera del proyecto). En el Cuadro 13 se indican algunas bandas de frecuencias tradicionales en las que funcionan algunos sistemas inalámbricos. La disponibilidad y el uso del espectro radioeléctrico están sujetos a la reglamentación local. De conformidad con el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT y con las Recomendaciones e Informes del UIT-R, la planificación de frecuencias detallada deberá tener en cuenta las necesidades de cada servicio (voz, datos, tráfico, fijo, móvil, fijo y móvil, alcance, etc.). Es importante señalar que esas necesidades podrían impedir el uso de un sistema inalámbrico determinado, por ejemplo, cuando el espectro disponible no es suficiente para cubrir la demanda de servicios. Además, hay que considerar la posibilidad de que varios operadores que trabajan en la misma zona compartan el espectro.

5.2 ¿Qué tecnología y a qué precio? [3, 39]

Para responder a este interrogante es preciso responder primero a las cuestiones siguientes:

- ¿Qué servicios (voz, datos, vídeo)?
- ¿Para quién (uso residencial o comercial)?
- ¿Por quién (operador histórico o nuevo)?
- ¿Con qué características (capacidad, calidad de sonido, GOS, fiabilidad)?
- ¿En qué contexto (región, distancia, entorno)?
- ¿Con qué infraestructura y límites de suministro (conmutación, transmisión, equipos de distribución, terminales de abonado, planta de energía, torres, cables, antenas, edificios, etc.)?
- ¿Qué obligaciones reglamentarias hay que cumplir?

El número de parámetros que hay que tener en cuenta hace que la comparación resulte muy compleja. En lo que sigue, el objetivo es ofrecer factores de costos comparativos para las soluciones alámbricas e inalámbricas con referencia a tres modelos.

CUADRO 13

Bandas de frecuencias de los sistemas terrenales de sistemas terrenales de acceso inalámbrico

- TACS-NMT-D-ANPS a 400 MHz
 - Sistemas PMP a 500 MHz
 - AMPS-D-AMPS-CT2-IS95 CDMA a 800 MHz
 - GSM-TACS-NMT a 900 MHz
 - Sistemas PMP a 1,4 GHz
 - DCS-DECT a 1,8 GHz
 - Combinación CDMA/TDMA PCS-PHS a 1,9 GHz
 - IMT-2000 a 2,0 GHz
 - Sistemas PMP a 2,5 GHz
 - TDMA PMP patentado a 3,5 GHz
 - CDMA de banda ancha a 3,5 GHz
 - Sistemas PMP a 10,5 GHz

—————→
Frecuencia

Casi siempre, las comunicaciones desde y hacia las zonas rurales distantes las proporciona:

Caso 1: el centro donde está instalada la pasarela internacional.

Caso 2: el centro administrativo jerárquicamente superior y/o principal.

Caso 3: el centro más «próximo» desde el punto de vista de las afinidades regionales y/o culturales (capital regional); es el caso en el que la distribución administrativa no coincide con el desarrollo de las infraestructuras de telecomunicación.

Los centros de los casos 2 y 3 son importantes, pues disponen de una infraestructura mínima de telecomunicaciones (una centralita automática). También están conectados con la pasarela internacional mediante un sistema de transmisión de larga distancia (cable interurbano, radioenlace, satélite).

Según la definición de zonas rurales (véase § 2.1 de la Sección 2), algunas características geográficas o topográficas son los lagos, desiertos, bosques y zonas montañosas o cubiertas de nieve, a las que hay que añadir la distancia entre la localidad rural y el centro al que está asociada. Estos factores tendrán enorme peso al elegir la tecnología para prestar servicio a la zona rural.

Además, la escasez, o incluso la falta total de servicios públicos (agua, electricidad), y de servicios de salud y educación hace que la actividad económica sea limitada.

Esta situación explica las inquietudes sobre la rentabilidad de las telecomunicaciones en las zonas rurales (si se hace abstracción de la importancia de las telecomunicaciones para el desarrollo socioeconómico y su función limitadora del éxodo rural).

Por «acceso universal» se entiende que cualquier persona, sea cual fuere su condición social, debe tener acceso a los servicios de telecomunicaciones a un precio asequible.

El mundo rural, particularmente los PMA, se caracteriza por una población de recursos modestos, por no decir indigentes. Además, sus necesidades de comunicación son puntuales y poco frecuentes. En consecuencia, no es viable proporcionar a cada habitante una línea individual, por lo que al planificar las infraestructuras de telecomunicaciones, se elegirán instalaciones compartidas (oficinas públicas de comunicaciones (PCO) o telecentros comunitarios polivalentes). Por supuesto, se atenderán las necesidades de los abonados privados que deseen tener líneas individuales en el hogar o la empresa, siempre y cuando estén dispuestos a solventar sus costes.

5.2.1 Escenarios

NOTA – Según el Manual del GAS 7, las zonas rurales se pueden representar mediante cuatro modelos:

- *modelo A* (gran densidad de población): zona cuya densidad de población es relativamente alta por tratarse de un distrito rural y en la que las distancias entre localidades vecinas son bastantes cortas;
- *modelo B* (zona montañosa): zona en la que los centros de población están separados por montañas o colinas, o están situados sobre una montaña o una colina;
- *modelo C* (tipo alineado): zona en la cual los centros de población se alinean a lo largo de un río o de una carretera;
- *modelo D* (tipo disperso): zona cuya población es poco densa y está dispersa sobre un vasto territorio.

Los tres escenarios propuestos a continuación corresponden a las tres situaciones que se suelen encontrar.

- a) *Escenario 1*: esta configuración, denominada distante (*remote*), se aplica, por ejemplo, a nuevas zonas urbanas o suburbanas conectadas a la red existente a una distancia de 5 a 20 km (Figura 7).
- b) *Escenario 2*: o configuración en estrella (*star*), que corresponde a la extensión de una zona existente alrededor de su centro para incluir en ella nuevos abonados. Es el caso, por ejemplo, de los barrios periféricos (Figura 8).
- c) *Escenario 3*: o configuración en árbol (*tree*), que cubre una zona mucho más vasta, generalmente rural, en la cual hay que conectar numerosos centros de población (células) al centro administrativo/económico regional más próximo (Figura 9).

No se han estudiado las configuraciones extremas, como los desiertos, las islas o algunas regiones de población muy dispersa, en las que los abonados potenciales se encuentran a centenares de km de la central de conexión. En estos casos, es evidente que las técnicas más apropiadas serán las que emplean satélites o radioenlaces, aunque los costos sean elevados.

5.2.2 Tecnologías aplicables a los escenarios

Sin entrar en un análisis profundo, cabe apuntar, que las tecnologías aplicables a los tres escenarios deben:

- proporcionar las conexiones entre las zonas rurales y las centrales de conmutación;
- proporcionar las conexiones locales dentro de la zona rural.

Para las conexiones con los centros de conmutación se pueden considerar los siguientes sistemas:

- cable interurbano de múltiples pares de cobre o fibra óptica;
- radioenlace;
- satélite (geoestacionario y no geoestacionario).

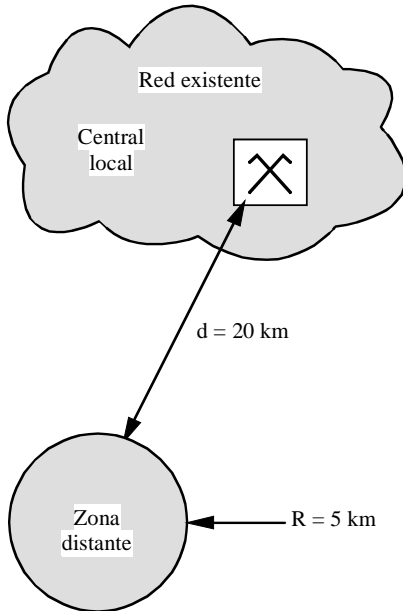
Para las conexiones locales:

- cable de múltiples pares (de cobre o fibra óptica);
- sistema radioeléctrico monocanal;
- sistema radioeléctrico punto a multipunto;
- sistemas celulares fijos;
- sistemas inalámbricos;
- sistemas por satélite.

Esto se ilustra en la Figura 10, donde la red de acceso local es toda la red que une a la centralita automática con el domicilio del abonado. «CP» o «DP» podrían representar una unidad de conexión de abonado distante, una centralita automática rural, una estación terminal o una estación repetidora con los abonados.

FIGURA 7

Escenario 1 – Configuración distante – Urbana/suburbana

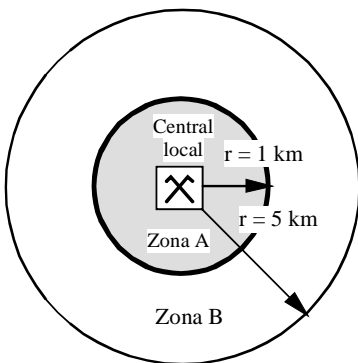


- Red existente
 - ▶ Capacidad de reserva en la central local: 2 000 líneas
- Nueva zona
 - ▶ Tipo de entorno : suburbano/urbano
 - ▶ Número de abonados : 300 a 1 500
 - ▶ Densidad de abonados : 4 a 20/km²
 - ▶ Tipo de abonado : PCO empresarial
 - ▶ Tráfico por abonado : 100 mE/abonado
 - ▶ Servicios : POTS
: facsímil de Grupo 3 y 4
: RDSI (2B + D)
 - ▶ Grado de servicio : 1%
 - ▶ Despliegue : rápido (máximo 2 años)

d07

FIGURA 8

Escenario 2 – Configuración en estrella – Nueva zona urbana/suburbana

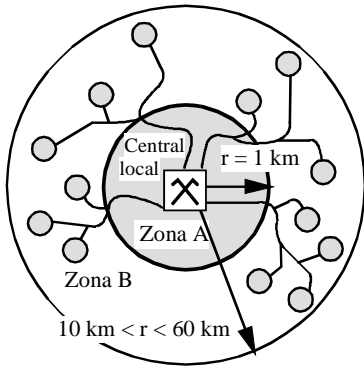


| ■ Tipo de zona: | Centro (A) | Suburbana (B) |
|------------------------|--|-----------------------------|
| ▶ Número de abonados | 600-3 000 | 100-1 000 |
| ▶ Densidad de abonados | 200-1 000 | 2-20/km ² |
| ▶ Tipo de abonado | Empresarial | Residencial |
| ▶ Tráfico por abonado | 100mE | 50mE |
| ▶ Servicios | POTS Facsímil de Grupo 3 y 4 Acceso RDSI | POTS Facsímil de Grupo 3 |
| ▶ Grado de servicio | 1% | 1% |
| ▶ Despliegue | 5 años | 5 años |

d08

FIGURA 9

Pequeña ciudad y zona rural – Configuración en árbol

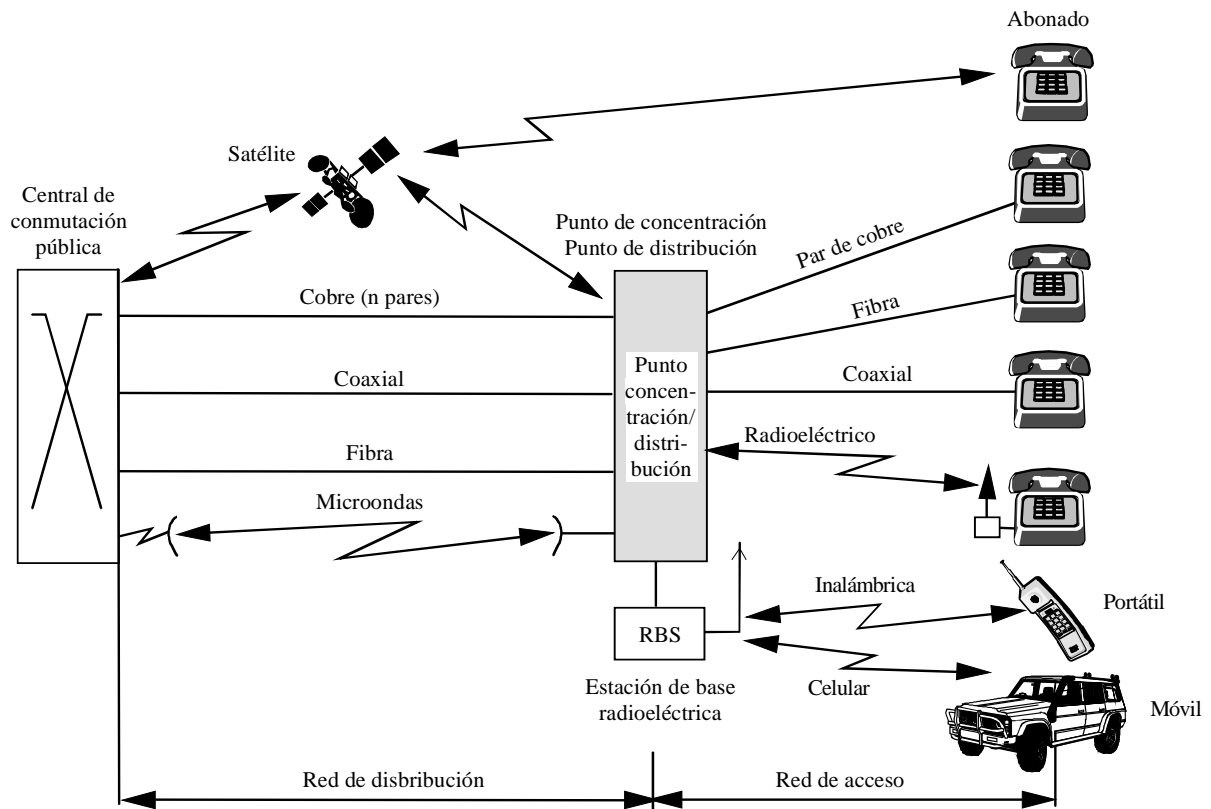


| ■ Tipo de zona: | A | B |
|--------------------------------------|--|-----------------------------|
| ▶ Entorno | Urbano | Rural |
| ▶ Número de abonados | 600-3 000 | 20-1 500 |
| ▶ Densidad de abonados | 200-1 000 | 2-50 |
| ▶ Concentración/ número de grupos | | Abonados/grupaciones |
| ▶ Tráfico por abonado | 100mE | 50mE-80mE |
| ▶ Servicios | POTS Facsimil de Grupo 3 y 4 Acceso RDSI | POTS Facsimil de Grupo 3 |
| ▶ Grado de servicio | 1% | 1% |
| ▶ Despliegue | 3 años | 3 años |

d09

FIGURA 10

Definición de la red de acceso local



d10

5.2.3 Compatibilidad y coherencia de la tecnología

Según la definición de red de acceso local de § 5.2.2, tanto la red de acceso como la red de distribución pueden utilizar tecnología alámbrica o inalámbrica. En teoría, casi todas las combinaciones son posibles. Pero otros parámetros, como la geografía, las restricciones locales o incluso las capacidades relativas, los niveles de calidad de funcionamiento o los servicios proporcionados pueden restringir esas combinaciones. Por ello, es necesario estudiar la compatibilidad y la coherencia de la tecnología aplicable en los modelos como los descritos en § 5.2.1.

5.2.3.1 Compatibilidad

El primer factor de compatibilidad entre los diferentes componentes de la red es la presencia o ausencia de puntos de concentración (CP) o de distribución (DP) en la red de acceso local. Si el punto de distribución se encuentra en el mismo lugar que la central automática local, el acceso de abonado sólo utilizará una tecnología y la compatibilidad se limitará a la interfaz con la central automática. Si, por el contrario, hay dos subredes, es decir, cuando hay un punto de concentración y un punto de distribución, hay que estudiar la compatibilidad entre estas dos subredes.

5.2.3.2 Coherencia

Aunque desde el punto de vista técnico la mayoría de las combinaciones son posibles, aspectos tales como el entorno, las capacidades, los servicios, etc., restringen generalmente el abanico de soluciones. Por ello, conviene elaborar una matriz de compatibilidad/coherencia para reducir los estudios comparativos únicamente a las soluciones practicables.

Este procedimiento se ilustra en el Cuadro 13 para los tres modelos considerados.

CUADRO 13

Matriz de compatibilidad y coherencia tecnológica para los tres escenarios

| Red de distribución | Red de acceso | | | | | | | |
|---------------------|---------------|---------|--------------|---------|------------|--------------------|-------------|----------|
| | Cobre | Coaxial | Fibra óptica | Celular | Microondas | Punto a multipunto | Inalámbrica | Satélite |
| Cobre | x | | | x | x | x | x | |
| Coaxial | x | | | x | x | x | x | |
| Fibra óptica | x | | | x | x | x | x | |
| Celular | | | | | | | | |
| Microondas | x | x | x | x | | x | x | |
| Punto a multipunto | x | | | x | | | x | |
| Inalámbrica | | | | | | | | |
| Satélite | x | x | x | x | x | x | x | |

5.2.4 Soluciones para los tres escenarios

A efectos de la comparación de costos sólo parece haber unas pocas soluciones realistas y de interés (Cuadro 14).

5.2.5 Las hipótesis

Para evaluar los costos de las diferentes soluciones se suponen las siguientes hipótesis:

- 1) El costo de los terminales radioeléctricos de abonado (fijos, móviles o portátiles) se incluye en el cálculo cuando la red de acceso es inalámbrica. El costo de las licencias de explotación, incluidos los cánones de frecuencia, no se tiene en cuenta.
- 2) Se considera que el acceso de abonado comienzan a la salida de la central automática.
- 3) Los sistemas celulares analógicos y digitales se evalúan por separado y se incluye todo el equipamiento (MSC y cualquier otro equipo necesario). Se supone que no hay una red celular móvil.
- 4) El equipo complementario, como los conductos y las cámaras de empalme, se incluye en el cálculo de los costos.
- 5) La cobertura radioeléctrica se estima en condiciones normales de propagación, sin obstáculos importantes, y se supone que el abonado sólo necesita una antena en el techo.

CUADRO 14

Soluciones

| Modelo | Tecnologías | | |
|-------------|--|---|-------------------------------------|
| | Solución | Distribución | Acceso |
| Escenario 1 | Solución 1 Solución 2 Solución 3 | Cobre Relevador radioeléctrico Relevador radioeléctrico | Cobre Celular Inalámbrico |
| Escenario 2 | Solución 1 Solución 2 Solución 3 | No aplicable | Cobre Celular Inalámbrico |
| Escenario 3 | Solución 1 Solución 2 Solución 3 | Fibra óptica Punto a multipunto Satélite | Cobre Inalámbrico Inalámbrico |

5.2.6 Comparación de los costos

En las Figuras 11, 12 y 13 se dan los resultados de la comparación de los costos para los diferentes escenarios y se indica que:

- a) Sea cual fuere el modelo o la solución, todas las curvas presentan la misma forma hiperbólica que indica que, el costo por abonado disminuye en función del número de abonados.

Es lógico que así sea, dado que el costo elevado de la inversión inicial se comparte entre un número creciente de abonados. Por tanto, el costo por abonado decrece según una curva hiperbólica hasta un costo constante, que corresponde aproximadamente al costo del equipo de abonado, es decir, al terminal de abonado y los accesorios (antenas, etc.).

- b) Conforme al *escenario 1*, configuración «distante» urbana/suburbana, con las soluciones 1 (cobre) y 3 (relevador radioeléctrico + inalámbrico) la infraestructura inicial basta para admitir la totalidad de los abonados potenciales de manera que el coste por abonado decrece lentamente hasta alcanzar el mínimo. Es decir que para una nueva configuración «distante» urbana/suburbana, se puede considerar que todos los conductos están instalados desde el principio y sólo hay que tener en cuenta el tendido de los cables.

En este caso, el costo suplementario es menor que en cualquier otra solución inalámbrica, lo que explica también por qué, partiendo de una inversión inicial mucho más elevada por concepto de instalación de los conductos, la curva de la solución 1 cruce la de la solución 3.

Siempre en el mismo modelo, las curvas de la solución 2 (relevador radioeléctrico + celular analógico o digital) muestran un descenso hasta un límite que corresponde al número máximo de abonados que pueden admitir las estaciones de base. En ese punto las crestas corresponden a las inversiones necesarias para las nuevas estaciones de base y los equipos conexos, como los de suministro de energía y los radioenlaces para conectarlas a la central automática. Después aparece un nuevo descenso igual que para la inversión inicial.

Como se preveía, el coste final es más elevado en la solución digital que en la analógica que, a su vez, es más costosa que la «inalámbrica».

- c) El *escenario 2* es una configuración «en estrella» urbana/suburbana, que puede atender a más de 40 000 abonados, frente a los 1 500 del escenario 1 y a los 4 500 del escenario 3.

Las formas de las curvas son las mismas que las del escenario 1, pero la escala es sensiblemente diferente.

En todas las soluciones (cobre, sistema celular o inalámbrico) hay que hacer inversiones importantes al principio con el fin de cubrir desde el comienzo el primer anillo de la zona nueva. A continuación, la inversión continuará progresivamente siguiendo el ritmo de conexión de nuevos abonados.

- d) El *escenario 3* es una configuración rural «en árbol». Las crestas que aparecen en las tres soluciones corresponden a las diversas inversiones complementarias, cuya frecuencia corresponde a cada conexión de una nueva célula o rama de la red. La zona sombreada de las curvas muestra la variación del costo por abonado en función de la distancia entre éste y la central automática.

FIGURA 11
Comparación de los costos
Escenario 1 – Urbana/suburbana – «Distante»

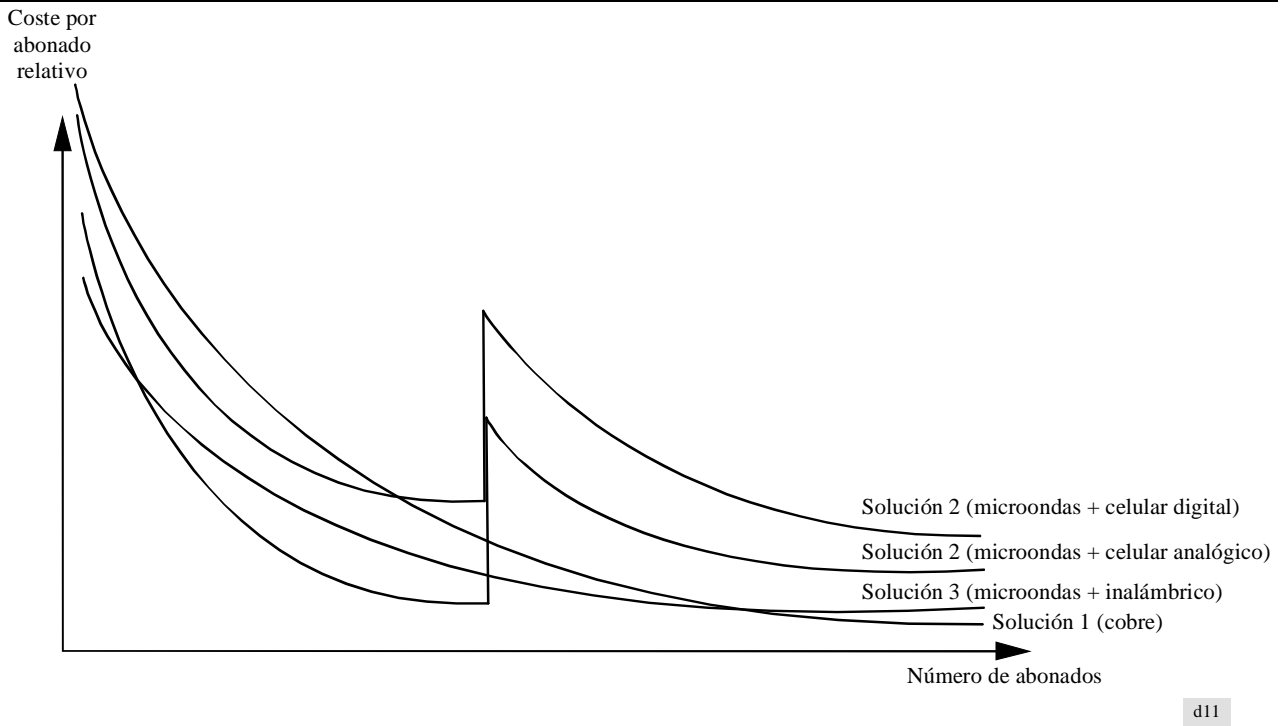


FIGURA 12
Comparación de los costos
Escenario 2 – Urbana/suburbana – «En estrella»

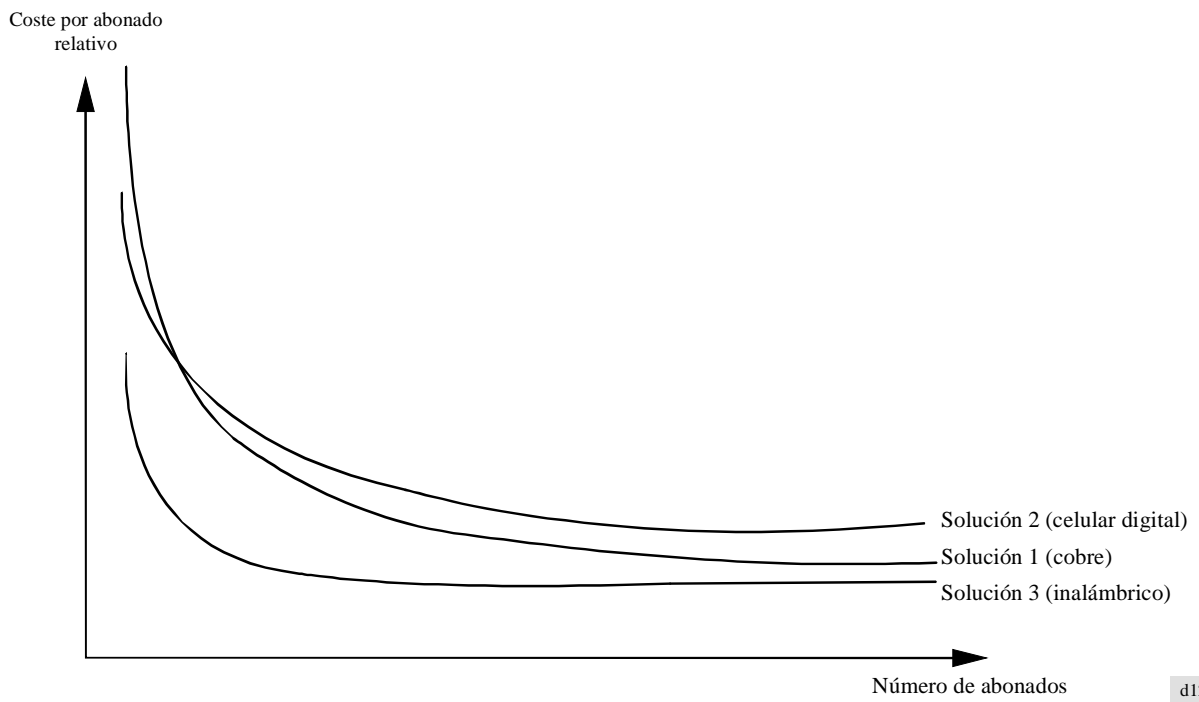
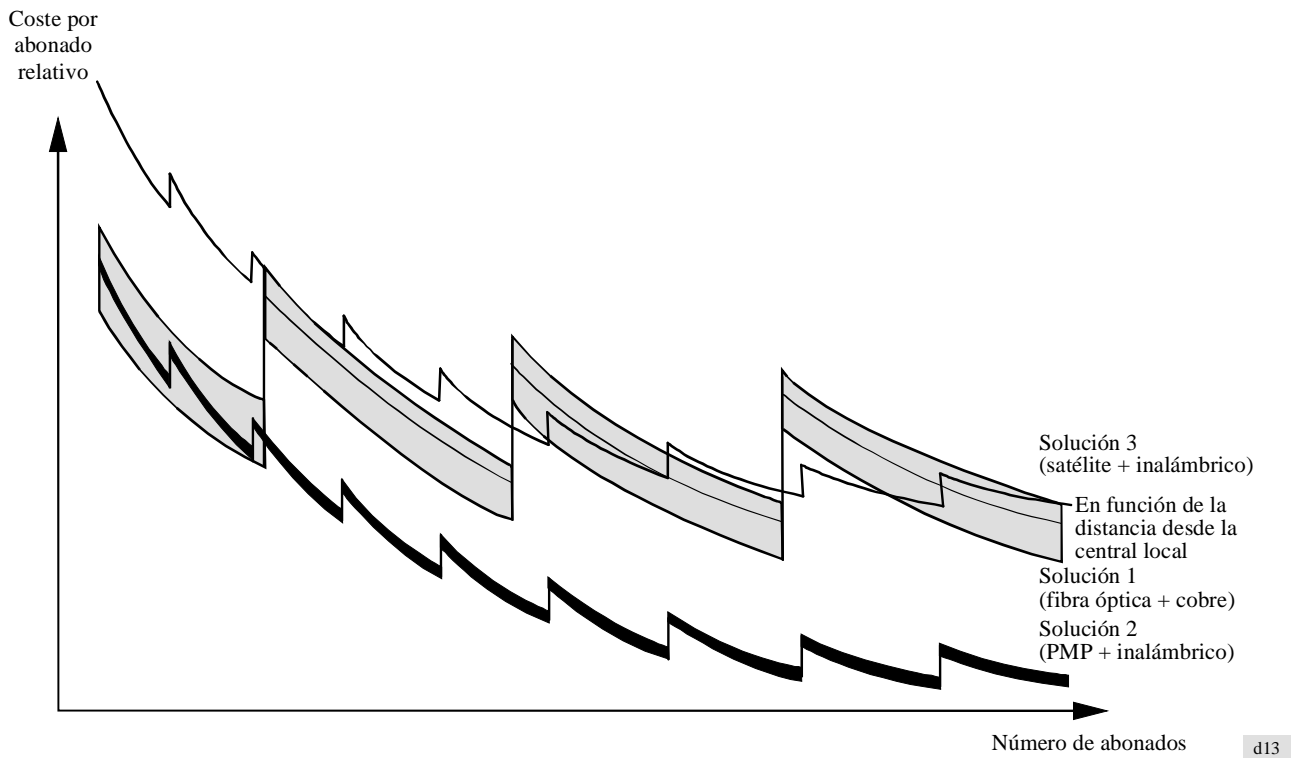


FIGURA 13
Acceso local – Comparación de los costos –
Escenario 3 – Rural – «En árbol»



En las soluciones 2 (punto a multipunto e inalámbrico) y 3 (satélite e inalámbrico), la frecuencia de las crestas corresponde a las nuevas inversiones necesarias para dar servicio a una nueva célula.

Conforme al escenario 3, dada la baja densidad de abonados en la zona B y su baja concentración (muchas células pequeñas), la solución 2 (punto a multipunto e inalámbrico) es la menos costosa, mientras que la solución 3, con satélites, es la más cara.

Conviene señalar que la solución GMPCS constituirá una competencia seria en el futuro próximo, pues ofrecerá un costo inicial por abonado bajo (el microteléfono), aunque el precio «alto» de las comunicaciones en las primeras fases puede neutralizar la ventaja del costo inicial.

5.3 Conclusión

Hasta hace muy poco tiempo, la prestación de servicios de telecomunicaciones en las zonas rurales de los países en desarrollo era un proceso largo y costoso, porque la instalación de una red de cobre exige una elevada inversión inicial que es difícil de justificar dada la inseguridad de la demanda. Hoy en día, los adelantos de la tecnología de radiocomunicaciones posibilitan, en muchos casos, la instalación más rápida y rentable del acceso local.

Las ventajas del acceso con acceso fijo inalámbrico son menores costos de capital y de explotación, despliegue más rápido y flexibilidad en el diseño de la red. Esto se ilustra mediante los ejemplos de las Figuras 14a a 14d. Para la referencia de estas cuatro Figuras véase [25].

No hay duda de que los sistemas inalámbricos serán una parte considerable de las instalaciones durante los próximos años. Ello afectará no solamente a las nuevas empresas operadoras sino, también, a las PTO que ya operan en las zonas rurales (así como en las zonas urbanas y suburbanas nuevas), donde la flexibilidad y las bajas inversiones iniciales constituyen los aspectos cruciales.

En función de la infraestructura de telecomunicaciones existente, la estrategia de la empresa operadora, los servicios que piensa ofrecer, el costo y las restricciones locales, se optará por la utilización de tecnologías alámbricas y/o inalámbricas.

FIGURA 14a
Bucle local de acceso inalámbrico

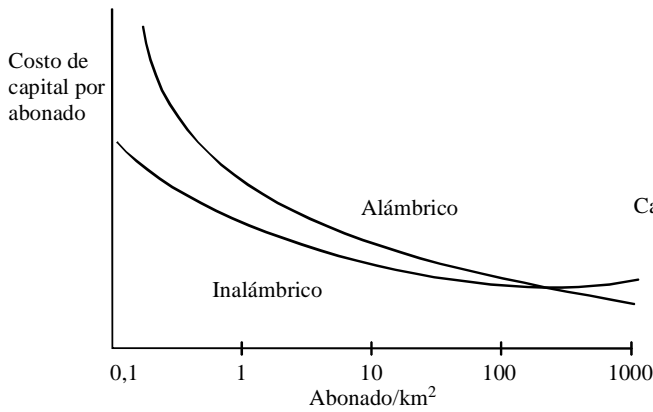


FIGURA 14b
Comparación de sistemas alámbricos e inalámbricos en función de los costos operacionales

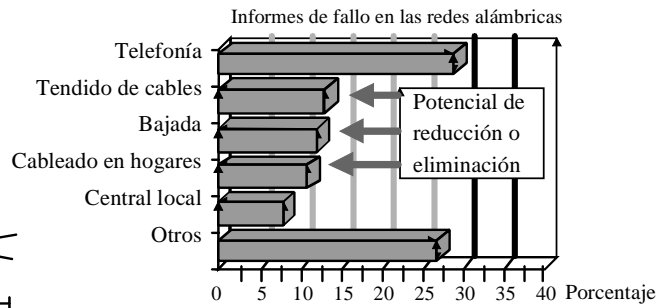


FIGURA 14c
Comparación de sistemas alámbricos e inalámbricos en función del tiempo de instalación

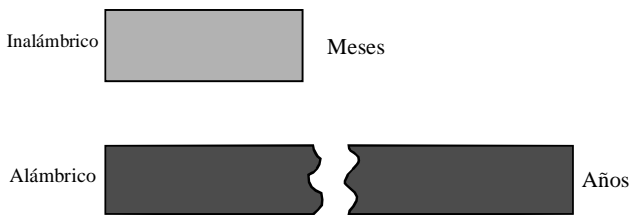
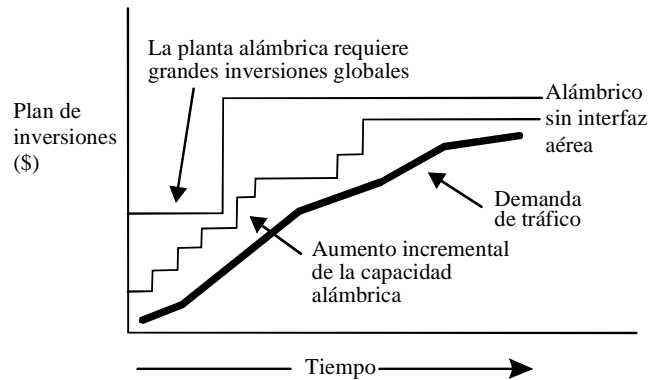


FIGURA 14d
Comparación de sistemas alámbricos e inalámbricos en función del diseño flexible de la red



d14

Como muestran las curvas de las Figuras 11 a 13, el costo total del acceso local puede oscilar considerablemente de un caso a otro. Las curvas también indican que ninguna de las tecnologías propuestas es la más barata en todos los modelos, independientemente del número de abonados. Ello significa que, para tomar la decisión más adecuada, el operador tendrá que buscar una solución que permita amortizar la inversión inicial en el periodo más breve posible, es decir conseguir un número suficiente de abonados y, al mismo tiempo, la flexibilidad para crecer, técnica y comercialmente, con el costo final más bajo por abonado.

Varios sistemas inalámbricos se pueden ampliar ya para prestar servicios adicionales, incluidos los móviles. Pero, conviene señalar que las redes alámbricas no han quedado obsoletas. El sistema IMT-2000 demostrará todas sus posibilidades en la práctica, pero todavía se justifica instalar redes alámbricas en zonas rurales, especialmente en los casos en que la demanda de servicios avanzados supera las capacidades de los sistemas inalámbricos actuales y de reciente creación.

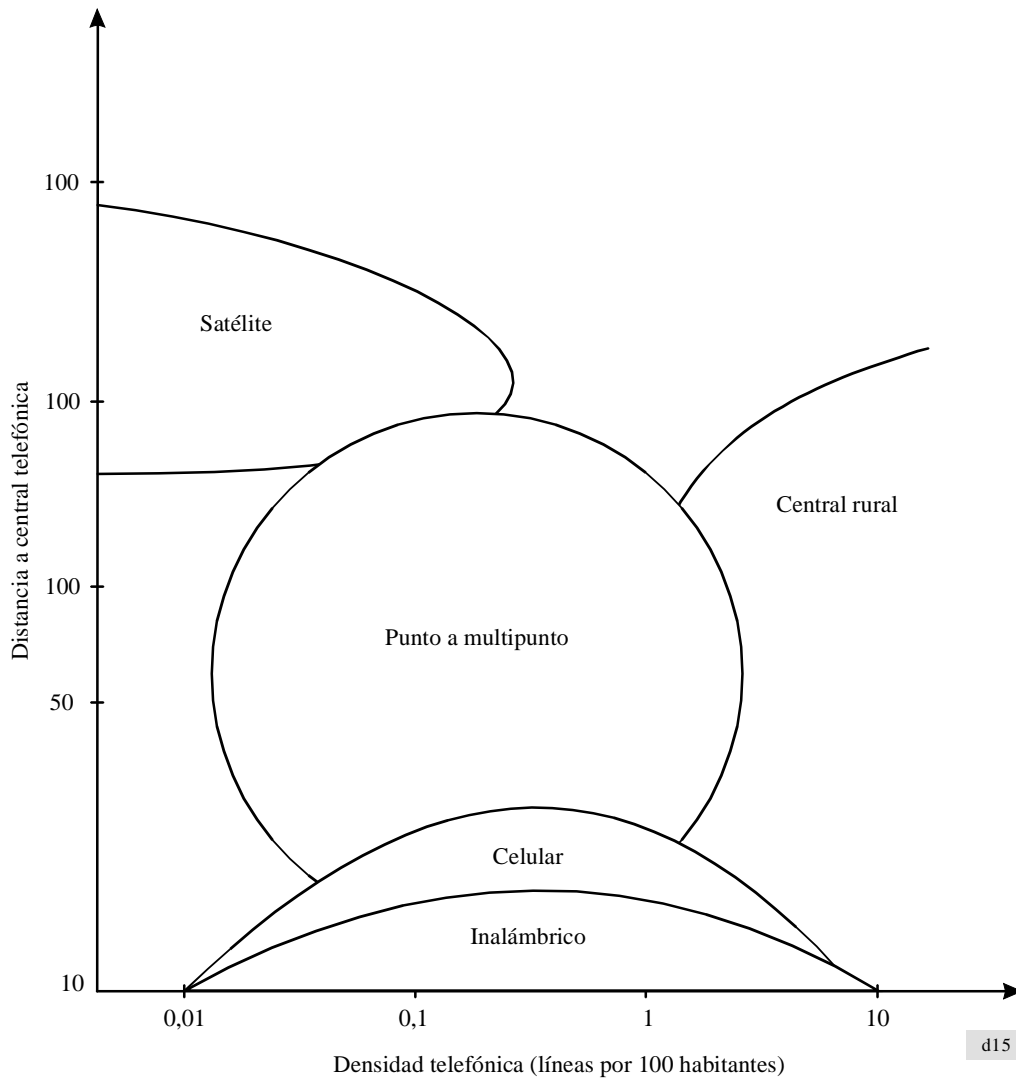
El Cuadro 15 resume los servicios prestados con tecnologías diferentes, y la Figura 15 ilustra el posicionamiento de las tecnologías en función de la penetración telefónica y de la distancia a la central más próxima.

CUADRO 15

Tecnologías y servicios de acceso local (lista no exhaustiva)

| Tecnologías | | Servicios | | |
|-------------|----------------------------------|--|---|---------------------------|
| | | Voz | Datos | Vídeo |
| Alámbrica | Par de cobre convencional | 1 canal | Hasta 19,2 kbit/s | Lento |
| | HDSL | 30 canales | 2 Mbit/s | Videoconferencia |
| | ADSL | 1 canal | 19,2 ó 28,8 kbit/s + 6 Mbit/s | A petición |
| | CATV | Posible | Capacidad limitada | Radiodifusión |
| | Fibra óptica | Variable hasta más de 100 000 canales | Hasta 10 Gbit/s | Multi-TVAD + interact. |
| Inalámbrica | Análogica celular | 1 canal por frecuencia | Hasta 4,8 kbit/s | No |
| | Digital celular | Variable | > 2,4 kbit/s | No |
| | Microondas | $n \times 30$ canales | $n \times 2$ Mbit/s | Radiodifusión |
| | Microondas punto a multipunto | $n \times 30$ canales | 16, 32, 64 kbit/s o $n \times 64$ kbit/s | Videoconferencia |
| | Inalámbrica | 12 hasta 48 canales/ radiodifusión | Hasta 4,8 kbit/s o $n \times 32$ kbit/s | Lento |
| | Satélite | En función del tipo | | |

FIGURA 15
Posicionamiento de la tecnología



ANEXO I

Ejemplo de análisis financiero

La finalidad de este Anexo es orientar al operador de telecomunicaciones para que seleccione la mejor alternativa financiera ante diversas opciones técnicamente equivalentes [40]. El ejemplo proporcionado es meramente ilustrativo y no se basa en ningún proyecto en curso ni en una tecnología específica.

Se analizan tres opciones, técnicamente equivalentes (servicio prestado, calidad, etc.) pero cuyos costos financieros, administrativos, de explotación y mantenimiento son algo diferentes.

Opción N.º 1:

Cuantía total: 13 000 UM

(UM = unidad monetaria)

- Condiciones de financiación:
- el 80% de la cuantía total se financia durante 10 años con un interés anual del 10%;
 - el 20% de la cuantía total está garantizada mediante el capital propio de la empresa operadora.

Opción N.º 2:

Cuantía total: 14 000 UM

- Condiciones de financiación:
- el 20% de la cuantía total se financia durante 5 años con un interés anual del 10%;
 - el 80% de la cuantía total se financia durante un periodo de 10 años con un interés anual del 7,5%.

Opción N.º 3:

Cuantía total: 15 000 UM

- Condiciones de financiación:
- el 30% de la cuantía total se financia durante un periodo de 5 años con un interés anual del 10%;
 - el 70% de la cuantía total se financia durante un periodo de 10 años, con un periodo de gracia de dos años, e interés anual del 9%.

1) *Se suponen las hipótesis siguientes:*

- a) el ciclo de vida económico del proyecto es de 15 años;
- b) los ingresos generados por el proyecto son:

| | |
|-------------|-------------------|
| año 1 | 3 000 UM |
| año 2 | 4 500 UM |
| años 3 a 15 | 6 000 UM anuales; |
- c) la inversión y la ejecución del proyecto tienen lugar durante el año 0, con lo que el proyecto comienza a generar beneficios al comienzo del año 1;
- d) la estimación de los costos anuales de administración, explotación y mantenimiento es:

| | |
|--------------|--------------------------------|
| opción N.º 1 | 2 340 UM (18% de inversión) |
| opción N.º 2 | 2 400 UM (17,1% de inversión) |
| opción N.º 3 | 2 460 UM (16,4% de inversión); |
- e) la depreciación es lineal durante el ciclo económico del proyecto;
- f) el impuesto sobre la renta es 33%;
- g) los accionistas de la empresa operadora de telecomunicaciones desean recibir un dividendo del 5% del capital invertido en la aplicación de la opción N.º 1 (20% de 13 000 UM = 2 600 UM, es decir, un dividendo anual de 130 UM);
- h) para evaluar las diferentes opciones, se aplica una tasa de descuento del 10%.

2) *Criterios de comparación*

NOTA – En la referencia [40] puede verse un análisis detallado de la selección de la mejor oferta basada en los criterios NPV e IRR. Asimismo, podría tomarse en consideración el rendimiento de las diferentes opciones (NPV en relación con la tasa de descuento).

Para seleccionar la mejor opción hay dos criterios:

- valor neto actual máximo; y/o
- tasa de rentabilidad interna máxima.

En los Cuadros 1 a 3 y en la Figura 1 se expone el plan comercial detallado para cada opción.

Los resultados se resumen en el Cuadro 1.

CUADRO 1

Resumen de resultados

| Opción | 1 | 2 | 3 |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Inversión | 13 000 MU | 14 000 MU | 15 000 MU |
| Valor neto actual | 5 278 MU | 6 174 MU | 4 669 MU |
| Tasa de rentabilidad interna | 24% | 36% | 41% |
| Este cuadro muestra que: <ul style="list-style-type: none"> – si la empresa operadora es partidaria del valor neto actual, se elegirá la opción N.º 2; – si la empresa operadora es partidaria de la tasa de rentabilidad interna máxima se elegirá la opción N.º 3. | | | |

Ahora bien, si la empresa operadora se inclina por la tasa de rentabilidad interna máxima junto con el valor neto actual máximo durante los primeros años de explotación, entonces se elegirá la opción N.º 3, como se indica en los Cuadros de cálculo detallado (1 a 3).

Conviene señalar que, si los accionistas acuerdan no percibir ningún dividendo durante el ciclo económico del proyecto, el valor neto actual de la opción N.º 1 ascenderá a 6 267 UM, y la tasa de rentabilidad interna seguirá siendo prácticamente la misma.

Como conclusión, no existe una respuesta clara al dilema. No obstante, este ejemplo muestra que la mejor opción no siempre consiste en recurrir a la inversión de menor cuantía. Es, pues, importante llevar a cabo los análisis de sensibilidad correspondiente, que tienen en cuenta otros factores, como las entradas y salidas de moneda fuerte, o factores no monetarios.

CUADRO 2

Valor neto actual y tasa de rentabilidad interna (IRR) – Opción N.º 1

| Año | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|--|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Inversión (C) | 2 600 10 400 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ingresos (R) | | 3 000 | 4 500 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 |
| AO&M (A) | | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 |
| Depreciación (D) | | 867 | 867 | 867 | 867 | 867 | 867 | 867 | 867 | 867 | 867 | 867 | 867 | 867 | 867 | 862 |
| Gastos por interés (I) | | 1 040 | 975 | 903 | 824 | 737 | 641 | 536 | 420 | 293 | 161 | | | | | |
| Beneficios (pérdidas) antes de impuestos (RBT) | | -1 247 | 318 | 1 890 | 1 969 | 2 056 | 2 152 | 2 257 | 2 373 | 2 500 | 2 632 | 2 793 | 2 793 | 2 793 | 2 793 | 2 798 |
| Impuesto sobre la renta (IT) | | - | 105 | 624 | 650 | 678 | 710 | 745 | 783 | 825 | 869 | 922 | 922 | 922 | 922 | 923 |
| Beneficios (pérdidas) después de impuestos (RAT) | | -1 247 | 213 | 1 266 | 1 319 | 1 378 | 1 442 | 1 512 | 1 590 | 1 675 | 1 763 | 1 871 | 1 871 | 1 871 | 1 871 | 1 875 |
| Flujo de caja (CAF) | | -380 | 1 080 | 2 133 | 2 186 | 2 245 | 2 309 | 2 379 | 2 457 | 2 542 | 2 630 | 2 738 | 2 738 | 2 738 | 2 738 | 2 737 |
| Reembolso del préstamo (LR) | | 653 | 718 | 790 | 869 | 956 | 1 052 | 1 157 | 1 273 | 1 400 | 1 532 | | | | | |
| Dividendos (Di) | | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 |
| Valor neto (NV) | -2 600 | -1 163 | 232 | 1 213 | 1 187 | 1 159 | 1 127 | 1 092 | 1 054 | 1 012 | 968 | 2 608 | 2 608 | 2 608 | 2 608 | 2 607 |
| Valor neto actual (NPV) $\tau = 10\%$ | -2 600 | -3 657 | -3 465 | -2 554 | -1 743 | -1 023 | -387 | 173 | 665 | 1 094 | 1 467 | 2 381 | 3 212 | 3 967 | 4 654 | 5 278 |
| IRR = 24%. | | | | | | | | | | | | | | | | |

CUADRO 3

Valor neto actual y tasa de rentabilidad interna (IRR) – Opción N.º 2

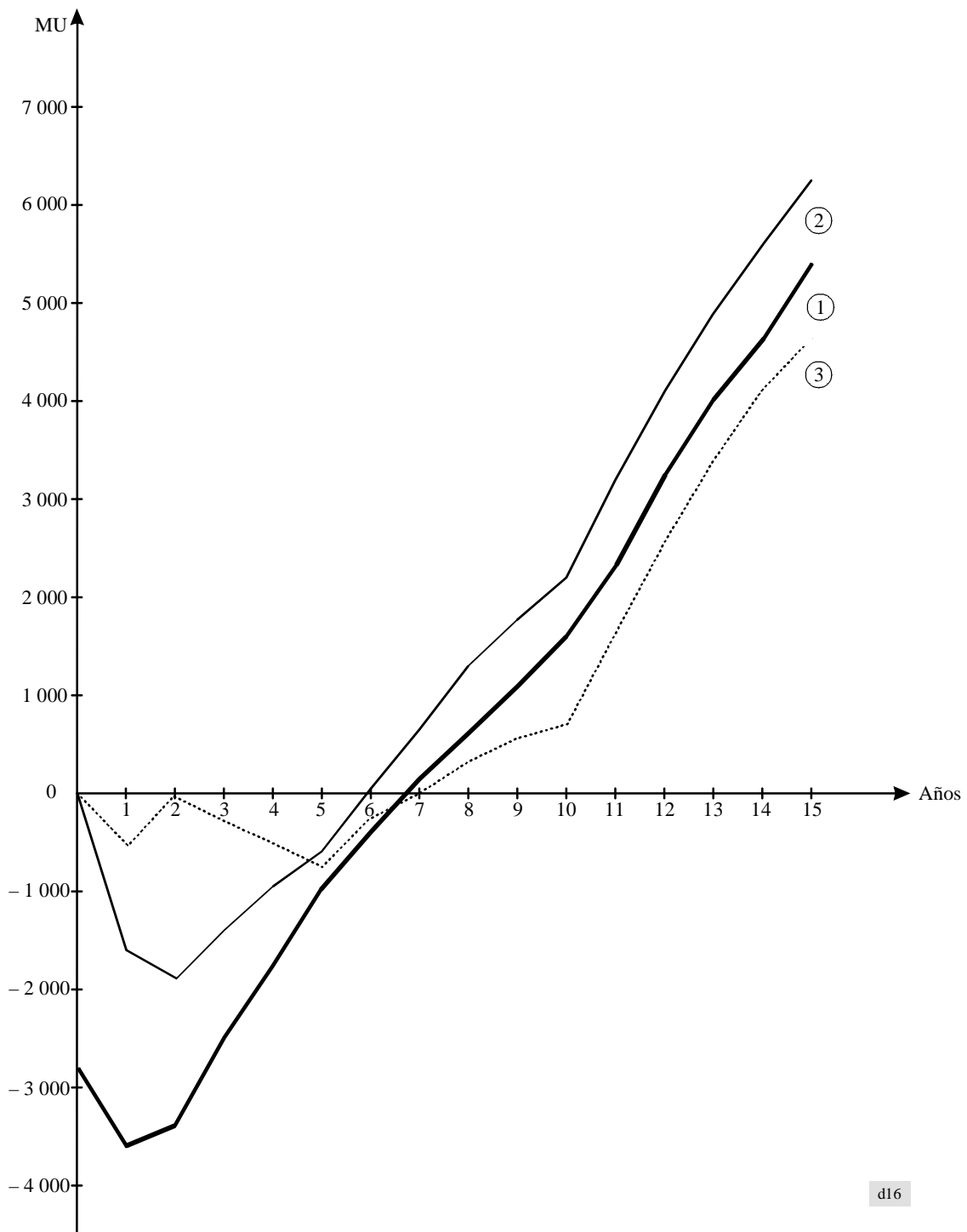
| Año | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|--|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Inversión | 14 000 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ingresos | | 3 000 | 4 500 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 |
| AO&M (A) | | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 |
| Depreciación | | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 938 |
| 20% de interés | | 280 | 234 | 184 | 128 | 69 | | | | | | | | | | |
| 80% de interés | | 840 | 781 | 717 | 648 | 574 | 495 | 410 | 318 | 219 | 118 | | | | | |
| Beneficios (pérdidas) antes de impuestos | | -1 453 | 152 | 1 766 | 1 891 | 2 024 | 2 172 | 2 257 | 2 349 | 2 448 | 2 549 | 2 667 | 2 667 | 2 667 | 2 667 | 2 662 |
| Impuesto sobre la renta | | - | 50 | 583 | 624 | 668 | 717 | 745 | 775 | 808 | 841 | 880 | 880 | 880 | 880 | 878 |
| Beneficios (pérdidas) después de impuestos | | -1 453 | 102 | 1 183 | 1 267 | 1 356 | 1 455 | 1 512 | 1 574 | 1 640 | 1 738 | 1 787 | 1 787 | 1 787 | 1 787 | 1 784 |
| Flujo de caja | | -520 | 1 035 | 2 116 | 2 200 | 2 289 | 2 388 | 2 445 | 2 507 | 2 573 | 2 671 | 2 720 | 2 720 | 2 720 | 2 720 | 2 717 |
| Reembolso del préstamo (20%) | | 459 | 505 | 555 | 611 | 670 | | | | | | | | | | |
| Reembolso del préstamo (80%) | | 792 | 851 | 915 | 984 | 1 058 | 1 137 | 1 222 | 1 314 | 1 413 | 1 514 | | | | | |
| Valor neto | | -1 771 | -321 | 646 | 605 | 561 | 1 251 | 1 223 | 1 193 | 1 160 | 1 157 | 2 720 | 2 720 | 2 720 | 2 720 | 2 717 |
| Valor neto actual $\tau = 10\%$ | 0 | -1 610 | -1 875 | -1 390 | -977 | -629 | 77 | 705 | 1 262 | 1 754 | 2 200 | 3 153 | 4 020 | 4 808 | 5 524 | 6 174 |
| IRR = 35%. | | | | | | | | | | | | | | | | |

CUADRO 4

Valor neto actual y tasa de rentabilidad interna (IRR) – Opción N.º 3

| Año | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Inversión | 4 500 10 500 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ingresos | | 3 000 | 4 500 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 |
| AO&M | | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 |
| Depreciación | | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 |
| Gastos en concepto de intereses 30% | | 450 | 376 | 295 | 206 | 108 | | | | | | | | | | |
| Gastos en concepto de intereses 70% | | | | 1 123 | 1 021 | 910 | 789 | 658 | 514 | 357 | 185 | | | | | |
| Beneficios (pérdidas) antes de impuestos | | -910 | 664 | 1 122 | 1 313 | 1 522 | 1 751 | 1 882 | 2 026 | 2 183 | 2 355 | 2 540 | 2 540 | 2 540 | 2 540 | 2 540 |
| Impuesto sobre la renta | | - | 219 | 370 | 433 | 502 | 578 | 621 | 668 | 720 | 777 | 838 | 838 | 838 | 838 | 838 |
| Beneficios (pérdidas) después de ingresos | | -910 | 445 | 752 | 880 | 1 020 | 1 173 | 1 261 | 1 358 | 1 463 | 1 578 | 1 702 | 1 702 | 1 702 | 1 702 | 1 702 |
| Flujo de caja | | 90 | 1 445 | 1 752 | 1 880 | 2 020 | 2 173 | 2 261 | 2 358 | 2 463 | 2 578 | 2 702 | 2 702 | 2 702 | 2 702 | 2 702 |
| Reembolso del préstamo (30%) | | 737 | 811 | 892 | 981 | 1 079 | | | | | | | | | | |
| Reembolso del préstamo (70%) | | | | 1 131 | 1 233 | 1 344 | 1 465 | 1 596 | 1 740 | 1 897 | 2 069 | | | | | |
| Valor neto | | -647 | 634 | -271 | -334 | -403 | 708 | 665 | 618 | 566 | 509 | 2 702 | 2 702 | 2 702 | 2 702 | 2 702 |
| Valor neto actual $\tau = 10\%$ | 0 | -588 | -64 | -268 | -496 | -746 | -346 | -5 | 283 | 523 | 719 | 1 666 | 2 527 | 3 310 | 4 022 | 4 669 |
| IRR = 41%. | | | | | | | | | | | | | | | | |

FIGURA 16
Valor neto actual



d16

Fórmulas utilizadas en los Cuadros 1 a 3

Sea n:

C = inversión

R_k = ingresos durante el año k

A_k = gastos de AO&M

D_k = depreciación

| | | |
|---------|---|---------------------------------|
| I_k | = | gastos por interés |
| RBT_k | = | resultados antes de impuestos |
| IT_k | = | impuesto sobre la renta |
| RAT_k | = | resultados después de impuestos |
| CAF_k | = | flujo de caja |
| LR_k | = | reembolso del préstamo |
| Di_k | = | dividendos |
| NV_k | = | valor neto |
| NPV | = | valor neto actual |
| i | = | tipo de interés |
| τ | = | tasa de descuento |
| IRR | = | tasa de rentabilidad interna |
| A | = | anualidad |

Entonces:

$$RBT_k = R_k - A_k - D_k - I_k$$

$$IT_k = 0,33 RBT_k$$

$$RAT_k = 0,67 RBT_k$$

$$CAF_k = RAT_k + D_k$$

$$A = I_k + LR_k = C \frac{i}{1 - (1 + i)^{-n}}$$

n = número de años

o

$$A = I_k + LR_k = C (1 + i)^2 \frac{i}{1 - (1 + i)^{-n+2}}$$

cuando se conceda un periodo de gracia de 2 años durante el año k .

$$LR_k = C \left[\frac{i}{1 - (1 + i)^{-n}} - i \right] (1 + i)^{k-1}$$

o

$$LR_k = C (1 + i)^2 \left[\frac{i}{1 - (1 + i)^{-n+2}} - i \right] (1 + i)^{k-1}$$

$$I_k = A - LR_k$$

$$NV_k = CAF_k - LR_k - Di_k$$

$$NPV = \sum_0^n NV_k (1 + \tau)^{-k}$$

IRR se determina así:

$$\sum_0^n NV_k (1 + IRR)^{-k} = 0$$

Referencias bibliográficas

- [1] GAS 7 – Volúmenes 1 y 2: *Telecomunicaciones rurales*. UIT, 1992-1994.
- [2] Informe Final de la Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones (Buenos Aires, 1994), UIT.
- [3] Informe sobre la Cuestión 4/2: *Comunicaciones en las zonas rurales y distantes*. Comisión de Estudio 2 del UIT-D, Primer periodo de estudio (1995-1998). UIT, 1998.
- [4] Informe sobre el Desarrollo Mundial de las Telecomunicaciones. UIT, 1998.
- [5] NORDINGER C.W.: *Users of Public Telephones and their Benefits in a Developing Country: A case study of Senegal*. Information Telecommunication and Development. UIT, 1986.
- [6] ERNBER J.: *Universal Access through Multipurpose Community Telecentres – A business case*. Global Knowledge Conference GK 1997, Toronto – junio de 1997.
- [7] Informe final sobre el estudio de la Cuestión 1/1: *Papel de las telecomunicaciones en el desarrollo económico, social y cultural*. Documento 1/220, Comisión de Estudio 1 del UIT-D, diciembre de 1997.
- [8] RADICELLA S.M.: *Development and Telecommunications* – International Center for Theoretical Physics, Trieste, Italia, junio de 1995.
- [9] Results of Research Study in Vanuatu: *Socio-economic Benefits of Improved Telecommunications in Developing Countries*. UIT, 1998.
- [10] Canadian International Development Agency: *Rural Telecommunications in Colombia – Lessons learned*. CMDT-98.
- [11] Comisiones de Estudio 1 y 2 del UIT-D – Contribuciones de 1995 a 1997.
- [12] DYMOND A.: *Public and Private Interests in Advancing Viable Rural Service – The role of a favourable policy environment*. Cumbre Estratégica – Americas TELECOM 96, UIT.
- [13] Unidad de Políticas Estratégicas y Planificación: *Cuarto Coloquio sobre Reglamentación*. UIT, 1996.
- [14] TYLER M. y otros: *La nueva función del Estado en una era de liberalización de las telecomunicaciones – Interconexión: Cuestiones de reglamentación*. Unidad de Políticas Estratégicas y Planificación: pág. 147, Ginebra, 1995.
- [15] Proyecto de Informe provisional sobre la Cuestión 4/1: *Políticas y modalidades de financiación de las infraestructuras de telecomunicación en los países en desarrollo*. Documento 1/182(Rev.3), Comisión de Estudio 1 del UIT-D, diciembre de 1997.
- [16] Proceedings of the Finance and Trade Colloquia: Abidjan, 1996; Ammann, 1996; Brasilia, 1997; New Delhi, 1997; Geneva, 1997; St. Petersburg, 1998, UIT-D.
- [17] Issues in Telecommunications Development – Finance and Trade: Revisión de 1998, Primera edición, UIT-D, junio de 1998.
- [18] YUNUS M.: *Vers un monde sans pauvreté*. J.C. Lattès, éditeur, octubre de 1997.
- [19] GARNIER C.: *The Quest for the Missing Link*, Rural Telecommunications – Cumbre de Tecnología, TELECOM 95, UIT.
- [20] Revista de telecomunicaciones de Alcatel – 1^{er} trimestre de 1995 y 3^{er} trimestre de 1996.
- [21] BURD N.: *The ISDN Subscriber Loop*. Telecommunications Technology and Applications Series 5, Chapman and Hall, 1997.
- [22] WHILT S.: *Technology trends in wires*. British Telecom Mobile Business Conference, Londres, 1994.
- [23] US Department of Commerce – National Telecommunications and Information Administration: *Survey of Rural Information Infrastructure Technologies*. Special Publication 95-33, septiembre de 1995, Washington.
- [24] Commutation et Transmission. Special Issue 1995, Sotelec, Paris.
- [25] Manual sobre el servicio móvil terrestre: *Bucle local para el acceso inalámbrico*. Volumen I, UIT-R, 1997.
- [26] Manual on Mobile Communication Development. ITU-D, 1997.
- [27] Wireless Local Loop Strategies. Ovum 1996, Londres.
- [28] Telecommunications Manual 1993 for rural areas and low income areas. Ed. Farel, ITU/CITEL, 1993.

- [29] Proceedings of the ITU/TRT Seminars on rural telecommunication development – Guangzhou 1993; Paris 1994; Pretoria 1995, ITU.
- [30] Proceedings of the ITU/Citel/SRT Seminar on rural telecommunication development. Brasilia, 1995.
- [31] Documento 2/263(Rev.1) – Comisión de Estudio 2 del UIT-D, 1997.
- [32] Documento 2/276 – Comisión de Estudio 2 del UIT-D, 1997.
- [33] Report on opinions of group of experts to the World Telecommunication Development Conference (WTDC-98). Documento 162, 23 de marzo-1 de abril, La Valetta, Malta.
- [34] Manual sobre el Servicio Móvil Terrestre: *Principios y enfoques de la evolución hacia las IMT-2000/FSPTMT*. Volumen, UIT-R, 1997.
- [35] Recomendación UIT-R M.1034-1 *Requisitos de las interfaces radioeléctricas para las IMT-2000*.
- [36] Recomendación UIT-R M.819-2 *Las IMT-2000 para los países en desarrollo*.
- [37] KAYANI R. y DYMOND A.: *Options for Rural Telecommunications Development*. World Bank Technical Paper No. 359, Banco Mundial, 1997.
- [38] Coopers and Lybrand and EBRD: *Key Technology and Policy Options for the Telecommunications Sector in Central and Eastern Europe and the former Soviet Union*. Marzo de 1995, EBRD.
- [39] CAYLA G.: *Wireless Local Loop: at last, the last mile*. Cumbre de Tecnología, UIT, TELECOM 95.
- [40] HOUDAYER R.: *Evaluation financière des projets*. Ed. Economica, 1993.

Bibliografía adicional

UIT: *Une technologie moderne appropriée de télécommunications pour le développement rural intégré de l'Afrique*. 1981.

Banco Mundial: *Informe sobre el desarrollo mundial*. 1996.

UIT: *Informe de la Comisión Independiente sobre el Desarrollo Mundial de las Telecomunicaciones*. 1984.

SAUNDERS R.J., WARFORD J.J. y WELLENIUS B.: *Telecommunications and Economic Development*. John Hopkins University Press, 1983.

KIPLAGAT B.A. y WERNER M.C.M.: *Telecommunications and Development in Africa*. IOS Press Amsterdam, 1994.

World Tel's Feasibility Study: *Closing the Communications Gap*. McKinsey and Company, 1995.

Final Report of APEC Seminar: *Universal Access to the Benefits of the Asia-Pacific Information Infrastructure*. APEC Telecommunications Working Group, Darwin, marzo de 1998.
