Antonio Ricardo Castro Lechtaler • Rubén Jorge Fusario

Teleinformática

para Ingenieros en Sistemas de Información

Volumen 2

Segunda Edición

Editorial Reverté, s. a.

Escaner FerC

TELEINFORMÁTICA para Ingenieros en Sistemas de Información. SEGUNDA EDICIÓN. Volumen 2.

Primera edición, 1994, Madrid, España. Depósito Legal M. 9827 - 1994. Editorial McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A.

Primera edición. Primera reimpresión, 1994, México D. F., México.
Primera edición. Segunda reimpresión, 1995, Madrid, España. Depósito Legal M. 623 - 1995.
Primera edición. Tercera reimpresión, 1995, México D. F., México.
Primera edición. Cuarta reimpresión, 1996, México D. F., México.
Primera edición. Quinta reimpresión, 1997, Madrid, España. Depósito Legal M. 2972 - 1997.

Segunda edición: 1999, Barcelona, España. Depósito Legal B. 8134 - 1999. 2000 ejemplares.

teleinformática

para Ingenieros en Sistemas de Información

Volumen 2

Segunda Edición

teleinformática

para ingenieros en Sistemas de información

Volumen 2

Segunda edición

Antonio Ricardo Castro Lechtaler • *Rubén Jorge Fusario*

Profesor Titular Regular
Universidad de Buenos Aires
Universidad Tecnológica Nacional

Profesor Adjunto Regular
Universidad de Buenos Aires
Profesor Asociado
Universidad Tecnológica Nacional

EDITORIAL REVERTÉ, S. A.
Barcelona · Bogotá · Buenos Aires · Caracas · México

Propiedad de:
EDITORIAL REVERTÉ, S. A.
Loreto, 13-15, Local B
08029 Barcelona
E-mail (Internet): istz0125@tsai.es

Reservados todos los derechos. La reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos, queda rigurosamente prohibida sin la autorización escrita de los titulares del copyright, bajo las sanciones establecidas por las leyes.

MARCAS COMERCIALES: *La Editorial ha intentado distinguir marcas registradas, de términos usados como referencias, o palabras que en la práctica se usan para designar cosas o describir procedimientos, o denominar determinadas tecnologías. En ningún caso, se ha intentado infligir la marca, y si se ha hecho mención de ella, ha sido siempre pensando en el beneficio del propietario de la misma.*

NOTA IMPORTANTE: *La información contenida en esta obra tiene un fin exclusivamente didáctico; por lo tanto, no se ha previsto su aprovechamiento industrial. Sin embargo, los datos y técnicas que se describen, y demás información que se suministra, han sido elaborados con el mayor cuidado por parte de los autores.*

PRODUCTORA: Ingeniera MARÍA ANGELS SALA.
COORDINADOR TÉCNICO: Licenciado ROBERTO NOHARA.
COORDINACIÓN EDITORIAL: Ingeniera MARÍA ANGELS SALA.
APOYO GRÁFICO: Señor OSCAR ITURRALDE.
REVISIÓN DE ESTILO: Ingeniero JULIO BUENO.
CORRECCIONES DE MONTAJE: Licenciada LETICIA SALA.
MAQUETACIÓN: Licenciada LETICIA SALA y maquetista MARÍA CARMEN SALA.
ILUSTRACIONES: Delineante JUAN LÓPEZ.
GESTIÓN DE DERECHOS: Licenciada MARTA SALA.

Copyright © CASTRO LECHTALER, A. R. y FUSARIO, R. J.

Edición en español

© EDITORIAL REVERTÉ, S. A., 1999

Impreso en España - Printed in Spain

ISBN - 84 - 291 - 4389 - 0 Obra completa
ISBN - 84 - 291 - 4391 - 2 Volumen II
ISBN - 84 - 291 - 4390 - 4 Volumen I

Depósito Legal: B - 8134 - 1999

Impreso por Gráficas y Encuadernaciones Reunidas, S. A.
Tambor del Bruc, 6
08970 Sant Joan Despí (Barcelona)

Dedicamos esta nueva obra

A nuestros maestros, que les debemos lo que sabemos.
A nuestros lectores, que nos han honrado al leer nuestros libros.
Castro Lechtaler, A. R. y Fusario, R. J.

A mis padres, Antonio (†) y Elsa.
A Loly, esposa y amiga de toda la vida.
A mis hijos, Ricardo, Marcela, Gabriela y Sol.
A mis hijos políticos Patricia Corti y Claudio Remón.
A mis nietos Tomás, Andrés y Marcos.
Castro Lechtaler, A. R.

A mis padres, que me iniciaron en el camino del estudio.
A mis hijos, Alejandro, Maximiliano y Romina, que constituyen la razón de todos mis esfuerzos.
Fusario, R. J.

Prólogo a la primera edición

La presentación de este libro relativo a la teleinformática, disciplina de reciente introducción en las carreras de informática y comunicaciones, ha sido una tarea que hemos encarado con empeño, dedicación y entusiasmo.

La poca presencia de textos en idioma español, como el que presentamos y en particular que respondan a los programas de estudio vigentes en las diferentes universidades argentinas en la materia, fue una de las razones más importantes que nos impulsó a encarar este esfuerzo que representa la realización de este primer volumen.

La bibliografía que hemos consultado para realizar este trabajo, es indicada al final de la obra y ha sido todo lo completa que hemos podido.

Seguramente se habrán deslizado algunos errores que en ediciones posteriores trataremos de corregir. Por otro lado, la falta de tiempo y la urgencia en contar con un libro que nos sirviera como elemento de trabajo en nuestra actividad docente, fueron quizás las causas que más conspiraron en detrimento de una terminación más pulida de esta obra, tanto desde el punto de vista técnico como formal.

Hemos tratado de que este texto tenga un carácter general e introductorio, en un lenguaje accesible, para que se pueda encontrar en él toda la amplia gama de temas que se requieren para conocer esta materia.

También ha sido nuestra intención, dar al trabajo un sentido didáctico, para que pueda ser usado como libro de texto por los profesionales y estudiantes que se dediquen a estudiar las carreras informáticas. Es por

ello que en algunos casos, se hacen consideraciones sobre temas de carácter general; éstos, si bien no son específicos de la materia que nos ocupa, permiten la comprensión de algunos fenómenos o demostraciones técnicas.

En particular, los capítulos sobre modulación, códigos y redes de telecomunicaciones presentan ese aspecto señalado, de una faceta general y otra particular.

Hemos dejado por otra parte, para el segundo volumen de este libro, el tratamiento en profundidad de algunos temas como el concerniente a arquitecturas de comunicaciones, protocolos de comunicaciones y las redes especiales de transmisión de datos.

También para la segunda parte del libro han quedado aspectos no menos importantes pero más avanzados, como son las redes de Área local y metropolitanas, compresión de datos, criptografía y un estudio más pormenorizado sobre las redes de telecomunicaciones en sentido amplio y su diseño en casos concretos. Sobre esos temas ya estamos terminando lo que esperamos sea el segundo volumen de esta obra.

Nos queda agradecer a todos los que nos facilitaron la tarea de esclarecer nuestras dudas y nos ofrecieron su valioso tiempo, para explicarnos aquellos aspectos que teníamos confusos.

En primer lugar, para el Profesor Ingeniero *Horacio Reggini*, académico argentino que nos enseñó las primeras letras en esta especialidad y que nos desarrolló la vocación por estos temas.

Al Licenciado *Jorge Nuñez* (†), a la Doctora *Virginia Chaina*, y al Ingeniero *Antonio Foti*, con quienes siempre hemos consultado nuestras dudas.

A los Licenciados *Carlos Tomassino* y *Alberto Uhalde*, que nos alentaron a transformar apuntes de clase, en una obra en sentido formal.

A los colegas extranjeros que hemos molestado con consultas sobre temas concretos, Doctores *Ramiro Montealegre* (Guatemala), *Eduardo Mejías Torres* (Cuba) y al Ingeniero *Luis Lavandera* (España), nuestro profundo agradecimiento.

A los Doctores *Juan Carlos Chervatín* y *José Seoane*, quienes no dejaron oportunidad, sin efectuarnos precisas observaciones sobre estos temas.

Al Ingeniero *Roberto Severini*, quien corrigió con la capacidad profesional que todos le conocemos, un capítulo de la obra; y al Ingeniero *Rodolfo Schmidt*, que nos alentó y facilitó, bibliografía importantísima.

Al Centro Regional para la Enseñanza de la Informática (CREI) con sede en Madrid, España, y en especial a las personas de su Director don *Manuel Ruiz Cubiles* y de su Subdirectora doña *María Teresa Molina*, que nos invitaron a desarrollar estos cursos por diversos países de América Latina, hecho este que nos permitió escuchar las opiniones de alumnos y colegas de otros pueblos hermanos.

Al Coordinador Técnico de esta obra Licenciado *Raúl Salcedo*, profesional informático destacadísimo, que ha trabajado en este libro tanto o más que los autores, con una eficiencia y eficacia digna de ser destacada.

A nuestro corrector *Wilson Armando Fusario*, que se ocupó con todo detalle y cariño, de revisar los aspectos formales de la obra; al Coordinador Editorial señor *Oscar Iturralde*, incansable, eficaz, competente; y al señor *Pablo Peralta* que no supo de fines de semana, todas las veces que fue necesario.

BUENOS AIRES, 30 de noviembre de 1993.
Antonio Ricardo Castro Lechtaler

Prólogo a la segunda edición por el Profesor Ingeniero HORACIO CARLOS REGGINI

Al comenzar a prologar este libro acuden a mi memoria variados recuerdos. Gracias a una beca obtenida por concurso y otorgada por la Universidad de Buenos Aires, pude acceder en 1959/60 —cuatro décadas atrás— a Columbia University, en New York. Eran años de pujante desarrollo intelectual y científico en la Argentina; Bernardo Houssay dirigía el recientemente creado —a imagen y semejanza de su homónimo francés— Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Tuve la suerte de que en ese momento la universidad tuviese la visión y la posibilidad de capacitar a sus profesores. Me interesaba sobremanera el novísimo tema de las computadoras —que recién se iniciaba— y alcancé a adquirir valiosa experiencia teórica y práctica sobre las nuevas tecnologías de la información en el IBM Watson Scientific Computing Laboratory de la universidad norteamericana citada previamente. Pocos años más tarde, pude conocer muy de cerca el Proyecto MAC del Instituto Tecnológico de Massachusetts en el que se plasmaron muchas de las ideas que se han hecho realidad en los últimos años: giraba alrededor de la poderosa conjunción de las computadoras y las telecomunicaciones, hecho que hoy en día ha desembocado en las maravillas de Internet. Las iniciales MAC correspondían a las palabras *machine aided cognition*[1] que expresaba

[1] Cognición ayudada por máquinas.

el objetivo general del proyecto, y también *multiple access computer*[1], que describía su modo de operación. Hoy en día la computación y las telecomunicaciones se hallan en un grado tan alto de integración que es casi imposible determinar con precisión cuál es la frontera entre las técnicas utilizadas para resolver los problemas de ambas disciplinas.

Al regresar de mi beca en los Estados Unidos volqué mis mejores afanes en la difusión de la nueva ciencia y sus aplicaciones en cursos y conferencias en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires y en diversas otras instituciones. Entre ellas, en particular, la Escuela Superior Técnica del Ejército. La computación no parecía para algunos asuntos importante en aquellos tiempos, y mi primer curso de introducción ligado al tema debió denominarse, en 1961, Matemática Aplicada. Mi visión, en cambio, era mucho más amplia y argumentaba con insistencia que las computadoras no eran sólo para hacer aritmética y que su campo de utilización abarcaría un inmenso espectro de las actividades humanas. De esa época son mis publicaciones *Computadoras. Programación en FORTRAN* (volúmenes I y II, 1962–1963) y *Simulación en computadoras* (1964), editadas por la Junta de Investigaciones Científicas y Experimentaciones de las Fuerzas Armadas.

Tuve a mi cargo esa cátedra en la Escuela Superior Técnica con ese nombre hasta 1969, y con el correr de los años, mis clases se dirigieron menos a los métodos numéricos y se concentraron más en los usos múltiples de las computadoras en ámbitos de comunicaciones, ingenieriles, empresarios y su repercusión en la sociedad toda. Finalmente, en 1970, pasó a llamarse Computación, cátedra que mantuve hasta 1981. Muchos de mis alumnos percibieron el tañido de las campanas de la emergente sociedad de la información y de la comunicación —como se ha dado en llamar a la era presente— y hoy ellos son distinguidos colegas. Uno de ellos —que creyó en el nuevo mundo en ciernes— fue Antonio R. Castro Lechtaler.

Los adelantos en los diseños de las computadoras y la increíble ubicuidad de las telecomunicaciones, permiten vislumbrar prodigios tecnológicos que superan fantasías del pasado. La convergencia de los medios —hecha realidad por la teleinformática— es moneda corriente. Recuerdo la sensación de milagro cuando en agosto de 1964 pude establecer por primera vez un enlace radial desde Buenos Aires con las computadoras del Proyecto MAC en Boston. El futuro, que parecía tan lejano entonces, se ha convertido ahora en realidad cotidiana.

Nadie ignora el papel decisivo que juegan las telecomunicaciones en la sociedad moderna que requiere cada vez más conocedores y expertos en el tema. Castro Lechtaler y Fusario ofrecen con este libro un excelente medio que les permitirá asimilar los principios de las telecomunicaciones. La obra se orienta a los conceptos fundamentales y a las tecnologías actuales. Hace especial hincapié en los rudimentos permanentes que mantendrán siempre validez frente a las innovaciones que continuamente han de ir surgiendo de los laboratorios y fábricas de equipos de comunicaciones. La obra pasa a ocupar un lugar destacado dentro de la escasa bibliografía que en castellano existe sobre el tema.

[1] Acceso múltiple a computadoras.

No nos queda sino agradecer la dedicación, el esfuerzo y también el cariño que los autores han puesto en la preparación de este libro.

BUENOS AIRES, 28 de febrero de 1999.
Prof. Ing. *HORACIO C. REGGINI*
Académico Titular.
Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
Academia Argentina de Artes y Ciencias de la Comunicación.

Prefacio a la segunda edición

Este libro que hoy presentamos a la comunidad universitaria de Hispanoamérica es el fruto de nuestro trabajo en las aulas de distintas universidades argentinas, que nos han honrado invitándonos a su cátedra, y de otras universidades de nuestro continente, a las que hemos podido llegar gracias a los distintos programas de cooperación entre los países de habla castellana.

La favorable acogida que dieron nuestros colegas y los estudiantes universitarios de habla hispana a nuestra obra *Teleinformática Aplicada*, publicada en España y México por la Editorial McGraw-Hill Interamericana de España S. A., nos ha hecho repensar la obra a la luz de las constantes innovaciones tecnológicas que se viene dando en esta década tanto en el campo de las comunicaciones como en el de la informática.

La idea que teníamos desde hace ya varios años era la de imprimir la segunda edición de aquella obra, pero luego fueron tantas las correcciones que hemos introducido y tan diferente la producción que hemos decidido conjuntamente con el equipo técnico de EDITORIAL REVERTÉ, nuestro actual editor, que hemos decidido darle un nombre más acorde con las personas a quienes está dirigida la misma. Además, nuestros anteriores lectores podrán comprobar que ésta es una obra mucho más pulida tanto desde el punto de vista profesional como del editorial. Se presenta ahora en un tamaño más moderno, se han añadido colores que destacan el texto y se han rediseñado todas las figuras. Esperamos que nuestros colegas, así como nuestros alumnos y lectores en general, consideren este libro como una obra actualizada y con una terminación prolija. También

hemos tratado de que los errores, que seguramente los habrá, estén acotados a un mínimo razonable.

Queremos resaltar que éste es fundamentalmente un libro de texto universitario, donde hemos tratado de otorgar la mayor prioridad posible a la comprensión didáctica de los distintos temas tratados y a la forma en que ellos van apareciendo ante la mirada del lector.

En ese sentido, aquellos temas que son independientes de los cambios tecnológicos, que actualmente se producen casi a diario, tienen para nosotros la mayor importancia.

Hemos tratado, dentro de lo razonable, de no usar acrónimos sin su aclaración en el mismo párrafo para referirnos a tecnologías, sistemas o normas. También hemos evitado el uso de abreviaturas, que complican la lectura y aún más el estudio, especialmente cuando el lector se está introduciendo en estos temas.

Estamos decididamente en contra de que los alumnos, además de tener que comprender lo que los autores les queremos expresar, deban aprenderse de memoria un largo conjunto de letras en mayúsculas, que finalmente obligan a explicar, en tablas al final de la obra, qué se quiso decir.

En lo que respecta a la avalancha de palabras técnicas que estas especialidades han ido creando, la mayoría de ellas en idioma inglés, hemos creído prudente, dentro de lo posible, respetar las mismas en su idioma original. Las traducciones de palabras a nuestro criterio intraducibles, si bien pareciera que tienden a preservar nuestro idioma, en la vida diaria nadie las usa; y se requeriría un diccionario especial explicativo para saber qué quisieron decir los traductores. Por otra parte, si bien nos sentimos muy orgullosos de nuestro idioma, hemos optado, en muchos casos, usar los vocablos tal como se denominan en el idioma en que dichos conceptos fueron generados.

Creemos que es nuestra obligación hacer todo lo posible por generar nuevas tecnologías, para que habiendo sido nosotros los primeros en darle nombre a cosas nuevas, sean otros los que tengan que adoptar palabras de nuestro idioma.

En lo formal hemos reformulado la totalidad de las figuras del texto, con el objeto de que la presentación sea más cuidada y más estética. Como se expresó, nuestro mayor cuidado ha estado dirigido a reducir al máximo los errores que inevitablemente siempre se deslizan en todo libro de texto, pero creemos difícil que no aparezcan. Nuestros lectores, con ayuda de la Red Internet, seguramente nos ayudarán a ir corrigiéndolos en futuras reimpresiones.

Queremos aprovechar esta oportunidad para hacer una petición. Poco antes de finalizar nuestra tarea y a través de nuestro directo y prestigioso amigo el Doctor *JOAN BRAVO PIJOAN*, a quien invitamos a Buenos Aires para que dictara un exitoso curso referido a la especialidad, nos enteramos de la disolución, por parte del Gobierno del Reino de España, del CREI **(Centro Regional para la Enseñanza de la Informática)**. Resulta lamentable que autoridades políticas, y por lo tanto circunstanciales de nuestros países, echen por la borda, como ha sido en este caso y muchos otros que lamentablemente se repiten en AMÉRICA LATINA, trabajos conjuntos para la formación de las nuevas generaciones de IBEROAMERICANOS. En estas tareas han intervenido tantos y tan buenos profesionales que resulta muy pobre tener que aceptar las siempre reiterativas justificaciones basadas en la escasez de presupuesto, justificaciones éstas no siempre bien aclaradas.

Sería lamentable que, usando teorías económicas que hoy están tan en boga, se coloque el dinero por delante de la EDUCACIÓN, de la CULTURA y la unión de nuestros pueblos, unidos por la misma lengua y por las mismas costumbres. Esta medida debería ser reconsiderada. El CREI ha hecho mucho más por ESPAÑA y LATINOAMÉRICA que muchos embajadores de todos nuestros países juntos.

Finalmente, quedamos a la espera del juicio crítico de todos nuestros colegas, de nuestros alumnos (que son muchos) y de nuestros lectores habituales, a quienes rogamos que sean todo lo indulgentes que puedan ser.

Ciudad Autónoma de BUENOS AIRES, 30 de marzo de 1999.

ANTONIO RICARDO CASTRO LECHTALER
acastro@utn.edu.ar

reconocimientos y agradecimientos

Al escribir una obra, cualquiera sea ésta, los agradecimientos y reconocimientos que los autores deben efectuar son necesariamente siempre muchos, y por distintas causas; la mayoría de ellas relacionadas con el apoyo que se recibe durante la preparación de la misma. Cualquier autor puede dar fe de ello. Luego debemos resaltar la colaboración de muchas personalidades que nos han facilitado sus claustros o que nos han invitado a participar estrechamente en las actividades que dirigen, o al de todos aquellos a quienes molestamos pidiéndoles consejos, solicitándoles información, o más aún, pidiéndoles que revisaran parte de este trabajo.

En primer término debemos agradecer al Profesor Ingeniero *HORACIO REGGINI* quien, como se expresa en el prólogo a la primera edición, nos inculcó el interés por estos temas. Sin embargo, a partir de ahora tenemos una deuda quizás mayor, en razón a su generosidad e indulgencia en haber aceptado prologar esta segunda edición. Nos llena de verdadero orgullo que una persona de su capacidad personal y de su sensibilidad humana y estética haya aceptado nuestro pedido. Horacio se ha transformado no sólo en un amigo cabal, sino en un profesional de muy alto nivel intelectual y proyección internacional.

Al señor Rector de la Universidad de Buenos Aires, Doctor *OSCAR SHUBEROFF*, quien nos ha honrado con su amistad personal y con quien hemos colaborado en algunas de sus gestiones; al señor Rector de la Universidad Tecnológica Nacional, Ingeniero *HÉCTOR BROTTO*, con quien acuñamos una amistad y una relación de trabajo de tantos años. Con am-

bos, nos une el trabajo continuo por una universidad autónoma, más preparada para afrontar los desafíos del tercer milenio, forjadora de juventudes, que piensan y defienden los ideales de democracia y libertad que guían a nuestra patria y a toda la comunidad iberoamericana. Ellos, nos han ayudado facilitando nuestra labor en los grupos de investigación que integramos y en la labor docente diaria que desarrollamos.

De la misma manera, a nuestro querido y viejo amigo, el Doctor *JUAN CARLOS CHERVATÍN*, Decano de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires. Con *JUAN CARLOS* hemos compartido una cantidad de proyectos de singular trascendencia en el campo de las Tecnologías de la Información y nuestra relación personal trasciende lo meramente profesional. Con él estamos empeñados en modernizar la forma de encarar la enseñanza universitaria y dedicaremos seguramente nuestros próximos esfuerzos en ese sentido.

Al señor Doctor *ROBERTO PUCCIO*, Rector Delegado de la Universidad Católica de Salta, amigo, compañero en Madrid de épocas de estudio y perfeccionamiento profesional. *ROBERTO* nos apoya constantemente en nuestras actividades profesionales y es también un luchador por el afianzamiento de las democracias en nuestro continente americano. Su actuación como Director de la Escuela Superior de Gendarmería Nacional así lo muestra.

También tenemos una deuda de gratitud con nuestros colegas y amigos de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional que colaboran diariamente facilitando nuestra labor en los trabajos de investigación realizados en el área de las redes de telecomunicaciones. En primer lugar, a nuestro viejo amigo el Arquitecto *LUIS DE MARCO* Decano de esa Casa, a nuestro colega informático el Licenciado *OSCAR NOGUEZ* Secretario Académico, al Secretario de Ciencia y Técnica Profesor *HÉCTOR PUEYO*, y quienes no sólo resultan amigos valiosos, sino que además tienen la difícil tarea de tener que escucharnos casi a diario en nuestros pedidos, el Ingeniero *JORGE SINDERMAN* y el Licenciado *ALBERTO UHALDE*.

Al Licenciado *CARLOS TOMASSINO*, Decano de la Universidad de Belgrano. Con *CARLOS* hemos compartido y lo hacemos aún hoy, momentos profesionales y personales en un clima verdaderamente placentero.

Al grupo de destacados profesionales de la Universidad de Morón. En primer término a su Decano Ingeniero *ROBERTO MANUEL IGARZA*, su Secretario Académico *HUGO RENÉ PADOVANI* a quien conocemos desde la época de las primeras computadoras que funcionaron en la Argentina y al Ingeniero *OSCAR SEGRÉ*, sobresaliente investigador de dicha Universidad.

A las autoridades de la Escuela Superior Técnica del Ejército Argentino que nos han invitado a ocupar la cátedra en esa importante y destacada Universidad Nacional. La fina sensibilidad que han mostrado ha llevado a que hoy día recorran sus aulas, en forma conjunta, personal militar activo y alumnos civiles, sin más requerimientos que su idoneidad personal. Las democracias se forjan de esa manera, sin elitismos y mediante la integración de todos los grupos sociales en la cual se vive cotidianamente.

Al Licenciado *ROBERTO DEVOTO*, quien revisó parte del Capítulo Segundo, y al que hemos hecho perder, según nos lo ha hecho saber expresamente, partidos de tenis y reuniones con amigos a la hora en que cae el sol. *ROBERTO* es un profesional de relevantes aptitudes humanas y profesionales, y un educador en todo el sentido de la palabra.

El Licenciado *ROBERTO NOHARA* ha sido el que diseñó técnicamente la totalidad de las figuras de este volumen con una profesionalidad que el lector podrá juzgar por sí mismo. Además, nos ha sugerido cambios y enfoques más útiles y ha colaborado en la corrección técnica con la solvencia profesional a la que nos tiene acostumbrados. *ROBERTO* ha pasado a ser parte de esta edición, y su paciencia en escuchar nuestras correcciones debe ser un récord digno de anotarse en el libro de Guinness. Él ha llevado adelante una de las partes más duras del trabajo.

A nuestro colega reciente y prematuramente fallecido, Licenciado *JORGE NUÑEZ* (†), quien compartiera nuestra cátedra, nuestro sentido homenaje. *JORGE* nos enseñó tantas y tan variadas cosas, y no sólo a nosotros sino, además, a alumnos y colegas, que nuestro recuerdo emocionado nos conmueve permanentemente. Docente insuperable, amigo cabal, profesional destacadísimo, será para los que tuvimos el honor de participar de su amistad, un ejemplo a seguir. Su familia, sin duda, se puede sentir orgullosa de él.

Al Licenciado *MARIANO ABSATZ*, quien nos ayudó en la búsqueda y confección de los temas referidos a la RED INTERNET, que hemos introducido por primera vez en esta edición. *MARIANO* es un ser muy especial, a quien resulta muy fácil valorar y tenerle cariño y aprecio.

Al señor *OSCAR ITURRALDE*, paciente, activo, eficiente, amigo de tantos años que hemos perdido la cuenta. *OSCAR* se ha encargado de la composición interior de este texto, y, además, ha coordinado todas nuestras publicaciones; por lo que, los diálogos que mantenemos durante la producción de alguna obra, son casi irreproducibles a causa de todos los cambios que ordenamos cuando la tarea está (solamente para él) finalizada. Sin su colaboración, nuestros trabajos difícilmente hubieran visto las máquinas de las imprentas.

A todos los Miembros del Equipo de Trabajo del Proyecto **Sistema de Información Universitario (SIU)**, que se ejecuta en el Ministerio de Educación de la Nación Argentina, y al que, durante la redacción de esta obra, tuvimos el alto honor de pertenecer y dirigir. Creemos que en algún momento se les debe haber pedido alguna idea o colaboración, y deseamos no olvidar a ninguno. A la señora Coordinadora General, Arquitecta *PATRICIA CÁRCOVA*; a los señores Responsables de los distintos Módulos del **Programa SIU**, Licenciada *MARÍA LUJÁN GURMENDI*, Contadora *ESTHER ITURRALDE*, Licenciado *JAVIER DIAZ*, Licenciado *JORGE ZACAGNNINI* y Contador *CARLOS LORENZO*; a los Coordinadores de Programación, de Análisis de Sistemas y Técnico, Licenciado *RICARDO WILLIAMS*, Licenciado *ERNESTO CHINKES*, y Licenciado *MARIANO ABSATZ*; al brillante programador y amigo *RODOLFO BIAGIOLA* con quien iniciamos los trabajos; a los profesionales que trabajan en las distintas tareas que conlleva el Programa, Ingenieros *HERNÁN COBO*,

Osmar Madsen y *Javier Sueiro*, al Contador *Luis Elissondo*, a los Licenciados *Rodrigo Patrón Costas*, *Guillermo Ostuni Lima*, a los señores *Victor Milani*, *Javier Suárez Imer*, a la señora *Julia Robín*; al señor *Hernán Carballo* y a los becarios alumnos que han colaborado con el citado programa, señor *César D'Onofrio*, las señoras *Ana López Sanabria* y *Mariana Paula Rodríguez Sebedio*. Todos acreditan virtudes de todo tipo y para describirlas sería necesario demasiado espacio. Este Programa, actualmente a cargo de la Licenciada GURMENDI, sigue un camino de éxitos continuos y estamos seguros de que, mediante su inteligente y creativa conducción, será en el futuro un espejo donde se podrán mirar otras comunidades universitarias del mundo.

Al Presidente de la **Comisión Administradora del Programa SIU**, Licenciado *Rodolfo Briozzo*, le debemos un reconocimiento aparte, por su calidad humana, su capacidad profesional y por tener la paciencia de aguantar nuestra poco ortodoxa manera de ser y trabajar. A él, nuestro profundo agradecimiento. Este **PROGRAMA NACIONAL**, de singular importancia para el sistema universitario argentino, ha sido una idea del Licenciado *Juan Carlos Del Bello*, funcionario creativo e innovador, que nos confió la responsabilidad de conducirlo, nuestra gratitud por la confianza que nos dispensó en su momento.

A nuestros compañeros, de los dos Grupos de Investigación, en los que participamos, tanto el denominado **Diseño y Gestión de Redes Teleinformáticas**, como el de generación de **Software de Comunicaciones**, Ingenieros *Antonio Foti* y *Hugo Ryckeboer*, profesionales destacadísimos en nuestra especialidad y amigos dilectos; a los Profesores Adjuntos y Jefes de Trabajos Prácticos que nos acompañan en la Cátedra Universitaria con entusiasmo, gran capacidad profesional y responsabilidad, Ingenieros *Alejandro Echazú*, *Rosendo Pérez*, *Alejandro Corletti*, *Guillermo Ferraris*, *Juan Couce*, *Federico Koval*, *Sergio Villarreal* y *Juan Rickert*. Ellos son muy buenos compañeros, pero fundamentalmente personas de bien, que nos honran con su colaboración. Se han tomado la molestia de revisar borradores, aportar ideas y presentarnos sugerencias muy valiosas que hemos tenido siempre presente. También algunos alumnos nos han hecho llegar ideas que debemos agradecer, destacando entre tantos, al hoy ya Ingeniero *Sergio Villarreal* por la agudeza de sus observaciones y a la Ingeniera *Debora Esnaola*.

Al Ingeniero *Rubén Kustra* amigo, profesional de nivel internacional, que nos honra con su amistad y que nos ha facilitado documentación técnica de invalorable calidad.

Al Licenciado *Ernesto Chinkes* joven y talentoso profesional, docente en la Universidad de Buenos Aires con quien compartimos muchas tareas en el Campo de las Tecnologías de la Información, y otras, de carácter docente de relevancia profesional por la colaboración que siempre hemos recibido a través de su trabajo y su empuje personal.

Al Profesor *Carlos Ríos* educador, pedagogo notable, pero por encima de todo, espíritu sensible y dedicado a la formación de las futuras generaciones de docentes iberoamericanos. *Carlos* es un amigo con quien los momentos de reflexión se transforman en horas de placer.

También debemos señalar la importante tarea que desarrolló el Ingeniero *Juan Carlos Cervellera* docente de la Universidad Católica de Salta y de la Universidad de Morón. En las oportunidades que le hemos solicitado una opinión, o la búsqueda a través de la Red Internet, de aspectos que creíamos interesante analizar para su inclusión en la obra siempre encontramos su buena disposición.

Al señor *Vicente Cupo*, que fue el primero que nos ha apoyado en el campo editorial. Su colaboración siempre ha sido de un valor inestimable, y su profesionalidad es digna de todo elogio. *Vicente* ha ido aportando ideas interesantes y oportunas, y es un entusiasta de nuestra obra. También debemos nuestro agradecimiento a la señora *Susana De Silvestre*, quien nos ha atendido con eficiencia, y, además, con la sonrisa, que siempre es necesario encontrar en los momentos más complejos y difíciles de un trabajo.

A nuestro corrector *Wilson Armando Fusario*, que se ocupó con todo detalle y cariño, de revisar los aspectos formales de la obra; y al señor *Pablo Peralta*, que como en todos los casos en que hacemos algo, lo hacemos con su valiosa ayuda, incluyendo como hemos señalado en la primera edición.

No alcanzaremos nunca a agradecer suficientemente a la gente de **REVERTÉ S. A.**, que ha colaborado en la generación de este libro. En primer lugar a *Martín* y *Marta Sala* que nos ofrecieron todas las facilidades y nos demostraron la calidad de impresión que esta Editorial es capaz de realizar en la producción de sus obras. A la señora *Marta Sala Reverté* con quien nos las tuvimos que ver para firmar los contratos de edición. Con la dinámica *María Angels Sala Reverté* que ha gastado mucho de su valioso tiempo para atender las excentricidades de nuestros gustos con el objeto de poder llegar al fin en la producción, y a quien la Red Internet, le debe resultar hasta una compañera de sueños. *Angels*, debería contar cuantos mensajes hemos cursado a través de la red y seguramente se llevará un menudo susto. A *Julio Bueno* de quien podríamos decir sin equivocarnos, que más que corregir el estilo del libro lo ha rehecho. También su paciencia debería intentar medirse, aunque pensamos que sería muy difícil hacerlo. A las maquetadoras *Leticia Sala* y *María Carmen Sala* extremadamente prolijas y diligentes en su quehacer. Al delineante que ha reconfeccionado las ilustraciones que hemos enviado, don *Juan López*. A todos ellos nuevamente muchas, pero muchas gracias por la calidad, por el color, la calidez, la belleza y hasta por la música, que pareciera tener el trabajo que han realizado.

Finalmente, quizás nuestro mayor agradecimiento, a nuestros alumnos y lectores que nos acompañan en todas nuestras actividades.

Ciudad Autónoma de BUENOS AIRES, verano austral de 1999.

Antonio Ricardo Castro Lechtaler

Rubén Jorge Fusario

Índice abreviado

Volumen 2

PRÓLOGO A LA PRIMERA EDICIÓN		IX
PRÓLOGO A LA SEGUNDA EDICIÓN POR EL PROFESOR INGENIERO HORACIO CARLOS REGGINI		XIII
PREFACIO A LA SEGUNDA EDICIÓN		XVII
RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS		XXI
ÍNDICE ANALÍTICO		XXIX
CAPÍTULO 6	Canales de comunicaciones	363
CAPÍTULO 7	Medios de comunicaciones	427
CAPÍTULO 8	Equipos módem de datos	525
CAPÍTULO 9	La red telefónica conmutada	597
CAPÍTULO 10	Equipos de telecomunicaciones y de comunicación de datos	689
GLOSARIO DE TÉRMINOS TELEINFORMÁTICOS		747
INSTITUCIONES NACIONALES E INTERNACIONALES DE NORMALIZACIÓN		771
BIBLIOGRAFÍA		777
ÍNDICE DE BIOGRAFÍAS BREVES		787
ÍNDICE ALFABÉTICO		789

Volumen 1

PRÓLOGO A LA PRIMERA EDICIÓN IX

PRÓLOGO A LA SEGUNDA EDICIÓN POR EL PROFESOR INGENIERO HORACIO CARLOS REGGINI XIII

PREFACIO A LA SEGUNDA EDICIÓN XVII

RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS XXI

ÍNDICE ANALÍTICO XXIX

CAPÍTULO 1 Introducción a la teleinformática 1

CAPÍTULO 2 Características de las señales de telecomunicaciones 53

CAPÍTULO 3 Técnicas de transmisión de la información 117

CAPÍTULO 4 Modulación, digitalización y multiplexación de señales 171

CAPÍTULO 5 Teoría de la información y de la codificación 263

GLOSARIO DE TÉRMINOS TELEINFORMÁTICOS 313

BIBLIOGRAFÍA 337

ÍNDICE DE BIOGRAFÍAS BREVES 347

ÍNDICE ALFABÉTICO 349

Índice analítico

Volumen 1

PRÓLOGO A LA PRIMERA EDICIÓN IX

PRÓLOGO A LA SEGUNDA EDICIÓN POR EL PROFESOR INGENIERO HORACIO CARLOS REGGINI XIII

PREFACIO A LA SEGUNDA EDICIÓN XVII

RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS XXI

CAPÍTULO 1 Introducción a la teleinformática 1

1.1 La informática y las comunicaciones 2

1.1.1 La revolución informática y la sociedad del conocimiento 2
1.1.2 La incorporación de las comunicaciones al fenómeno informático 6
1.1.3 La teleinformática y las tecnologías de la información 7
1.1.4 La globalización e Internet 10
1.1.5 Teleinformática y ética 11
1.1.6 Campos de acción del proceso informático 12

1.2 Definiciones y conceptos básicos 13

1.2.1 Definición y concepto de transmisión de datos 13
1.2.2 Definición y concepto de teleinformática 16
1.2.3 Modos de explotación de sistemas informáticos y teleinformáticos 17

1.3 Sistemas teleinformáticos 20

1.3.1 Generalidades 20
1.3.2 Sistemas remotos por lotes (batch remoto) 20
1.3.3 Gestión remota de archivos 22
1.3.4 Sistemas teleinformáticos interactivos 24
1.3.5 Sistemas teleinformáticos de control de procesos 25
1.3.6 Sistemas teleinformáticos de tiempo compartido 25
1.3.7 Sistemas teleinformáticos de transmisión de mensajes 26

1.4 Características de los sistemas teleinformáticos 27

1.4.1 Objetivos de un sistema teleinformático 27
1.4.2 Sistemas informáticos aptos para utilizar técnicas teleinformáticas 29
1.4.3 Aplicaciones típicas de los sistemas de comunicación de datos 30

1.5 Circuito teleinformático 30

1.5.1 Introducción 30
1.5.2 Equipos terminales de datos (ETD) 32
1.5.3 Equipos terminales del circuito de datos (ETCD) 34
1.5.4 Línea de comunicaciones (LC) 35
1.5.5 Esquema básico de un circuito teleinformático sobre redes analógicas 35
1.5.6 Enlace y circuito de datos 35

1.6 Internet 36

1.6.1 Antecedentes históricos 36
1.6.2 Equipos que integran la red 38
1.6.3 Situación actual 39
1.6.4 Organización de Internet 41

CAPÍTULO 2 Características de las señales de telecomunicaciones 53

2.1 Señales analógicas y digitales 54

2.1.1 Introducción 54
2.1.2 Definiciones 54
2.1.3 Transmisión de señales 54

2.2 Características de las señales utilizadas en la transmisión de datos 60

2.2.1 Señales periódicas 60
2.2.2 Representación de una señal periódica mediante la serie de Fourier 67
2.2.3 Ondas electromagnéticas. Ecuación de onda 74
2.2.4 El espectro de frecuencias electromagnéticas 84

2.3 Unidades de medida 86

2.3.1 Introducción 86

2.4 El ancho de banda 91

2.4.1 Definición de ancho de banda 91
2.4.2 Concepto de ancho de banda 91
2.4.3 Curva de ganancia de un amplificador 92
2.4.4 Efecto del ancho de banda sobre una señal 94

2.5 Señales en banda base 94

2.5.1 Definición 94
2.5.2 Señales unipolares, polares y bipolares 95
2.5.3 Transmisión en banda base 97
2.5.4 Clasificación de las señales en banda base 100
2.5.5 Códigos usados para señales en banda base 101
2.5.6 Códigos normalizados por la UIT-T 108

2.6 Filtros 109

2.6.1 Introducción 109
2.6.2 Definición 109
2.6.3 Clasificación de los filtros 110
2.6.4 Diseño de filtros 111

CAPÍTULO 3 Técnicas de transmisión de la información 117

3.1 Definiciones básicas 118

3.1.1 Definición de byte 118
3.1.2 Definición de palabra 118
3.1.3 Concepto de bloque 119

3.2 Medidas de la velocidad en la transmisión de información 119

3.2.1 Definiciones 119

3.3 Relación entre ancho de banda y velocidad de modulación 127

3.3.1 Definición de tasa de errores 127
3.3.2 Relación entre la tasa de errores y el ancho de banda 128

3.4 Transmisión multinivel 131

3.4.1 Necesidad de la transmisión multinivel 131
3.4.2 Relación entre velocidad de modulación y velocidad de transmisión 131
3.4.3 Dibits 132
3.4.4 Tribits y cuadribits 134

3.5 Compresión de datos 136

3.5.1 Introducción 136
3.5.2 Definición de compresión de datos 137
3.5.3 Medidas de la compresión de datos 137
3.5.4 Esquemas usados para comprimir conjuntos de datos 139
3.5.5 Nociones sobre las técnicas de compresión de datos 139

3.6 Modos de transmisión: serie y paralelo 142

3.6.1 Introducción 142
3.6.2 Transmisión en modo paralelo 143
3.6.3 Transmisión en modo serie 144
3.6.4 Transmisión asincrónica 147
3.6.5 Transmisión sincrónica 149

3.7 Tipos de transmisión 151

3.7.1 Canal de comunicaciones 151
3.7.2 Los distintos tipos de transmisión 152

3.8 Protocolos de comunicaciones 153

3.8.1 Arquitecturas de comunicaciones 153
3.8.2 Protocolos de enlace de comunicaciones 158
3.8.3 Clasificación de los protocolos de enlace 160
3.8.4 Protocolos orientados al carácter y protocolos orientados al bit 162
3.8.5 Protocolos orientados al carácter 163
3.8.6 Protocolos orientados al bit 165
3.8.7 Clasificación de los protocolos en base al concepto de arquitecturas de comunicaciones 166

CAPÍTULO 4 Modulación, digitalización y multiplexación de señales 171

4.1 Definiciones y clasificación de las técnicas de modulación 172

4.2 Modulación por onda continua 174

4.2.1 Introducción 174
4.2.2 Modulación de amplitud 175
4.2.3 Modulación de frecuencia 181
4.2.4 Modulación de fase 188

4.3 Digitalización de señales analógicas 194
4.3.1 Introducción 194
4.3.2 Muestreo 198
4.3.3 Cuantificación 204
4.3.4 Codificación 209

4.4 Modulación por pulsos 212
4.4.1 Definición 212
4.4.2 Clasificación de la modulación por pulsos 213
4.4.3 Ventajas de la modulación por pulsos 213

4.5 Modulación de pulsos analógica 214
4.5.1 Definición 214
4.5.2 Clasificación 214
4.5.3 Descripción de los sistemas 215

4.6 Modulación de pulsos digital 216
4.6.1 Definición 216
4.6.2 Modulación por pulsos codificados (PCM) 217
4.6.3 Variantes de la modulación por pulsos codificados 220

4.7 Multiplexación 224
4.7.1 Utilización del ancho de banda disponible 224
4.7.2 Definición de multiplexación 226
4.7.3 Uso de las técnicas de multiplexación 228
4.7.4 Técnicas de multiplexación 228
4.7.5 Multiplexación por división de frecuencia (FDM) 228
4.7.6 Multiplexación por división de tiempo (TDM) 235

4.8 La Jerarquía Digital Sincrónica (SDH) 246
4.8.1 Introducción y definición 246
4.8.2 Esquema de funcionamiento de la jerarquía digital sincrónica 249
4.8.3 Transporte de señales de la Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH) 254
4.8.4 La norma americana Synchronous Optical Network (SONET) 257

4.9 Multiplexación por división de tiempo estadística (STDM) 257
4.9.1 Introducción 257
4.9.2 Esquema de funcionamiento de la multiplexación por división de tiempo estadística 259

CAPÍTULO 5 Teoría de la información y de la codificación 263

5.1 Nociones de teoría de la información 264
5.1.1 La información 264
5.1.2 Medida de la información 264
5.1.3 La entropía 267
5.1.4 Tasa de información 270
5.1.5 Relación entre la capacidad de un canal y la tasa de información 272
5.1.6 Uso de la unidad de medida de la información 272

5.2 Teoría de la codificación 274
5.2.1 Consideraciones generales 274
5.2.2 Clasificación de los códigos 275
5.2.3 Cantidad de símbolos a codificar 277
5.2.4 Parámetros considerados en la construcción de códigos 278
5.2.5 Verificación de los códigos 278

5.3 Código para el servicio télex: el Alfabeto Internacional N° 2 279
5.3.1 Características generales 279
5.3.2 Codificación del Alfabeto Internacional N° 2 280
5.3.3 Características particulares del Alfabeto Internacional N° 2 280
5.3.4 Repertorio de caracteres del Alfabeto Internacional N° 2 280

5.4 Códigos usados en sistemas informáticos 283
5.4.1 Código decimal codificado en binario (BCD) 283
5.4.2 Código fieldata 285
5.4.3 Código de intercambio de datos 285
5.4.4 Código 4 de 8 286
5.4.5 Código Extendido Decimal Codificado en Binario, para el intercambio de la información 286
5.4.6 Código PC-8 288

5.5 Códigos usados en servicios teleinformáticos 290
5.5.1 Código USASCII 290
5.5.2 Alfabeto Internacional N° 5 (AI N° 5) 291
5.5.3 Composición del repertorio de caracteres (VIR) 294
5.5.4 Los caracteres de control 295
5.5.5 Otras versiones del juego de caracteres codificados 300

5.6 Juegos de caracteres codificados para los servicios de telemática 302
5.6.1 Aspectos generales 302
5.6.2 Contenido de la Recomendación T.51 de la UIT-T 303
5.6.3 El juego de caracteres primario 303
5.6.4 El juego de caracteres suplementarios 303
5.6.5 Juego de caracteres codificados para el servicio Teletex 305

5.7 Comparación y rendimiento de distintos códigos 307
5.7.1 Eficiencia 307
5.7.2 Redundancia 309
5.7.3 Comparación de los diferentes códigos 309

GLOSARIO DE TÉRMINOS TELEINFORMÁTICOS 313
BIBLIOGRAFÍA 337
ÍNDICE DE BIOGRAFÍAS BREVES 347
ÍNDICE ALFABÉTICO 349

Volumen 2

PRÓLOGO A LA PRIMERA EDICIÓN IX
PRÓLOGO A LA SEGUNDA EDICIÓN POR EL PROFESOR INGENIERO HORACIO CARLOS REGGINI XIII
PREFACIO A LA SEGUNDA EDICIÓN XVII
RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS XXI

CAPÍTULO 6 Canales de comunicaciones 363

6.1 Canales de comunicaciones 364
6.1.1 Introducción 364
6.1.2 Tipos de canales 364

6.2 Canales ideales y canales reales 369
6.2.1 Concepto de capacidad de un canal 369
6.2.2 Teorema de Shannon-Hartley 370

6.3 Señalización de los canales de comunicaciones 374
6.3.1 Introducción al concepto de señalización 374
6.3.2 Definición 374
6.3.3 Funciones que cumple la señalización 375
6.3.4 Señalización analógica y digital 375
6.3.5 Descripción somera del funcionamiento de los sistemas de señalización 376
6.3.6 Distintos sistemas de señalización 376

6.4 Ruido y distorsión 379
6.4.1 Introducción 379
6.4.2 Ruido 379
6.4.3 Relación señal a ruido y factor de ruido 385
6.4.4 Distorsión 386
6.4.5 Efecto pelicular 392

6.5 Normas de calidad para canales establecidos en la red telefónica 396
6.5.1 Recomendación M.1020 396
6.5.2 Recomendación M.1025 397
6.5.3 Recomendación M.1040 399

6.6 Acondicionamiento de los canales de comunicaciones 401
6.6.1 Aspectos generales 401
6.6.2 Eco 401
6.6.3 Ecualización 402

6.7 Los errores de transmisión 403
6.7.1 Introducción 403
6.7.2 Tipo de errores 404
6.7.3 Los errores y su tratamiento 405
6.7.4 Tasa de errores 406

6.8 Detección de errores 406
6.8.1 Consideraciones generales 406
6.8.2 Detección de errores mediante control de la paridad 407
6.8.3 Detección de errores por el método de control por redundancia cíclica (CRC) 411

6.9 Corrección de errores 414
6.9.1 Consideraciones generales 414
6.9.2 Técnicas de corrección de errores 415
6.9.3 Corrección de errores mediante el uso de técnicas especiales de transmisión 416
6.9.4 Corrección de errores mediante códigos autocorrectores 418
6.9.5 La tasa de error en el diseño de un sistema de transmisión de datos 423

CAPÍTULO 7 Medios de comunicaciones 427

7.1 Los sistemas de comunicaciones 428

7.2 Cables de cobre 429
7.2.1 Definición y distintos tipos 429
7.2.2 Medios de transmisión basados en conductores de cobre 429

7.3 Líneas de cobre desnudo 430
7.3.1 Características generales 430
7.3.2 Detalles constructivos y operativos 430

7.4 Cables de par trenzados 431
7.4.1 Características generales 431
7.4.2 Detalles constructivos y operativos 432
7.4.3 Cables trenzados para voz y datos utilizados en cableados estructurados 433

7.5 Cables de cobre multipares 436
7.5.1 Definición y uso 436
7.5.2 Distintos tipos 436
7.5.3 Cables multipares subterráneos 436
7.5.4 Cables multipares aéreos 442

7.6 Cables coaxiales 443
7.6.1 Definición y uso 443
7.6.2 Detalles constructivos 444
7.6.3 Características eléctricas 445
7.6.4 Respuesta de cables coaxiales a la transmisión de señales digitales 448
7.6.5 Velocidad de propagación de las señales 449
7.6.6 Designación de los cables coaxiales 449
7.6.7 Cables coaxiales de varios conductores 450
7.6.8 Cables de cobre coaxiales submarinos 450

7.7 Fibras ópticas 451
7.7.1 Definición y uso 451
7.7.2 Detalles constructivos de la fibra óptica 453
7.7.3 Principios de funcionamiento 453
7.7.4 Tipos de fibra óptica 458
7.7.5 Pérdidas en las fibras ópticas 460
7.7.6 Cables ópticos mono y multifibra 462
7.7.7 Sistema optoelectrónico 463

7.8 Radiocomunicaciones 469
7.8.1 Definición y uso 469
7.8.2 Propagación de las ondas electromagnéticas 470
7.8.3 Espectro de radiofrecuencias 470
7.8.4 Naturaleza de las ondas de radio 471
7.8.5 Propagación de las ondas de radio 472

7.9 Microondas 478
7.9.1 Definición y uso 478
7.9.2 Características generales 479
7.9.3 Microondas analógicas 480
7.9.4 Microondas digitales 481
7.9.5 Características de las antenas de microondas 483
7.9.6 Equipo de reserva 484

7.10 Comunicaciones satelitales 484
7.10.1 Definición, referencia histórica y principales operadores 484
7.10.2 Clasificación de los distintos tipos de satélites 489
7.10.3 Componentes de un sistema de comunicaciones por satélite 492
7.10.4 Características de los sistemas de comunicaciones satelitales 498
7.10.5 El consorcio INTELSAT 501
7.10.6 Los sistemas satelitales iberoamericanos 507

7.11 Guía de onda 515
7.11.1 Definición y uso 515
7.11.2 Características generales 517
7.11.3 Aspectos técnicos 517

7.12 Láser 518
7.12.1 Definición y uso 518
7.12.2 Características de los equipos láser 519
7.12.3 Principio de funcionamiento del láser 520
7.12.4 Distintos tipos de láser 521
7.12.5 Evolución futura del láser 522

CAPÍTULO 8 Equipos módem de datos 525

8.1 Interfase serie de la capa física 526
8.1.1 Definición 526
8.1.2 Interfases series más difundidas de la capa física 526
8.1.3 Empleo práctico de estas interfases 528

8.2 La norma V.24 y su similar, la RS 232 528
8.2.1 Características técnicas principales 528
8.2.2 Principales limitaciones que presenta 529

8.2.3 Niveles de normalización 529
8.2.4 Características funcionales 531
8.2.5 Descripción de algunos procedimientos de esta recomendación 537

8.3 La interfase digital RS-449 540

8.3.1 Consideraciones generales 540
8.3.2 Consideraciones particulares 541

8.4 La interfase digital X.21 542

8.4.1 Consideraciones generales 542
8.4.2 Consideraciones particulares 545
8.4.3 Características funcionales 545

8.5 La recomendación V.35 548

8.5.1 Consideraciones generales 548
8.5.2 Consideraciones particulares 549

8.6 Módem de datos 549

8.6.1 Características de los modems de datos 549
8.6.2 Funciones de los modems de datos 551
8.6.3 Clasificación de los equipos módem de datos 556

8.7 Los modems de datos inteligentes 568

8.7.1 Las comunicaciones de datos en los computadores personales 568
8.7.2 Sus características 569

8.8 Funciones que prestan los modems de datos inteligentes 571

8.8.1 Capacidad de procesamiento y almacenamiento de datos 571
8.8.2 Procedimientos de establecimiento de la comunicación 575
8.8.3 Modulación QAM con codificación entrelazada 576
8.8.4 Control del flujo de datos 579
8.8.5 Detección, corrección de errores y compresión de los datos 581
8.8.6 Operación del módem como equipo facsímil 582

8.9 Los modems de muy alta velocidad 583

8.9.1 Internet y los computadores personales 583
8.9.2 Los modems de la recomendación V.34 584
8.9.3 Los modems de 56 K 588

8.10 Diagnóstico de los modems 591

8.10.1 Aspectos generales 591
8.10.2 Pruebas a realizar 591

CAPÍTULO 9 La red telefónica conmutada 597

9.1 Conceptos generales y definiciones básicas 598

9.1.1 Orígenes y estado actual de las redes de telecomunicaciones 598
9.1.2 Definiciones 602
9.1.3 Tipos de enlaces 603
9.1.4 Distintas clasificaciones de las redes de telecomunicaciones 608
9.1.5 Características de las redes de telecomunicaciones 610
9.1.6 Factores que influyen en la eficacia del diálogo en las redes de computadoras 611
9.1.7 Uso de las redes telefónicas para transmisión de datos 612
9.1.8 Perspectivas futuras de las redes de telecomunicaciones 612

9.2 Topología de las redes de telecomunicaciones 614

9.2.1 Sus elementos constitutivos 614
9.2.2 Red en estrella 617
9.2.3 Red en malla 619
9.2.4 Red en anillo 620
9.2.5 Red en bus o barra 622
9.2.6 Redes con topologías híbridas 623

9.3 La red telefónica pública conmutada 627

9.3.1 Conceptos básicos 627
9.3.2 Técnicas usadas en las redes telefónicas conmutadas 630
9.3.3 Proceso de digitalización de la red telefónica 640
9.3.4 Funcionamiento de la red telefónica pública conmutada 643

9.4 Uso de la red telefónica para la transmisión de datos 651

9.4.1 Consideraciones generales 651
9.4.2 Formas de usar la red telefónica para transmisión de datos 652
9.4.3 Los circuitos conmutados 652
9.4.4 Los circuitos arrendados 654

9.5 Ingeniería de tráfico 659

9.5.1 Consideraciones generales 659
9.5.2 Medida del tráfico 661
9.5.3 Congestionamiento y grado de servicio 665

9.6 Centrales telefónicas privadas 668

9.6.1 Consideraciones generales 668
9.6.2 Componentes de una central privada 670
9.6.3 Facilidades que pueden prestar las centrales privadas 677
9.6.4 Hiperservicios que pueden prestar las centrales privadas 678
9.6.5 Condiciones ambientales 679
9.6.6 Capacidad de tráfico 680
9.6.7 Procesos de registro y de determinación de costos 680
9.6.8 Gestión, Administración, Supervisión y Mantenimiento 681

9.7 Redes digitales privadas 682

9.7.1 Consideraciones generales 682
9.7.2 Características particulares 682

CAPÍTULO 10 Equipos de telecomunicaciones y de comunicación de datos 689

10.1 Multiplexores 690

10.1.1 Introducción 690
10.1.2 Definición de multiplexor 690
10.1.3 Objeto y funciones de los multiplexores 691
10.1.4 Multiplexores por división de frecuencia 692
10.1.5 Multiplexores por división de tiempo (TDM) 695
10.1.6 Comparación de las características de los sistemas FDM y TDM 697
10.1.7 Multiplexores estadísticos (STDM) 697

10.2 Concentradores 701

10.2.1 Introducción 701
10.2.2 Definición de concentrador 702
10.2.3 Concentradores de líneas 704
10.2.4 Concentrador de mensajes 704

10.3 Procesadores de comunicaciones delanteros 705

10.3.1 Introducción 705
10.3.2 Características de los procesadores de comunicaciones delanteros no programables 706
10.3.3 Características de los procesadores de comunicaciones delanteros programables 707

10.4 Modificadores del número de puertos de un computador 709

10.4.1 Puertos de un computador 709
10.4.2 Dispositivo para compartir puertos 710
10.4.3 Divisor de líneas 711

10.5 Conversores de protocolos 711
10.5.1 Definición 711
10.5.2 Conexión de equipos conversores de protocolos 712
10.5.3 Utilización de un conversor de protocolos 712

10.6 Equipos terminales 713
10.6.1 Definición 713
10.6.2 Categorías básicas de terminales 713
10.6.3 Características generales de un equipo terminal 713

10.7 Computadores personales 716
10.7.1 Aspectos generales 716
10.7.2 Placas madre o base 719
10.7.3 Microprocesador 722
10.7.4 Memoria de acceso aleatorio (RAM) 726
10.7.5 Dispositivos de almacenamiento secundario 727
10.7.6 Placas de Red 731
10.7.7 Placas o tarjetas de vídeo y monitores 732
10.7.8 Teclados 732
10.7.9 Otros periféricos 734

10.8 Nuevas tendencias: los computadores de red 734

10.9 Terminales de entrada/salida de datos especiales 736
10.9.1 Terminales de entrada 736
10.9.2 Terminales de salida 736
10.9.3 Breve descripción de algunas de sus características 736

10.10 Terminales de entrada remota de trabajos 738

10.11 Terminales sensores 739

10.12 Impresoras 739
10.12.1 Impresoras de impacto 739
10.12.2 Impresoras de no impacto 740
10.12.3 Impresoras a chorro de tinta 740
10.12.4 Impresoras láser blanco y negro 741
10.12.5 Impresoras láser color 743
10.12.6 Impresoras especiales de gran porte 743
10.12.7 Diferentes tipos de medidas de papeles para uso en impresoras 744

GLOSARIO DE TÉRMINOS TELEINFORMÁTICOS 747

INSTITUCIONES NACIONALES E INTERNACIONALES DE NORMALIZACIÓN 771

BIBLIOGRAFÍA 777

ÍNDICE DE BIOGRAFÍAS BREVES 787

ÍNDICE ALFABÉTICO 789

6 Canales de comunicaciones

6.1 Canales de comunicaciones 364
6.1.1 Introducción 364
6.1.2 Tipos de canales 364

6.2 Canales ideales y canales reales 369
6.2.1 Concepto de capacidad de un canal 369
6.2.2 Teorema de Shannon-Hartley 370

6.3 Señalización de los canales de comunicaciones 374
6.3.1 Introducción al concepto de señalización 374
6.3.2 Definición 374
6.3.3 Funciones que cumple la señalización 375
6.3.4 Señalización analógica y digital 375
6.3.5 Descripción somera del funcionamiento de los sistemas de señalización 376
6.3.6 Distintos sistemas de señalización 376

6.4 Ruido y distorsión 379
6.4.1 Introducción 379
6.4.2 Ruido 379
6.4.3 Relación señal a ruido y factor de ruido 385
6.4.4 Distorsión 386
6.4.5 Efecto pelicular 392

6.5 Normas de calidad para canales establecidos en la red telefónica 396
6.5.1 Recomendación M.1020 396
6.5.2 Recomendación M.1025 397
6.5.3 Recomendación M.1040 399

6.6 Acondicionamiento de los canales de comunicaciones 401
6.6.1 Aspectos generales 401
6.6.2 Eco 401
6.6.3 Ecualización 402

6.7 Los errores de transmisión 403
6.7.1 Introducción 403
6.7.2 Tipo de errores 404
6.7.3 Los errores y su tratamiento 405
6.7.4 Tasa de errores 406

6.8 Detección de errores 406
6.8.1 Consideraciones generales 406
6.8.2 Detección de errores mediante control de la paridad 407
6.8.3 Detección de errores por el método de control por redundancia cíclica (CRC) 411

6.9 Corrección de errores 414
6.9.1 Consideraciones generales 414
6.9.2 Técnicas de corrección de errores 415
6.9.3 Corrección de errores mediante el uso de técnicas especiales de transmisión 416
6.9.4 Corrección de errores mediante códigos autocorrectores 418
6.9.5 La tasa de error en el diseño de un sistema de transmisión de datos 423

6.1 Canales de comunicaciones

6.1.1 Introducción

Para que puedan conectarse entre sí, los sistemas de comunicación de datos deben disponer de estaciones terminales transmisoras y de estaciones terminales receptoras de la información, denominadas, respectivamente, **fuentes** y **colectores** (o **sumideros**). Tal como se indica en la figura 6.1, entre ambas estaciones terminales debe existir siempre un **canal de comunicaciones**, que se define de la siguiente manera:

Canal de comunicaciones

Medio físico que vincula el emisor con el receptor y que tiene como finalidad permitir la comunicación entre ambos.

En la figura 6.2 se muestra con más detalles el esquema de un sistema de transmisión de datos por **redes analógicas**. Como se puede observar, en la estación transmisora hay un dispositivo constituido por un codificador y un modulador. Las señales digitales son codificadas en el codificador y luego pasan al modulador, donde son convertidas en analógicas para adaptarse al medio físico a través del cual serán transmitidas. Por el contrario, en la estación receptora hay un dispositivo constituido por un demodulador y un decodificador que demodulan y decodifican la señal analógica que reciben hasta convertirla en la señal digital original.

6.1.2 Tipos de canales

De acuerdo con las características técnicas consideradas, un canal de comunicación de datos puede subdividirse para su estudio en un **canal físico** y un **canal de información**. Ambos canales tienen un mismo objetivo: transmitir la máxima cantidad de información libre de errores.

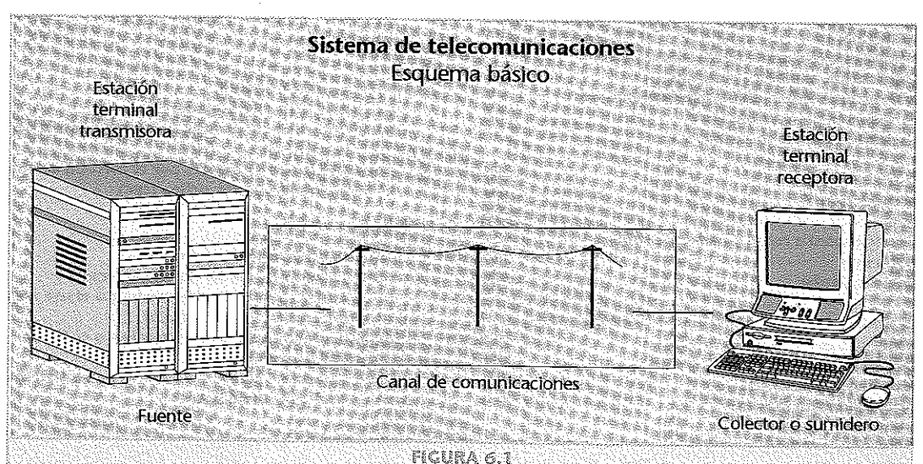


FIGURA 6.1

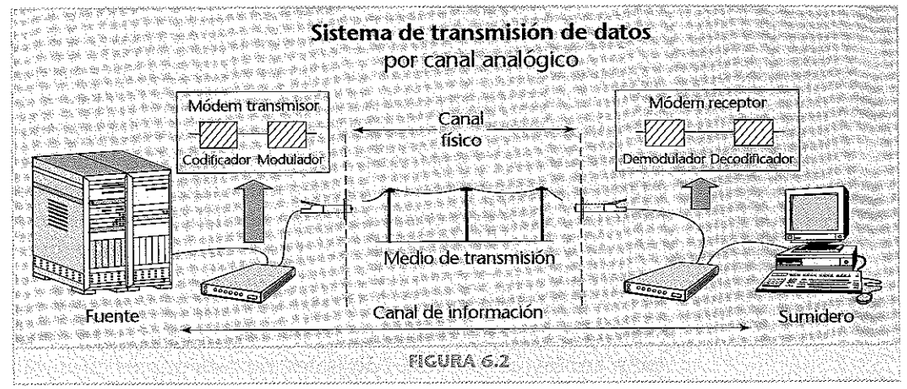


FIGURA 6.2

Canal físico 6.1.2.1

Denominaremos canal físico a lo siguiente:

Canal físico

Parte del canal de comunicaciones relacionada con las características físicas y eléctricas del medio de transmisión. Se estudia mediante las técnicas de la ingeniería de comunicaciones.

CARACTERÍSTICAS DE UN CANAL FÍSICO

El estudio del canal físico se ocupa de los fenómenos relativos a la transmisión de señales y usa como criterio de eficiencia **la calidad de la señal recibida**. Se ocupa, además, de preservar la **integridad** y **fidelidad** de las señales y de minimizar el efecto que producen los fenómenos de **ruido** y **distorsión**.

Los canales físicos pueden estar constituidos por diferentes medios de transmisión, cuyo estudio se detallará en el capítulo 7 de esta obra. En este capítulo se describirán las características fundamentales de los canales de transmisión. Éstos pueden ser estudiados desde el punto de vista eléctrico como si fueran **líneas de transmisión**, independientemente del medio físico de que se trate, y las denominaremos **líneas de telecomunicaciones**.

CARACTERÍSTICAS DE UNA LÍNEA DE TELECOMUNICACIONES

Las características de una línea de telecomunicaciones están determinadas por sus propiedades eléctricas, a saber: **resistencia**, **inductancia** y **capacitancia**. Estos tres parámetros producen dos fenómenos, ya descritos en el capítulo 2, denominados **atenuación** (originada por la resistencia eléctrica) y **distorsión** (ocasionada por la inductancia y la capacitancia).

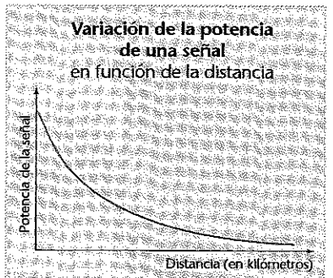


FIGURA 6.3

La resistencia de la línea produce una disminución en la amplitud de la señal (atenuación), que se traduce en una disminución de su potencia. Tal como se puede observar en la figura 6.3, la disminución de la potencia puede alcanzar límites en los que la señal sea indetectable.

La inductancia y la capacitancia tienen un efecto aun más perjudicial, pues deforman la señal (distorsión), haciendo muy difícil su detección, especialmente cuando se trata de señales digitales (pulsos). En la figura 6.4 se muestra cómo se distorsiona una señal por efecto de estos parámetros.

LOS CANALES ANALÓGICOS Y LOS DIGITALES

Como ya se expresó oportunamente, los canales pueden transportar **señales analógicas** o **señales digitales**. En cada uno de estos casos, es necesario disponer de canales con las características eléctricas o electroópticas adaptadas al tipo de transmisión.

En la transmisión analógica se genera una **gama continua de frecuencias**. Aun hoy en día la mayoría de los canales telefónicos funcionan de esta manera en el tramo que une las centrales de conmutación, o nodos de la red, y los domicilios de los usuarios (equipos terminales). Anteriormente, este esquema de transmisión también estaba generalizado en todas las etapas constitutivas de las redes telefónicas. Actualmente, se emplean sólo en el tramo que une una central urbana con el usuario final.

Si bien el espectro de la voz humana abarca aproximadamente desde un valor mínimo de 30 Hz hasta valores de 12 000 Hz, los circuitos telefónicos no están en condiciones de transmitir en forma continua toda esa gama de frecuencias. En la figura 6.5 se muestra la distribución espectral (en frecuencia) de la voz humana en función de la potencia emitida. En esta figura se observa que la mayor parte de la energía de la voz se concentra entre los 300 y 3400 Hz. Esta curva permite comprobar que para entender lo que se está hablando y, además, reconocer a la persona que

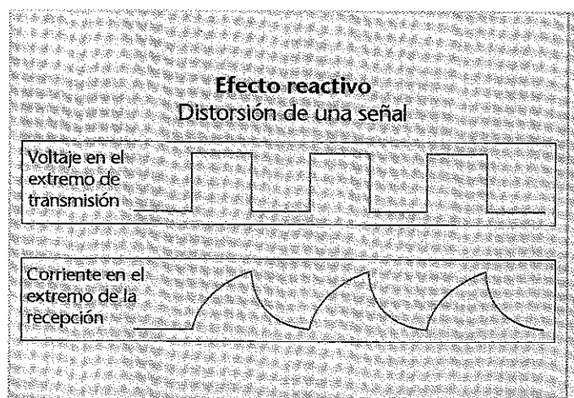


FIGURA 6.4

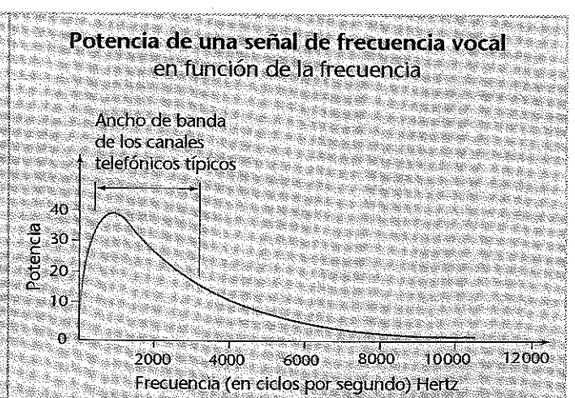


FIGURA 6.5

habla no es necesario disponer de canales con anchos de banda superiores a los 3000 Hz. Por este motivo, las empresas telefónicas que entregan al usuario final una señal analógica sólo ofrecen el ancho de banda antes mencionado.

Cuando para la transmisión de datos se usa precisamente esta red, la mayoría de los canales disponibles tienen este ancho de banda. A través de estas líneas analógicas se puede transmitir con velocidades de modulación de hasta 3000 baudios cuando las líneas son de muy buena calidad, y velocidades menores en la que poseen una calidad buena o incluso inferior. En general, en este tipo de circuitos se acepta como valor indicativo razonable una velocidad de 2400 baudios.

Es de señalar que la mayor parte de las instalaciones de telecomunicaciones de todo el mundo, tal como se indicó precedentemente, llegan hasta el usuario final en forma analógica y lo seguirán haciendo durante algunos pocos años más. Sin embargo, un canal de comunicaciones tan simple como un par de alambres puede usarse para transmitir señales digitales directamente.

Cuando a través del soporte la señal se transmite en forma digital, tal como es producida y manejada por los computadores, la transmisión se denomina **transmisión en banda base**[1]. En este caso, la señal no necesita ser modulada en el transmisor y luego demodulada en el receptor.

No obstante, en muchos casos, las señales se transmiten actualmente sobre canales analógicos, y es por ello que se deben utilizar equipos **módem** para convertir en señales analógicas las señales generadas por los computadores en banda base. Como se verá más adelante en este mismo capítulo, esta circunstancia limita la velocidad máxima de transmisión a unas pocas decenas de Kbps. Sin embargo, si se pudiera continuar transmitiendo en banda base, sobre un medio de comunicaciones tan simple como un par de alambres se podrían obtener velocidades de hasta 1,5 Mbps y más aún. Esta velocidad de transmisión permitiría transmitir sobre dichos alambres hasta 30 canales telefónicos simultáneos usando métodos de multiplexación de señales (ya vistos en el capítulo 4). De esa manera, se podría trabajar hasta el usuario final con velocidades de 64 000 bps, que es la requerida por un **canal B** en una red digital para cada canal telefónico.

Canal de información 6.1.2.2

Denominaremos canal de información a lo siguiente:

Parte de un canal de comunicaciones relacionada con las especificaciones externas del sistema de comunicaciones. Se estudia mediante las técnicas de la teoría de la información y de la codificación.

Canal de información

[1] Fue parcialmente desarrollada en el capítulo 2, apartado 2.5 de esta obra.

CARACTERÍSTICAS DE UN CANAL DE INFORMACIÓN

El estudio del canal de información se ocupa de evaluar y permitir administrar adecuadamente los recursos del canal físico. Usa como criterio de eficiencia la **velocidad de transmisión de la información** y la **calidad** con la que ésta es transportada. Su objetivo fundamental es preservar la integridad de la información mediante el uso de medios de codificación adecuados y la introducción del concepto de transmisión con **redundancia**, para la detección y corrección de errores.

CANAL CONTINUO

El concepto de canal continuo sirve para introducir la forma en que trabaja lo que denominaremos un canal real. Un canal continuo puede definirse así:

Canal continuo

Canal de comunicaciones que al aplicársele en la entrada una señal continua reproduce en su salida una réplica de la misma señal.

Los canales reales logran este objetivo sólo aproximadamente, pues el ruido, que tiene características aditivas respecto a la señal útil y que puede ser del tipo **gaussiano o impulsivo**[1], modifica la forma de onda de la señal de entrada[2].

Obsérvese que en el caso de una señal digital la deformación tiene un sentido diferente: o bien es posible detectar un pulso, o éste directamente es ignorado en la recepción. En la figura 6.6 se puede observar el esquema de un canal real a partir de un canal continuo.

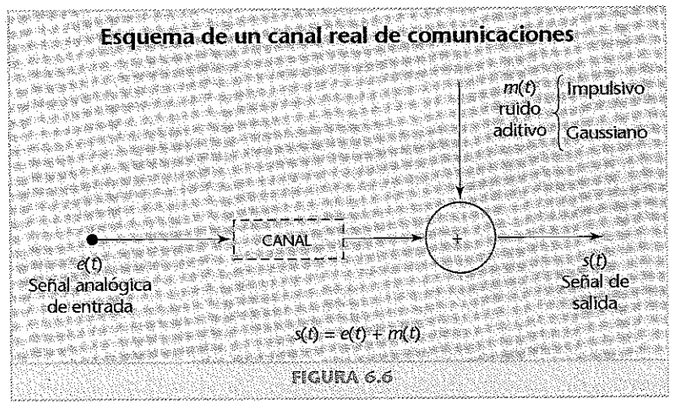


FIGURA 6.6

[1] Ver apartado 6.4 de este capítulo.
[2] Además se debe tener en cuenta la atenuación y la distorsión.

Canales ideales y canales reales 6.2

Concepto de capacidad de un canal 6.2.1

Introducción 6.2.1.1

Como se expresó en el capítulo 4, el Teorema de Nyquist permite determinar la cantidad de información que es posible enviar a través de un canal de comunicaciones sin ruido (canal ideal) y ancho de banda finito de valor Δf.

Recordando la expresión (4.45) para señales binarias, que repetimos aquí, la máxima velocidad de transmisión de datos en un canal sin ruido es igual a:

$$V_{t\,\text{máx}} = 2\Delta f \text{ [bps]} \qquad (6.1)$$

donde:

$V_{t\,\text{máx}}$ = Velocidad de transmisión de datos máxima con señales binarias.
Δf = ancho de banda del canal de transmisión.

Además, si la señal es del tipo multinivel, la expresión (6.1) se transforma en:

$$V^M_{t\,\text{máx}} = 2\Delta f \log_2 n = V_{t\,\text{máx}} \log_2 n \text{ [bps]} \qquad (6.2)$$

donde:

$V^M_{t\,\text{máx}}$ = Velocidad de transmisión de datos máxima con señales multinivel.
n = número de niveles de la señal.

Precisamente de estas expresiones surge el concepto de **capacidad de un canal**.

Definición de capacidad de un canal 6.2.1.2

La capacidad de un canal está relacionada con la velocidad de transmisión máxima en bps; por lo tanto, la definiremos como sigue:

Capacidad de un canal

Máxima velocidad de transmisión de datos que se puede alcanzar en un canal (se expresa en bps).

$$C = V_{t\,\text{máx}} \text{ [bps]} \qquad (6.3)$$

C = Capacidad de un canal.
$V_{t\text{máx}}$ = Velocidad de transmisión de datos máxima.

Concepto de velocidad de transmisión de datos máxima 6.2.1.3

En el caso de un canal ideal (sin ruido), el Teorema de Nyquist nos permite conocer que no se puede sobrepasar una velocidad de transmisión de datos máxima, que es función del ancho de banda Δf.

El efecto de filtro pasa bajo que produce un canal de comunicaciones nos permite afirmar que si se quisiera transmitir señales con frecuencias superiores a la frecuencia de Nyquist, $f_N = 2\,\Delta f$, no se obtendría ningún

resultado positivo porque las componentes de las frecuencias más altas serían filtradas y no podrían ser recuperadas. Por lo tanto, la capacidad del canal que transmita señales binarias queda determinada exclusivamente por el ancho de banda (6.1).

En el caso de señales multinivel, la situación es distinta. La expresión (6.2) nos muestra que la capacidad de un canal ideal se podría aumentar indefinidamente solamente aumentando el número de niveles de la señal.

Analicemos ahora el caso de canales continuos con ruido y supongamos la presencia de ruido blanco o térmico. La presencia de este tipo de ruido es característico de los **canales reales** de transmisión.

El ruido presenta en todos los casos características de **aditividad**. Esto significa que se sumará siempre a la señal a transmitir, ya sea analógica o digital. En la figura 6.7 se muestra cómo se suma el ruido a la señal útil, en este caso en una transmisión analógica.

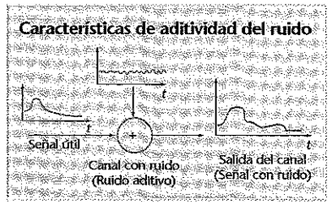


FIGURA 6.7

Como ya se dijo, en un **canal ideal** se podría aumentar el número de niveles tanto como se quisiera, ya que siempre sería posible distinguir un nivel del siguiente.

En el caso de un **canal real** el aumento indefinido del número de niveles es imposible, pues éste queda limitado a la probabilidad de que se pueda distinguir un nivel [n] del nivel siguiente [$n + 1$], sin que el detector cometa un error al decidirse por uno u otro.

Precisamente, el número de niveles que es posible implementar estará limitado por el valor de una relación de fundamental importancia en el estudio de los canales de comunicación: la denominada relación **señal/ruido**. En efecto:

$$\frac{S}{N} = \frac{\text{Potencia de la señal}}{\text{Potencia del ruido}} \qquad (6.4)$$

El cociente **S/N** es un factor importante en todo sistema de comunicaciones porque cuantifica la medida en que la señal útil supera al ruido. El **Teorema de Shannon-Hartley**[1] se refiere a la capacidad de un canal real de comunicaciones continuo.

6.2.2 Teorema de Shannon-Hartley

6.2.2.1 Demostración simplificada del teorema

En 1948, Claude Shannon completó los estudios de Nyquist, ampliándolos a un canal sujeto a ruido térmico (aleatorio).

Analicemos, para una transmisión multinivel, la relación que existe entre el **número** de bps (medida de la velocidad de transmisión) y el **número** de baudios (medida de la velocidad de modulación).

$$\text{Número de [bps]} = \text{Número de [baudios]} \log_2 n \qquad (6.5)$$

donde:

n = número de estados significativos de la señal.

[1] *R. V. L. HARTLEY* contribuyó al desarrollo de la Teoría de la Información. Los trabajos de *SHANNON* se basaron parcialmente en un trabajo que este investigador publicó en el **Bell System Technical Journal** del mes de julio de 1928.

Por ejemplo, si se transmite a 2400 baudios y se utilizan señales cuadribits (16 niveles), se obtiene una velocidad de transmisión de 9600 bps. Por otra parte, de la expresión (6.2) y de la definición dada en 6.2.1.2 se deduce que la capacidad de un canal ideal, con señales multinivel, será igual a:

$$C = V_{t\,\text{máx}} \log_2 n_{\text{máx}} \text{ [bps]} \qquad (6.6)$$

En esta expresión se puede observar que el valor de n deberá ser, en este caso, el **máximo** valor que posibilite la relación señal/ruido. A este valor lo hemos denominado $n_{\text{máx}}$.

Como la velocidad de transmisión máxima es igual a

$$V_{t\,\text{máx}} = 2\,\Delta f \qquad (6.7)$$

la expresión (6.6) quedará de la siguiente manera:

$$C = 2\,\Delta f \log_2 n_{\text{máx}} \text{ [bps]} \qquad (6.8)$$

El número de niveles máximo está relacionado con la relación señal/ruido y si aceptamos sin demostración[1] que esa relación está dada por la expresión (6.9), entonces:

$$n_{\text{máx}} = (1 + S/N)^{1/2} \qquad (6.9)$$

Si en la expresión (6.8) reemplazamos $n_{\text{máx}}$ por su valor en (6.9), tendremos:

$$C = 2\,\Delta f \log_2 (1 + S/N)^{1/2} \text{ [bps]} \qquad (6.10)$$

y simplificando en la expresión (6.10), tendremos:

$$C = \Delta f \log_2 (1 + S/N) \text{ [bps]} \qquad (6.11)$$

donde:

S = Potencia media de la señal continua transmitida por el canal.
N = Potencia media del ruido gaussiano.
Δf = Ancho de banda del canal de comunicaciones.

Ésta es la expresión de la **Ley de Shannon-Hartley**, que determina la capacidad de un canal continuo que tiene un ancho de banda Δf y ruido gaussiano limitado en banda (ver apartado 6.4.2.4 de este capítulo).

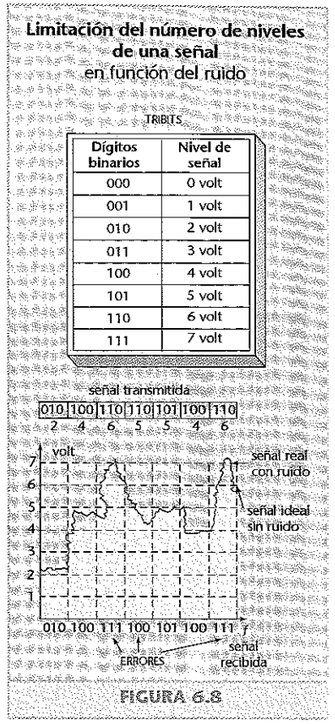


FIGURA 6.8

6.2.2.2 Consideraciones particulares sobre el Teorema de Shannon-Hartley

El Teorema de Shannon-Hartley es de fundamental importancia para el análisis de los sistemas de comunicaciones. Tiene dos aspectos relevantes:

- Permite calcular la velocidad máxima de transmisión de datos en un canal con ruido (con distribución estadística de tipo gaussiano).

[1] De aquí la denominación de demostración simplificada.

- Relaciona dos parámetros fundamentales en todo canal de comunicaciones: el ancho de banda, Δf, y la relación señal/ruido, S/N.

Se puede observar que la capacidad de un canal continuo depende del ancho de banda del medio físico empleado por el canal y del logaritmo en base dos de la relación señal/ruido. Se puede también demostrar que la influencia de la variación de la relación señal/ruido tiene un efecto menor que el ancho de banda (en la determinación de la capacidad del canal), pues está relacionada a través de su logaritmo.

ejemplo 6.1

Se desea transmitir datos en un canal de comunicaciones con una relación señal a ruido igual a 100. Calcular, a partir del Teorema de Shannon-Hartley, la capacidad de transmisión. Para ello se tomará el ancho de banda de un canal telefónico que, como ya se dijo, es de 3000 Hz.

Si $\Delta f = 3000$ Hz, la capacidad del canal será

$$C = \Delta f \log_2 (1 + S/N) \quad (6.12)$$

$$C = 3000 \log_2 (1 + 100) \quad (6.13)$$

$$C = 19\,975 \text{ bps} \quad (6.14)$$

En la práctica, una relación de señal a ruido igual a cien significa que la señal útil debe superar cien veces a la potencia media de ruido.

ejemplo 6.2

Calcular ahora el problema del ejemplo 6.1 suponiendo que la relación señal a ruido se ha mejorado al valor de 1:1000.

En ese caso, aplicando idéntica fórmula, el valor obtenido será:

$$C = 29\,902 \text{ bps} \quad (6.15)$$

El teorema de Shannon permite calcular la velocidad máxima teórica de transmisión, pero en la práctica se está alcanzando valores que se podrían considerar **límites** de dicho teorema. Las posibilidades de obtener valores mayores en la capacidad de los canales telefónicos están dadas por el tipo de medios de comunicaciones empleados en la construcción de las redes de telecomunicaciones actuales. Estos medios tienen valores ligeramente superiores a los 3000 Hz de ancho de banda y relaciones señal/ruido muy buenas, en razón de una mejora en la calidad de los materiales que actualmente se

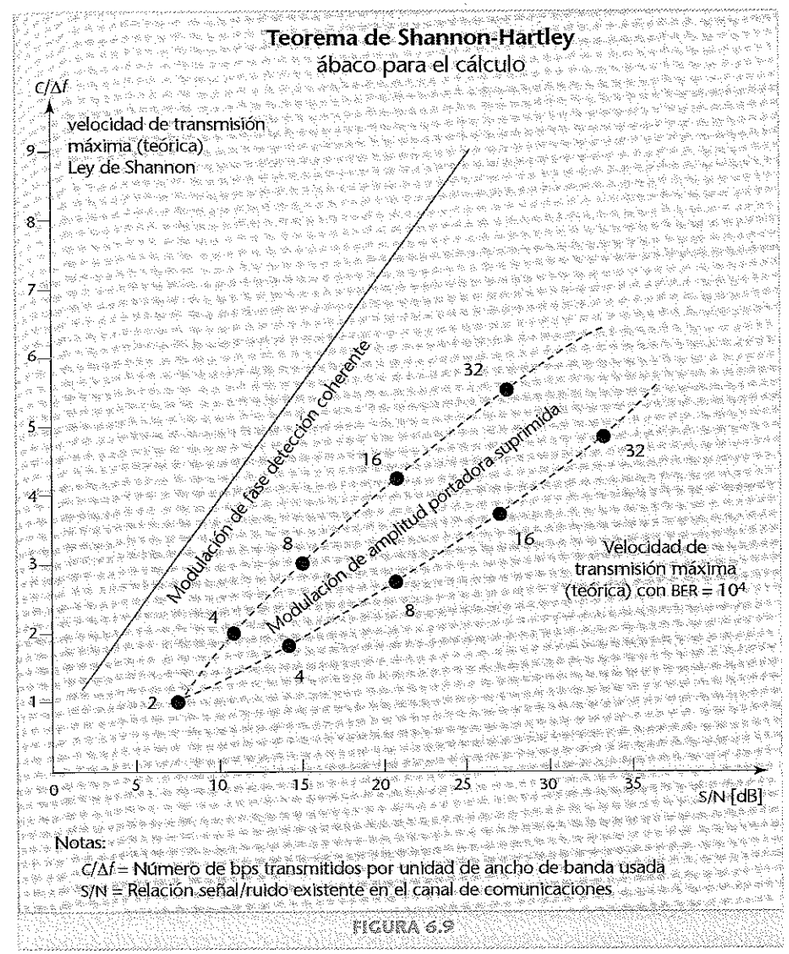


FIGURA 6.9

usan en la construcción de las redes de cables de las empresas que proporcionan estos servicios. En la figura 6.9 se muestra un ábaco que permite calcular la capacidad de un canal usando el Teorema de Shannon-Hartley.

El Teorema de Shannon-Hartley expresa que un canal sin ruido (canal ideal con $N = 0$) tendrá una capacidad infinita y, por otra parte, también se puede deducir que si se incrementa el ancho de banda del canal su capacidad aumentará.

En los canales reales (o sea, con ruido) existe un límite para incrementar la capacidad de transmisión cuando se utiliza como variable de ajuste el aumento del ancho de banda. Ese límite se debe a que cuando se incrementa el ancho de banda también se incrementa la potencia de ruido, con lo cual disminuye nuevamente la capacidad del canal.

6.3 Señalización de los canales de comunicaciones

6.3.1 Introducción al concepto de señalización

Tal como se verá con más detalle en el capítulo 10, las redes de telecomunicaciones están conformadas básicamente por tres tipos de elementos a saber: los **equipos terminales**, los **nodos** y los **vínculos** o **enlaces**. Estos últimos permiten establecer, a través de los nodos, los canales de comunicaciones entre los equipos terminales.

Dentro del concepto genérico de equipos terminales, debemos considerar toda la gama de *hardware* de comunicaciones que pueden ser conectados entre sí, sean estos teléfonos, computadores (de pequeño o gran porte), o cualquier otro tipo de equipamiento, tales como facsímiles, terminales punto de ventas[1], terminales télex, teletex, etc.

Para comunicarse entre sí, todos los equipos terminales conectados a una red deben establecer, mantener y luego liberar un canal de comunicaciones, en el cual se transferirá la información, ya sea de voz, datos, textos o imágenes. Para lograr ese objetivo, se deberán intercambiar **instrucciones e información**, tanto entre el equipo terminal y la red como entre los distintos nodos de ésta. De esa manera, el canal de comunicaciones podrá cumplir con el cometido para el cual será establecido. Estas instrucciones no están relacionadas con la información a intercambiar entre los equipos terminales, sino que resultan necesarias para que el canal funcione adecuadamente. Precisamente, la señalización es la que permite, mediante estas tareas imprescindibles, que la comunicación sea factible.

En el caso particular de la **Red Telefónica Conmutada**, la señalización está orientada, en principio, a facilitar y orientar al usuario final respecto de las actividades que debe ejecutar personalmente para establecer, mantener y finalmente liberar la comunicación. Sin embargo, también es utilizada en este tipo de redes para intercambiar información entre sus nodos[2].

En las **Redes Digitales** la señalización permite además cubrir una amplia gama de servicios de gestión de la red, que están directamente vinculados con la **inteligencia** que estas redes modernas poseen actualmente. El funcionamiento de los **nodos de red**[3] permiten, mediante los procedimientos denominados **por programa almacenado**, intercambiar información digital de señalización, procesarla y actuar en consecuencia.

6.3.2 Definición

La **señalización de un canal de comunicaciones** se define así:

[1] Conocidos en inglés como **point of sale** (POS). Son los dispositivos que se utilizan para pedir la conformidad de una operación cuando se realizan compras con tarjetas de crédito o de débito.

[2] Centrales telefónicas urbanas o de tránsito.

[3] En telefonía, se habla de centrales que trabajan mediante el procedimiento de **programa almacenado**. En informática, diríamos que se trata de un **computador de propósitos especiales**; en este caso, la conmutación de líneas, entre otras funciones.

Señalización de un canal de comunicaciones

Intercambio de información relacionada con el establecimiento y control de las conexiones y con la gestión de una red de comunicaciones[1].

Este intercambio facilita la transmisión de la información codificada a través del medio de comunicaciones y permite procesar las instrucciones y la información necesaria para lograr una correcta comunicación entre los corresponsales de la red.

6.3.3 Funciones que cumple la señalización

Las funciones más importantes que cumplen los sistemas de señalización son:

- Establecer y liberar el canal de comunicaciones.
- Proporcionar información acerca del usuario final o destinatario de la llamada.
- Informar sobre el progreso de una llamada.
- Generar señales de alerta, tales como aviso de tener una **llamada en espera**, o de tener **descolgado** el microteléfono.
- Proporcionar información sobre la condición de una línea de abonado o de un circuito troncal.
- Envío de señales de congestión y ocupado.
- Asegurar la confiabilidad de las comunicaciones.
- Permitir la ejecución de funciones administrativas y de mantenimiento.

6.3.4 Señalización analógica y digital

6.3.4.1 Señalización analógica

En este tipo de señalización la reproducción se realiza mediante una transmisión continua de estados de la señal útil. En este caso interesa preservar la forma de la onda durante la transmisión a fin de obtener una réplica lo más fiel posible de la señal de entrada en el receptor. Se usa en las redes telefónicas analógicas y se vale de alguno de los siguientes procedimientos para cumplir sus funciones:

- Duración de los pulsos (en los sistemas de marcación por pulso).
- Combinación de diferentes tipos de pulsos.
- Frecuencia de la señal.
- Presencia o ausencia de la señal (corriente o no corriente).

6.3.4.2 Señalización digital

En esta señalización la reproducción se realiza mediante una transmisión de cambios de estados discretos de la señal útil. Aquí la forma de la onda en sí misma no desempeña un papel primordial ya que la transición o impulso implican una forma de onda que podrá ser construida a partir de la señal re-

[1] Definición tomada de la **Recomendación** G.702 **de la** UIT-T.

cibida. Se utilizan estados significativos de corriente, que debidamente detectados son interpretados por el receptor o los distintos elementos de *hardware* que intervienen en el establecimiento de un canal de comunicaciones.

En la mayoría de los casos, la información transmitida en forma digital permite ser procesada e interpretada por los distintos equipos que están presentes en una red y son parte del **canal de comunicaciones real o virtual** que se quiere establecer, mantener y finalmente liberar.

6.3.5 Descripción somera del funcionamiento de los sistemas de señalización

La mejor manera de entender la función de los sistemas de señalización es analizar su uso en un contexto conocido, como lo es el telefónico. Puesto que la señalización es el intercambio de información e instrucciones relacionadas con el establecimiento y supervisión de un enlace entre dos puntos determinados, analicemos como actúa en el caso de un canal telefónico.

Para comenzar una llamada, el usuario levanta el microteléfono del aparato telefónico. Esta acción genera una señal que avisa a la central telefónica que el usuario está dispuesto a entablar una comunicación. Inmediatamente, la central conecta la línea del usuario a una denominada **unidad de tono** y le avisa que puede iniciar la comunicación, devolviéndole el tono de marcar[1]. Entonces, el abonado procede a enviar a la central indicaciones respecto al corresponsal con el cual quiere entablar la comunicación. Para ello utiliza o bien un **disco rotatorio** (marcación por pulsos) o bien un **teclado numérico**[2] (marcación por tonos). En cualquiera de los dos casos, las señales eléctricas indicarán a la central cuál es el destino final con el que se quiere establecer la comunicación.

Establecida la llamada, la señalización de la central procede a indicar al usuario que la solicitó la situación del abonado con el que quiere establecer la comunicación; para ello le envía un tono de llamada o uno de línea ocupada.

Aunque este ejemplo es incompleto, permite comprender cómo actúa la señalización en el caso del servicio telefónico. En realidad, existen otros pasos y avisos entre centrales, y los sistemas más modernos proporcionan indicaciones adicionales pero no es pertinente describirlas aquí.

De la misma manera, en las comunicaciones de datos deberán implementarse sistemas de señalización que realicen funciones similares entre los corresponsales y permitan establecer y mantener la comunicación.

6.3.6 Distintos sistemas de señalización

6.3.6.1 Consideraciones generales

Básicamente, los sistemas de señalización se pueden clasificar en dos grupos, a saber:

[1] Siempre que tenga una disponible. Podría ser que todas estuvieran ocupadas, en cuyo caso, procedería a enviarle el tono de ocupado.

[2] Existen aún aparatos telefónicos antiguos que tienen teclados numéricos, pero generan marcación por pulsos. Actualmente es raro encontrarlos, pero no imposible.

- Sistemas de señalización en línea.
  Este tipo de señalización usa el mismo canal de comunicaciones que se utiliza para enviar la información, o bien una forma asociada directamente a éste.
- Sistemas de señalización fuera de línea.
  Este tipo de sistemas de señalización utiliza circuitos rápidos de datos, dejando libres los circuitos que transportan exclusivamente la información.

Los primeros presentan una serie de limitaciones y son tecnológicamente más antiguos. Los segundos se adaptan perfectamente al uso de computadores, en los centros de conmutación de las redes, y son más eficientes y completos. Entre estos últimos cabe destacar el denominado **sistema de señalización por canal común** o también llamado más precisamente **Sistema de Señalización Nº 7-UIT-T.**

6.3.6.2 Sistemas de señalización en línea

Los sistemas de señalización en línea se utilizan básicamente en las redes analógicas y pueden ser de dos tipos:

- Sistemas dentro de banda.
  Las señales se transmiten por el mismo canal o circuito de transmisión que la comunicación del usuario y en la misma banda de frecuencias prevista para éstos. Por lo tanto, este tipo de sistemas no puede emplearse en la red telefónica para enviar indicaciones de señalamiento una vez entablada la comunicación, pues las mismas serían oídas por los usuarios finales (en telefonía, se denominan **abonados**).
- Sistemas fuera de banda.
  Las señales se transmiten por el mismo canal o circuito de transmisión que la comunicación del usuario, pero utilizando una banda de frecuencias distinta de la prevista para éstos. Normalmente, los canales telefónicos trabajan en el intervalo que va de los 300 a los 3400 Hz. En estos casos la señalización se envía a frecuencias superiores a 3800 Hz, que no serán oídas por los usuarios.

Estos dos sistemas presentan muchas limitaciones, y poco a poco han sido reemplazados por los sistemas de señalización fuera de línea.

Entre las limitaciones más importantes, se pueden señalar las siguientes:

- Poseen una muy limitada capacidad de información.
- Transmisión a baja velocidad.
- Costos elevados, debido a la forma del equipamiento que utilizan.
- Muy orientados a conducir, con exclusividad, información relativa al establecimiento y liberación de las llamadas.

6.3.6.3 Sistemas de señalización fuera de línea

Dentro de este grupo se encuentra el llamado sistema de señalización por **canal común**, que está siendo usado en la casi totalidad del equipamiento de los nodos de las redes digitales con conmutación.

Esta técnica permite que la información de señalización de muchos canales, como la asociada con la gestión de la red, se transmita por un canal de comunicaciones mediante mensajes provistos de dirección. Esta información se transmite por circuitos diferentes de los que se usan para transportar las señales que contienen información. En la figura 6.10 se muestra el esquema de un canal con este tipo de señalización.

Inicialmente, la UIT-T normalizó el denominado **Sistema de Señalización N° 6**, pero este sistema ha sido reemplazado rápidamente, por el denominado **Sistema de Señalización por Canal Común N° 7**, que se ha convertido en el estándar de las denominadas **Redes Digitales de Servicios Integrados**, conocidas por el acrónimo ISDN.

Este último sistema posee muchas características interesantes, entre las que se pueden destacar las siguientes:

- La información a transmitir, sea ésta de voz o datos, y las funciones de conmutación están totalmente separadas de la señalización. Esto permite que el diseño y generación de nuevas funciones para la señalización puedan evolucionar en forma independiente de las primeras.
- Mayor rapidez en la transmisión.
- Posibilidad de manejar con un único canal de señalización, varios canales de información de forma simultánea.
- Flexibilidad para introducir cambios, o nuevas mejoras en el servicio.
- Normalización internacional.
- Correlación entre el modelo de capas de la ISO y el funcionamiento de este tipo de señalización.
- Correlación entre este sistema y el uso de la técnica denominada **Modo de Transferencia Asincrónico** (ATM), que usa una ligera variación de este tipo de señalización. También existen otras variantes que se utilizan en el sistema denominado **Sistema Global de Comunicaciones Móviles** (GSM)[1], de un futuro promisorio a corto plazo.

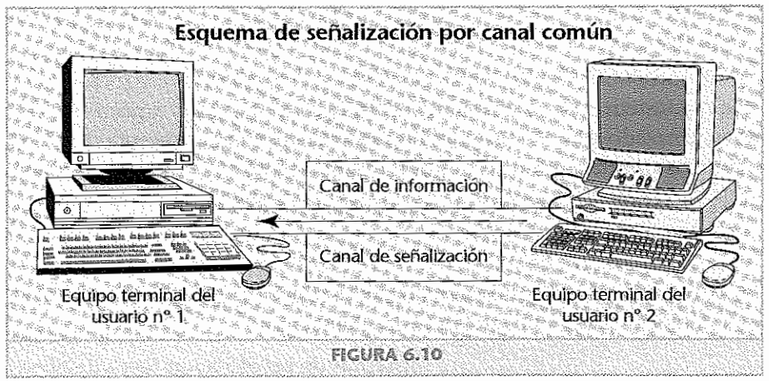


FIGURA 6.10

[1] Este sistema, conocido como **Global System for Mobile Communications**, consiste en un sistema de comunicaciones personal sin cables de alcance mundial y emplea fundamentalmente satélites de órbita baja.

La explicación en detalle de este tipo de señalización escapa al alcance de esta obra, pero debe señalarse que tiene una importancia fundamental en el futuro de las comunicaciones digitales.

6.4 Ruido y distorsión

6.4.1 Introducción

El ruido y la distorsión son fenómenos adversos para la propagación de señales en los sistemas de comunicaciones, ya que disminuyen el rendimiento de estos sistemas.

Los dos parámetros básicos que miden el comportamiento de los sistemas de comunicaciones frente al ruido y la distorsión son:

- La relación **señal a ruido** en los sistemas analógicos.
- La **tasa de error** en los sistemas digitales.

6.4.2 Ruido

6.4.2.1 Definición de ruido

Definiremos el ruido como sigue:

Todo fenómeno que, añadido a la señal que se está transportando desde la fuente, afecta la calidad de la información recibida en el colector. | *Ruido*

El ruido tiene como características principales que varía en forma aleatoria con el tiempo y que está originado por la superposición de sucesos externos e internos al sistema de comunicaciones.

Aun suponiendo que un canal se pueda blindar o proteger de alguna forma contra toda interferencia exterior, se mantendrá un ruido conocido como fluctuación o **ruido térmico** propio del sistema de comunicaciones. En la figura 6.11 se muestra una forma de onda de ruido típica.

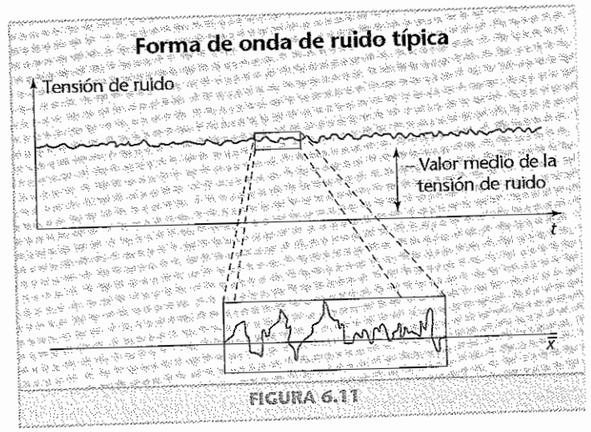


FIGURA 6.11

En realidad es imposible predecir exactamente la magnitud de este efecto en cualquier instante en particular; esto se debe fundamentalmente a la gran cantidad de sucesos que deben ser considerados en forma simultánea. No obstante, se puede hacer una descripción satisfactoria de la forma de onda del ruido en términos estadísticos.

6.4.2.2 Clasificación del ruido respecto al sistema de comunicaciones

El ruido se puede clasificar según provenga de elementos propios del sistema de comunicaciones o de elementos ajenos a éste. Así, el ruido puede ser **endógeno** o **exógeno**.

- Ruido endógeno.
  Se denomina ruido endógeno al producido por variables propias del sistema de comunicaciones, que no pueden ser controladas por éste.
- Ruido exógeno.
  Se denomina ruido exógeno al producido por elementos externos al sistema de comunicaciones, pero que se produce por acoplamientos al mismo. Este tipo de ruido, en algunas situaciones, puede ser atenuado e incluso evitado totalmente.

6.4.2.3 Tipos diferentes de ruido

Tal como se muestra en la figura 6.12, el ruido se puede clasificar en función de los agentes que lo producen y de los efectos nocivos que causa en el sistema de comunicaciones.

6.4.2.4 Ruido blanco, gaussiano o de Johnson

Se denomina ruido blanco, gaussiano o ruido de Johnson al siguiente:

Ruido blanco, gaussiano o de Johnson

Ruido producido por el movimiento aleatorio de los electrones en los conductores y otros componentes electrónicos pertenecientes al sistema de comunicaciones. Estos movimientos hacen que los cuerpos irradien energía en forma de ondas electromagnéticas, y la potencia radiada es proporcional a la temperatura[1] a la que están sometidos.

En los canales de comunicaciones formados por cables metálicos, los movimientos aleatorios de los átomos y electrones radian energía electromagnética, parte de la cual se canaliza por los conductores hasta llegar al receptor, donde aparecerá como una tensión de ruido superpuesta a la señal útil.

[1] Por esta razón también se suele hablar de **ruido térmico**. Todo circuito o sistema de comunicaciones cuya temperatura de operación esté por encima del cero absoluto (cero en la escala de Kelvin) presentará algún tipo de ruido de esta clase. Como el cero absoluto no se puede alcanzar en la práctica, los sistemas de comunicaciones emitirán energía en alguna medida.

La tensión de ruido tiene un **valor cuadrático medio que es proporcional al ancho de banda empleado**; es por ello que este último debe ser lo menor posible a efectos de disminuir el ruido.

Este ruido también se conoce como **ruido blanco**, pues la densidad del ruido es constante sobre todas las frecuencias de interés en las redes eléctricas convencionales. Este hecho tiene analogía con el espectro de luz blanca, de donde toma su nombre.

La independencia con la frecuencia es sólo válida cuando, por ejemplo, en el ruido de granalla[1], el tiempo de tránsito del electrón se supone despreciable.

Si se tienen señales analógicas o digitales como las representadas en la figura 6.13, se puede observar que el ruido blanco se suma a la señal a transmitir formando un **fondo** de bajo nivel, que puede llegar a producir errores si los niveles de la señal útil son bajos.

El estudio de los efectos de este ruido se basa en la **Distribución Normal de Gauss**. Esto se debe a que es imposible hacer predicciones exactas acerca de la magnitud de este efecto en cualquier instante, en razón de que su comportamiento no es del tipo **determinístico** sino **estadístico**.

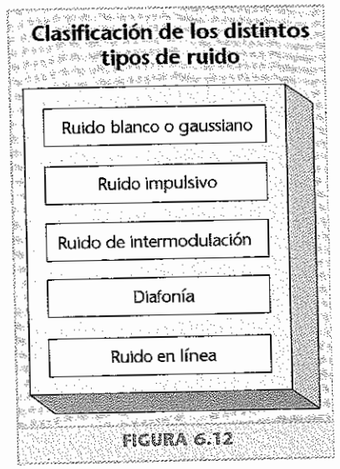


FIGURA 6.12

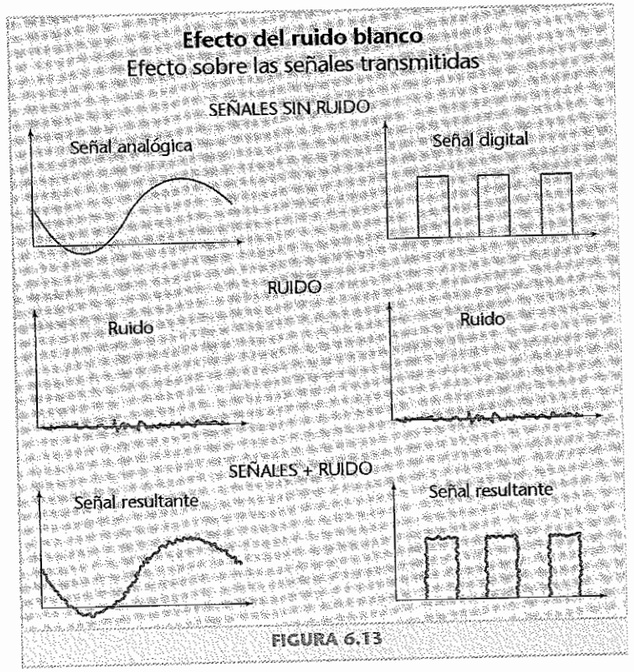


FIGURA 6.13

[1] Dentro de este tipo de ruido, se conoce como **ruido de granalla** al producido por los elementos activos exclusivamente; tal el caso de válvulas electrónicas y transistores.

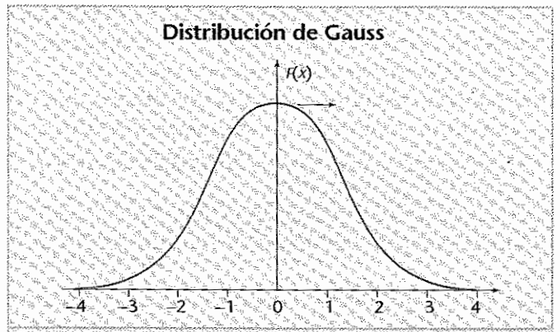


FIGURA 6.14

Sin embargo, dado que el número de sucesos considerados es muy alto, el comportamiento medio se define acertadamente en términos estadísticos usando la **Distribución de Gauss**, cuya gráfica se indica en la figura 6.14, en la cual la frecuencia de emisión se representa en abscisas.

Mediante la distribución normal podemos hallar la probabilidad de que la onda de ruido alcance un valor particular en un determinado instante. Una propiedad de la distribución de Gauss es que siempre habrá una probabilidad finita, aunque pequeña, que se pueda exceder cualquier nivel.

El ruido blanco se extiende a todo el espectro de frecuencias, al menos hasta las frecuencias límites, que están generalmente fuera de las bandas utilizadas en las radiocomunicaciones.

Sin embargo, en los sistemas de comunicaciones reales, tanto las señales útiles como el ruido son transmitidos a través de circuitos selectivos (filtros) que sólo permiten que aparezcan a la salida del sistema determinadas frecuencias. Por lo tanto, se dice que el ruido está **limitado en banda**, y éste corresponde al ancho de banda que el canal de comunicaciones deja pasar. Las frecuencias por encima y por debajo de dicho ancho de banda son atenuadas por el canal.

6.4.2.5 Ruido impulsivo

Se denomina ruido impulsivo al siguiente:

Ruido impulsivo

Ruido que se produce a intervalos irregulares, con picos de corta duración, pero de gran amplitud, y que no aparece en forma continua. Resulta de difícil localización en cuanto a su origen.

La presencia de este tipo de ruido provoca numerosos problemas. En muchos casos invalida los datos transmitidos, por lo que es necesario retransmitirlos. En algunas circunstancias, la propia señalización de los canales telefónicos causa este tipo de ruido. En particular, puede ser de muy

alto nivel en las **centrales de conmutación telefónica de tecnología electromecánica**[1], en las cuales se introduce a través de los selectores electromecánicos que utilizan y a través del acoplamiento de impedancias que se produce mediante las baterías que usa la propia central.

El efecto del ruido impulsivo se puede observar en la figura 6.15.

Los equipos módem pueden tener ciertas facilidades para eliminar o discriminar el ruido impulsivo hasta un cierto valor.

Si este tipo de ruido afecta al sistema en exceso, en los canales se deberán colocar contadores de ruido impulsivo para observar estadísticamente las horas del día en que éste afecta más fuertemente la transmisión.

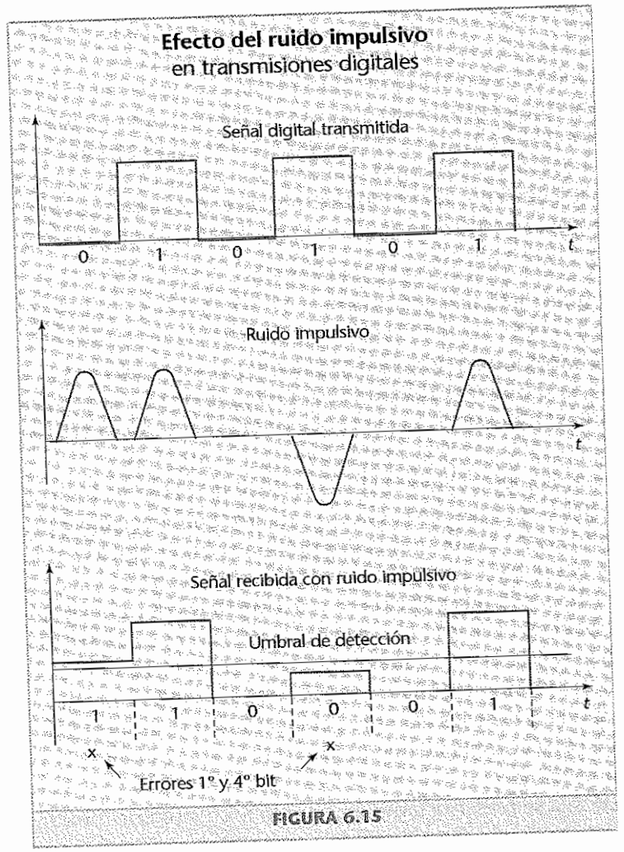


FIGURA 6.15

[1] Estas centrales están desapareciendo muy rápidamente ya que son reemplazadas por las de tecnología electrónica. Esta situación ha permitido mejorar la relación **señal/ruido** en los canales telefónicos, por lo que ahora se pueden alcanzar velocidades de transmisión más altas que hace unos pocos años.

Los pulsos de ruido, también conocidos como **burst**, se dan comúnmente en forma dispersa en el tiempo, o en ráfagas cortas, con una duración aproximada de 20 ms sobre los circuitos telefónicos típicos.

6.4.2.6 Ruido de intermodulación

Se denomina ruido de intermodulación al siguiente:

Ruido de intermodulación

Ruido que se produce cuando se aplican varias señales sinusoidales a un dispositivo no lineal; o cuando varias señales multiplexadas en frecuencia por el mismo canal sufren desplazamientos de sus portadoras, ocupando las bandas de protección y superponiéndose a las señales contiguas.

En estos casos, aparecen frecuencias adicionales que no están relacionadas armónicamente con las frecuencias de la señal.

Los productos de la intermodulación afectan especialmente a los sistemas telefónicos multiplexados en frecuencia (ver capítulo 4).

En general, la alta temperatura es unos de los factores que más afecta a la estabilidad de los circuitos que deben mantener cada señal dentro de su banda. Esta falta de estabilidad produce desplazamientos de las frecuencias de las portadoras, que resultan en este tipo de ruido indeseable.

6.4.2.7 Diafonía

Se denomina diafonía a lo siguiente:

Diafonía

Ruido producido por el acoplamiento indeseado entre dos señales a causa de la inducción electromagnética mutua. Generalmente se produce entre conductores. Se la conoce vulgarmente como crosstalk.

Forma práctica de efectuar una transposición

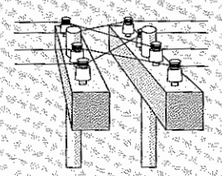


FIGURA 6.16

Un ejemplo de este tipo de ruido se da en los pares telefónicos, que corren paralelos muchos kilómetros o también son afectados por circuitos eléctricos de alta tensión instalados próximos a la ruta telefónica.

Para eliminar el efecto de la diafonía, en los circuitos telefónicos se suelen utilizar las transposiciones, que consisten en cambiar la posición de los conductores de una ruta telefónica para compensar las inducciones electromagnéticas mutuas que se producen entre dichos conductores. En la figura 6.16 se muestra una forma práctica de realizar una transposición. Para evitar el corte de los alambres, en el punto de transposición se levanta uno de ellos aproximadamente dos centímetros, mientras que el otro se baja otro tanto.

La diafonía se presenta también cuando los filtros que forman parte de un canal de comunicaciones son de poca calidad o se encuentran mal diseñados o cuando los multiplexores analógicos, en los sistemas que los posean, presentan un comportamiento no lineal.

6.4.2.8 Ruido de línea o ruido simple

Se denomina ruido simple o de línea al siguiente:

Ruido simple o de línea

Ruido que se produce por la presencia de líneas eléctricas[1] que suministran energía a las instalaciones eléctricas, para iluminación y alimentación de equipos y/o sistemas eléctricos y electrónicos.

Cuando estas líneas están cerca de canales de comunicación, las señales que circulan por estos últimos son afectadas por el fenómeno de inducción electromagnética. Las líneas de alta tensión y los transformadores de potencia son las principales fuentes de este tipo de ruido.

El ruido de línea se puede reducir, y en ciertos casos eliminar, mediante la utilización de filtros especiales denominados **filtros de línea**, los cuales eliminan las frecuencias de 50 ó 60 Hz correspondientes a las tensiones de alimentación.

6.4.3 Relación señal a ruido y factor de ruido

La relación entre la potencia de la señal y la potencia de ruido se denomina relación señal a ruido y se expresa en decibeles.

$$\text{Relación S/N} = 10 \log_2 \frac{S}{N} \qquad (6.16)$$

donde:

S = Señal (*Signal*). Valor medio de la potencia de la señal útil.
N = Ruido (*Noise*). Potencia media de ruido.

Los canales de comunicaciones y los dispositivos electrónicos conocidos, como por ejemplo los amplificadores, están caracterizados por un parámetro denominado factor de ruido definido por la siguiente expresión:

$$F = \frac{\text{relación señal/ruido de entrada}}{\text{relación señal/ruido de salida}} \qquad (6.17)$$

En el ejemplo de la figura 6.17 el factor de ruido resultará:

$$F = \frac{S_1/N_1}{S_2/N_2} \qquad (6.18)$$

pero como

$$S_2 = S_1 \times G \qquad (6.19)$$

entonces resulta

$$F = \frac{S_1/N_1}{S_1 G/N_2} \qquad (6.20)$$

y simplificando, finalmente queda:

$$F = \frac{N_2}{G/N_1} \qquad (6.21)$$

[1] Los usuarios trabajan generalmente con tensiones y frecuencias típicas de 220 v y 50 Hz ó 110 v y 60 Hz. Sin embargo, si se estuviera cerca de una línea de alta tensión, usada para transportar energía eléctrica a un gran número de usuarios, los problemas podrían ser mucho mayores.

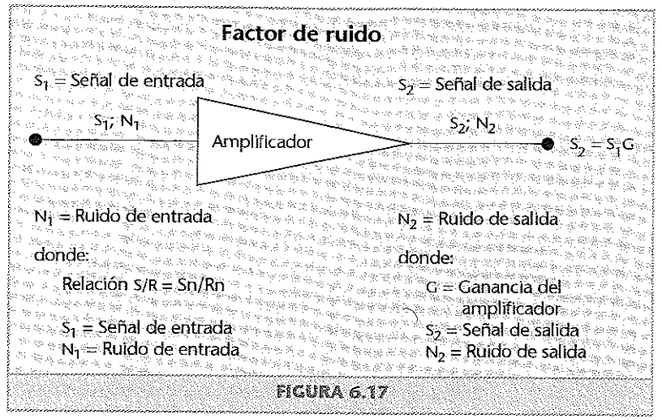


FIGURA 6.17

La ventaja de definir un factor de ruido es que la potencia de la señal se simplifica en la expresión (6.21) y queda, por lo tanto, una relación que depende exclusivamente de la ganancia y del ruido propio del canal y, como en el caso señalado, del ruido que pueda añadir el amplificador.

Cuando se supone un circuito ideal, éste no introducirá ruido alguno y en consecuencia N_2 será igual a G N_1, por lo que el factor de ruido será igual a uno (F = 1). A medida que aumenta el ruido en el canal, su factor de ruido será mayor que la unidad y, en consecuencia, será un parámetro importante para comparar canales de comunicación.

En la transmisión de señales digitales no se emplea como parámetro de medición la relación a señal ruido, sino que en su lugar se utiliza el BER[1], que se define en el punto 6.9.4 de esta obra.

6.4.4 Distorsión

6.4.4.1 Definición

Definiremos la distorsión como sigue:

distorsión | **Deformación que sufre una señal eléctrica a causa de elementos del propio circuito (resistencias, condensadores o bobinas) o externos a él.**

La distorsión puede producirse por varias causas. En la figura 6.18 se muestran los diferentes casos de distorsión.

6.4.4.2 Distorsión por atenuación

Llamaremos distorsión por atenuación a la siguiente:

distorsión por atenuación | **Distorsión que se produce a causa de las características resistivas y reactivas del canal físico de comunicaciones.**

[1] Tasa de errores o **Bit Error Rate**.

La impedancia de un canal de comunicaciones se puede expresar mediante un número complejo Z, tal que

$$Z = R + j(X_L - X_C) \tag{6.22}$$

donde:

R = Resistencia óhmica.
j = Unidad imaginaria.
X_L = Reactancia inductiva.
X_C = Reactancia capacitiva.

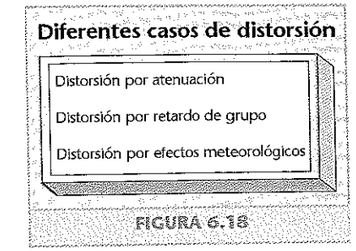


FIGURA 6.18

La resistencia óhmica R es directamente proporcional al coeficiente de resistividad del material que constituye el conductor e inversamente proporcional a su sección.

$$R = \rho \frac{l}{\sigma} \tag{6.23}$$

donde:

R = Resistencia óhmica.
ρ = Coeficiente de resistividad de los metales.
σ = Sección del conductor.
l = Longitud del conductor.

De la expresión (6.23) se puede deducir que la atenuación de un canal físico aumenta cuando aumenta su longitud; y disminuye cuando se usa conductores de mayor sección. Otra manera de expresar el mismo fenómeno físico es diciendo que la intensidad de las señales es menor a medida que nos alejamos de su fuente. Por otra parte, obsérvese que cuanto mayor es la sección del conductor, mayor es su peso, y esto supone un mayor costo por kilómetro de línea.

También hay que destacar que el denominado **Coeficiente de Resistividad del Conductor** debe ser lo menor posible para lograr menor atenuación, de ahí la necesidad de usar cobre casi con exclusividad. Los elementos que se pueden utilizar para transportar las señales eléctricas con una mínima atenuación por unidad de longitud son aquellos cuyos **coeficientes de resistividad** presentan los mejores valores. Ellos son:

Plata = $1{,}6 \times 10^{-8}$ Ohm × metro
Cobre = $1{,}7 \times 10^{-8}$ Ohm × metro
Aluminio = $2{,}8 \times 10^{-8}$ Ohm × metro

La plata no se puede utilizar por razones de costo, y el aluminio presenta, además de una mayor resistividad, poca maleabilidad, lo que hace poco conveniente su uso.

Para contrarrestar la atenuación producida por la resistencia, se utilizan circuitos amplificadores, tal como se puede observar en la figura 6.19.

La resistencia óhmica R en sí es un parámetro independiente de la frecuencia, como lo muestra la expresión (6.23). Cuando en un medio conductor la resistividad tiende a cero, se dice que estamos en presencia de

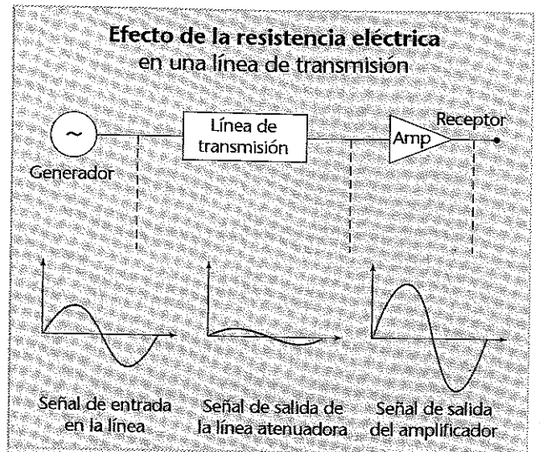


FIGURA 6.19

un **superconductor**[1]. Sin embargo, en los casos que hemos descrito, la presencia de resistencia se debe a que los conductores, al no ser perfectos, disipan energía en forma de calor cuando por ellos circula una corriente eléctrica.

En cuanto a la impedancia, donde actúan simultáneamente la resistencia y las reactancias inductiva y capacitiva, su valor sí es función de la frecuencia. En efecto,

Reactancia inductiva $$X_L = \omega L \tag{6.24}$$

Reactancia capacitiva $$X_C = \frac{1}{\omega C} \tag{6.25}$$

donde:

L = Inductancia [henrio]
C = Capacitancia [farad]
ω = Pulsación [hertz]

[1] Se denomina **superconductividad** al fenómeno que presentan ciertos conductores que no demuestran resistencia al flujo de una corriente eléctrica. Este importante fenómeno fue descubierto en 1911 por el físico holandés **Heike Kamerlingh Onnes**, de la Universidad de Leiden. Este investigador, trabajando con una muestra de mercurio que se encontraba a una temperatura de 4,2° Kelvin (–268,8 °C), observó que la resistencia desaparecía abruptamente a dicha temperatura. El fenómeno fue entendido mejor sólo después de los estudios que realizaran **Karl W. Meissner** y **R. Ochsenfeld**, en 1933 en Alemania sobre el diamagnetismo. Estos trabajos dieron lugar al estudio de lo que se ha denominado **física a bajas temperaturas**, una nueva disciplina de especial interés. Se debe destacar que este fenómeno, de singular importancia en muchísimas aplicaciones, se verifica también a temperaturas más altas. Precisamente en 1987, el Premio de Nobel en Física fue concedido al alemán **Georg Bednorz** y al suizo **Alex Mueller** por el descubrimiento de materiales que se comportan como **superconductores** a temperaturas mayores de lo que inicialmente se había pensado.

Pero, como la pulsación es igual a

$$\omega = 2\,\pi f \tag{6.26}$$

las expresiones (6.24) y (6.25) resultarán,

Reactancia inductiva $$X_L = 2\,\pi f L \tag{6.27}$$

Reactancia capacitiva $$X_C = \frac{1}{2\,\pi f C} \tag{6.28}$$

Reemplazando en la expresión (6.22), la impedancia quedará, finalmente, igual a

$$Z = R + j\left(2\,\pi f L - \frac{1}{2\,\pi f C}\right) \tag{6.29}$$

Como se puede apreciar en la expresión (6.29), la parte compleja de la impedancia varía según la frecuencia; luego, a cada frecuencia le corresponderá una impedancia distinta.

Además, si la corriente fuera continua, es decir, de frecuencia nula, la parte imaginaria de la expresión (6.29) se anularía. En este caso particular la impedancia y la resistencia óhmica son iguales.

En los canales de comunicaciones, las señales están constituidas por un conjunto de frecuencias, y a cada una de ellas le corresponde un valor diferente de impedancia; en consecuencia, la señal transmitida tendrá también diferentes niveles de atenuación, dependiendo de la frecuencia.

En general, los modems están preparados para corregir, dentro de ciertos límites, este fenómeno. Como se comprenderá fácilmente, es ilógico pensar que los modems pueden recibir sin problemas señales de 1 kHz con una atenuación de –4 dB y después otra de 2,8 kHz con –20 dB de atenuación. Por este motivo, la mayoría de los modems incluyen unos circuitos especiales, llamados compensadores o **ecualizadores**, para corregir esta irregularidad.

Las Normas Internacionales de la UIT-T fijan límites a los que se deben ajustar las características de las líneas. Por ejemplo, los circuitos de **Calidad Normal** deben cumplir con la **Recomendación M.1040** de la UIT-T; y los circuitos denominados de **Calidad Especial**, la **Recomendación M.1020** del UIT-T. En el apartado 6.9 de este capítulo se estudian las características de estas normas internacionales.

En la figura 6.20 se pueden observar las características de la atenuación en función de la frecuencia para un canal telefónico ideal de frecuencia vocal. Las frecuencias por debajo de 300 Hz y por encima de 3400 Hz no son necesarias para la recepción inteligible de la voz, por lo cual la atenuación aumenta fuera de la banda de 300 a 3400 Hz. Asimismo, se representan gráficamente las características típicas de atenuación en función de la frecuencia para un canal telefónico real. La atenuación a 1000 Hz puede llegar a 30 dB, para líneas telefónicas conmutadas, pero para líneas dedicadas, tiene un valor promedio menor de 15 dB.

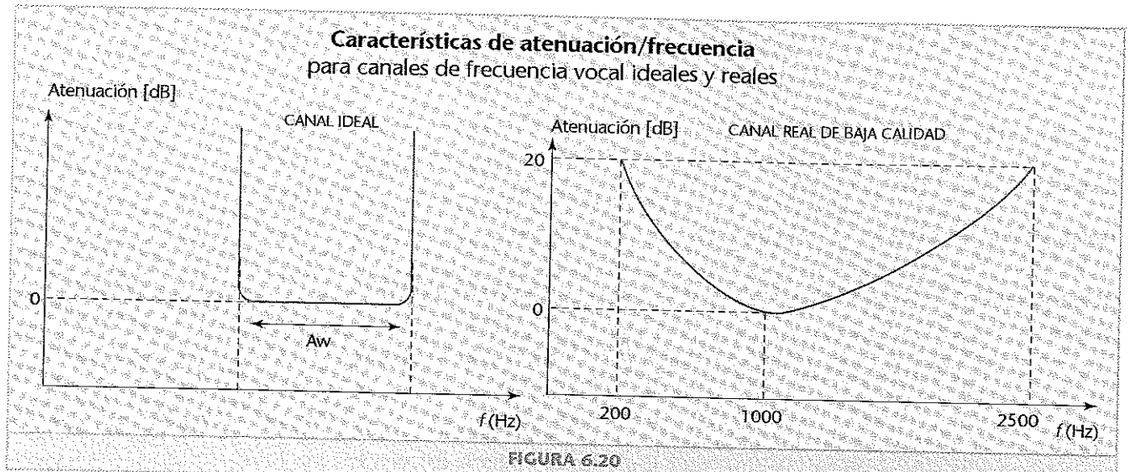


FIGURA 6.20

Como caso particular, puede ocurrir que a una determinada frecuencia, denominada **frecuencia de resonancia**, la reactancia inductiva sea igual a la reactancia capacitiva. En ese caso resultará:

$$X_L = X_C \tag{6.30}$$

con lo cual la expresión de la impedancia será:

$$Z = R \tag{6.31}$$

En este caso particular, el canal se comportará como exclusivamente resistivo.

La frecuencia de resonancia se puede obtener de igualar las expresiones (6.24) y (6.25). Operando adecuadamente, su valor resulta

$$f_R = \frac{1}{\sqrt{2\pi LC}} \tag{6.32}$$

6.4.4.3 Distorsión por retardo de grupo

Llamaremos distorsión por retardo de grupo, o de fase, a lo siguiente:

Distorsión por retardo de grupo

Distorsión que se produce como consecuencia de que las distintas componentes de una señal se propagan en el canal de comunicaciones a velocidades diferentes, por lo que llegan al colector en instantes diferentes.

La velocidad de propagación de las señales es función de la frecuencia de cada una de ellas y, por lo tanto, se desplazan por las líneas de comunicaciones a diferentes velocidades.

En las líneas que poseen características inductivas, las frecuencias más bajas viajan más rápido que las frecuencias más altas. Recordando la expresión de la reactancia inductiva:

$$X_L = 2\pi fL \tag{6.33}$$

se puede observar que ésta es directamente proporcional a la frecuencia; luego, para las señales que tienen frecuencias más altas, el valor de X_L será mayor, con lo cual el valor de la impedancia de la línea para las frecuencias más altas se incrementa respecto de las más bajas.

Por otro lado, en las líneas que poseen características capacitivas la situación es inversa. Las frecuencias más altas viajan a velocidades mayores que las frecuencias más bajas. Recordando la expresión de la reactancia capacitiva:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \tag{6.34}$$

se puede observar que ésta es inversamente proporcional a la frecuencia; luego, para las señales que tienen frecuencias más bajas, el valor de X_C será mayor, con lo cual el valor de la impedancia de la línea para las frecuencias más bajas se incrementa respecto de las altas.

Los circuitos compensadores o **ecualizadores** tienen capacidad para corregir, dentro de ciertos límites, este efecto nocivo.

Las normas internacionales de la UIT-T especifican los límites permitidos de este tipo de distorsión para valores de retardo de grupo medidos en **milisegundos**. En el apartado 6.5 de este capítulo se dan los valores correspondientes para canales telefónicos.

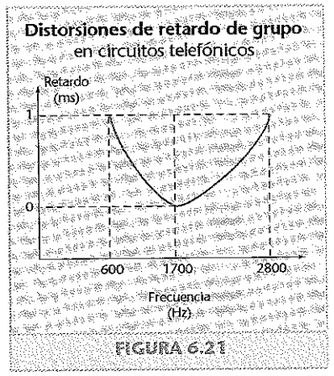


FIGURA 6.21

Los canales de frecuencia de voz son en realidad canales pasabanda que tienen un ancho de banda aproximado de 3100 Hz. Si se aplica en ellos un impulso, a su salida se obtendrá una señal compuesta por un conjunto de ecos adyacentes al impulso de entrada. Este fenómeno da lugar a un efecto no deseado denominado **dispersión en el tiempo de la señal**. Esta dispersión aumenta significativamente la atenuación y, además, la distorsión por retardo de grupo de la señal. En consecuencia, cada elemento de señal recibido está constituido por un componente principal, transmitido directamente, seguido de varios **ecos**, producidos por diferentes desadaptaciones en la línea.

El efecto inmediato del retardo de grupo es la interferencia intersímbolos, que ocurre entre dos elementos (bits) de señales contiguas. Es por ello que, para un nivel de interferencia intersímbolos dado, existe un límite para la tasa a la cual la señal puede ser transmitida. La interferencia intersímbolos originará que un elemento individual de la señal sea alargado hasta causar solapamiento e interferencia con el símbolo vecino.

Generalmente, la porción dispersa de un elemento de la señal que causa interferencia contiene sólo una fracción de la energía total, pues la mayor parte de ella se encuentra en el intervalo de tiempo correcto.

6.4.4.4 Distorsión por efectos meteorológicos (enlaces inalámbricos)

Se denomina distorsión por efectos meteorológicos a lo siguiente:

Distorsión por efectos meteorológicos

Distorsión que se produce a causa de lluvias, nieve, tormentas de polvo, u otras condiciones similares que afectan al medio de propagación produciendo cambios bruscos en la señal.

En particular, este tipo de distorsión afecta a la transmisión por medios radioeléctricos de **alta frecuencia** (HF), especialmente a los circuitos que utilizan microondas de **muy alta y ultra alta frecuencia**, VHF y UHF.

En general, estos efectos se producen en periodos cortos. En algunos casos es posible corregirlos en forma automática, o bien manualmente, cuando los operadores están atentos. Por ello, para minimizar sus efectos, es importante conocer con anticipación, en cada situación geográfica, cuál es la probabilidad de que se presenten condiciones meteorológicas límites que puedan afectar las comunicaciones y, en caso de que existan, conocer cuáles son las épocas más probables de ocurrencia de estos fenómenos. Si el defecto no es corregido, la tasa de error puede crecer a límites no tolerables para un sistema de transmisión de datos.

A diferencia de los circuitos telefónicos alámbricos, que no varían apreciablemente en el tiempo en cuanto a sus características de atenuación y retardo, los enlaces inalámbricos sí lo hacen. En particular en los de **alta frecuencia**, HF, o en los **enlaces de microondas**, dichas características pueden cambiar notoriamente, durante un periodo de tiempo variable, con la situación meteorológica y afectar la confiabilidad del enlace.

Cuando estos últimos tipos de enlaces descritos están afectados por una variación del medio dieléctrico que separa las antenas (alineadas ópticamente), la señal puede tener variaciones importantes en su amplitud. Estas variaciones del dieléctrico son precisamente producidas, entre otras cosas, por el polvo en suspención (tormenta de polvo), por la nieve, el granizo o fuertes tormentas de agua.

6.4.5 Efecto pelicular

6.4.5.1 Conceptos generales y definición

Un fenómeno físico, que como se verá tiene ulteriores consecuencias en el comportamiento de los canales de comunicaciones que son establecidos por medio de **conductores metálicos**, es el que se conoce por el nombre de **Corrientes de Foucault**[1].

[1] **Jean Bernard Foucault** nació en la ciudad de París, Francia, en el año 1819, y falleció en 1868. Este importante físico francés fue el primero en descubrir la presencia de las corrientes que se generan en metales bajo campos magnéticos variables. Actualmente estas corrientes llevan su nombre en su honor. Son también muy conocidos sus trabajos junto al también investigador francés **Armand Fizeau**, para determinar la velocidad de luz. En 1851 alcanzó la fama al verificar la rotación de la tierra suspendiendo un péndulo colgado mediante un largo alambre de la torre del Panteón de París. El péndulo reprodujo la rotación de la tierra sobre su eje.

Cuando un trozo de metal es sometido a un campo magnético variable, dada su **baja resistencia óhmica**, se generan en su interior corrientes eléctricas inducidas que pueden alcanzar valores altos.

Los valores de las **Corrientes de Foucault** así generadas son mayores cuanto mayor es la rapidez con que varía el campo magnético respecto del tiempo (frecuencia de variación).

Dada la **alta temperatura** que los metales pueden alcanzar con esta importante propiedad, ésta es usada en muchas aplicaciones industriales tales como la fundición de metales en condiciones de alto vacío o el tratamiento superficial de los metales a efectos de lograr su endurecimiento, etc.

En los canales de comunicaciones, cuando se envían señales de frecuencias elevadas, aparece un efecto derivado de ellas que se denomina **efecto pelicular**, o también conocido como **skin effect**. En particular, se denomina efecto pelicular a lo siguiente:

Efecto pelicular

Fenómeno físico por el cual la corriente tiende a circular por la superficie de los conductores metálicos cuando aumenta su frecuencia. Cuando la frecuencia es muy elevada, el valor de la corriente que circula por el eje longitudinal del conductor tiende a cero.

Este fenómeno se puede interpretar como si al aumentar la frecuencia de la corriente, se redujese la sección del conductor; o también, como si se produjera una disminución de la **conductividad eléctrica del conductor**. El primer punto de vista conduce a la definición de **sección útil** del conductor; y el segundo, al concepto de **conductividad eléctrica relativa**.

6.4.5.2 Profundidad de penetración

El efecto pelicular permite definir una variable práctica denominada **profundidad de penetración**:

Profundidad de penetración

A la distancia δ, medida desde el borde de un conductor cilíndrico en dirección a su eje longitudinal, hasta la cual penetrará la corriente de una frecuencia f que circule por dicho conductor.

Aceptando algunas simplificaciones, puede demostrarse que la **profundidad de penetración** resulta

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi\sigma\mu f}} \text{ [metros]} \tag{6.35}$$

donde:

σ = Conductividad eléctrica del metal [$\Omega^{-1} \times$ metro]
μ = Permeabilidad magnética [henry $\times$ metro]
f = Frecuencia [hertz]

El valor de la denominada **profundidad de penetración** permite definir la **sección útil** del conductor, que será función de la frecuencia. Definiremos la **sección útil a una frecuencia dada** como sigue:

Sección útil

Área de la sección de un conductor que resulta de restar de su sección total el área de un círculo cuyo centro se encuentra en el eje longitudinal del conductor y cuyo radio es la diferencia entre el radio del conductor y la profundidad de penetración que corresponde a la frecuencia de trabajo.

En la figura 6.22 se muestra la **superficie útil** de un conductor metálico en tres situaciones distintas: la primera, cuando circula una corriente continua; la segunda, cuando circula una corriente de frecuencia f_1; y la tercera, cuando circula una corriente $f_2 >> f_1$.

Definiremos la **conductividad eléctrica relativa**, σ_R como sigue:

Conductividad eléctrica relativa

Valor de la conductividad eléctrica que tendría un conductor por el que circula una corriente de frecuencia *f*, si la corriente circulara usando toda su sección.

Obsérvese que para los casos de la figura 6.22 resulta: $\sigma = \sigma_R$ para el primero; $\sigma > \sigma_R$ para el segundo; y $\sigma >> \sigma_{R1}$.

Efecto pelicular en un conductor metálico

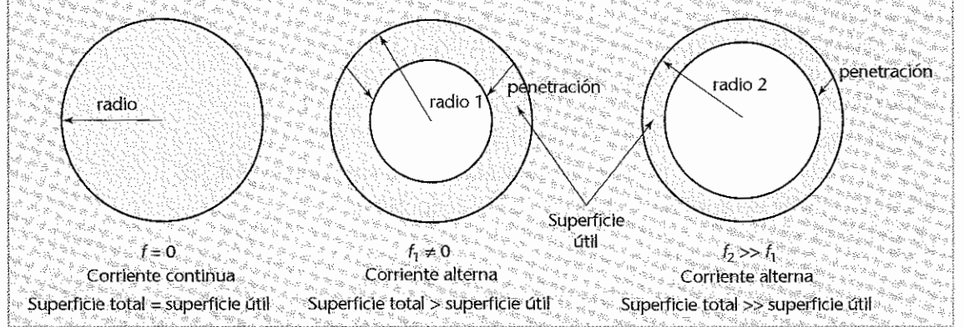


FIGURA 6.22

ejemplo 6.3

Se desea saber cuál es el valor en milímetros correspondiente a la profundidad de penetración en un cable de cobre típico usado en telefonía de 0,511 mm de diámetro (calibre 24-WAG), cuando se transmiten frecuencias del orden de 3 kHz; y cuál sería su valor si se transmitieran frecuencias del orden de 2,048 MHz. Calcular cuál es la superficie útil usada para transportar las señales en ambos casos. Se sabe que el valor de la conductividad eléctrica del cobre es $\sigma = 5{,}8 \times 10^7\ \Omega^{-1} \times \mathrm{m}$, y la permeabilidad de este material es $\mu = 4 \times \pi \times 10^{-7}\ \mathrm{H} \times \mathrm{m}$.

Primero calcularemos la profundidad de penetración a la frecuencia de 3 kHz. Reemplazando por valores en la expresión (6.35), tendremos

$$\delta_1 = \frac{1}{\sqrt{\pi \times 4 \times \pi \times 10^{-7} \times 5{,}8 \times 10^7 \times 3000}} = 0{,}0012065 \text{ m}$$

$$\delta_1 = 1{,}2065 \text{ mm}$$

Para el caso correspondiente a la frecuencia de 2 048 000 Hz (2,048 MHz), tendremos,

$$\delta_2 = \frac{1}{\sqrt{\pi \times 4 \times \pi \times 10^{-7} \times 5{,}8 \times 10^7 \times 2\,048\,000}} = 0{,}000046178 \text{ m}$$

$$\delta_2 = 0{,}0461 \text{ mm}$$

Obsérvese que en el primer caso la profundidad de penetración obtenida, $\delta_1 = 1{,}2065$ mm, supera ampliamente al radio del conductor, que es igual a 0,2555 mm (es decir, diámetro/2 = 0,511/2 = 0,2555 mm); por lo tanto, en este caso no se verifica el efecto pelicular, pues la corriente circulará por toda la sección del conductor.

En el segundo caso, la profundidad de penetración obtenida, $\delta_2 = 0{,}0461$ mm, es menor que el radio del conductor y, en consecuencia, la superficie útil será menor, y la resistencia eléctrica y la atenuación del medio aumentarán.

Calculemos ahora la sección útil para el segundo caso. Puesto que la sección útil es la sección total menos el área del círculo interior por donde no circula corriente, tendremos

$$\text{Sección útil} = \pi \times r_c^2 - \pi \times (r_c - \delta_2)^2$$

donde r_c es el radio del conductor. Reemplazando por los valores correspondientes, tendremos

$$\text{Sección útil} = \pi \times 0{,}2555^2 - \pi(0{,}2555 - 0{,}0461)^2 = 0{,}0674 \text{ mm}^2$$

Como se puede apreciar, a la frecuencia de 2,048 MHz la sección útil del conductor se reduce fuertemente.

Consecuencias del efecto pelicular en un canal de comunicaciones 6.4.5.3

En ciertos casos, el efecto pelicular presenta algunos inconvenientes cuando se usan conductores metálicos para establecer **Canales de Comunicaciones**.

En los canales analógicos de voz utilizados en la **Red Telefónica Conmutada** el **efecto pelicular** es casi despreciable porque están acondicionados para transmitir anchos de banda comprendidos entre los 300 y 3400 Hz.

Cuando se transmiten **señales en banda base**, a causa de la **digitalización de los canales**, la frecuencia de la primera armónica del desarrollo en **Serie de Fourier** es función de lo que hemos definido como **velocidad binaria o de transmisión**. Cuanto mayor sea esta velocidad, mayor será la frecuencia de la primera armónica de la serie y, por lo tanto, mayor será el efecto pelicular que se produce por las razones que se han ido señalando. Por este motivo, cuando se instalan redes digitales, el diá-

metro de los conductores debe ser, en muchos casos, mayor que el que normalmente se utiliza cuando se construyen redes analógicas.

En la red telefónica analógica es común usar conductores de cobre de 0,511 mm de diámetro (calibre 24-AWG), valor que debe aumentarse cuando la red a instalar es digital y se quiere tener una menor distorsión. En este último caso es recomendable usar conductores de mayor diámetro; un valor aceptable es 0,912 mm de diámetro (calibre 19-AWG).

6.5 Normas de calidad para canales establecidos en la red telefónica

El **Comité Técnico de la Unión Internacional de Telecomunicaciones,** UIT-T, ha redactado normas que establecen los parámetros de calidad que deben cumplir los circuitos telefónicos utilizados para la transmisión de datos. Estas normas son las siguientes:

6.5.1 Recomendación M.1020[1]

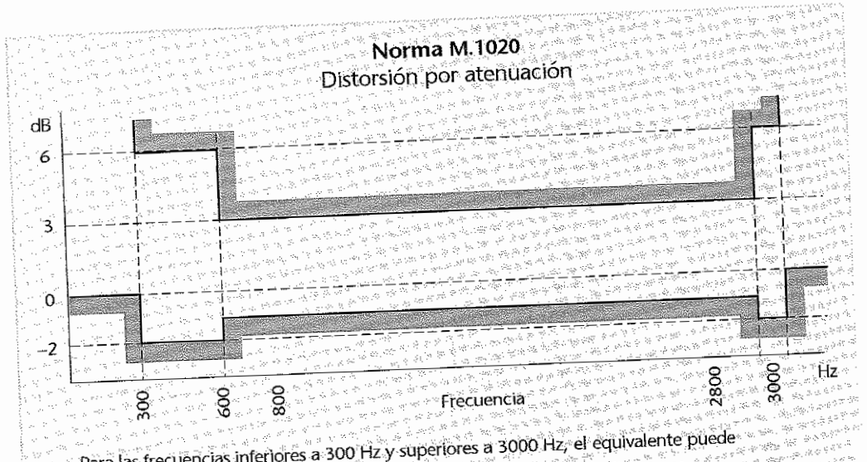
6.5.1.1 Aspectos generales

Las condiciones que estipula esta recomendación tienen por objeto la obtención de circuitos capaces de satisfacer las exigencias de las velocidades de modulación más elevadas que se puedan obtener sobre canales telefónicos y que para la transmisión de datos utilicen equipos módem no equipados con **ecualizadores**[2].

6.5.1.2 Características particulares

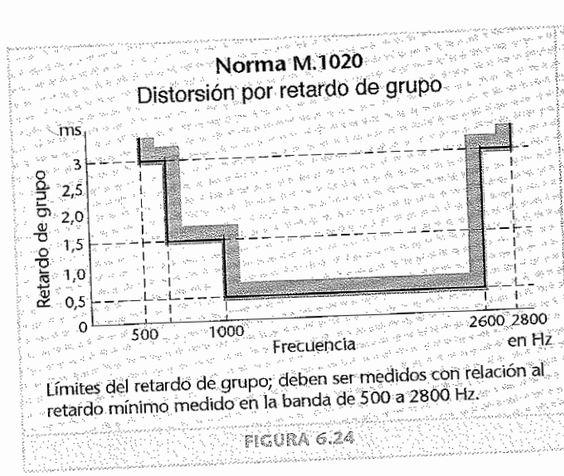
- La distorsión de atenuación en función de la frecuencia, con relación a la frecuencia de referencia de 800 Hz para el circuito comprendido entre las instalaciones del abonado, debe responder a las curvas indicadas en la figura 6.23.
- En los circuitos a cuatro hilos, el nivel relativo de recepción en las instalaciones del abonado no debe ser inferior a –13 dB.
- Los límites al retardo de grupo están indicados en la figura 6.24. Estos límites están medidos con relación al valor mínimo determinado de dicho retardo.
- Los circuitos que cumplen con estas características son especialmente aptos para transmitir a velocidades de modulación de 2400 baudios y, por lo tanto, pueden alcanzar velocidades de transmisión de 28 800 bps en caso de que se utilicen modems de la recomendación V.34.
- Con respecto al ruido aleatorio del circuito, los límites máximos se indican en la figura 6.25.
- Con respecto al ruido impulsivo, no podrán medirse, en períodos de 15 minutos, más de 18 impulsos de ruido con crestas superiores

[1] Calidad especial, con acondicionamiento especial en el ancho de banda del canal.
[2] En el apartado 6.6 de este capítulo se explicará la forma en que se acondicionan las líneas mediante, entre otros elementos técnicos, los ecualizadores.



Para las frecuencias inferiores a 300 Hz y superiores a 3000 Hz, el equivalente puede tener un valor cualquiera siempre que no sea negativo.

FIGURA 6.23



Límites del retardo de grupo; deben ser medidos con relación al retardo mínimo medido en la banda de 500 a 2800 Hz.

FIGURA 6.24

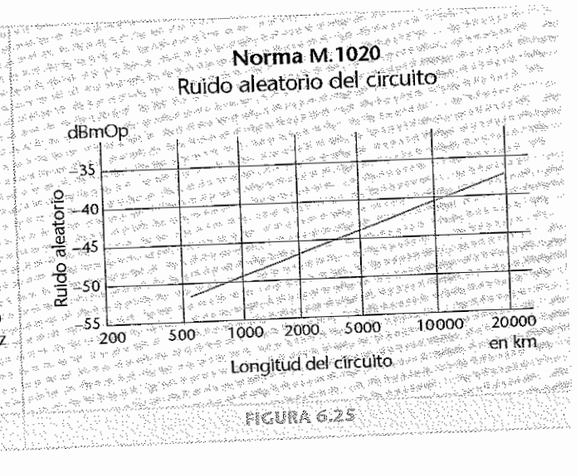


FIGURA 6.25

a –21 dBm. Las mediciones se deben efectuar con aparatos especiales, conforme a la **Recomendación O.71 de la UIT-T.**

6.5.2 Recomendación M.1025[1]

6.5.2.1 Aspectos generales

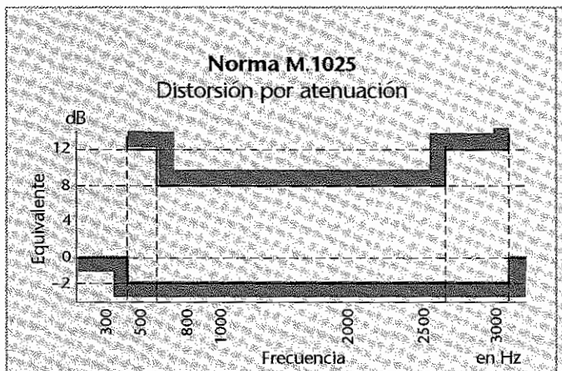
Las condiciones que estipula esta recomendación tienen por objeto la obtención de circuitos capaces de satisfacer las exigencias de velocidades de

[1] Calidad especial, con acondicionamiento básico en el ancho de banda del canal.

modulación más elevadas que se puedan obtener sobre canales telefónicos y que en el circuito de datos utilicen equipos módems equipados con ecualizadores.

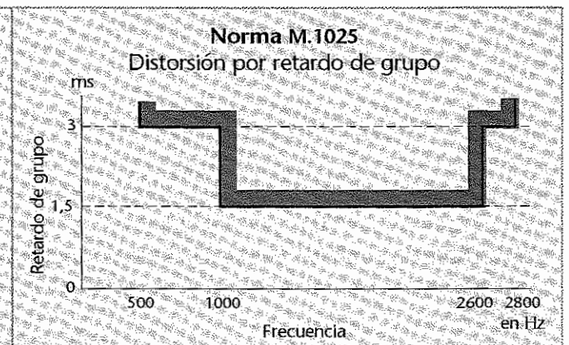
6.5.2.2 Características particulares

- En los circuitos a cuatro hilos, el nivel relativo en recepción en las instalaciones del abonado no debe ser inferior a –13 dB.
- La distorsión de atenuación en función de la frecuencia, con relación a la frecuencia de referencia de 800 Hz para el circuito comprendido entre instalaciones del abonado, debe responder a las curvas indicadas en la figura 6.26.
- Los límites al retardo de grupo están indicados en la figura 6.27. Estos límites están medidos con relación al valor mínimo medido de dicho retardo.
- Los circuitos que cumplen con estas características son en general aptos para transmitir a velocidades de modulación de hasta 2400 baudios; sin embargo, no siempre proporcionan un funcionamiento satisfactorio, en los casos en que se utilicen modems de la **Recomendación V.34**; es decir, que no son idealmente aptos, para obtener velocidades de transmisión de 28 800 bps.
- Con respecto al ruido aleatorio del circuito, los límites máximos se indican en la figura 6.28.
- Con respecto al ruido impulsivo, no podrán medirse, en periodos de 15 minutos, más de 18 impulsos de ruido con crestas superiores a –21 dBm. Las mediciones se deben efectuar con aparatos especiales conforme a la **Recomendación O.71 de la UIT-T**.



Para las frecuencias inferiores a 300 Hz y superiores a 3000 Hz, el equivalente puede tener un valor cualquiera siempre que no sea negativo.

FIGURA 6.26



Límites del retardo de grupo; deben ser medidos con relación al retardo mínimo medido en la banda de 500 a 2800 Hz. El valor de 3,0 ms entre 600 y 1000 Hz es aún provisorio. Lo ideal sería que ese valor permita un correcto funcionamiento de los equipos módem, evitando compensar los circuitos en la mayoría de los casos.

FIGURA 6.27

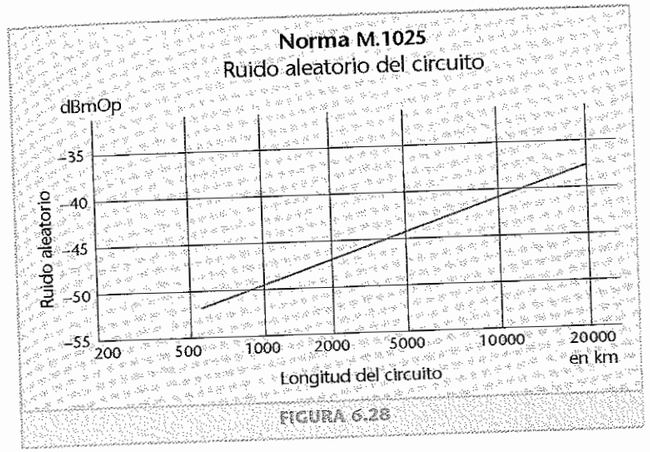


FIGURA 6.28

6.5.3 Recomendación M.1040[1]

6.5.3.1 Aspectos generales

Las condiciones que estipula esta recomendación tienen por objeto la obtención de circuitos capaces de satisfacer las exigencias de velocidades de modulación menos elevadas, que no requieren la utilización de circuitos arrendados de calidad especial, conformes a la Recomendación M.1020 o a la Recomendación M.1025.

6.5.3.2 Características particulares

- En los circuitos a cuatro hilos, el nivel relativo de recepción en las instalaciones del abonado no debe ser inferior a –15 dBr.
- La distorsión de atenuación en función de la frecuencia, con relación a la frecuencia de referencia de 800 Hz para el circuito comprendido entre instalaciones del abonado, debe responder a las curvas indicadas en la figura 6.29.
- Los límites al retardo de grupo no están especificados en esta recomendación.
- Con respecto al ruido aleatorio del circuito los límites máximos están determinados en la figura 6.30.
- Los circuitos que cumplen con estas características son especialmente aptos para transmitir a velocidades de modulación de 1200 baudios, con probabilidades de valores de tasas de errores de **BER = 1:100 000**.
- Los circuitos arrendados punto a punto de dos hilos, también están en condiciones de cumplir con esta norma.

6.5.3.3 Cuadro comparativo de las normas M.1020, M.1025 y M.1040

En la figura 6.31 se pueden apreciar las diferencias de los distintos requerimientos exigidos, en cuanto a distorsión por atenuación, por cada una de las normas señaladas.

[1] Calidad normal.

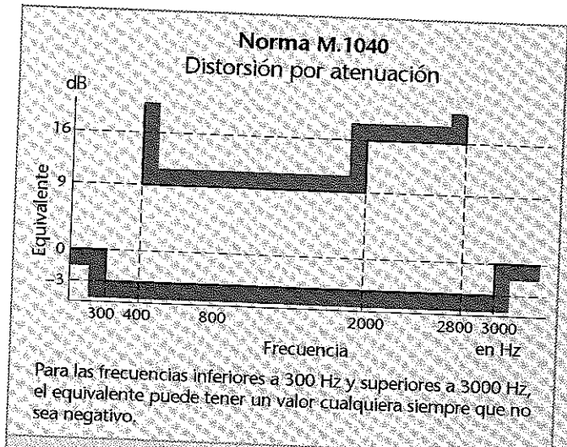


FIGURA 6.29

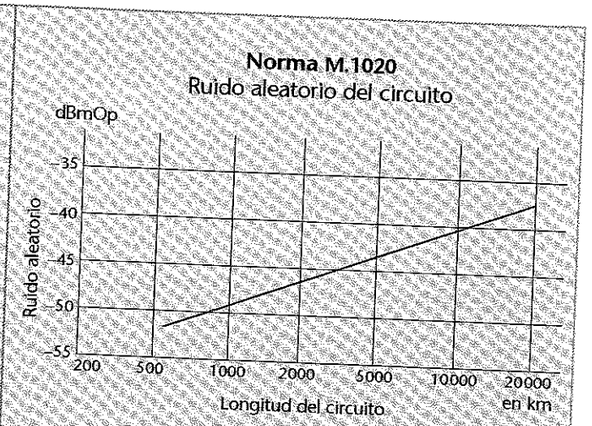


FIGURA 6.30

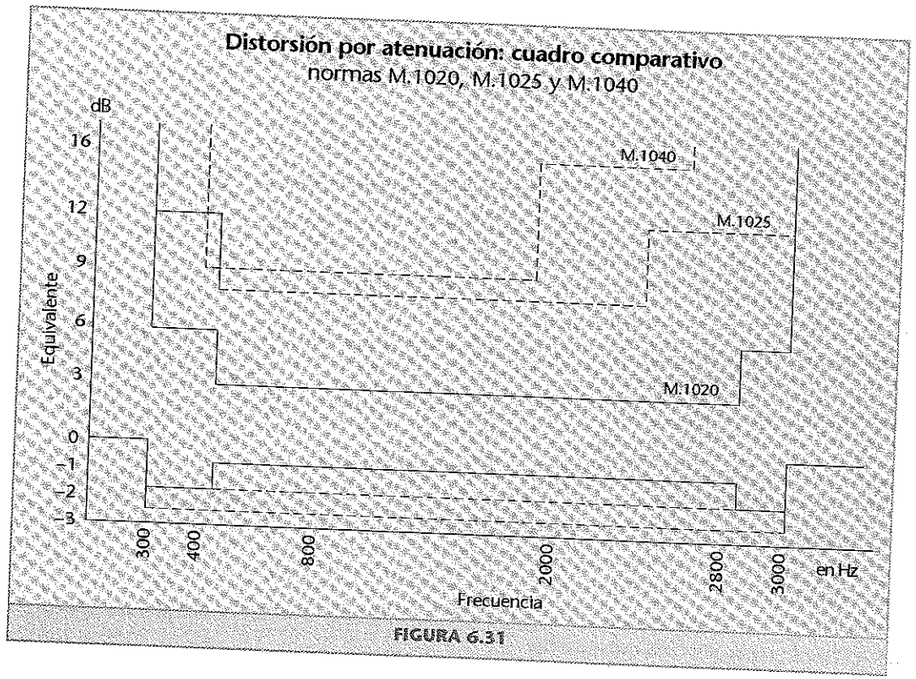


FIGURA 6.31

Se puede apreciar que la norma más exigente en cuanto a este parámetro es la M.1020. Luego, en forma decreciente, resultan menos exigentes las normas M.1025 y M.1040, respectivamente.

Acondicionamiento de los canales de comunicaciones 6.6

Aspectos generales 6.6.1

Los canales de comunicaciones presentan fenómenos físicos que alteran sus características y que requieren ser corregidos a efectos de lograr colocarlos en las mejores condiciones para el servicio que deben prestar.

En particular, la generación de señales de retorno, denominadas **eco**, y otros fenómenos, como la atenuación y la distorsión, que producen un comportamiento **no lineal** de la curva de respuesta en frecuencia, obligan a introducir equipos especiales en el canal de comunicaciones. Estos tienen por finalidad acondicionarlo para que quede en las mejores condiciones para su funcionamiento.

Los canales de comunicaciones acondicionados presentan una mayor inteligibilidad para las comunicaciones telefónicas y una menor tasa de errores en las comunicaciones de datos.

Eco 6.6.2

Se denomina eco a lo siguiente:

Señales no deseadas constituidas por las ondas reflejadas de las propias señales útiles generadas en la fuente. | e_{co}

Las señales útiles pueden reflejarse tanto en el colector como en ciertas imperfecciones de los enlaces que aparecen como consecuencia de desacoplamientos en las impedancias del circuito establecido. En el caso de una conversación telefónica, la propia voz del usuario que está usando en ese momento el canal es la que se refleja. Este fenómeno es similar al tan conocido eco de las ondas acústicas, que se reflejan en lugares cerrados tales como cuevas, etc.

En telecomunicaciones, el eco es de mayor significación en los circuitos que tienen una trayectoria muy extensa en los enlaces terrenales, y especialmente en los que utilizan vínculos satelitales[1] (figura 6.32). Esta reflexión que se produce sobre el canal de comunicaciones debe ser eliminada mediante la inserción en el canal de equipos denominados **supresores de eco**. En los canales destinados al servicio telefónico representa una seria incomodidad para los usuarios, y en los canales de datos genera innumerables errores.

El eco está caracterizado por dos parámetros: su **intensidad** y su **retardo**. Cuanto mayor es el retardo de la señal producida por el eco, mayor es su capacidad para producir una sensación de incomodidad en el usuario que está utilizando el canal y, por lo tanto, la atenuación a que debe ser sometida la señal del eco debe ser mayor. Por ejemplo, para una señal de eco que llegue con un retardo de 20 ms, el supresor debe atenuarla en 11

[1] Nótese que en el caso de satélites situados en órbitas geosincrónicas, la distancia de un solo salto es del orden de 72 000 km.

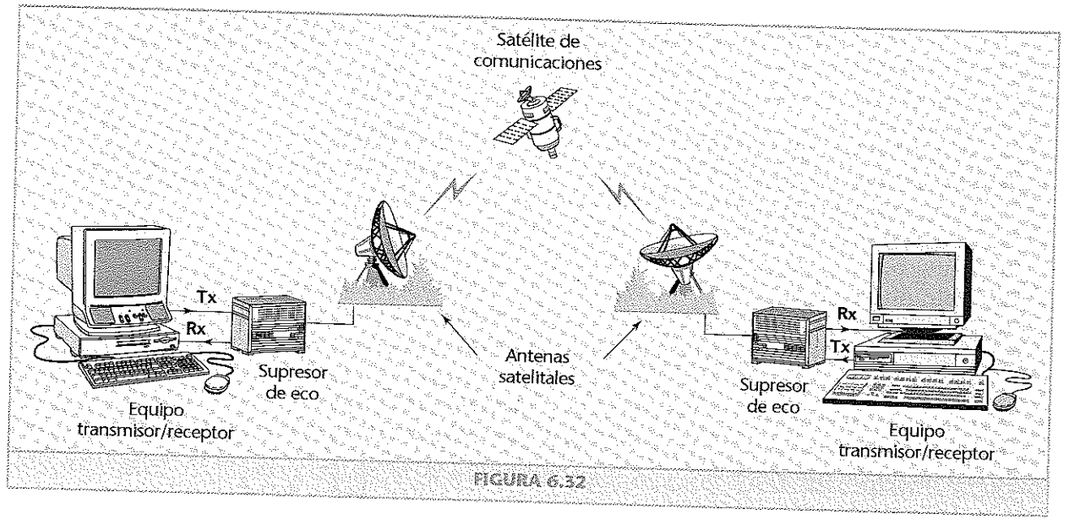


FIGURA 6.32

dB; en cambio, si el retardo fuese de 50 ms, la atenuación mínima que debería producir el supresor para producir el mismo efecto en el usuario del canal de comunicaciones no debe ser inferior a 20 dB.

Estos equipos bloquean las señales de eco, pero también provocan una perdida en la calidad de los circuitos. En los sistemas de transmisión de datos los fenómenos relacionados con el **eco** tienen consecuencias mucho mayores que las que se producen en los circuitos de voz.

En los circuitos de datos, el retorno de las señales enviadas hacia el receptor provoca fenómenos conocidos como **interferencias intersímbolos**, que consiste en la superposición de los dígitos enviados y los que se reflejan por la línea, impidiendo la detección de las señales digitales transmitidas.

Los equipos módem de datos utilizan supresores de ecos que intentan minimizar estos efectos. Para ello, los equipos verifican su presencia (retrasado respecto de la señal original) y producen una señal igual, pero de sentido inverso, sobre el canal que está recibiendo la información. Todos los módems, a partir de la **Recomendación V.32 de la UIT-T**, deben tener el hardware necesario para producir la cancelación del eco. También los satélites de comunicaciones tienen incorporados estos equipos.

Los sistemas de señalización y los nodos de conmutación deben tener en cuenta el funcionamiento de los supresores de eco y coordinar su funcionamiento con estos equipos.

6.6.3 Ecualización

Definiremos la ecualización como sigue:

Ecualización

Proceso que consiste en compensar los efectos que produce la distorsión, ya sea de atenuación o de retardo de grupo, en un canal de comunicaciones a fin de acondicionarlo para optimizar su rendimiento.

Los equipos que realizan estas funciones se denominan **ecualizadores** y pueden formar parte de otros equipos, como, por ejemplo, los módem de datos, o ser equipos independientes que se colocan expresamente sobre un canal para mejorarlo.

En particular los ecualizadores pueden ser de dos tipos: de atenuación y de fase; aunque, a menudo, un mismo equipo realiza las dos funciones.

Su tarea es básicamente la de compensar la relación entre la **atenuación y la distorsión, en función de la frecuencia**, intentando que las primeras se mantengan lo más constante que sea posible en todo el intervalo de frecuencias utilizado por el canal de comunicaciones. En particular, los efectos causados por la no linealidad de la **curva de respuesta en frecuencia** provocan que el comportamiento del canal sea diferente a distintas frecuencias. Los ecualizadores tienden a corregir estos problemas.

Los equipos módem de datos poseen ecualizadores, denominados **adaptivos**, que se sitúan en su sección de recepción y proporcionan la ecualización de la señal analógica recibida. Para ello, ajustan en forma automática sus características de **ganancia** y **retardo**, mejorando con ello el comportamiento de las líneas telefónicas. De esta manera, logran mejorar la **tasa de errores**, **BER**, y tienen la capacidad de ir ajustando en cada instante las características del canal de comunicaciones a fin de alcanzar su mejor rendimiento. Gracias a la mejora constante de estos equipos por el uso de modernas técnicas electrónicas, en las nuevas recomendaciones de los modems de datos se han ido alcanzando velocidades de transmisión cada vez más altas.

Los errores de transmisión 6.7

Introducción 6.7.1

Definición 6.7.1.1

Se denomina error de transmisión a lo siguiente:

Error de transmisión

Toda alteración o mutilación que hace que un mensaje recibido no sea una réplica fiel del mensaje transmitido.

Los errores pueden alterar el contenido del mensaje de dos formas: una en la que el mensaje queda totalmente invalidado, y otra en la que, a pesar de los errores, el mensaje es útil porque aún puede interpretarse. En la figura 6.33 se pueden observar dos mensajes transmitidos con errores. El primero de ellos contiene dos letras erróneas, pero es inteligible para el usuario receptor, el cual lo puede interpretar correctamente. El otro mensaje, a pesar de tener un sólo bit invertido, cambia sustancialmente el significado de la información transmitida.

Todos los sistemas de transmisión de datos deben proporcionar los medios necesarios para detectar los errores y recuperar los datos que se perdieron a causa de dichos errores.

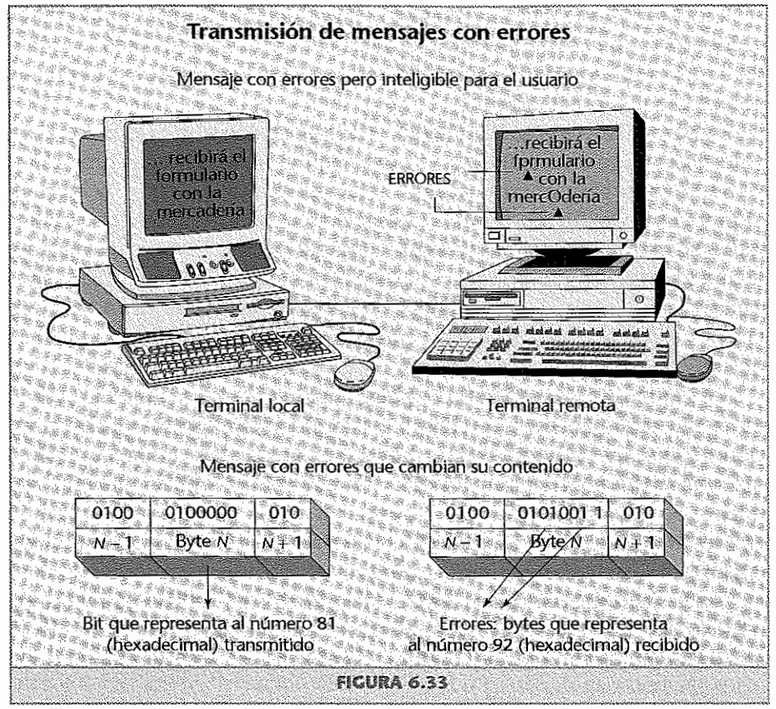


FIGURA 6.33

Existen dos tipos de transmisiones a considerar, según los receptores tengan raciocinio o no: de operador a operador, y de máquina a máquina.

6.7.1.2 De operador a operador

Cuando la comunicación se efectúa de operador a operador en forma directa, operando las correspondientes máquinas, su intervención permite la detección y/o corrección directa de los errores; y son ellos mismos los que regulan los procedimientos de corrección y retransmisión.

6.7.1.3 De máquina a máquina

Cuando no intervienen los operadores, se usa solamente la información almacenada en el sistema para poder detectar en forma automática los errores, analizarlos, aceptarlos o rechazarlos parcial o totalmente.

En la figura 6.34 se detallan los métodos empleados para la detección y corrección de los errores que se utilizan en los sistemas de transmisión de datos.

6.7.2 Tipo de errores

Según su distribución en el tiempo, los errores se pueden clasificar en los siguientes tipos:

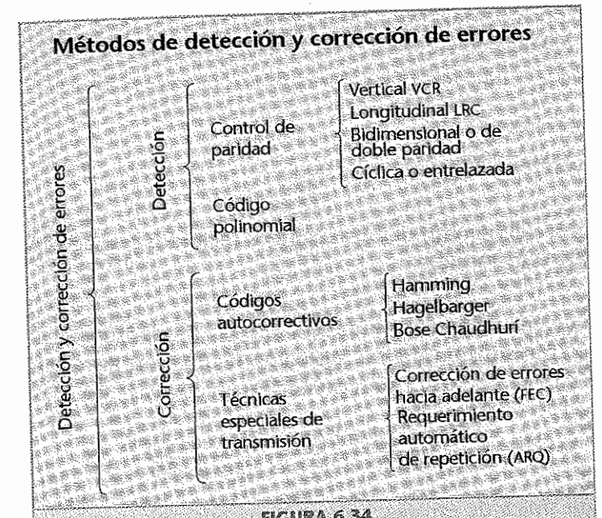


FIGURA 6.34

- Errores aislados o simples.
  Son aquellos que afectan a un solo bit cada vez y, además, son independientes entre sí en cuanto al momento de ocurrencia.
- Errores en ráfagas.
  Son aquellos que afectan a varios bits consecutivos y ocurren en períodos indeterminados de tiempo.
- Errores agrupados.
  Son aquellos que ocurren en tandas sucesivas de una cierta duración y que no afectan necesariamente a varios bits seguidos.

6.7.3 Los errores y su tratamiento

Una forma de disminuir, **detectar** y **corregir** errores de transmisión es enviar **datos adicionales** en el contenido del mensaje[1]. Aunque se logra una mayor protección contra errores, cuanto mayor es la cantidad de bits adicionales que no llevan información, la eficiencia del proceso de transmisión disminuye. Así, en la transmisión sincrónica debe existir un compromiso entre el tamaño de los bloques de cada mensaje y la eficiencia de la transmisión. Cuanto más pequeños sean los bloques, menos probable será la necesidad de retransmitirlos, pero la eficiencia de la transmisión disminuye apreciablemente. Por otra parte, cuando los bloques de mensajes son largos, con el objeto de aumentar la eficiencia, una mayor proporción de estos bloques tendrán errores y será necesario retransmitirlos, lo que a largo plazo puede disminuir aún más su eficiencia.

[1] El contenido superabundante de información a efectos de la detección y/o corrección de errores se denomina redundancia.

En las transmisiones por la red telefónica conmutada, la tasa de error varía según la hora del día. Por este motivo, cuando la tasa de error se eleva en exceso, lo más razonable es disminuir la velocidad de modulación.

6.7.4 Tasa de errores

La tasa de errores se define como sigue:

Tasa de errores | **Relación entre el número de bits erróneos recibidos respecto del número total de bits transmitidos.**

La tasa de error, conocida también como BER[1], permite evaluar la calidad de una transmisión digital, tal como ocurre con la relación señal a ruido respecto de la transmisión de señales analógicas.

$$\text{BER} = \frac{\text{Número de bits erróneos recibidos}}{\text{Número total de bits transmitidos}} \qquad (6.36)$$

Una tasa típica de errores, en una línea telefónica de buena calidad, que tenga modems con un diseño aceptable, es BER = 1:100 000.

Cuando se usan líneas de grado de voz, y se quieren superar velocidades de transmisión de 28 800 bps, existen grandes posibilidades de que se produzcan errores, por cuanto las técnicas de modulación que se usan se hacen mucho más sensibles al ruido y a la distorsión que a velocidades menores.

En líneas especiales, construidas para manejar datos, se logran tasas de error **BER = 1:10 000 000** y hasta **BER = 1:100 000 000**. Sin embargo, estas líneas no son comunes: El precio que muchas veces se paga por usar circuitos que fueron diseñados para el tráfico telefónico es una mayor proporción de errores. En la figura 6.35 se indican la velocidad y tasa de error de varios tipos de canales, clasificados según su ancho de banda.

6.8 Detección de errores

6.8.1 Consideraciones generales

El control de errores implica técnicas de diseño, fabricación de equipos y enlaces de transmisión de datos que reduzcan el porcentaje de errores. Además, incluye metodologías para detectarlos y corregirlos.

Una metodología posible es **no tomarlos en cuenta**. Esto parece algo trivial, pero no lo es tanto si se considera que en muchos casos, por el tipo de información a trasmitir y el uso que la misma recibirá, no es necesario que los errores sean tenidos en cuenta. Esta metodología reduce los costos y aumenta el procesamiento total.

[1] Bit Error Rate.

Tasas de error y la velocidad de transmisión para diferentes tipos de canales

Tipo de canal	Velocidad bits/s	Tasa de errores
Línea de grado de voz	2400 9600 14400 28800 mayores	1:500000 1:200000 1:100000 1:10000/100000* 1:1000/10000*
Línea digital tecnología ATM	155000000 a 622000000	1:1000000000 a 1:10000000000
Línea digital "Frame Relay"	2000000	1:10000000 a 1:100000000
Télex	50	1:50000
Línea de grado de subvoz	45 a 200	1:100000

* Antes de aplicar los códigos de corrección de errores

FIGURA 6.35

Otra metodología empleada es la **prueba de eco**, que consiste en que cada vez que se recibe un carácter o una unidad menor de información, se retransmite de vuelta al transmisor de donde provino. En esta última estación se compara la información enviada con la transmitida desde el receptor. Este método desperdicia capacidad de transmisión pues, como mínimo, un mensaje se transmite dos veces, y en alguna oportunidad muchas más. Además, si el error se produce en el viaje de retorno, es una pérdida innecesaria de tiempo. Se usa en líneas de baja velocidad y, si bien da cierto grado de protección, no tiene la eficiencia de otros métodos más refinados.

Métodos de control de paridad

- Control de la paridad vertical (VCR)
- Control de la paridad longitudinal, o bidimensional (LCR)
- Control de la paridad entrelazada o cíclica

FIGURA 6.36

6.8.2 Detección de errores mediante control de la paridad

6.8.2.1 Introducción a los métodos de control de paridad

La detección de errores mediante el método de **control de paridad** se basa en añadir a la secuencia de **bits de información** transmitidos otros **bits de control** adicionales. Estos bits de control no transportan información alguna, sino que solamente se utilizan para la verificación de la paridad de la secuencia de bits de datos.

Para la verificación de la paridad existen cuatro métodos posibles, cuyos nombres se indican en la figura 6.36.

Paridad par e impar
ejemplos

Paridad par será 0, carácter resultante	0	01101101100
Paridad impar será 1, carácter resultante	1	01101101100

FIGURA 6.37

En cualquiera de los métodos que usan este sistema, la paridad puede ser **par o impar**. En la figura 6.37 se indican ejemplos de ambos casos para una longitud arbitraria de bits a considerar.

En la **paridad par**, si el número de **unos** de la palabra de información a transmitir es **impar**, el bit de control que se debe agregar será un **uno**, para que la suma total de ellos, resulte un número **par**.

Por otro lado, si la paridad adoptada fuera **impar**, el bit de control que se debería agregar sería un **cero**, para que la suma total de ellos resulte un número **impar**.

6.8.2.2 Control de la paridad vertical

El método conocido como de **Control de la Paridad Vertical**, o por su expresión en inglés **Vertical Redundancy Check** (VRC), se aplica a cada carácter, o byte, y su uso está relacionado fundamentalmente con el código ASCII. Consiste básicamente en añadir un bit adicional al conjunto de 7 bits que constituyen un carácter en el código mencionado.

De acuerdo con lo explicado anteriormente, existen dos formas de definir la paridad de un carácter: mediante la paridad par o la impar. En el código ASCII, se agrega un bit adicional, denominando expresamente **bit de paridad**, a los 7 bits que conforman la información a transmitir. En estos casos, el carácter final, con el bit de paridad incluido, quedará conformado por 8 bits. En la figura 6.38 se puede observar un ejemplo de este código con bit de paridad. En el transmisor, se efectúa el cálculo del bit de paridad correspondiente a cada carácter, que se agregan a los 7 bits de información, y se transmite. Al recibirse en el receptor estos 8 bits, se calcula nuevamente la paridad y se la verifica con el criterio utilizado en el transmisor.

El grave inconveniente de este método es que no puede detectar la **doble inversión** de bits, que consiste en que se produzca un **doble error** en un byte que afecte simultáneamente a un **uno**, transformándolo en **cero**, y viceversa. Si esto último ocurriese, la paridad resultante del carácter será correcta, pero evidentemente el dato transmitido es erróneo. En la figura 6.39 se muestra este caso.

6.8.2.3 Control de paridad longitudinal o bidimensional

El método conocido como de **Control de la Paridad Longitudinal**, o por su expresión en inglés **Longitudinal Redundancy Check** (LRC), se aplica a un conjunto compuesto por bloques de N caracteres de 7 bits cada uno. En la figura 6.40 se muestra un ejemplo donde $N = 5$. Obsérvese que por cada carácter de 7 bits transmitido se ha agregado un **bit de paridad vertical**, que en este caso es par, con lo que el carácter transmitido tendrá finalmente un total de 8 bits.

Al finalizar el bloque de N caracteres, se transmitirá un carácter completo denominado **Carácter de Control del Bloque**; más conocido por

Código ASCII con bit de paridad

7 bits de datos

Bit de paridad	7	6	5	4	3	2	1

7 F

Máximo valor binario representado 7F (hexahecimal)

Ejemplo:

Dato transmitido	0	1	1	0	1	0	1
Para paridad par se agregaría un bit 0	0	1	1	0	1	0	1
Para paridad impar se agregaría un bit 1	0	1	1	0	1	0	1

Datos

FIGURA 6.38

Carácter con doble inversión de bits

Carácter transmitido con bit de paridad par	0	1101111
	paridad	Dato
Carácter recibido con doble inversión, bit 1 y bit 3 (doble error)	0	1101010
	paridad	Dato

Ambos caracteres son recibidos con bit de paridad correcto, pero están afectados de dos errores

FIGURA 6.39

su expresión en inglés **Block Check Character** (BCC). El carácter de control del bloque está calculado de la siguiente manera:

Ejemplo de control de paridad longitudinal
paridad par

	Dato 1	Dato 2	Dato 3	Dato 4	Dato 5	BCC
Bit n° 1	1	1	0	1	0	1
Bit n° 2	1	1	0	1	1	0
Bit n° 3	1	1	0	1	0	1
Bit n° 4	0	0	0	0	1	1
Bit n° 5	0	0	0	1	0	1
Bit n° 6	1	0	1	1	1	0
Bit n° 7	0	0	1	1	0	0
Bit de paridad vertical	0	1	0	0	1	0

FIGURA 6.40

- Se consideran los bits situados en la posición número uno y se calcula el bit de paridad para todo el bloque, correspondiente a esa posición. Ese será el bit número uno del carácter que hemos denominado BCC.
- Luego se consideran los bits situados en la posición dos y se realiza la misma tarea.
- Luego se continúa de la misma manera con los restantes bits, incluido el bit de paridad vertical, hasta que se obtiene el carácter BCC completo.

Este procedimiento, usado básicamente en las transmisiones asincrónicas, también es conocido por el nombre de **Control de Suma de Bloque** o por su expresión **Block Sum Check** (BSC). En la figura 6.41 se describe cómo encuentra mediante este método un error en el tercer bit del cuarto byte transmitido. En dicha figura, cada byte está representado por una fila, y los bits de datos están ubicados de izquierda a derecha. El bit de la izquierda de cada fila es el **bit de paridad vertical**, y el de la última fila, el **Byte de Paridad Longitudinal**, que hemos denominado carácter BCC, o también **Block Sum Check** (BSC).

6.8.2.4 Control de paridad entrelazada o cíclica

El método conocido como de **paridad entrelazada o cíclica** es un procedimiento que proporciona un nivel de detección de los errores de mayor calidad que el método conocido como de **Control de la Paridad Vertical**, y menor que el de **Control de la Paridad Longitudinal**.

Este método requiere de dos bits adicionales para el control de la paridad. En la figura 6.42 se puede observar una palabra de seis bits de infor-

Método de paridad bidimensional

BYTES TRANSMITIDOS
Bits de transmisión

0	0	1	0	1	0	0	0
1	1	0	1	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0	1	1
0	1	0	0	0	0	0	1
0	1	1	1	1	0	1	1

Bit de paridad vertical (PAR)

Indica error de paridad longitudinal

Byte de paridad longitudinal

BYTES RECIBIDOS
el cuarto con un error

0	0	1	0	1	0	0	0
1	1	0	1	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	1	1	1
0	1	0	0	0	0	0	1
0	1	1	1	1	0	1	1

error

Indica error de paridad vertical

FIGURA 6.41

Prueba de paridad cíclica

Carácter transmitido: 010101
Generación de la paridad cíclica

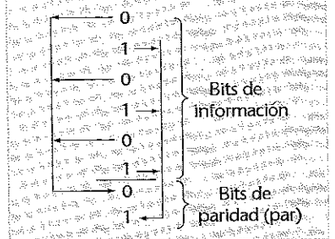


FIGURA 6.42

mación y un esquema que indica gráficamente la forma en que trabaja este procedimiento. El **primer** bit de paridad proporciona la paridad de los bits **primero, tercero y quinto**, mientras que el **segundo** proporciona la paridad de los bits **segundo, cuarto y sexto**.

Detección de errores por el método de control por redundancia cíclica (CRC) 6.8.3

Concepto general del procedimiento 6.8.3.1

Este método, conocido también como **polinomial**, permite la verificación de todos los bits del mensaje mediante la utilización de un determinado **algoritmo matemático**. Básicamente, consiste en dividir, en el equipo transmisor, el mensaje de información que se quiere enviar, por un polinomio conocido en ambos extremos del canal de comunicaciones, denominado **generador**.

Como resultado de esta división en el equipo transmisor, se obtendrán dos polinomios, denominados **cociente** y **resto**. Éste último se transmite con la secuencia de bits sobre la que se quiere efectuar el control de errores. En el receptor se reciben el mensaje a controlar y el polinomio que resultó del **resto** de la división.

En el receptor, se procede en idéntica forma que en el transmisor. El mensaje a controlar se divide por el polinomio **generador**, y se obtiene un **nuevo resto**. Finalmente, se comparan los restos obtenidos en el receptor y en el transmisor, que es transmitido junto con el mensaje. Si no ha habido errores, **ambos restos deben ser iguales**.

Este método se basa en la detección de errores por medio de operaciones aritméticas con polinomios que utilizan la técnica conocida como de **módulo 2** en la que no hay términos de acarreo para la suma, ni de prés-

tamo para la resta. Estas operaciones son realizadas con circuitos digitales convencionales que ejecutan la función OR EXCLUSIVA.

Veamos un ejemplo de suma y una resta según este método:

- Ejemplo de suma.

$$\begin{array}{r} 11101001 \\ +\ 10011100 \\ \hline 01110101 \end{array}$$

- Ejemplo de resta.

$$\begin{array}{r} 11010001 \\ -\ 10010110 \\ \hline 01000111 \end{array}$$

Poniendo otro ejemplo, el siguiente mensaje 11011011 sería asimilable a un polinomio del tipo:

$$1 \cdot X^7 + 1 \cdot X^6 + 0 \cdot X^5 + 1 \cdot X^4 + 1 \cdot X^3 + 0 \cdot X^2 + 1 \cdot X^1 + 1 \qquad (6.37)$$

Obsérvese que los términos correspondientes a los bits de valor **cero** se anulan; y los que corresponden a los bits de valor **uno**, toman la forma de X elevado a una potencia, que corresponde a la posición de bit dentro de la secuencia a transmitir.

6.8.3.2 Forma de ejecutar el procedimiento

- Definimos un polinomio $M(x)$ de grado n, a transmitir.
- Definimos un polinomio $G(x)$ de grado r (generador).
- Definimos un polinomio auxiliar del mismo grado que el generador de la forma X^r.
- Debe ser $n >> r$.
- Se forma un polinomio que contenga $(r + n)$ bits, de la forma $M(x)\ X^r$ (recordar que $M(x)$ es de grado n).
- Se divide el nuevo polinomio formado de la forma $M(x)\ X^r$ por el polinomio generador $G(x)$ (empleando el álgebra de módulo 2).
- De dicha división se obtendrá un polinomio resto $R(x)$ (que siempre deberá tener un número de bits igual o menor que r, grado del polinomio resto).
- Se procede finalmente a obtener un polinomio que denominaremos $T(x)$[1], que es finalmente el polinomio a transmitir. Éste resulta de restar, mediante el método de módulo 2, los bits correspondientes al polinomio $M(x)\ X^r$ de los correspondientes al polinomio resto $R(x)$.

  Por lo tanto, los pasos serán:

1º $$X^r\ M(x)/G(x) = C(x) + R(x) \qquad (6.38)$$

[1] Cuando se forma $T(x)$, los bits de este último polinomio correspondientes a las posiciones de $R(x)$ son siempre cero. Es por ello que se utiliza el método de módulo 2. El resultado de sumar o restar $R(x)$ da el mismo resultado.

donde $C(x)$ es el cociente de la división que no tiene utilidad alguna.

2º $$T(x) = X^r\ M(x) + R(x) \qquad (6.39)$$

3º Como se puede observar, el polinomio $T(x)$ será siempre divisible por el **polinomio generador** $G(x)$.

4º Si se introducen errores en la transmisión se recibirá:

$$T(x) = T(x) + E(x) \qquad (6.40)$$

donde $E(x)$ será la componente de error y entonces el polinomio recibido deja de ser divisible por el polinomio generador, siempre que este último sea bien escogido (por ello el uso de estos polinomios normalizados). En general, resultará muy poco probable que $E(x)$ no sea detectable, como se verá a continuación.

ejemplo 6.4

Se desea enviar un mensaje compuesto por la siguiente secuencia de bits: 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1. Se controlará por medio del siguiente polinomio generador:

$$G(x) = X^5 + X^4 + 1$$

Calcular el resto y la secuencia completa que se debería transmitir, para luego poder controlar la existencia de errores en el receptor.

a. Definimos el polinomio $M(x)$ de grado n a transmitir.

$$1 \cdot X^9 + 1 \cdot X^8 + 0 \cdot X^7 + 0 \cdot X^6 + 0 \cdot X^5 + 0 \cdot X^4 + 0 \cdot X^3 + 1 \cdot X^2 + 1 \cdot X^1 + 1$$

b. Definimos un polinomio $G(x)$ de grado r (generador).

$$G(x) = X^5 + X^4 + 1 \qquad (\text{para } r = 5)$$

c. Definimos un polinomio auxiliar del mismo grado que el generador de la forma X^r.

$$X^r = X^5$$

d. Formamos un polinomio de la forma $M(x)\ X^r$.

$$1 \cdot X^{14} + 1 \cdot X^{13} + 0 \cdot X^{12} + 0 \cdot X^{11} + 0 \cdot X^{10} + 0 \cdot X^9 + 0 \cdot X^8 + 1 \cdot X^7 + 1 \cdot X^6 + 1 \cdot X^5$$

e. Efectuamos la división del nuevo polinomio formado de la forma $M(x)\ X^r$, por el polinomio generador $G(x)$, empleando el **álgebra de módulo 2**.

```
110000011100000□11001
110001
00000101110'
  110001
  ∅111110
  1100010
  00111100
    110001
    0011010
```

Por lo tanto, el resto resultará: 11010 por lo que la secuencia a transmitir[1] sería la siguiente: 1100000111*11010.

6.8.3.3 Polinomios generadores

En particular, tres polinomios se han convertido en normas usadas internacionalmente. En los tres, el término $(X + 1)$ está contenido como factor primo.

- Polinomio CRC-16.

  Un ejemplo de ellos es la norma denominada CRC-16, que se usa para caracteres codificados con 8 bits y cuyo polinomio generador es el siguiente:

$$P(x) = X^{16} + X^{15} + X^2 + 1 \qquad (6.41)$$

  Este polinomio generador es capaz de detectar entre otros:
  - Errores simples: 100%
  - Errores dobles: 100%
  - Errores impares[2]: 100%
  - Errores en ráfagas:
    100% (ráfagas menores a 17 bits).
    99,997% (ráfagas de hasta 17 bits).
    99,998% (ráfagas mayores a 17 bits).
- Polinomio normalizado por el UIT-T.

  El CCITT, sobre la base de pruebas prácticas con diversas opciones, ha normalizado el siguiente polinomio generador.

$$P(x) = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1 \qquad (6.42)$$

  Su rendimiento es igual al anterior.
- CRC-12.

  El tercer polinomio es el denominado CRC-12 y está indicado para caracteres codificados con 6 bits. Su forma es la siguiente:

$$P(x) = X^{12} + X^{11} + X^3 + X^2 + X^1 + 1 \qquad (6.43)$$

6.9 Corrección de errores

6.9.1 Consideraciones generales

Hasta aquí hemos considerado solamente la **detección de los errores**; sin embargo, a partir de la verificación de la existencia de los mismos, se pueden adoptar dos posturas diferentes: **corregirlos** o **no tomarlos en cuenta**.

[1] Por razones didácticas, el resto ha sido separado por un asterisco de la secuencia original.
[2] Con número impar de bits.

Como ya se dijo, el hecho de no tener en cuenta los errores es un enfoque trivial, pero en muchos casos, por el tipo de información a transmitir y por el uso que la misma recibirá, no es imprescindible que sean tenidos en cuenta. Esta metodología, como ya se expresó, reduce los costos y aumenta el procesamiento total.

6.9.2 Técnicas de corrección de errores

6.9.2.1 Consideraciones generales

En la mayoría de los sistemas teleinformáticos la corrección de errores es un hecho casi imprescindible.

Existen dos estrategias fundamentales para la corrección de errores:

- Corrección hacia atrás.
- Corrección hacia adelante.

Si bien es casi imposible corregir la totalidad de los errores, la mayoría de las técnicas que normalmente se emplean, como se ha visto en el apartado 6.8.3.3 de este capítulo, llegan a corregir el 99,99% de los mismos.

En algunas aplicaciones, la no corrección de errores puede producir problemas graves. Imaginemos, por ejemplo, una aplicación bancaria y nos daremos cuenta de los daños que se podrían producir si no se resuelve adecuadamente la corrección de errores. De ahí la importancia de este tema en el diseño de cualquier sistema.

6.9.2.2 Corrección hacia atrás

Este método consiste en el uso de sistemas de detección de errores, tales como los vistos en el apartado anterior. Cuando se detecta un error en el equipo receptor, éste solicita al equipo transmisor la repetición del bloque de datos transmitido, de ahí la llamada corrección **hacia atrás**.

Este sistema implica la retransmisión de los datos tantas veces como sea necesario, hasta que sean recibidos libre de errores. De ahí la importancia de una buena elección de la velocidad de modulación en el caso de las transmisiones por canales analógicos mediante módems de datos.

Se puede apreciar claramente que cuando se eligen velocidades muy altas, respecto de las que el canal de comunicaciones realmente puede soportar, los errores provocan una pérdida de tiempo mayor, que la ganancia que presuntamente se iba a obtener con una velocidad superior.

Dicho en otras palabras, se produce la paradoja de que aumentando la velocidad de modulación, disminuye la velocidad real de transferencia de datos (que es, en última instancia, la que interesa al administrador del sistema informático).

6.9.2.3 Corrección hacia adelante

Esta técnica, denominada **Forward Error Correction (FEC)**, se basa en el uso de **códigos autocorrectores** que se diseñan sobre la base de sistemas de codificación redundante y corrigen los errores detectados en la misma estación que recibe el bloque de datos.

Aunque estos métodos hacen innecesaria la retransmisión, no son neutros al usuario, pues para posibilitar la corrección en destino deben enviar un número de bits varias veces superior al que se necesita cuando se utilizan códigos convencionales.

Sin embargo, en muchas aplicaciones es necesario el uso de este tipo de códigos porque no resulta posible o conveniente pedir la retransmisión de los datos, ya sea por razones de seguridad[1] o por necesidades de la misma operación del sistema informático asociado. En el apartado siguiente se verán precisamente las características de este tipo de códigos autocorrectores.

6.9.3 Corrección de errores mediante el uso de técnicas especiales de transmisión

6.9.3.1 Retransmisión de los datos erróneos

Diversos dispositivos de las redes de transmisión de datos, poseen capacidad para detectar errores y cuando los detectan, piden su retransmisión inmediata. Este método de detección del error y su retransmisión es la manera menos costosa y más sencilla de reducir errores en la transmisión.

La corrección por retransmisión requiere una tecnología sencilla y poca capacidad de memoria. Una vez detectada la existencia de un error (por intermedio del bit, o los bits de paridad, o por el uso de códigos de redundancia cíclica), el método consiste en pedir la retransmisión del carácter o grupos de caracteres hacia el receptor.

6.9.3.2 Requerimiento automático de repetición

El **Sistema Automático de Retransmisión**, también conocido como **Automatic Retransmission Request**-ARQ, se utiliza solamente entre dos estaciones. Este sistema se suele denominar **control por medio del eco** o **echo checking**.

El sistema consiste en la transmisión de pequeños bloques de datos, luego de lo cual, la fuente espera que la estación receptora le envíe un nuevo requerimiento para la transmisión de un nuevo bloque de datos. Si el receptor hubiera detectado un error, requerirá la retransmisión del bloque anterior. Cada bloque tiene 8 caracteres de 7 bits cada uno. En el caso de detectarse un error, el proceso puede llegar a repetirse hasta un determinado número de veces, en general 32, pasando luego el equipo a la posición reencendido[2].

La mayor ventaja de este método es que prácticamente **garantiza una transmisión de datos libre de errores**, suponiendo que el enlace es posible. Las desventajas son:

- El enlace es factible solamente entre dos estaciones al mismo tiempo.
- El sistema ARQ es más lento que el sistema denominado **Corrección de errores hacia adelante** (FEC), aún cuando no existan errores que corregir, y será mucho más lento a medida que se incremente el número de errores.
- La estación receptora debe tener en operación un equipo transmisor para acusar recibo y solicitar la retransmisión.

Sin embargo, siempre que este método pueda ser usado, resulta ser el más efectivo y, por lo tanto, el más frecuentemente usado. En particular, se emplean para la transmisión de bloques de hasta 512 bytes.

[1] Como podría ser el caso de un submarino en operaciones, que debería transmitir en una sola oportunidad con el objeto de evitar que sea detectada su posición mediante equipos radiogoniómetros.
[2] **Restart**.

6.9.3.3 Corrección de errores hacia adelante

El **Sistema de Corrección de Errores hacia Adelante**, también conocido como **Forward Error Correction** (FEC), se emplea en los casos en que hay más de una estación receptora y no se necesitan de réplicas por parte de estas últimas.

Funciona en el modo denominado **diversidad de tiempo**[1], permitiendo que cada mensaje se envíe dos veces, intercalando los caracteres en diferentes instantes. Consecuentemente, la estación receptora tiene dos oportunidades de recibir correctamente cada carácter.

Este procedimiento agrega la suficiente redundancia para que el receptor pueda detectar la presencia de un error, y, además, ubicar la posición del bit en donde dicho error se ha producido. Para poder realizar esta última operación, la cantidad de bits que es necesario añadir es mucho mayor que la que se necesitaría para poder detectar la presencia de errores. Por ejemplo, si se desean enviar los caracteres del 1 al 9 indicados en la figura 6.43, el transmisor enviará el mensaje tal como se indica. La estación receptora examinará primero la **serie** D_x y luego la **serie** R_x. Para un mismo carácter pueden suceder los casos indicados en la figura 6.44.

Las ventajas del **sistema** FEC, con respecto al **sistema** ARQ, son los siguientes:

- Se pueden transmitir mensajes a varias estaciones receptoras.
  Este método se conoce en telecomunicaciones como transmisión por difusión[2]. No obstante, existe una variación del **Sistema de Corrección de Errores hacia Adelante** denominada SEL/FEC[3], por medio de la cual la estación transmisora emite un código correspondiente sólo a determinadas estaciones receptoras, las cuales, consecuentemente, serán las únicas habilitadas para recibir el mensaje.
- No requiere el empleo de transmisores en las estaciones receptoras.
- Menor tiempo de transmisión.

Este método se usa en ciertas aplicaciones especiales, como, por ejemplo, en el caso de canales unidireccionales sin retorno o en enlaces satelitales en los que se procede a transmitir muchos mensajes en una sola dirección debido a que el tiempo de retardo de las señales es muy alto.

[1] **Time diversity**.
[2] **Transmission Broadcasting**.
[3] **Selective** FEC (selectivo).

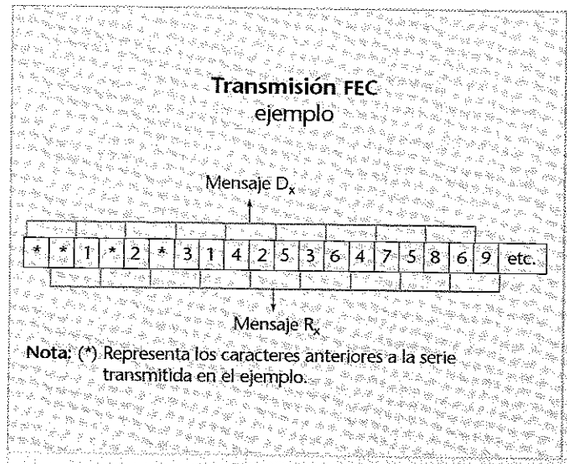


FIGURA 6.43

Posibles operaciones del FEC

Caracteres		Operación del FEC
Serie D_x	Serie R_x	
Sin error	Sin error	Se ordena imprimir el carácter
Con error	Sin error	Se ordena imprimir el carácter de la serie R_x
Sin error	Con error	Se ordena imprimir el carácter de la serie D_x
Con error	Con error	Se ordena imprimir un carácter especial que indica error en la recepción

FIGURA 6.44

En este último caso también se usa un método combinado ARQ/FEC, a fin de recibir una confirmación de lo transmitido en sentido inverso al cabo de un cierto número de mensajes.

6.9.4 Corrección de errores mediante códigos autocorrectores

6.9.4.1 Introducción

Los métodos de corrección de errores mediante el empleo de autocorrección se basan en códigos que tienen la suficiente redundancia para que, una vez detectados, se puedan corregir los errores sin necesidad de proceder a la correspondiente retransmisión.

La redundancia se extiende desde unos pocos bits hasta llegar, en algunos casos, al doble o aún a una cantidad mucho mayor que los necesarios para transmitir un carácter.

Estos métodos no son sencillos y los hay de distintos tipos; los más conocidos son los códigos de **Hamming**, **Hagelbarger** y **Bose-Chaudhuri**, entre otros.

Para interpretar el funcionamiento de estos códigos, también llamados **códigos de acción progresiva**, debemos analizar previamente el concepto denominado **Distancia de Hamming**.

6.9.4.2 Distancia de Hamming[1]

La Distancia de Hamming se define como sigue:

distancia de Hamming **Número de bits en que difieren dos secuencias binarias, S_1 y S_2, de la misma longitud.**

[1] Este concepto y otros complementarios se deben a *R. W. Hamming* investigador contemporáneo de los Laboratorios Bell.

Sea, por ejemplo, la secuencia S_1, que corresponde a la letra B en el Alfabeto Internacional Nº 5 de la UIT-T, y sean también las secuencias S_2, S_3, S_4 y S_5, correspondientes a otras letras del mismo alfabeto. Si comparamos **bit a bit** de igual peso, la primera de las secuencias con las restantes, la distancia de Hamming estará dada por la cantidad de bits en que difieren uno a uno, los respectivos conjuntos. Los resultados de este ejemplo se muestran en la figura 6.45. A efectos de la comparación y del cálculo de la **Distancia de Hamming**, se ha tomado como referencia la secuencia S_1. Como se puede observar, en este ejemplo la Distancia de Hamming varía de 1 a 4.

Distancias de Hamming tomadas para la secuencia correspondiente al símbolo B

Conjunto	Representa	Secuencia binaria	Distancia de Hamming
S_1	B	0100001	–
S_2	C	1100001	1
S_3	D	0010001	2
S_4	E	1010001	3
S_5	U	1010101	4

FIGURA 6.45

La **Distancia de Hamming** está relacionada con la probabilidad de error. En efecto, cuanto mayor sea la distancia mínima entre los símbolos de un código dado, menor será la probabilidad de cometer errores. Sin embargo, aumentar la distancia de Hamming mínima entre símbolos significa codificar menos símbolos con igual número de bits. En otras palabras, aumentando la redundancia se logra disminuir la probabilidad de cometer errores.

Para demostrar este concepto, usaremos el denominado **ejemplo del cubo**. Supongamos que tenemos un código de 3 bits por byte con el cual podemos formar un total de 8 combinaciones (bytes) diferentes. Tal como se muestra en la figura 6.46, cada una de estas combinaciones puede representarse en uno de los 8 vértices de un cubo. Supóngamos también que con este código queremos representar símbolos numéricos, que en este caso serán como máximo 8, es decir, las cifras de 0 a 7. A continuación analizaremos los tres cubos de la figura 6.46.

En el cubo de arriba, a cada byte disponible se le ha asignado un símbolo (cifras de 0 a 7). Como se puede observar, en este caso la distancia de Hamming mínima es H = 1, que se da entre los bytes situados en vértices adyacentes. Con este valor mínimo de la distancia de Hamming no es posible detectar ni corregir ningún error, pues la alteración de un bit dará por resultado una nueva combinación que tiene asignado otro símbolo.

En el cubo del centro se han asignado símbolos (cifras de 0 a 3) a solamente 4 bytes de los 8 disponibles. Como se puede observar, en este caso la distancia de Hamming mínima entre bytes válidos es H = 2. Para que esto sea posible, los bytes válidos se han situado en vértices opuestos por las caras, mientras que a los vértices adyacentes a ellos no se les ha asignado ningún símbolo. Con esta distancia de Hamming mínima es posible detectar la presencia de un bit erróneo, pero no corregirlo. En efecto, la alteración de un solo bit resultará en una combinación que no tiene asignado un símbolo, por lo que se puede deducir que se trata de un error. Esta situación es la que se produce cuando se usa un bit de paridad, que permite detectar un error pero no corregirlo.

En el cubo de abajo, a solamente 2 de los 8 bytes disponibles se les ha asignado símbolos (cifras 0 y 1). En este caso, la distancia de Hamming mínima entre bytes válidos es H = 3. Para que esto sea posible, los bytes válidos se han situado en vértices opuestos por el centro del cubo, mientras que a los bytes adyacentes y a los opuestos por la cara no se les ha asignado ningún símbolo. Con esta distancia de Hamming mínima es po-

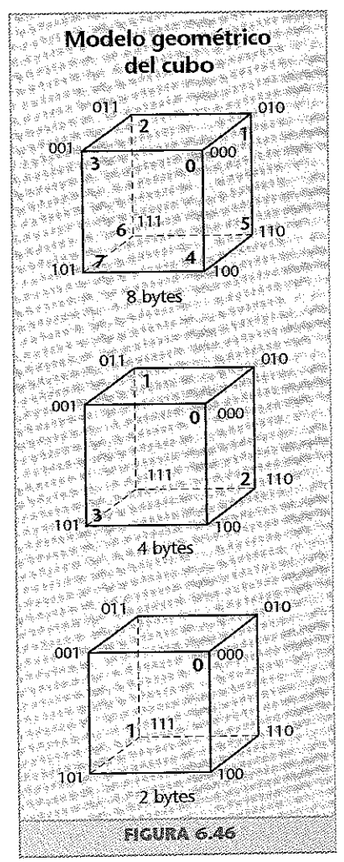


FIGURA 6.46

sible detectar bytes con 1 ó 2 bits erróneos. En efecto, la alteración de 1 ó 2 bits dará lugar a combinaciones que no representan ningún símbolo. Además, también es posible corregir los bytes que tengan un solo bit erróneo, ya que si se supiera que ha habido un solo error, es posible detectar el byte con error y luego efectuar la correspondiente corrección.

Este ejemplo sencillo nos permite inferir que la capacidad de detección y corrección de errores es función del valor de **H**; valor que hemos denominado Distancia de Hamming. En la figura 6.47 se indica la relación entre el valor de **H** y la capacidad de detección y corrección de errores.

6.9.4.3 Código de Hamming

Este código autocorrector permite detectar y corregir errores mediante el empleo de bits de paridad con determinadas combinaciones únicas de bits de información.

Para demostrar la formación de una estructura que utiliza este código, emplearemos un carácter de 4 bits de información, I_3, I_5, I_6 e I_7, e intercalaremos 3 bits de verificación de paridad, P_1, P_2 y P_4. El **carácter resultante** de siete bits será el indicado en la figura 6.48. La relación entre los bits de información y los de paridad se muestra en la figura 6.49.

Si el carácter de 4 bits de información a transmitir es por ejemplo **0 0 1 1**, el código de Hamming equivalente al carácter original es el que se indica en la figura 6.50. Supongamos que durante la transmisión se produce un error en el **bit** I_6, el cual en lugar de ser **1** se recibe un **0**.

Dado que este bit es verificado por los **bits** P_2 y P_4, ambos tendrán paridad impar en sus respectivas combinaciones, con lo cual queda identificado el bit erróneo recibido que será I_6.

Detección y corrección de errores
en función del valor de H

Distancia de Hamming	Errores	
	Detección	Corrección
1	no	no
2	uno	no
3	dos	uno
4	tres	uno

FIGURA 6.47

Formación del código Hamming
para un carácter de 4 bits

Bits de información			I_3		I_5	I_6	I_7
Bits de paridad	P_1	P_2		P_4			
Carácter resultante	P_1	P_2	I_3	P_4	I_5	I_6	I_7

FIGURA 6.48

Bits de información y paridad
relación entre ambos

Bits de paridad	Bits de información		
P_1	I_3	I_5	I_7
P_2	I_3	I_6	I_7
P_4	I_5	I_6	I_7

FIGURA 6.49

Ejemplo de aplicaciones del código Hamming

Carácter original	I_3	I_5	I_6	I_7
	0	0	1	1

Cálculo de bits de paridad (PAR)	Bits de información asociados			Bits de paridad (PAR)
P_1	0	0	1	1
P_2	0	1	1	0
P_2	0	1	1	0

Código de Hamming formado	P_1	P_2	I_3	P_4	I_5	I_6	I_7
	1	0	0	0	0	1	1

FIGURA 6.50

En la figura 6.51 se muestra una tabla en la que se han dispuesto adecuadamente los bits de paridad. Se puede observar que los que tienen paridad impar forman un número binario que indica unívocamente la posición del bit erróneo. En nuestro ejemplo esa combinación es **1 1 0** (que es la representación binaria del número 6 decimal) y corresponde al bit I_6.

Este código tiene una Distancia de Hamming de H = **3**, lo que le permite detectar y corregir errores en un solo bit. Para corregir efectivamente el error, en el receptor se invierte simplemente el valor del bit incorrecto recibido.

6.9.4.4 Código de Hagelbarger

Este código permite corregir hasta 6 bits consecutivos, mientras que el código de Hamming, corrige en un bloque de determinadas dimensiones un bit solamente. El **Código Hagelbarger** exige que al grupo de errores, le sucedan **por lo menos 19 bits válidos**, antes de comenzar otra serie de bits erróneos.

En la figura 6.52 se describe un **Codificador Hagelbarger**. Se puede observar que los bits entran en un registro de desplazamiento serie.

Por otro lado, el **bit** I_1 y el **bit** I_4 de dicho registro son examinados por un generador de bits de paridad par. En consecuencia, con cada pulso de reloj se obtendrán alternativamente en la línea de transmisión un bit de

Indicación de la posición de los errores
en función de los bits de paridad

Bits de verificación indicadores de uno de paridad				Posición numérica del bit erróneo
	P_4	P_2	P_1	
	0	0	0	Ninguno
	0	0	1	P_1
	0	1	0	P_2
	0	1	1	I_3
	1	0	0	P_4
	1	0	1	I_5
	1	1	0	I_6
	1	1	1	I_7

Indica error de paridad en P_4 y P_2 debido a que el bit de información I_6 recibido es incorrecto

Nota: Cada 1 de la tabla significa que el bit de paridad o verificación indica un error de paridad. No es el valor real del bit de verificación.

FIGURA 6.51

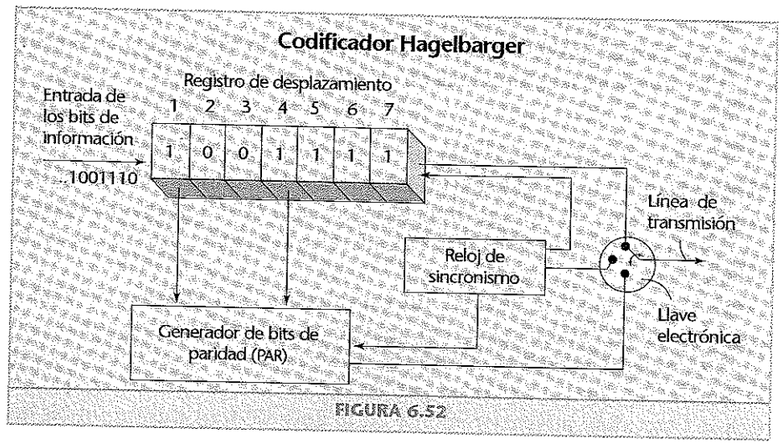


FIGURA 6.52

información, proveniente del registro de desplazamiento, seguido de un bit de paridad originado en el generador mencionado.

El reloj efectúa las tareas de sincronismo necesarias para el funcionamiento del codificador. Con cada pulso del reloj, se desplazan una posición los bits del registro de desplazamiento, se produce un bit de paridad en el generador y la llave electrónica conmuta su posición de 1 a 2 ó de 2 a 1.

Código de Bose-Chaudhuri 6.9.4.5

El **Código de Bose-Chaudhuri** tiene una distancia H = 5; consecuentemente puede detectar hasta cuatro errores y corregir hasta dos bits.

Existen varias versiones del código, pero la primitiva preveía la introducción de 10 bits adicionales, por cada 21 bits de información transmitida.

La tasa de error en el diseño de sistemas de transmisión de datos 6.9.5

La presencia de errores en el diseño de los sistemas de transmisión de datos no puede ser omitida nunca. Por este motivo, cuando se diseña o se implanta un determinado sistema con su correspondiente tecnología asociada, deben tenerse presente los siguientes aspectos:

- La tasa de error (tanto para las comunicaciones locales como para las remotas)[1].
- Los medios para recuperar la información afectada por errores.
- La cantidad de información a transmitir por unidad de tiempo; que se corresponde con el concepto definido como **velocidad real de transferencia de datos**[2].
- La velocidad de transmisión que es necesaria para satisfacer los requerimientos del sistema.

Basándose en los aspectos anteriores se deberá determinar:

- El ancho de banda del canal que será necesario usar.
- El tipo de control de errores que se requiere.
- Los medios de comunicaciones y elementos técnicos que podrán cumplir con dichos requerimientos. ■

[1] Téngase presente que la tasa de error es normalmente menor en las comunicaciones locales y aumenta para las comunicaciones remotas.
[2] Ver capítulo 3, apartado 3.2.1.6, de esta obra.

Indicación de la posición de los errores
en función de los bits de paridad

Bits de verificación indicadores de uno de paridad				Posición numérica del bit erróneo
	P_4	P_2	P_1	
	0	0	0	Ninguno
	0	0	1	P_1
	0	1	0	P_2
	0	1	1	I_3
	1	0	0	P_4
	1	0	1	I_5
	1	1	0	I_6
	1	1	1	I_7

Indica error de paridad en P_4 y P_2 debido a que el bit de información I_6 recibido es incorrecto

Nota: Cada 1 de la tabla significa que el bit de paridad o verificación indica un error de paridad. No es el valor real del bit de verificación.

FIGURA 6.51

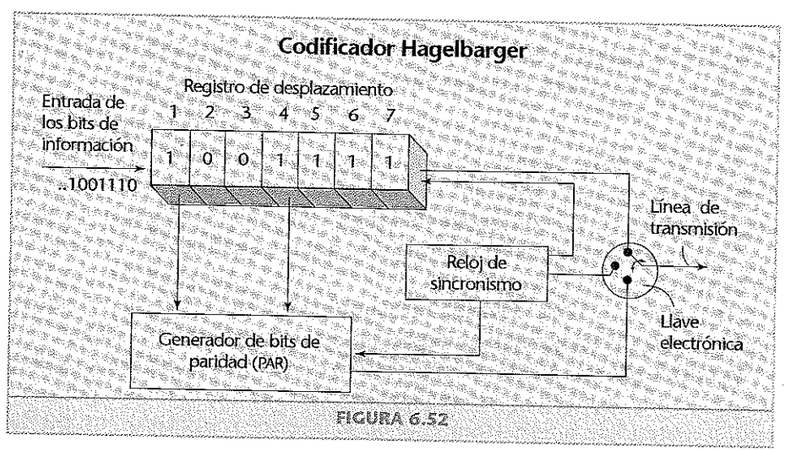


FIGURA 6.52

información, proveniente del registro de desplazamiento, seguido de un bit de paridad originado en el generador mencionado.

El reloj efectúa las tareas de sincronismo necesarias para el funcionamiento del codificador. Con cada pulso del reloj, se desplazan una posición los bits del registro de desplazamiento, se produce un bit de paridad en el generador y la llave electrónica conmuta su posición de 1 a 2 ó de 2 a 1.

Código de Bose-Chaudhuri 6.9.4.5

El **Código de Bose-Chaudhuri** tiene una distancia H = 5; consecuentemente puede detectar hasta cuatro errores y corregir hasta dos bits.

Existen varias versiones del código, pero la primitiva preveía la introducción de 10 bits adicionales, por cada 21 bits de información transmitida.

La tasa de error en el diseño de sistemas de transmisión de datos 6.9.5

La presencia de errores en el diseño de los sistemas de transmisión de datos no puede ser omitida nunca. Por este motivo, cuando se diseña o se implanta un determinado sistema con su correspondiente tecnología asociada, deben tenerse presente los siguientes aspectos:

- La tasa de error (tanto para las comunicaciones locales como para las remotas)[1].
- Los medios para recuperar la información afectada por errores.
- La cantidad de información a transmitir por unidad de tiempo; que se corresponde con el concepto definido como **velocidad real de transferencia de datos**[2].
- La velocidad de transmisión que es necesaria para satisfacer los requerimientos del sistema.

Basándose en los aspectos anteriores se deberá determinar:

- El ancho de banda del canal que será necesario usar.
- El tipo de control de errores que se requiere.
- Los medios de comunicaciones y elementos técnicos que podrán cumplir con dichos requerimientos. ▩

[1] Téngase presente que la tasa de error es normalmente menor en las comunicaciones locales y aumenta para las comunicaciones remotas.
[2] Ver capítulo 3, apartado 3.2.1.6, de esta obra.

Ejercicios planteados del capítulo 6

A. Problemas a resolver

1. Calcular la relación señal/ruido para los siguientes casos:
   a. Δf = 3000 Hz
      C = 10 000 bps
   b. Δf = 10 000 Hz
      C = 10 000 bps
   c. Δf = 1 kHz
      C = 10 Kbps

   Luego de obtener los resultados, indicar:
   a. ¿Cómo varía la relación señal/ruido en función del ancho de banda?
   b. Teniendo en cuenta que en un canal telefónico el valor de la relación señal/ruido típico es de 30 dB, ¿cuál es el límite superior de la tasa de transmisión de datos confiable?
   c. ¿Cuál es la capacidad de un canal sin ruido?
2. Dados los siguientes valores:

   Δf = 3000 Hz
   S/N = 103

   Calcular la capacidad de un canal C e indicar la tasa de información máxima admisible.
3. Demostrar que el límite de la capacidad máxima de un canal real tiende a 1,44 S/α cuando el ancho de banda Δf crece ilimitadamente. Considerar lo siguiente:
   a. La potencia media de la señal S es fija.
   b. La potencia de ruido N es directamente proporcional al ancho de banda Δf, a través del coeficiente α, dado en W/Hz (densidad espectral del ruido).
   c. Cuando x tiende a infinito la expresión $(1 + x)^{1/x}$ es igual a la base del logaritmo neperiano (e).
4. Sea un canal real continuo con ancho de banda Δf, y densidad espectral de ruido α = 0,001 W/Hz, por el cual pasa una señal cuya potencia media es igual a 10 W. Representar gráficamente la capacidad máxima en función del ancho de banda.
5. Calcular la potencia del ruido de Johnson, llamado también ruido térmico, existente en una señal que atraviesa un conductor sometido a la temperatura ambiente de 20 °C cuyo ancho de banda Δf es igual a 3 kHz. La expresión de cálculo a aplicar es:

$$P = kT\,\Delta f$$

   donde:

   K = 1,38 × 10^{-23} Joule/Kelvin.
   T = temperatura absoluta.
   Δf = Ancho de banda.
6. Sea un amplificador con factor de ruido F = 2 y ganancia G = 10. Si la potencia de ruido a la entrada corresponde al ruido térmico calculado para una señal de ancho de banda de 4000 Hz a temperatura ambiente, ¿cuál es la ganancia del amplificador?
7. En la entrada de un amplificador cuyo F = 5 está presente una relación S/N = 30 dB. ¿Cuál será la relación S/N de la señal de salida en dB? ¿Cuál es la ganancia del amplificador?
8. Cuando se consideran varias etapas amplificadoras, el factor de ruido total se calcula en función de los factores de ruido de cada una de las etapas, consideradas cada una de ellas en forma individual por medio de la expresión:

$$F = F_a + F_b - 1/G_a + F_c - 1/G_aG_b + \ldots$$

   Si se tiene un amplificador de dos etapas, tal que la etapa A tiene los siguientes valores: F_a = 2 y G_a = 10; y la etapa B los siguientes valores: F_b = 3 y G_b = 100. ¿Cuál de estas etapas debe ser la primera para tener un factor de ruido F menor? ¿Qué conclusiones saca?
9. Dada una línea telefónica con los siguientes parámetros distribuidos:

   C = 0,058 mF/km.
   L = mH/km.

   ¿A qué frecuencia la impedancia es resistiva?
10. En una red de transmisión de datos, se reciben 20 bytes erróneos en 200 000 bytes totales, ¿cuál es la tasa de errores BER?
11. Dado el siguiente conjunto de bits a transmitir 1 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 y teniendo como polinomio generador $G(x) = x^4 + x + 1$. Aplicar el método para el control de errores denominado CRC y determinar la información que debería ser transmitida.
12. Efectuar el mismo cálculo para el siguiente conjunto de bits 1 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 y el siguiente polinomio generador: $G(x) = x^{12} + x^{11} + x^3 + x^2 + x + 1$.

B. Temas a desarrollar por el lector

1. Respecto a la selección que realiza el abonado de un sistema telefónico. ¿Qué significa en los sistemas de señalización el acrónimo DTMF usado habitualmente en comunicaciones? ¿En qué consiste la **Recomendación** Q.23 de la UIT-T?
2. Dar cuatro ejemplos de señales de línea que se intercambian entre un abonado telefónico y la central a la cual se conecta para establecer una comunicación telefónica.
3. Obtenga una expresión para el cálculo de la capacidad de detección y corrección de errores, empleando la distancia de Hamming mínima de un alfabeto código.
4. Construya la tabla de verdad de la compuerta digital OR-EXCLUSIVA, que se emplea en el hardware para la implementación de método de **Control de Redundancia Cíclica**, CRC. ¿En qué otros sistemas digitales se aplica? ■

7

Medios de comunicaciones

7.1 Los sistemas de comunicaciones 428

7.2 Cables de cobre 429
- 7.2.1 Definición y distintos tipos 429
- 7.2.2 Medios de transmisión basados en conductores de cobre 429

7.3 Líneas de cobre desnudo 430
- 7.3.1 Características generales 430
- 7.3.2 Detalles constructivos y operativos 430

7.4 Cables de par trenzados 431
- 7.4.1 Características generales 431
- 7.4.2 Detalles constructivos y operativos 432
- 7.4.3 Cables trenzados para voz y datos utilizados en cableados estructurados 433

7.5 Cables de cobre multipares 436
- 7.5.1 Definición y uso 436
- 7.5.2 Distintos tipos 436
- 7.5.3 Cables multipares subterráneos 436
- 7.5.4 Cables multipares aéreos 442

7.6 Cables coaxiales 443
- 7.6.1 Definición y uso 443
- 7.6.2 Detalles constructivos 444
- 7.6.3 Características eléctricas 445
- 7.6.4 Respuesta de cables coaxiales a la transmisión de señales digitales 448
- 7.6.5 Velocidad de propagación de las señales 449
- 7.6.6 Designación de los cables coaxiales 449
- 7.6.7 Cables coaxiales de varios conductores 450
- 7.6.8 Cables de cobre coaxiales submarinos 450

7.7 Fibras ópticas 451
- 7.7.1 Definición y uso 451
- 7.7.2 Detalles constructivos de la fibra óptica 453
- 7.7.3 Principios de funcionamiento 453
- 7.7.4 Tipos de fibra óptica 458
- 7.7.5 Pérdidas en las fibras ópticas 460
- 7.7.6 Cables ópticos mono y multifibra 462
- 7.7.7 Sistema optoelectrónico 463

7.8 Radiocomunicaciones 469
- 7.8.1 Definición y uso 469
- 7.8.2 Propagación de las ondas electromagnéticas 470
- 7.8.3 Espectro de radiofrecuencias 470
- 7.8.4 Naturaleza de las ondas de radio 471
- 7.8.5 Propagación de las ondas de radio 472

7.9 Microondas 478
- 7.9.1 Definición y uso 478
- 7.9.2 Características generales 479
- 7.9.3 Microondas analógicas 480
- 7.9.4 Microondas digitales 481
- 7.9.5 Características de las antenas de microondas 483
- 7.9.6 Equipo de reserva 484

7.10 Comunicaciones satelitales 484
- 7.10.1 Definición, referencia histórica y principales operadores 484
- 7.10.2 Clasificación de los distintos tipos de satélites 489
- 7.10.3 Componentes de un sistema de comunicaciones por satélite 492
- 7.10.4 Características de los sistemas de comunicaciones satelitales 498
- 7.10.5 El consorcio INTELSAT 501
- 7.10.6 Los sistemas satelitales iberoamericanos 507

7.11 Guía de onda 515
- 7.11.1 Definición y uso 515
- 7.11.2 Características generales 517
- 7.11.3 Aspectos técnicos 517

7.12 Láser 518
- 7.12.1 Definición y uso 518
- 7.12.2 Características de los equipos láser 519
- 7.12.3 Principio de funcionamiento del láser 520
- 7.12.4 Distintos tipos de láser 521
- 7.12.5 Evolución futura del láser 522

7.1 Los sistemas de comunicaciones

Teniendo en cuenta que el problema fundamental de la teleinformática es **lograr que un computador pueda dialogar con equipos situados geográficamente distantes**, uno de los elementos principales para llevar a cabo dicho diálogo es el **medio físico de comunicaciones** por el cual se propaga la información que se quiere transmitir.

En la figura 7.1 se muestra un sistema de comunicación de datos. En él, no se abre juicio sobre si el **medio de comunicaciones** usará señales analógicas o digitales.

La información digital proveniente de una computadora se debe adecuar o adaptar al medio físico por el cual será transportada hasta su llegada al sistema receptor. La **adecuación** dependerá del tipo de señales empleadas, en correspondencia con el tipo de diseño que se haya efectuado del canal de comunicaciones que usará el **medio físico** elegido[1].

Los principales medios físicos que actualmente están en uso en las redes de telecomunicaciones son los siguientes:

- Cables de cobre.
- Cables coaxiles.
- Fibras ópticas.
- Radiocomunicaciones.
- Satélites.
- Microondas.
- Guías de ondas.

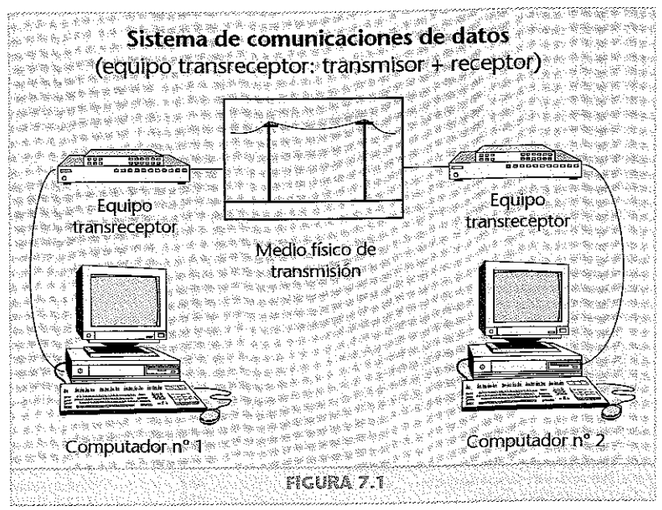


FIGURA 7.1

[1] Diseño analógico o diseño digital.

- Sistemas láser.
- Etc.

7.2 Cables de cobre

7.2.1 Definición y distintos tipos

Los cables de cobre han sido, y aún lo siguen siendo, el medio de comunicaciones más usado, en particular en los últimos tramos de las redes de comunicaciones. En algunos casos han sido reemplazados por cables de aluminio o acero, pero hoy en día éstos han sido prácticamente descartados.

En particular, por **cables de cobre** se entiende lo siguiente:

Cables de cobre

Cables cuyos conductores están construidos con cobre electrolítico[1] y que actúan como soporte físico en la transmisión de señales de información. Se utilizan preferentemente para la transmisión de frecuencias vocales.

Entre los usos más frecuentes de los cables de cobre en los sistemas de comunicaciones como **medios físicos**, se pueden encontrar las siguientes variantes, a saber:

- Líneas de cobre desnudo.
- Cables coaxiales.
- Cables de par trenzados.
- Cables multipares aéreos.
- Cables multipares subterráneos.
- Cables de pares trenzados blindados.
- Cables de pares trenzados sin blindar.

7.2.2 Medios de transmisión basados en conductores de cobre

Los distintos conductores que utilizan el cobre para la transmisión de las señales de comunicaciones presentan formas constructivas diversas, y son particularmente aptos para diversas aplicaciones. Sin embargo, los aspectos técnicos[2] de cada uno de los tipos señalados están dados por características similares, a saber:

- La conductividad del material está directamente relacionada con su atenuación por kilómetro.
- El diámetro y la separación entre los conductores.
- Las características del dieléctrico utilizado.
- Capacidad mutua entre conductores[3].

[1] Este tipo de cobre tiene la particularidad de poseer una alta pureza, incluso del orden del 99%.
[2] Muchos de estos aspectos han sido estudiados con mucho detalle en el capítulo 6, de esta obra.
[3] Los dos conductores que lo forman se comportan entre sí como si fueran capacitores. La capacitancia mutua está referida al valor de la capacidad (medida en Faradio, o en sus submúltiplos), que presentan cada uno de ellos respecto del otro.

- La resistencia mecánica que ofrecen para su instalación.
- La facilidad con que pueden ser manipulados.
- Los aspectos que hacen a sus detalles constructivos.

En cada caso, sus usos son marcadamente diferentes, por lo que serán estudiados en forma separada.

7.3 Líneas de cobre desnudo

7.3.1 Características generales

Las líneas de cobre desnudo han sido el primer medio de comunicaciones usado para la transmisión de señales de información. En particular, las primeras líneas telegráficas fueron construidas con esta tecnología.

A pesar de que su uso actualmente está relegado a zonas de muy bajo tráfico y no se efectúan instalaciones de este tipo, todavía pueden verse en algunas zonas periféricas de la red, y en las líneas de comunicaciones que corren paralelas a las vías ferroviarias. Allí son usadas para el servicio privado de las empresas que explotan dichos servicios.

Las características de estas líneas son las siguientes:

- Alto costo de mantenimiento o de ampliación de sus recorridos.
- Ancho de banda limitado y, en muchos casos, dependiente de factores meteorológicos, que en ciertos casos, como la alta humedad o lluvias intensas, aumentan la atenuación.
- Pueden verse afectadas por factores tales como robo de los conductores[1], destrucción de los postes, o aisladores, etc.; o por las mismas inclemencias del tiempo, tales como vientos muy fuertes, nevadas, rayos, etc.
- Posibilidad de capturar ruido exógeno, o generación de diafonía, por defectos constructivos.
- Se pueden construir con diferentes metales. Si bien predomina el cobre, las hay también en menor medida de bronce, aluminio y de hierro galvanizado.

7.3.2 Detalles constructivos y operativos

Las líneas de cobre desnudo, o también conocidas como **líneas abiertas a dos hilos**, están instaladas en espacios abiertos, sobre postes rectos, muchas veces de **palmeras creosotadas**[2], y están construidas de dos alambres aislados entre sí y sujetados por aisladores cerámicos fijados a travesaños horizontales, a distancias del orden de los 0,5 metros. En muchos casos, los postes y los travesaños horizontales se aprovechan para

[1] En algunas zonas rurales, el robo de conductores de este tipo es muy frecuente, por la facilidad con que es posible comercializar el cobre electrolítico del que están construidas.
[2] En general, los postes son previamente tratados con creosota a fin de aumentar su duración y hacerlos más resistentes a las inclemencias del tiempo.

instalar más de un par, y también se suelen colocar más de un travesaño horizontal.

En la figura 7.2 se indican los distintos metales y los diámetros usuales con que se construyen estas líneas.

Cuando se usa este medio de comunicaciones para la transmisión de canales telefónicos, las **Recomendaciones G.311 y G.312 de la** UIT-T establecen la forma de multiplexar, por los dos hilos, 3 y 12 canales, respectivamente, de un ancho de banda comprendido entre los 300 a 3400 Hz. La atenuación de estas líneas puede variar entre las estaciones de verano e invierno hasta en un ±15%, según el grado de humedad ambiente y el estado de los aisladores y los postes.

Características de los conductores usados en líneas abiertas

COBRE:
Conductores de 3, 4 y 5 mm

BRONCE:
Conductores de 1,5, 2 y 3 mm

HIERRO GALVANIZADO:
Conductores de 2, 3, 4 y 5 mm

FIGURA 7.2

7.4 Cables de par trenzados

7.4.1 Características generales

El cable de **par trenzado** es uno de los más comunes y económicos de los que se utilizan como medio de interconexión en una red de telecomunicaciones.

Este tipo de cable consiste de dos conductores, aislados entre sí y con el exterior, y trenzados de modo que cada uno esté expuesto a la misma cantidad de **ruido inductivo** proveniente del exterior.

El ruido se incorpora **aditivamente a la señal útil** que se está transmitiendo y, al estar el par trenzado, la interferencia será captada por ambos cables, por lo que su efecto conjunto **se reduce** sin eliminarse por completo.

Las principales características que presenta en este tipo de medio de comunicaciones son las siguientes:

- Escasa inmunidad frente a las interferencias producidas por campos electromagnéticos externos y frente al ruido impulsivo.
- Bajo costo y, por lo tanto, amplio uso en distintas partes de la red.
- Posible presencia de diafonía (problema ya estudiado en el capítulo 6 de esta obra).
- Ancho de banda máximo reducido.
- La resistencia eléctrica del par disminuye cuando mayor es el diámetro del conductor.
- Los principales factores que limitan su uso son: el denominado **efecto pelicular**, cuya incidencia es más notoria cuanto mayor es la velocidad binaria de la señal transmitida[1]. Este efecto también se convierte en un factor importante cuando es alto el valor de **capacitancia mutua** entre sus conductores, que produce un efecto muy similar al anteriormente descrito.

[1] La descripción detallada de sus efectos puede verse en el capítulo 6 apartado 6.4.5 de esta obra.

Por todo lo antes señalado, es necesario el trenzado de estos cables y, en algunos casos, también el blindaje de los mismos.

Desde el punto de vista de los parámetros físicos de la red, este tipo de medio presenta una fuerte impedancia capacitiva. Dicha capacidad está determinada principalmente por el diámetro de los conductores. La figura 7.14 permite conocer los valores máximos de capacidad mutua que debe reunir estos tipos de cables.

Por lo tanto, para la transmisión de señales en **banda base a velocidades elevadas** es conveniente utilizar conductores de diámetros mayores; diámetros que no son necesarios para la transmisión de señales telefónicas de voz.

7.4.2 Detalles constructivos y operativos

7.4.2.1 Estructura general

Su estructura es la de uno o varios conductores aislados, trenzados de **a pares** en espiral, y protegidos por una cubierta de **polietileno** o **policloruro de vinilo**[1] u otro material aislante[2].

En la figura 7.3 se muestra la forma en que está construida la sección de uno de los conductores del par trenzado.

En algunos casos, para evitar la interferencia externa, los pares trenzados se construyen blindados, es decir, recubiertos por una capa metálica entre los aislamientos. Aunque esto aumenta su costo, también aumenta su rendimiento y permite la transmisión digital de datos a grandes velocidades a una distancia de unos centenares de metros, sin repetidores regenerativos.

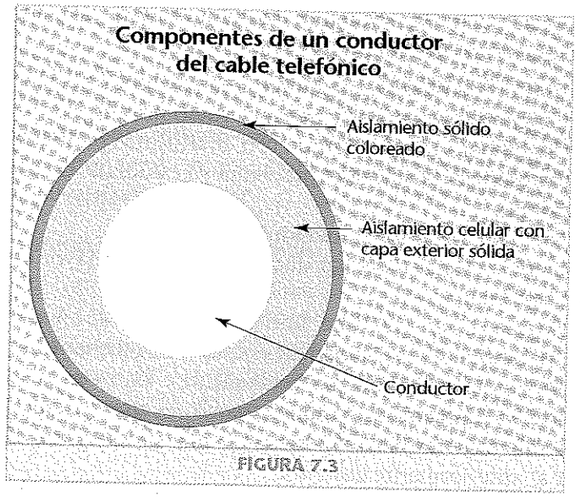


FIGURA 7.3

[1] Más conocido comúnmente como PVC.
[2] Los cables antiguos usaban papeles especiales como dieléctricos.

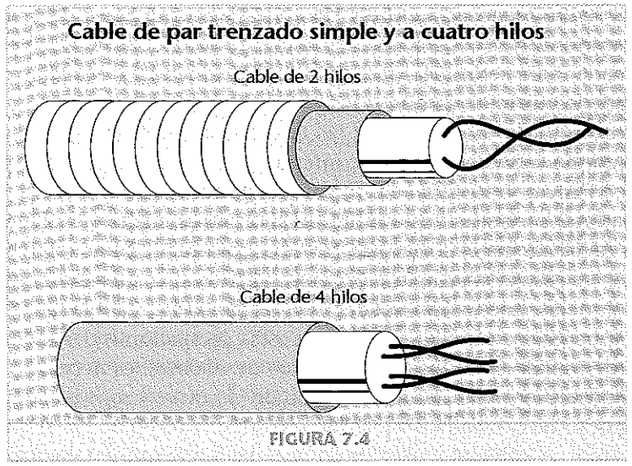


FIGURA 7.4

En la figura 7.4 se muestra un cable de **par trenzado** y uno denominado **doble o a cuatro hilos**, donde generalmente los otros dos hilos son de reserva. Estos cables están normalizados por la **American Wire Gauge** (AWG), en valores enteros denominados calibres y tienen su correlación en **mm** o en **pulgadas**. En la figura 7.5 se indica la relación entre algunos de los calibres más importantes y su diámetro en milímetros.

Norma American Wire Gauge (AWG) relación entre calibres y diámetros en mm

Calibres (AWG)	Diámetro (en mm)
19	0,912
22	0,644
24	0,511
26	0,405
28	0,302

FIGURA 7.5

En cuanto a sus aplicaciones, se utilizan especialmente en las redes internas con las centrales telefónicas privadas, y para el circuito terminal de llegada a los usuarios. En las redes telefónicas públicas se denominan **pares de abonado** o también **bucle de abonado**. Los valores empleados normalmente para estas funciones son los correspondientes a los calibres 22 y 24; especialmente este último.

Pueden transmitir tanto señales analógicas como digitales. En el primer caso, se necesitará utilizar amplificadores cada 10 ó 20 km, dependiendo del estado de la línea. En el segundo caso, se requerirán repetidores regenerativos cada 2 a 4 km, dependiendo de la velocidad de transmisión binaria que se haya elegido para dicho canal.

Detalles constructivos de los conductores 7.4.2.2

Los conductores son en general de alambre de cobre electrolítico recocido y de sección circular. Tienen una resistencia máxima normalizada de 0,017241 Ohms × mm^2/m, a 20 °C de temperatura.

Cables trenzados para voz y datos utilizados en cableados estructurados 7.4.3

Aspectos generales del cableado estructurado 7.4.3.1

La necesidad de establecer redes mixtas que suministren en forma simultánea **voz**, **datos** y **energía eléctrica** hasta cada uno de los puestos de tra-

bajo ha dado lugar al tendido de redes denominadas de **cableado estructurado**. Estas redes, convenientemente equipadas con la electrónica adecuada, han permitido que las construcciones así instaladas reciban el nombre de **edificios inteligentes**.

En conjunto, la informática y las telecomunicaciones permiten utilizar hoy en día servicios de videoconferencia, consultar bases de datos remotas en línea, transferir en forma instantánea documentos de un computador a otro situados a miles de kilómetros, utilizar desde el computador de la oficina el correo electrónico, para mencionar solamente algunos de los servicios de aparición más reciente, que coexisten con otros ya tradicionales, tales como la telefonía, facsímil, etc.

Sin embargo, para poder contar con estas prestaciones desde todos los puestos de trabajo situados en un edificio de oficinas, es necesario disponer, además del equipamiento adecuado de *hardware* y *software*, de un sistema especial de cableado.

Este tipo de cableado permite la instalación conjunta de **Redes de Área Local** (LAN) y de **Redes Telefónicas**, generalmente del tipo denominado **Digitales de Servicios Integrados**[1]. De esta manera, cada puesto de trabajo tiene la posibilidad de acceder a **servicios informáticos** y a **servicios de telecomunicaciones** a través de la misma instalación, que forma una típica **red teleinformática**.

Para intentar una solución a todas estas consideraciones, que reflejan una problemática mundial, surge el concepto de lo que se ha dado en llamar **cableado estructurado**.

Se entiende por cableado estructurado a lo siguiente:

Cableado estructurado

Sistema de cableado de telecomunicaciones para edificios que presenta entre sus características el ser general, es decir, soportar una amplia gama de productos de telecomunicaciones sin necesidad de ser modificado. Además, presenta la posibilidad de reconfigurar dinámicamente la topología de las redes, sin efectuar nuevos tendidos de cables hacia los puestos de trabajo.

Utilizando este concepto, resulta posible diseñar el cableado de un edificio con un conocimiento muy escaso de los productos de telecomunicaciones que luego se utilizarán sobre él.

En el año 1991, dos asociaciones empresariales, la **Electronics Industries Association** (EIA)[2], y la **Telecommunications Industries Association** (TIA)[3], que agrupan a las industrias de electrónica y telecomunicaciones de los Estados Unidos dieron a conocer, en forma conjunta, una norma denominada **Commercial Building Telecommunications Cabling Standard-**

[1] También podrían ser **Centrales Telefónicas Digitales** que usen otras tecnologías más simples. Se omite hacer referencia a centrales analógicas, pues éstas no son más comercializadas.
[2] Asociación de Industriales en Electrónica.
[3] Asociación de Industriales en Telecomunicaciones.

EIA/TIA 568[1]. Esta norma establece las pautas a seguir en la ejecución del denominado **cableado estructurado** y los distintos tipos de cables de par trenzados que se deben utilizar para estas instalaciones.

Las asociaciones antes citadas garantizan que los sistemas que se ejecuten de acuerdo con esta norma soportarán todas las aplicaciones de telecomunicaciones presentes y futuras durante un período de tiempo de al menos diez años.

Características del Cable UTP[2] 7.4.3.2

Los cables denominados comúnmente UTP se clasifican en cinco categorías, usando la denominación numérica del 1 al 5.

Dentro de cada categoría existe una clase especial de cables, que tienen características de calidad diferentes en cuanto a su aislamiento exterior. Estos cables se conocen con el nombre de **plenum** y están construidos para que en caso de fuego produzcan una llama pequeña y con mínimo humo.

Las características de cada categoría son las siguientes:

- UTP-CATEGORÍA 1:
  Este cable se utiliza exclusivamente en telefonía analógica y no es apto para la transmisión de datos. Está compuesto por un solo par de cables de cobre trenzados.
- UTP-CATEGORÍA 2:
  Este cable se utiliza en telefonía analógica y digital; acepta velocidades binarias de hasta 4 Mbps. Está compuesto por cuatro pares de cables de cobre trenzados.
- UTP-CATEGORÍA 3:
  Este cable se utiliza para voz y datos; acepta hasta 10 Mbps de velocidad binaria. Permite la instalación de **Redes de Área Local** con tecnologías **Token Ring** de 4 Mbps o **Ethernet**. Está compuesto por cuatro pares de cables de cobre trenzados, con una trenza cada diez centímetros. A **10 Mbps**, posee una atenuación de **13,1 dB** cada 100 m.
- UTP-CATEGORÍA 4:
  Este cable es el más usado para telefonía digital. Permite velocidades binarias de hasta 20 Mbps y la instalación de **Redes de Área Local** con tecnologías **Token Ring** de 16 Mbps o **Ethernet**. Está compuesto por cuatro pares de cables de cobre trenzados.
- UTP-CATEGORÍA 5:
  Este cable es utilizado para voz y datos; acepta hasta 100 Mbps de velocidad binaria. Permite la instalación de **Redes de Área Local** con tecnologías **Token Ring** o **Ethernet**. Está compuesto por cuatro pares de cables de cobre trenzados, con una trenza por cada centímetro. Cada 100 m, posee una atenuación de **8,2 dB a 16 Mbps** y de **22,0 dB a 100 Mbps**.

En la actualidad se **recomienda usar solamente** el cable **UTP-Categoría 5** en razón de que la diferencia de precios es mínima y las **Redes de**

[1] Estándar para el Cableado de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales.
[2] UTP (**Unshielded Twisted Pair**) Par trenzado sin blindaje.

Área Local a 100 Mbps se han convertido ya en el nuevo estándar en redes locales.

7.5 Cables de cobre multipares

7.5.1 Definición y uso

Se entiende por cables de cobre multipares lo siguiente:

Cables de cobre multipares

Soportes físicos compuestos por un número variable de pares trenzados que permiten propagar señales de información y se utilizan preferentemente para la transmisión de frecuencias vocales.

7.5.2 Distintos tipos

Los cables de cobre multipares se construyen básicamente para ser instalados en forma subterránea, aérea o mediante ductos. Si bien las finalidades que cumplen son idénticas, los detalles constructivos de cada tipo de cable son diferentes, lo que justifica su estudio en forma separada.

7.5.3 Cables multipares subterráneos

7.5.3.1 Definición y uso

Se entiende por cables multipares subterráneos lo siguiente:

Cables multipares subterráneos

Cables de cobre multipares que están especialmente diseñados y construidos para ser instalados en forma subterránea, para lo cual cuentan con todos los elementos aislantes que permiten su normal funcionamiento.

Estos cables contienen desde 6 pares hasta un número variable del orden de los miles de pares que depende de las normas de construcción que se utilicen.

En las redes telefónicas urbanas es muy frecuente el uso de cables telefónicos multipares subterráneos cuya fabricación se basa en los cables de cobre trenzados. Se emplean en todas las **Redes Telefónicas Urbanas** que están actualmente en uso; en particular, para llegar desde las centrales telefónicas urbanas hasta el abonado mediante los cables multipares que están formados por lo que se denominan **pares de abonados**.

También han permitido, en el pasado, conectar centrales telefónicas urbanas entre sí, o conectarlas con centrales de tránsito.

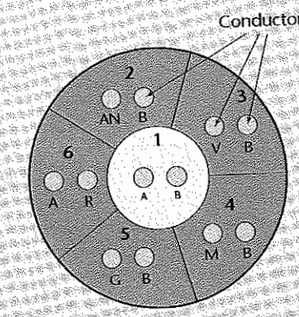
Sin embargo, debe destacarse que actualmente se prefieren otras tecnologías para este tipo de enlaces, como las **redes de fibra óptica o los radioenlaces con microondas**, que serán también analizadas en este capítulo.

7.5.3.2 Detalles constructivos

AISLAMIENTO

Cada conductor se encuentra revestido por una capa aislante sólida de polietileno de color uniforme y opaco. Los colores del aislamiento se hallan especificados de acuerdo con el número de par, que a su vez está dado, según se puede observar en el ejemplo de las figuras 7.6 y 7.7, por la ubicación de los conductores dentro del cable.

Distribución de los conductores en cables de 6 pares



Color del conductor
B: Blanco
A: Azul
AN: Anaranjado
V: Verde
M: Marrón
G: Gris
R: Rojo

FIGURA 7.6

Código de colores para cables de hasta 6 pares

Par número	Color del aislamiento	
	Conductor nº 1	Conductor nº 1
1	Blanco	Azul
2	Blanco	Anaranjado
3	Blanco	Verde
4	Blanco	Marrón
5	Blanco	Gris oscuro
6	Rojo	Azul

FIGURA 7.7

Debajo del aislamiento sólido coloreado se halla otra capa compuesta por polietileno de densidad media o alta, que contiene en su composición una sustancia antioxidante adecuada. También suele emplearse para este aislamiento un **copolímero de propileno/etileno** cristalino.

El aislamiento total del conductor, formado por las capas celular y sólida, debe tener un espesor uniforme tal que el diámetro exterior del conductor aislado no sobrepase los valores que se indican en la figura 7.8 para cada calibre de conductor.

FORMACIÓN DE LOS PARES DE CONDUCTORES

Los conductores, una vez aislados, se trenzan de a pares y de acuerdo con el color del aislamiento de cada uno de ellos. En el cable de la figura 7.6, compuesto por 6 pares, se encuentran trenzados un conductor blanco y otro azul, para conformar el par Nº 1, uno blanco y otro anaranjado forman el par Nº 2, y así sucesivamente.

Diámetro máximo del conductor exterior

Diámetro del conductor (mm)	Diámetro exterior máximo del conductor aislado (mm)
0,40 y 0,50	1,10
0,65	1,40
0,80 y 0,90	1,70

FIGURA 7.8

CABLEADO

Luego de constituidos los pares, se los **agrupa** para conformar el cable, según el esquema de la figura 7.9.

Los cables telefónicos normalizados pueden ser armados con 6, 10, 18, 20, 30, 50, 80, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 900, 1200, 1500, 1800 ó 2200 pares. En las figuras 7.10 a 7.12 se puede ver como se construye un cable hasta llegar a una capacidad final de 2200 pares.

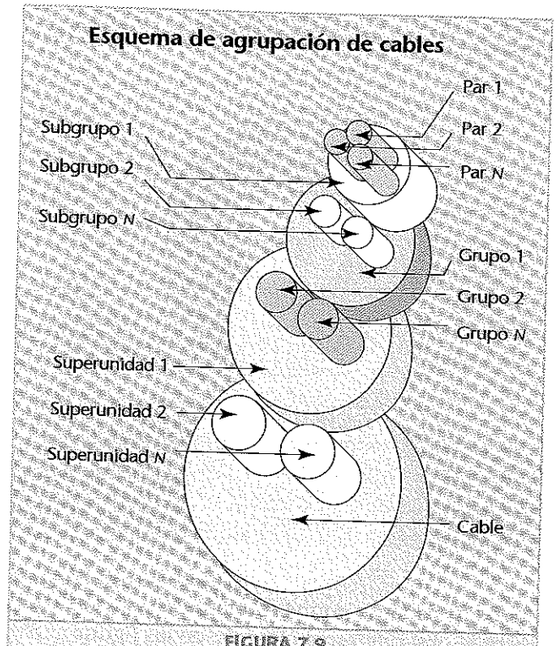


FIGURA 7.9

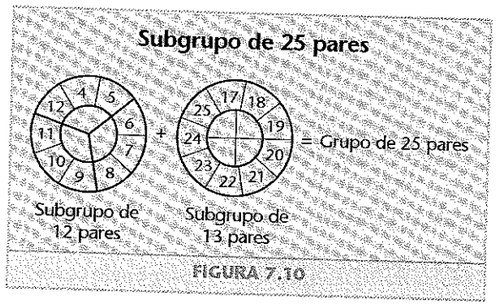


FIGURA 7.10

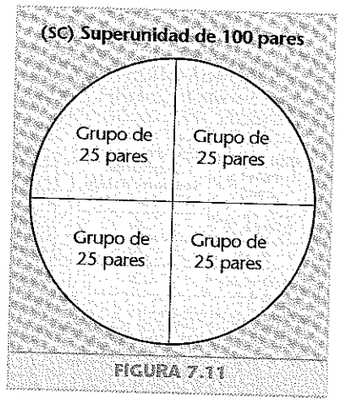


FIGURA 7.11

En la figura 7.12 se muestra el esquema de un cable de 2200 pares que está constituido por 22 superunidades de 4 grupos cada una. Asimismo, cada grupo estará formado por dos subgrupos de 12 y 13 pares, respectivamente, tal como se indican en la figura 7.10. Cuatro grupos de 25 pares cada uno conformarán una superunidad de 100 pares, según se puede observar en la figura 7.11. A su vez, 22 superunidades de 100 pares cada una constituirán el cable de 2200 pares.

PARES DE RESERVA

Para el reemplazo de eventuales pares defectuosos, se colocan pares de reserva en cables que tengan 100 o más pares. Se sitúan en la parte más ex-

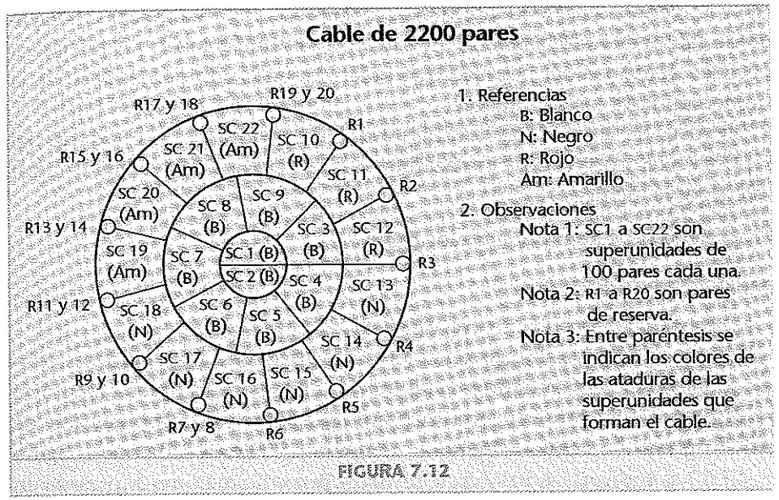


FIGURA 7.12

terna del cable y su número no puede ser mayor al 1% de la cantidad total de pares del cable.

ENVOLTURA Y CUBIERTA EXTERIOR

El núcleo del cable, formado por los pares trenzados y cableados o por grupos, subgrupos o superunidades cableadas, se recubre totalmente con una cinta de material **dieléctrico no higroscópico** resistente a la humedad y aplicado en forma helicoidal o longitudinal. Este recubrimiento proporciona una adecuada protección contra el calor a efectos de evitar deformaciones en el aislamiento de los conductores.

Una vez ajustado el núcleo del cable y recubierto con la cinta arriba descrita, se le aplica una cubierta protectora de polietileno o copolímero de etileno con blindaje de polietileno/aluminio/polietileno laminado. El cierre de las puntas del cable se efectúa con capuchones colocados en ambos extremos. Los capuchones dispuestos en el extremo interno de la bobina están provistos con válvulas tipo **cámara de automóvil** que incluyen su correspondiente óvulo y tapón roscado. Otro tipo de capuchón que se utiliza actualmente es el de plástico termocontraíble con adhesivo en su superficie interior.

PRESURIZACIÓN DE LOS CABLES

La presurización consiste en suministrar a los cables una presión interior de **gas seco** con el objeto de eliminar la humedad interna de los cables. Los cables menores de 50 pares no se presurizan. El gas utilizado puede ser: **aire, nitrógeno o bióxido de carbono.**

La presurización se logra mediante la instalación de equipos presurizadores, ubicados en lugares estratégicos dentro de la red. Actualmente, este

tipo de técnica se está abandonando a causa de la presencia en el mercado de cables tecnológicamente más avanzados, que utilizan sustancias especiales derivadas del petróleo que prácticamente impiden el paso de la humedad hasta los conductores.

El costo de la presurización ha llevado a las empresas prestadoras del servicio telefónico a ir reemplazando con rapidez los cables que utilizan este tipo de técnicas.

7.5.3.3 Procedimientos de prueba de los cables

PRUEBAS ELÉCTRICAS

- Resistencia eléctrica de los conductores.

  Se determina la resistencia eléctrica media de los diferentes conductores según el diámetro de los mismos. Para la prueba se utiliza una señal de corriente continua aplicada sobre un tramo de cable de longitud conocida, a 20 °C de temperatura. En la tabla de la figura 7.13 se indican los valores de resistencia media máxima expresada en **Ohms por km**. Al aumentar la resistencia óhmica de un cable, la atenuación aumenta y, en consecuencia, el alcance de las señales útiles a transmitir disminuye.

Tabla de valores de resistencia por km

Diámetro del conductor	Resistencia óhmica (Ohms/km) Promedio máximo
0,40	143
0,50	91,4
0,65	54,5
0,80	35,7
0,90	28,2

FIGURA 7.13

- Capacidad mutua.

  Debido a su proximidad, entre los conductores de los pares existe una capacidad, denominada **Capacidad Mutua**, que no deberá exceder los valores que se indican en la figura 7.14. Para la determinación de este parámetro se alimenta a los conductores bajo prueba con una señal de 800 Hz. Es importante que la capacidad entre conductores se mantenga por debajo de los valores indicados para garantizar una transmisión adecuada de las señales en los circuitos telefónicos.

  La capacidad mutua suministra a la corriente alterna un camino de paso entre los conductores que tienen mayor importancia a medida que aumenta la frecuencia de la señal transmitida. Por esta razón, a medida que aumenta la fuga de señal a través de este camino capacitivo, menor será el nivel de la señal que alcanzará el extremo de la línea donde se encuentra el receptor.

Valores de capacidad mutua

N° de pares (para todos los calibres de conductores)	Capacidad mutua (microfaradio/km) Promedio máximo
Cables de hasta 10 pares	0,058
Cables con más de 10 pares	0,056

FIGURA 7.14

- Resistencia del aislamiento.

  La resistencia del aislamiento de cada conductor se determina midiendo a éste contra todos los demás, unidos entre sí, y también contra el blindaje de aluminio del cable. En estas condiciones, y aplicando una tensión de 500 volt de corriente continua, se mide la resistencia del aislamiento, que no deberá ser menor de 3000 mW/km.

PRUEBAS FÍSICAS

- Resistencia a la tracción y alargamiento de rotura del aislamiento.

  Para llevar a cabo estas pruebas se utilizan muestras del aislante, denominadas **probetas**, separadas del conductor. Dichas probetas se someten a tracción y se registra el valor a partir del cual comienza el alargamiento del material[1]. Para obtener el alargamiento de rotura mínimo, se continúa aplicando la tracción hasta que la probeta se rompe[2].

  En la tabla de la figura 7.15 se indican los valores normalizados según el tipo de aislamiento.

PRUEBA DEL AISLAMIENTO DEL POLIETILENO Y DEL COPOLÍMERO DE PROPILENO/ETILENO

- Unidad de contracción.

  Se obtiene una muestra integrada por al menos un espécimen de 150 mm de longitud de los aislamientos de cada color del cable. Se coloca en una estufa de circulación de aire caliente y a presión atmosférica durante 4 horas y a temperaturas comprendidas entre

Valores normalizados de acuerdo al tipo de aislamiento

Tipo de aislamiento	Material	Resistencia a la tracción mínima (da n/cm²)	Alargamiento de rotura mínima (%)
Sólido	Polietileno tipo I y II	100	300
	Cop. propileno etileno	200	300
Celular c/capa exterior sólida	Polietileno tipo I y II y Cop. propileno etileno	70	125

FIGURA 7.15

[1] Resistencia a la tracción mínima.
[2] Alargamiento de rotura mínimo.

115 y 130 °C, según el material de que se trate. Transcurrido el tiempo señalado, la muestra se retira de la estufa y se mide la contracción producida en la longitud de cada uno de los especímenes ensayados. El valor de contracción del aislamiento en función de la temperatura debe ser proporcionado a los usuarios ya que es necesario para el diseño de los enlaces.

- Indice de escurrimiento.

  Este requisito es únicamente exigible para el aislamiento sólido, pero no el aislamiento celular con capa exterior sólida. El índice de escurrimiento determinado sobre muestras de aislamientos extraídos del cable no deberá exceder, por ejemplo para el **polietileno tipo I**, más del 60 % del valor obtenido sobre la materia prima utilizada para la extrusión del aislamiento.

7.5.4 Cables multipares aéreos

7.5.4.1 Definición y uso

Por cables multipares aéreos se entiende lo siguiente:

Cables multipares aéreos

Cables de cobre multipares que están especialmente diseñados y construidos para ser instalados en forma aérea, para lo cual cuentan con los elementos de sostén adecuados a tal finalidad y todos los elementos aislantes que permiten su normal funcionamiento.

Contienen entre 100 y 300 pares, y el diámetro de cada conductor es de 0,5 mm, aproximadamente.

En las **Redes Telefónicas Urbanas** es muy frecuente el uso de cables telefónicos multipares aéreos por la facilidad que ofrece su control, mantenimiento y reparación. En particular, para llegar desde las centrales telefónicas urbanas hasta la casa del usuario final mediante lo que se ha definido como **par de abonado**.

7.5.4.2 Detalles constructivos

Los detalles constructivos pueden apreciarse en la figura 7.16, en la cual pueden distinguirse claramente las dos secciones del cable, que entre ellas forman un **número 8**.

La parte superior del "ocho" es la responsable de sostener el cable multipar. Consta de un cable de acero de alta resistencia que permite ser tensado durante su instalación.

El cuerpo inferior es el que contiene los conductores, que están protegidos de varias maneras. Algunas protecciones están fabricadas con materiales dieléctricos para aislarlos eléctricamente y evitar las pérdidas por humedad u otros factores atmosféricos. Generalmente todos los conductores están dentro de una vaina de aluminio (un blindaje) que impide los efectos inductivos generados por los campos electromagnéticos circundantes. Se utiliza aluminio porque tiene un menor peso relativo respecto de metales que proporcionan los mismos efectos.

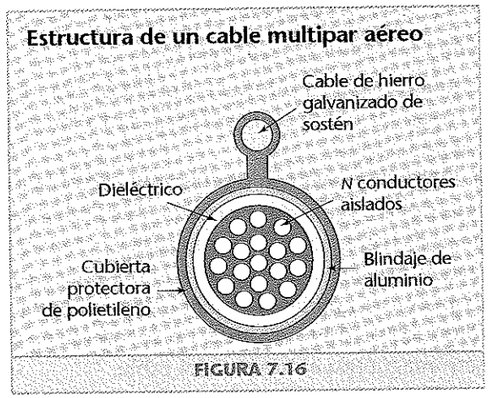


FIGURA 7.16

Finalmente todo el conjunto está recubierto por materiales protectores, como el policloruro de vinilo, o por plásticos que producen efectos aislantes del medio ambiente similares.

Cables coaxiales 7.6

Definición y uso 7.6.1

Los cables coaxiales son un importante medio de comunicaciones, muy útiles en aplicaciones especiales para su uso en determinadas redes de comunicaciones. En particular, por **cables coaxiales** se entiende lo siguiente:

Cables coaxiales

Cables construidos con dos conductores concéntricos: uno interno o central, por el que se transmiten las señales eléctricas, y otro externo, que rodea totalmente al anterior. Ambos conductores están fabricados con cobre electrolítico[1].

Este tipo de cable ha sido usado, y aún se sigue empleando aunque de forma más limitada, en los sistemas de transmisión para el envío de señales de televisión por cable, denominados técnicamente **Televisión de Antena Comunitaria** (CATV)[2].

Formando cables de varios conductores, es usado en los circuitos de transmisión en redes de telecomunicaciones interurbanas telefónicas.

Este medio es también empleado en las denominadas **Redes de Área Local** (LAN), aunque en estas, su uso está siendo reemplazado por el cable UTP, y la fibra óptica.

[1] Este tipo de cobre tiene la particularidad de tener una alta pureza, incluso del orden del 99%.

[2] CATV (**Community Antenna Television**).

Respecto de los pares trenzados de conductores de cobre, los cables coaxiales presentan las siguientes características:

- **Menor atenuación por unidad de longitud**, debido a que tienen una mayor superficie conductora y, por lo tanto, presentan un **efecto pelicular** menor.
- Poseen una mejor **respuesta en frecuencia**, debido a lo expresado en el punto anterior y al blindaje exterior. Por estas razones permite lograr mayores velocidades de transmisión. En cables del tipo de 75 ohm, se pueden alcanzar velocidades de 50 Mbps, en transmisiones digitales o analógicas simples, a un kilómetro de distancia.
- Mayor inmunidad al ruido a causa de su blindaje, que confina la energía electromagnética al interior del cable.
- Menor dependencia de sus constantes eléctricas distribuidas.
- Su costo es más elevado.
- Las variaciones de temperatura afectan al funcionamiento del sistema en mayor medida que los cables de pares trenzados.

7.6.2 Detalles constructivos

En la figura 7.17 se describen los detalles constructivos de un cable coaxial. El conductor exterior confina, dentro del cable, el campo electromagnético generado por la señal, que circula por el conductor interno o central.

En la figura 7.18 se muestra un corte transversal del cable coaxial. El conductor central está generalmente constituido por un alambre de cobre rojo recocido. El aislamiento puede ser de polietileno compacto o espumoso. El conductor exterior está conformado por una malla trenzada de alambre de cobre rojo recocido. Finalmente, el cobre tiene una vaina exterior de policloruro de vinilo coloreado, según la aplicación.

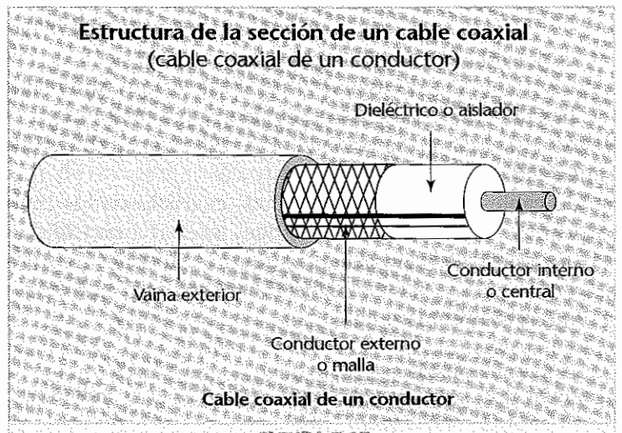


FIGURA 7.17

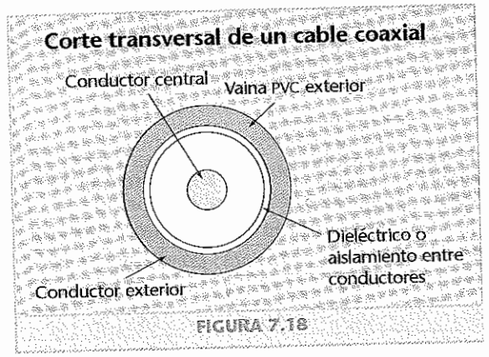


FIGURA 7.18

En la figura 7.19 se muestra las dimensiones del cable coaxial **tipo** RG 218/U y en la figura 7.20 se muestran las especificaciones técnicas que presentan distintos tipos de cables coaxiales de 50 W.

7.6.3 Características eléctricas

7.6.3.1 Capacidad e inductancia

La **capacidad** y la **inductancia** por unidad de longitud de estos cables se puede calcular por medio de las siguientes expresiones:

$$\text{Capacidad} = \frac{24{,}16\,E}{\log\,(D/d)}\ [\text{pF/m}] \qquad (7.1)$$

$$\text{Inductancia} = 0{,}463 \log\,(D/d) + 0{,}522 \cdot 10^{-6}\,(R/f)\ [\mu\text{H/m}] \qquad (7.2)$$

donde:

E = constante dieléctrica del material aislante.
D = diámetro del conductor externo.
d = diámetro del conductor interno.

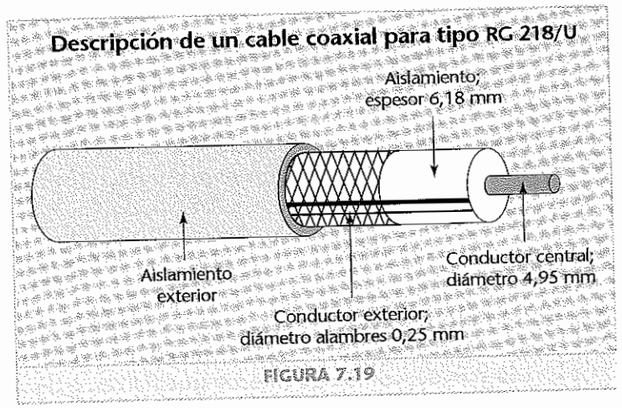


FIGURA 7.19

Respecto de los pares trenzados de conductores de cobre, los cables coaxiales presentan las siguientes características:

- **Menor atenuación por unidad de longitud**, debido a que tienen una mayor superficie conductora y, por lo tanto, presentan un **efecto pelicular** menor.
- Poseen una mejor **respuesta en frecuencia**, debido a lo expresado en el punto anterior y al blindaje exterior. Por estas razones permite lograr mayores velocidades de transmisión. En cables del tipo de 75 ohm, se pueden alcanzar velocidades de 50 Mbps, en transmisiones digitales o analógicas simples, a un kilómetro de distancia.
- Mayor inmunidad al ruido a causa de su blindaje, que confina la energía electromagnética al interior del cable.
- Menor dependencia de sus constantes eléctricas distribuidas.
- Su costo es más elevado.
- Las variaciones de temperatura afectan al funcionamiento del sistema en mayor medida que los cables de pares trenzados.

7.6.2 Detalles constructivos

En la figura 7.17 se describen los detalles constructivos de un cable coaxial. El conductor exterior confina, dentro del cable, el campo electromagnético generado por la señal, que circula por el conductor interno o central.

En la figura 7.18 se muestra un corte transversal del cable coaxial. El conductor central está generalmente constituido por un alambre de cobre rojo recocido. El aislamiento puede ser de polietileno compacto o espumoso. El conductor exterior está conformado por una malla trenzada de alambre de cobre rojo recocido. Finalmente, el cobre tiene una vaina exterior de policloruro de vinilo coloreado, según la aplicación.

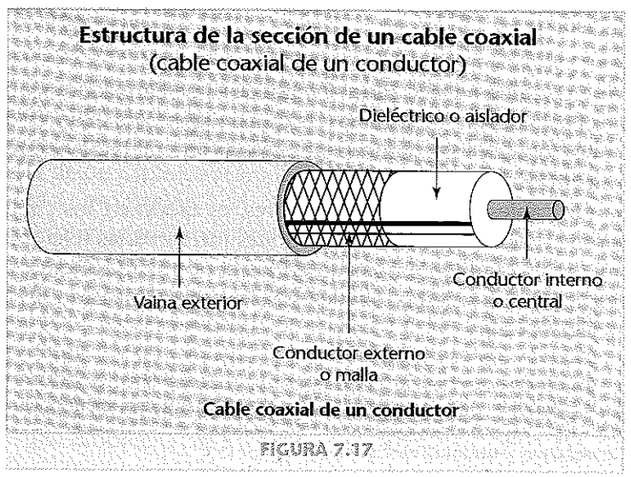


FIGURA 7.17

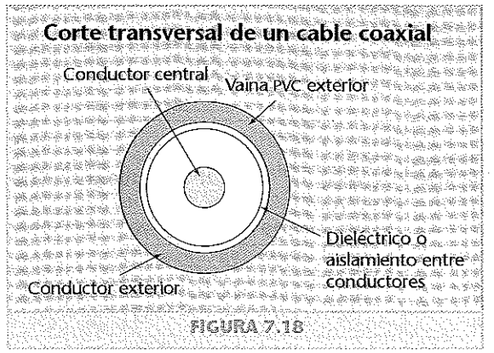


FIGURA 7.18

En la figura 7.19 se muestra las dimensiones del cable coaxial **tipo** RG 218/U y en la figura 7.20 se muestran las especificaciones técnicas que presentan distintos tipos de cables coaxiales de 50 W.

7.6.3 Características eléctricas

7.6.3.1 Capacidad e inductancia

La **capacidad** y la **inductancia** por unidad de longitud de estos cables se puede calcular por medio de las siguientes expresiones:

$$\text{Capacidad} = \frac{24{,}16\,E}{\log\,(D/d)}\ [\text{pF/m}] \qquad (7.1)$$

$$\text{Inductancia} = 0{,}463 \log\,(D/d) + 0{,}522 \cdot 10^{-6}\,(R/f)\ [\mu\text{H/m}] \qquad (7.2)$$

donde:

E = constante dieléctrica del material aislante.
D = diámetro del conductor externo.
d = diámetro del conductor interno.

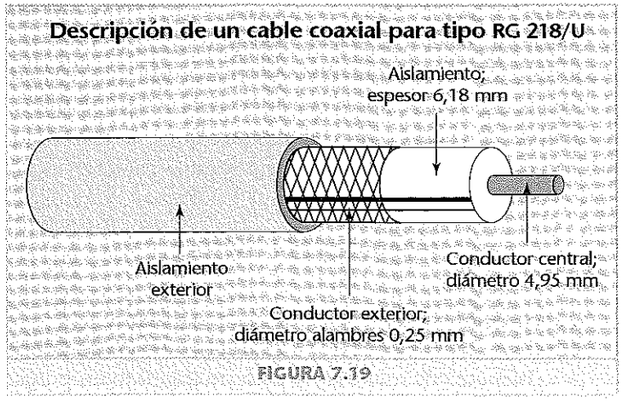


FIGURA 7.19

Características de cables coaxiales de 50 ohms

Coaxial tipo	Eléctricas				Operativas					
	Impedancia Z_o = [Ω] ± 2	Capacidad C [pF/m]	Velocidad de propagación V_o = [%]	Tensión máxima $U_{máx}$ = [kV]	Atenuación a 20 °C α = [dB/100 m]					
					10	50	100	200	400	1000
RG174 A/U	50	101	66	1,5	12,8	23	29,2	39,4	61	98,4
RG122 /U	50	101	66	1,9	5,9	14,2	23	36,1	56	95,2
RG58 C/U	50	101	66	1,9	4,9	12	17	26	38	65
RFA223/U	50	101	66	1,9	4,3	10	14	20	29	45
RG 223/U	50	101	66	1,9	3,9	9,5	15,8	23	33	54,2
RG 213/U	50	101	66	5	2	4,9	7	10,5	15,5	26
RG 9 B/U	50	101	66	5	2,2	5,4	7,6	11,5	17,5	30
RG 21 4/U	50	101	66	5	2,2	5,4	7,6	10,9	17	28,9
RG 21 8/U	50	101	66	11	0,75	1,8	3	4,6	7	12
RG 177/U	50	101	66	11	0,78	1,8	3,1	4,6	7,9	14,5

FIGURA 7.20

pF = picofaradio (subunidad de capacidad).
m = metro.
mH = microhenrio (subunidad de inductancia).
R = resistencia por unidad de longitud [ohms/m].
f = frecuencia [Hz].

7.6.3.2 Impedancia característica

La **impedancia característica** de estos cables es un parámetro muy importante. Se puede calcular como la relación entre la **tensión** aplicada y la **corriente** absorbida por un cable de longitud infinita.

Este valor característico de los cables coaxiales está determinado por la relación entre los diámetros de los **conductores interno y externo** y por la **constante dieléctrica del material aislante** que se encuentra entre dichos conductores. La expresión de la impedancia característica es la siguiente:

$$Z_o = \frac{138}{E} \log (D/d)(\text{Ohms}) \qquad (7.3)$$

$$Z_o = \frac{138}{\sqrt{\varepsilon}} \log \frac{D}{d}$$

donde:

E = constante dieléctrica del material aislante.
D = diámetro del conductor externo (medido en pulgadas).
d = diámetro del conductor interno (medido en pulgadas).

Los valores nominales usuales de los cables coaxiales son: 50, 75 y 93 ohms. Sin embargo, para determinadas aplicaciones, pueden encontrarse otras impedancias características, que varían desde 35 a 180 ohms.

7.6.3.3 Atenuación

La **atenuación** es la pérdida de potencia, a una determinada frecuencia. Se expresa en decibeles por kilómetro de cable. La atenuación de estos cables depende de varios factores, entre ellos la temperatura. El aumento de ésta incrementa la resistividad de los conductores.

La expresión (7.4) permite el cálculo de la atenuación. La misma resulta,

$$A\ [\text{dB/km}] = 0{,}01 + 2{,}3\sqrt{f} + 0{,}003\, f \qquad (7.4)$$

donde:

f = frecuencia (expresada en MHz).

En la figura 7.21 se puede observar cómo los valores de la atenuación crecen con la frecuencia de operación, limitando el alcance en la transmisión de las señales.

Relación entre atenuación y frecuencia de operación

Atenuación dB/km	Frecuencia MHz
0,59	0,06
1,27	0,3
2,32	1
8,01	12
14,67	60
40,7	300

FIGURA 7.21

Otros factores que afectan la atenuación son la impedancia característica, la relación entre los diámetros de los conductores y la frecuencia de trabajo.

En la figura 7.22 se describe el comportamiento de la **atenuación en función de la frecuencia** para el cable tipo RG 218/U.

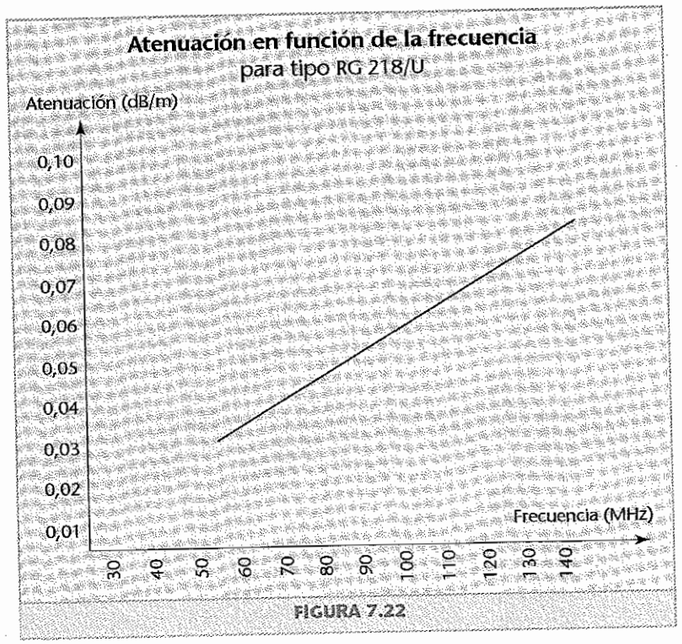


FIGURA 7.22

7.6.4 Respuesta de cables coaxiales a la transmisión de señales digitales

Cuando se transmiten pulsos a través de los cables coaxiales, se producen distorsiones en la transmisión. El estudio de estas distorsiones se realiza a través del análisis del **tiempo de crecimiento** de cada pulso.

En particular, se denomina **tiempo de crecimiento** de un pulso, o **rise time**, a lo siguiente:

Tiempo de crecimiento | **Intervalo de tiempo necesario para que el pulso crezca desde un 10% hasta el 90% del valor máximo que alcanza finalmente.**

Si el cable al que se le aplicara una señal escalón o pulso se comportara como ideal, el **tiempo de crecimiento** debería ser cero y, en consecuencia, no habría distorsión del pulso. En la figura 7.23 se puede observar el **tiempo de crecimiento** o de **elevación** para un cable coaxial del tipo denominado **semiflexible**. Por otro lado, en la figura 7.24 se muestra la respuesta típica en función del tiempo de cables coaxiales cuando por ellos se transmite un pulso.

Cuando se introducen pulsos muy estrechos, aparte de la distorsión mostrada en la figura 7.24, se generan pequeños ecos detrás del pulso principal. Estos ecos indeseados se originan por el establecimiento de **reflexiones finitas periódicas** dentro del cable.

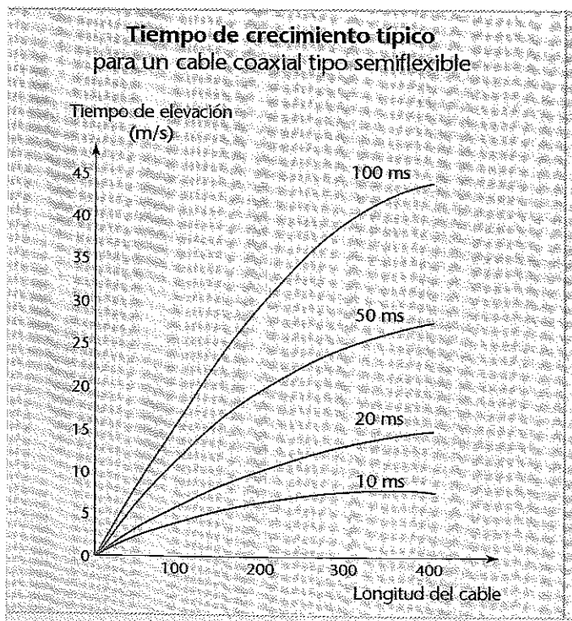


FIGURA 7.23

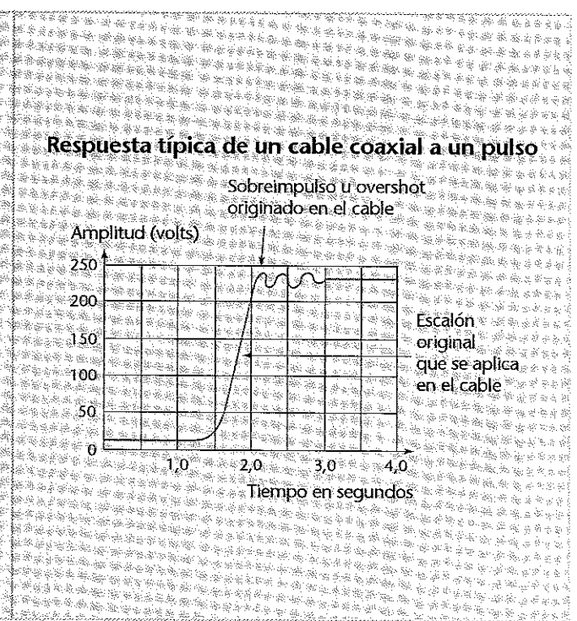


FIGURA 7.24

7.6.5 Velocidad de propagación de las señales

La velocidad de propagación de las señales electromagnéticas en el cable coaxial está determinada principalmente por la **constante dieléctrica del material aislante**, que separa al conductor central del conductor exterior. Esta velocidad se expresa como un **porcentaje de la velocidad de propagación de la luz** en el espacio libre. En la figura 7.25 se indican dichos valores para los materiales aislantes más comunes usados en estos cables. Se pueden observar los materiales que presentan una mejor performance. En particular, los que tiene un dieléctrico compuesto por polietileno y aire son materiales que presentan la mayor velocidad de propagación.

7.6.6 Designación de los cables coaxiales

Los cables coaxiales toman su designación de distintas normas nacionales e internacionales. Sin embargo, para la fabricación de éstos, la norma más conocida y aceptada comercialmente es la que rige para las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos.

Esta norma se conoce como MIL C-17 E y define una sigla para identificar a cada tipo de cable, además de determinar las características físicas y eléctricas que corresponde a cada una de ellas. Las siglas comienzan con las letras RG, que significan **radiofrecuencia/gobierno**[1], seguidas por un número progresivo para cada tipo de cable, y de la letra U, que indica que se trata de una especificación **universal**. El agregado de una letra delante de la letra U, como, por ejemplo, A/U, B/U, etc., indican sucesivas modificaciones al tipo originalmente definido.

Velocidad de propagación en cables coaxiales

Cable coaxial con material dieléctrico	Tiempo de retardo (m seg/Ft)	Velocidad (%)
Polietileno sólido	1,54	65,9
Polietileno espumoso	1,27	80,0
Polietileno y aire	1,15–1,21	84 a 88
Teflón sólido	1,46	69,4
Elastipar	1,50	66
Teflón expandido	1,27	85

FIGURA 7.25

[1] Las letras han sido definidas por las palabras en idioma inglés, pero como las raíces son latinas, coinciden con las palabras similares en español.

Para la elección de cada cable coaxial se deben tener en cuenta los tres parámetros siguientes, que son impuestos por el circuito al que tiene que conectarse.

- Impedancia característica.
- Frecuencia de trabajo.
- Atenuación máxima.

7.6.7 Cables coaxiales de varios conductores

7.6.7.1 Definición y uso

Por cables de cobre coaxiales de varios conductores se entiende lo siguiente:

Cables coaxiales de varios conductores

Cables compuestos por un número variable de cables coaxiales, que se utilizan para la transmisión de señales de comunicaciones (voz, datos e imágenes), y son generalmente aptos para ser instalados en forma subterránea o aérea; están preparados para soportar condiciones atmosféricas adversas.

En el uso del cable coaxial a distancias importantes, para la transmisión de señales de telecomunicaciones, se emplean cables conformados por conjuntos de varios conductores, según se puede apreciar en la figura 7.26.

7.6.7.2 Detalles constructivos

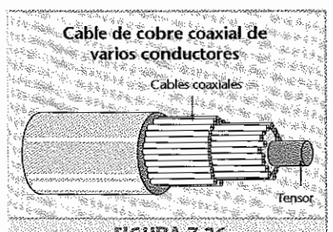


FIGURA 7.26

En la figura 7.26 se puede observar un cable de las características señaladas. En los tendidos subterráneos, en distancias de hasta varios cientos de kilómetros, resulta muy útil el empleo de cables múltiples, pues el costo del tendido es elevado y, por lo tanto, importa mucho aumentar la capacidad final del cable.

Estos cables están construidos alrededor de un alma de acero que facilita la instalación y que está rodeada por varios cables coaxiales, que en algunos casos se colocan dentro de tubos. Dentro del **mazo** se instalan **cables cuadretes de cobre**[1] para circuitos telefónicos de frecuencia de voz.

En algunos casos, estos cables llevan elementos que permiten su presurización y, además, tienen una cubierta exterior de plomo de más de 2 milímetros de espesor que contiene todo el conjunto.

7.6.8 Cables de cobre coaxiales submarinos

7.6.8.1 Definición y uso

Por cables de cobre coaxiales submarinos se entiende lo siguiente:

Cables de cobre coaxiales submarinos

Cables compuestos por un número variable de coaxiales, que se utilizan para la transmisión de señales de comunicaciones (voz, datos e imágenes), y son aptos para ser instalados bajo la superficie del mar; están preparados para estar en servicio durante períodos de tiempo suficientemente largos.

[1] Se denomina así a cuatro conductores que forman un único cable para uso en telefonía.

Los cables coaxiales submarinos permitieron contar con enlaces intercontinentales de alta capacidad a costos razonables. Si bien actualmente son obsoletos y ya no se instalan porque han sido reemplazados por la **fibra óptica**, aún se encuentran en servicio numerosos sistemas que utilizan este tipo de tecnología. Estos servicios están siendo reemplazados a medida que quedan fuera de servicio, o cuando su costo de mantenimiento y operación los convierte en ineficientes.

7.6.8.2 Detalles constructivos

Los cables coaxiales submarinos son de diseño muy similar al de los cables coaxiales de varios conductores que se utilizan para tendidos terrestres, aunque de mucha mayor calidad y aislamiento.

Este tipo de conductores se construían para que tuvieran una vida útil del orden de unos veinticinco años, con no más de dos fallos durante ese tiempo de operación.

7.7 Fibras ópticas

7.7.1 Definición y uso

La fibra óptica como medio de comunicaciones ha revolucionado el mundo de las telecomunicaciones al ofrecer un ancho de banda mucho mayor que todos los medios anteriormente conocidos, lo que ha permitido que las redes puedan mantener enlaces digitales a velocidades que ya alcanzan el orden de varios Gbps.

Este medio de comunicaciones puede ser definido como sigue:

fibra óptica

Hilo fino de vidrio o plástico que permite transportar la luz, generalmente en la banda de los infrarrojos y por lo tanto no visible por el ojo humano. Esta luz, modulada convenientemente, permite transmitir señales de información entre dos puntos a velocidades muy altas, con tasas de errores muy bajas.

Formando cables de varios conductores, la fibra óptica es utilizada, en los circuitos de transmisión, en redes de telecomunicaciones urbanas e interurbanas. También se emplea en las denominadas **Redes de Área Local (LAN)** y en **Redes de Área Extendida (WAN)**.

Este tipo de medio de transmisión presenta ventajas importantes respecto a los pares trenzados de conductores de cobre o a los cables coaxiales, en particular, las siguientes:

- **Baja atenuación por kilómetro** cuando se transmite por las llamadas ventanas de transmisión, que se dan en torno a los siguientes valores de longitud de onda: 0,8 mm, 1,3 mm y 1,55 mm. En estos casos, se pueden obtener atenuaciones del orden de 0,2 dB/km. Este valor permite espaciar los repetidores regenerativos a distancias que

llegan a los 300 km, con velocidades de 622 Mbps y utilizando sistemas de transmisión basados en la tecnología denominada **Jerarquía Digital Sincrónica** (SDH).

- Total **inmunidad al ruido** y a las interferencias electromagnéticas, lo que constituye un medio especialmente útil en ambientes con alto ruido. En este tipo de medio de comunicaciones es normal obtener tasas de errores del orden de BER = 10^{-10}. Por otra parte, al no generar radiaciones electromagnéticas, no afectan a otros sistemas que puedan estar instalados en sus proximidades.
- Uso de **potencias de muy bajo valor**, del orden de los mW, en comparación con otros medios de telecomunicaciones que requieren potencias mayores.
- Mayor **capacidad** debido al mayor ancho de banda disponible.
- Son resistentes al **fuego** y a la **corrosión**, y soportan mejor los cambios atmosféricos; funcionan con variaciones de temperaturas mayores.
- Son **seguros**, en cuanto a la posibilidad de que terceros no deseados, **intercepten el cable**, ya que es muy difícil que dicha intervención no sea detectada en el sistema de telecomunicaciones que integra.
- Su construcción con **diámetros pequeños**, que pueden llegar a valores de entre 2 y 6 mm entre bordes exteriores, su flexibilidad y su poco peso, hacen que estos medios de comunicaciones sean fáciles de instalar, especialmente cuando se trata de completar sistemas sobre ductos preexistentes, sobrecargados por otro tipo de medios que no es posible eliminar.
- Costos **decrecientes**, en especial para grandes cantidades.

Sus usos más importantes, entre otros, son los siguientes:

- Para construir enlaces troncales, en **Redes de Área Extendida** WAN de alta capacidad.
- Para sistemas de distribución en **Redes Urbanas** usando la tecnología que proporciona la multiplexación por medio de la **Jerarquía Digital Sincrónica**, mediante los denominados **anillos ópticos urbanos**[1] (ver capítulo 4, SDH).
- Redes de **Televisión por Cable** (CATV).
- En áreas geográficas con alta radiación electromagnética.
- En las instalaciones efectuadas por medio de cableado estructurado, en el cableado vertical y, en algunos casos, para unir puestos de trabajo alejados.
- En los casos en que exista la probabilidad de condiciones atmosféricas desfavorables, en especial en el caso de que se produzcan tormentas eléctricas.
- En la instalación de cables submarinos.

[1] Conocida como **Fiber in the Loop** (FITL).

Detalles constructivos de la fibra óptica 7.7.2

Las fibras ópticas están constituidas por dos capas: una central, denominada **núcleo (core)**, y una periférica, llamada **recubrimiento (clad)**.

Cada una de estas capas está caracterizada por un **índice de refracción**. En general, este índice mide la relación entre las **velocidades de propagación en el vacío y en un determinado medio**. El índice de refracción de la luz en el vacío es **n = 1**.

Por lo tanto, el núcleo tendrá un índice de refracción $\mathbf{n_1}$ y el recubrimiento uno $\mathbf{n_2}$. El principio de funcionamiento de las fibras ópticas se demostrará aplicando la **ley de Snell**. Esta ley explica las causas por las cuales la luz no se escapa del núcleo de la fibra y es conducida por éste.

Se demostrará que el índice de refracción del núcleo debe ser mayor que el del recubrimiento; y, además, para obtener una pérdida mínima a través de la cubierta, la relación entre ambos índices debe ser de alrededor del 1%. Es decir,

$$n_1 > n_2 \tag{7.5}$$

La relación de diámetros entre el núcleo y el recubrimiento depende del tipo de fibra. En el caso particular de las denominadas **fibras monomodo**, el núcleo tiene aproximadamente un diámetro de 9 mm, y el recubrimiento 125 μm. Por otro lado, en las **fibras multimodo**, los núcleos más utilizados tienen aproximadamente un diámetro de entre 50 y 62,5 μm, y el recubrimiento 125 μm.

Principios de funcionamiento 7.7.3

La propagación de la luz 7.7.3.1

Tal como se expresó, una fibra típica está compuesta por dos capas de vidrio, cada una con distinto índice de refracción, y, además, el núcleo de la fibra tiene un índice de refracción mayor que el revestimiento.

Debido a la diferencia de índices, la luz transmitida se mantiene y propaga a través del núcleo, es decir, existe **reflexión total interna**; para explicar este concepto recordemos la **Ley de Snell**, que expresa lo siguiente:

Existe una relación constante entre el ángulo incidente de un haz de luz y el índice de refracción en dicho medio, respecto del ángulo de refracción en el segundo medio y su correspondiente índice de refracción.

Ley de Snell

La expresión de la Ley de Snell es la siguiente:

$$n_1 \operatorname{sen} \phi_1 = n_2 \operatorname{sen} \phi_2 \tag{7.6}$$

En la figura 7.27 se puede observar que si el haz refractado, que sale del medio n_1, tuviera un ángulo de refracción de 90°, no se propagaría en el medio n_2, sino que lo haría en la dirección paralela al eje transversal del núcleo y no saldría de él.

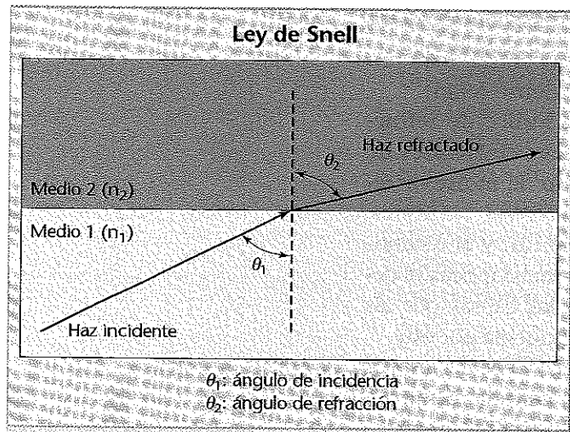


FIGURA 7.27

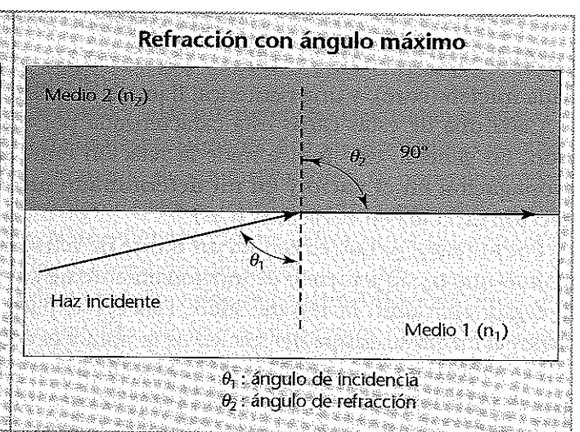


FIGURA 7.28

En la figura 7.28 se puede observar la forma del haz cuando se produce la refracción en la dirección antes mencionada. Para que esto tenga lugar, deberá ser el **sen ϕ_2 máximo**, o sea, igual a 90°. Esta condición se expresa así:

$$\phi_2 = 90° \tag{7.7}$$

$$\text{sen } \phi_2 = 1 \text{ (máximo)} \tag{7.8}$$

Luego, si en la expresión (7.6) reemplazamos por el valor de sen ϕ_2, obtenido en la (7.8), obtendremos,

$$n_1 \text{ sen } \phi_1 = n_2 \tag{7.9}$$

De donde,

$$\text{sen } \phi_1 = \frac{n_2}{n_1} \tag{7.10}$$

Como resulta,

$$1 > \text{sen } \phi_1 > 0 \tag{7.11}$$

debe ser necesariamente,

$$n_1 > n_2 \tag{7.5}$$

Con esta condición se construyen las fibras ópticas, donde el núcleo siempre debe tener un índice de refracción mayor que el del recubrimiento. Cabe señalar que la relación entre los índices de los dos medios, indicada en la expresión (7.5), se debe cumplir dentro de lo que se denomina **cono de aceptación**. Para ángulos mayores a los que forma el cono de aceptación, esta relación no se cumple, y el haz de luz sale de la fibra.

7.7.3.2 Cono de aceptación

En la figura 7.29 se puede apreciar que la luz puede propagarse por la fibra si incide con un cierto ángulo que se encuentre dentro del llamado **cono de aceptación**.

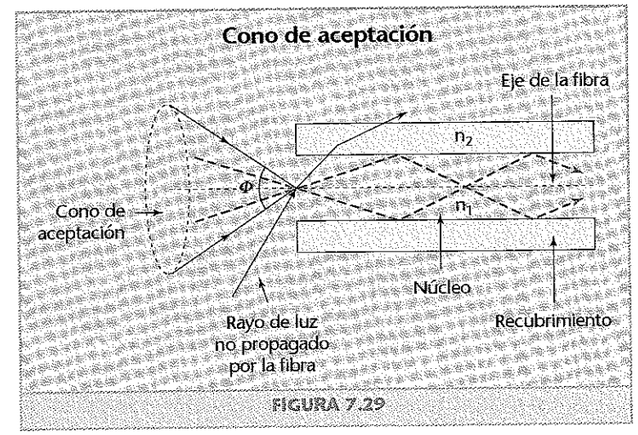


FIGURA 7.29

El cono de aceptación define un **ángulo de apertura, Φ**, que resulta ser función de los índices de refracción del núcleo y del revestimiento. Dicho ángulo es el formado por la dirección del núcleo de la fibra y una cualquiera de las generatrices del cono de aceptación. Su valor es

$$\Phi = \text{arcsen } \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \tag{7.12}$$

A su vez, el seno del ángulo de apertura se denomina **número de apertura**, NA, es decir,

$$\text{NA} = \text{sen } \Phi \tag{7.13}$$

De donde resulta,

$$\text{NA} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \tag{7.14}$$

Se puede observar que el **cono de aceptación** es función de los **índices de refracción** de los materiales con que está construida la fibra.

7.7.3.3 Atenuación de la luz

El término **atenuación** se usa para medir la pérdida de la **potencia óptica** de un haz de luz que viaja por la fibra, a semejanza de la medida de las pérdidas de potencia en los circuitos eléctricos. La atenuación de una fibra se mide en dB/km, y es función de la longitud de onda.

Existen ciertas longitudes de onda, denominadas **ventanas**, para las cuales la **atenuación de la luz resulta mínima**. Éstas están indicadas en la figura 7.30, y son las que se utilizan para transmitir los pulsos de luz.

La **primera ventana** se extiende desde los 800 nm[1] hasta los 900 nm; la **segunda ventana** comienza a los 1200 nm hasta los 1 350 nm, y finalmente la **tercera ventana** comienza al valor de 1450 nm hasta los 1600 nm. De

[1] La abreviatura **nm** significa **nanómetros**. Un nanómetro es igual a 10^{-9} metros.

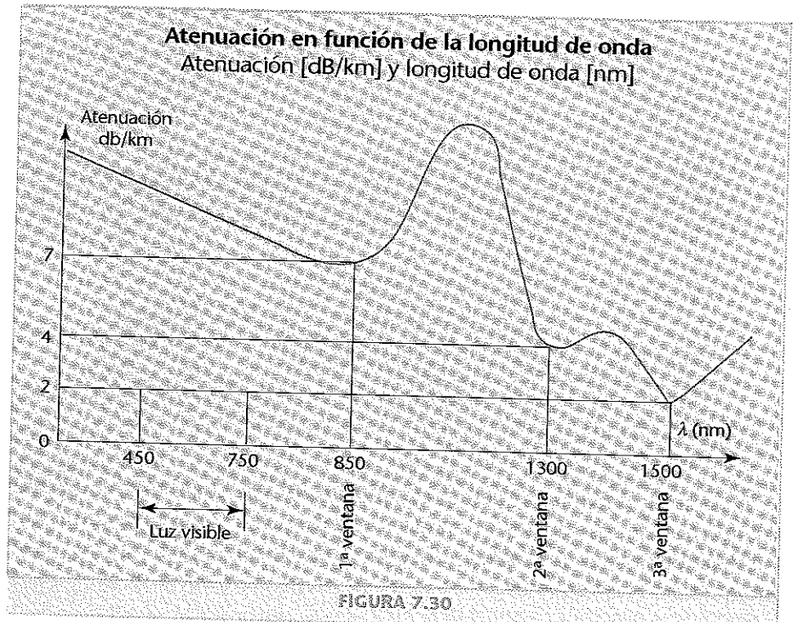


FIGURA 7.30

las tres ventanas, la tercera es la que presenta la menor atenuación, y es hacia la que tienden a operar los sistemas ópticos más modernos.

7.7.3.4 Ancho de banda de una fibra óptica

Como en todo medio de comunicaciones, el ancho de banda de las fibras ópticas está determinado por la diferencia entre los límites superior e inferior de las frecuencias de trabajo, en los denominados **puntos de –3 dB**[1].

$$\Delta f = f_2 - f_1 \qquad (7.15)$$

El intervalo de trabajo en las fibras ópticas se halla comprendido entre los distintos valores que corresponden a las ventanas de trabajo, que, como se expresó en el apartado anterior, van desde λ_2 = 800 nm hasta, λ_1 = 1800 nm, aproximadamente.

Estos valores de λ_2 y λ_1 se corresponden a las frecuencias f_1 = 187,5 THz y f_2 = 375 THz, respectivamente, por cuanto la longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia; luego, a la mayor longitud de onda corresponderá la menor frecuencia.

Obsérvese que los límites que definen el ancho de banda, en el caso de las fibras ópticas, nunca se expresan en valores de frecuencia debido al tamaño del número que resulta medido en hertz, sino que se prefiere expresarlos en longitudes de onda medidas en nanómetros.

[1] Ver capítulo 2 de esta obra.

Sin embargo, este ancho no puede ser utilizado en su totalidad, pues solamente se pueden tomar como utilizables los anchos de banda parciales correspondientes a cada una de las tres ventanas de mínima atenuación. Sus valores son los siguientes:

- Primer ventana: 60 000 GHz.
- Segunda ventana: 30 000 GHz.
- Tercer ventana: 20 000 GHz.

La suma de los anchos de banda correspondientes a las tres ventanas resulta así igual a 110 000 GHz ó 110 THz.

Nótese que si tomáramos la diferencia entre los valores extremos antes señalados de f_1 = 187,5 THz, y f_2 = 375 THz, el ancho de banda resultaría de 187,5 THz, que es superior a los 110 ya calculados. La diferencia que falta corresponde a las bandas donde no es adecuada la transmisión porque la atenuación es muy alta.

Por otro lado, el ancho de banda disminuye a medida que nos alejamos de la fuente. Esto se debe a que se incrementa el efecto de un fenómeno conocido como **dispersión de la luz**; en particular debido a la **dispersión modal y cromática**, cuyos detalles se explicitan en el apartado 7.7.5 de este capítulo.

Dado que la dispersión se incrementa con la distancia, el ancho de banda se expresa en **GHz por kilómetro**, con la condición de que para un determinado valor no existan repetidores regenerativos en el medio del tramo considerado.

El fenómeno de **dispersión** se muestra en la figura 7.31. En ella se puede observar que un pulso generado en el transmisor con un ancho t_1, lle-

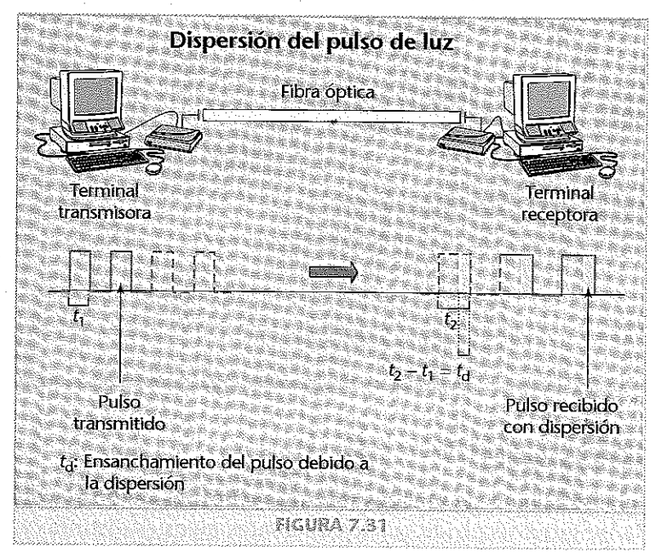


FIGURA 7.31

ga al receptor, después de pasar por la fibra óptica, con un ancho t_2, tal que

$$t_2 > t_1 \tag{7.16}$$

Es decir, t_2 será mayor que el valor t_1 del pulso inicial, al salir de la fuente. Por esta razón, se deberán separar más los pulsos a la entrada, para evitar que los mismos se solapen a la salida. Esto equivale a disminuir la frecuencia de repetición de pulsos, que se puede interpretar como una **reducción del ancho de banda**.

Para calcular el ancho de banda se utiliza la siguiente expresión práctica:

$$\Delta f_1 = \frac{0{,}44}{\delta t} \tag{7.17}$$

donde:

Δf_1 = Ancho de banda, en GHz por kilómetro.
δt = Dispersión en nanosegundos del pulso a un kilómetro de distancia del punto de emisión.

A su vez, la dispersión se calcula mediante la expresión siguiente:

$$\delta t = \sqrt{t_2^2 - t_1^2} \tag{7.18}$$

donde:

t_2 = Ancho del pulso de llegada al receptor en nanosegundos situado a 1 km del transmisor.
t_1 = Ancho del pulso de salida del transmisor en nanosegundos.

ejemplo 7.1

Calcular el ancho de banda en GHz · km, sabiendo que cuando en el transmisor se genera un pulso de 1,1 nanosegundos, en el receptor se obtiene uno de 1,5 nanosegundos.

Calculemos δt:

$$\delta t = \sqrt{(1{,}5)^2 - (1{,}1)^2}$$
$$\delta t = \sqrt{1{,}04}$$
$$\delta t = 1{,}0198 \text{ nanosegundos}$$

Luego, el ancho de banda resultará

$$\Delta f_1 = \frac{0{,}44}{1{,}0198}$$
$$\Delta f_1 = 0{,}43145 \text{ GHz} \cdot \text{km}$$
$$\Delta f_1 = 431{,}45 \text{ MHz} \cdot \text{km}$$

7.7.4 Tipos de fibra óptica

Debido a la existencia de muchos **modos** o **caminos de propagación de la luz**, la longitud recorrida por los diferentes rayos es distinta, y por lo tanto, un pulso de luz que entra a la fibra saldrá de ella disperso; con lo cual, el ancho de banda de la fibra óptica queda limitado.

Teniendo en cuenta el modo de propagación, las fibras ópticas se han clasificado en la siguiente forma:

- Monomodo:
  Las dimensiones del núcleo son comparables a la longitud de onda de la luz, por lo cual hay un solo modo de propagación y no existe dispersión.
- Multimodo:
  Contiene varios modos de propagación y, en consecuencia, se da el efecto de dispersión.
  A su vez estas últimas se subdividen en:
  - **Índice escalón (step index)**: Tienen dispersión y reducido ancho de banda. Son de bajo costo dado que resultan tecnológicamente sencillas de producir.
  - **Índice gradual (graded index)**: Más costosas, pero de gran ancho de banda.

En las fibras multimodo se puede disminuir la dispersión haciendo variar lentamente el índice de refracción entre el núcleo y el recubrimiento (multimodo de índice gradual). El índice de refracción es máximo en el centro de la fibra y mínimo en los extremos.

Por otra parte, la velocidad de propagación es inversamente proporcional al índice de refracción. Luego resultará que los modos que se propagan por el centro, lo harán a menor velocidad que los que recorren un camino más largo, como los que se desplazan por la periferia de las fibras ópticas. Consecuentemente, se tiende a compensar la dispersión en las fibras multimodo con un índice de refracción gradual, como se detalla en la figura 7.32.

La dispersión del pulso de luz dentro de la fibra depende fundamentalmente del perfil del índice de refracción de la fibra y del diámetro del núcleo. El perfil del índice de refracción varía según el tipo básico de fibra, sea ésta monomodo, multimodo de índice gradual o multimodo de índice escalón.

Como se explica en el apartado 7.7.3.4, la **dispersión del pulso de luz** es el proceso por el cual un pulso se ensancha, a medida que se propaga por la fibra. Dicho ensanchamiento se debe a que los rayos de luz que llegan al otro extremo de la fibra en instantes diferentes, conformando en consecuencia un pulso más ancho que el que originalmente entró en la fibra. Este proceso limita la cantidad de información a transmitir y en consecuencia se dice que limita el ancho de banda de la fibra. Es por ello que existe una relación directa entre ancho de banda, capacidad de transmisión de información y perfil del índice de refracción, parámetros que dependen del tipo de fibra óptica.

Como valores típicos de ancho de banda, podemos decir, por ejemplo, que una **fibra multimodo con índice escalón** tiene 50 MHz · km, una **fi-**

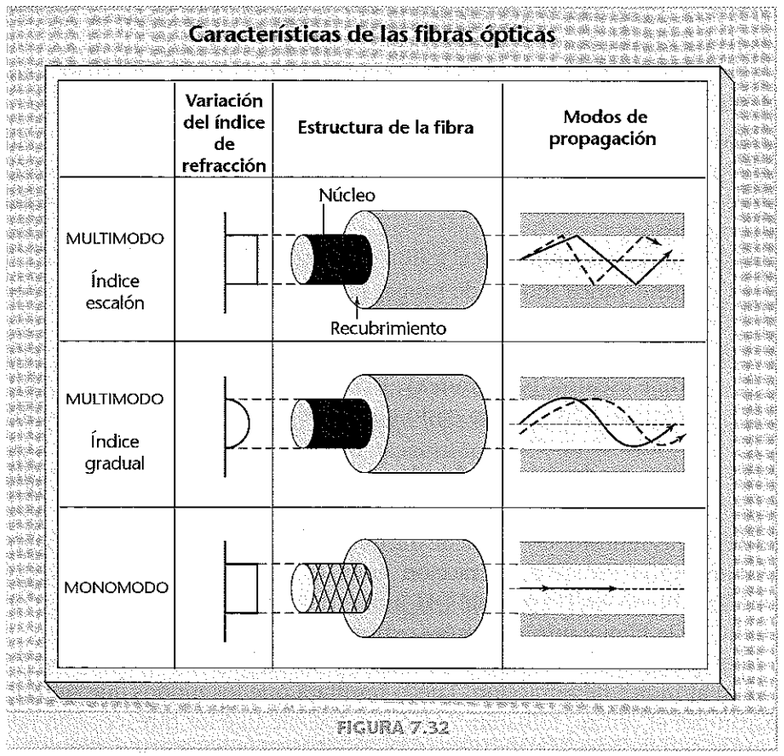


FIGURA 7.32

bra multimodo con índice gradual entre 100 y 1000 MHz · km, y una **monomodo** supera los 10 GHz · km.

7.7.5 Pérdidas en las fibras ópticas

7.7.5.1 Aspectos generales

Las pérdidas en las fibras ópticas producen atenuación de la luz que por ella se propaga, tal como se indica en el apartado 7.7.3.3, manifestándose como una disminución en la **potencia de luz** en el extremo receptor.

Dicha disminución de potencia origina una **reducción en el ancho de banda** del sistema. Esta reducción obliga a disminuir la velocidad de transmisión usada para conectar la fuente con el colector, tanto más cuanto mayor sea la disminución del ancho de banda.

Sin embargo, debe destacarse que, de todos los medios físicos de comunicaciones utilizados, las fibras ópticas son las que presentan menos pérdidas ante iguales distancias a cubrir con el enlace.

Como ejemplo de lo señalado, se puede decir que en este tipo de medio de comunicaciones se pueden obtener atenuaciones del orden de **0,2 dB/km**, para fibras monomodo. Esto ha permitido que, a la fecha, existan enlaces que ya trabajan a velocidades de transmisión del orden de **varios Gbps**.

Las pérdidas pueden ser de los siguientes tipos:

- Dispersión modal.
- Dispersión cromática.
- Absorción y radiación.
- Acoplamiento.
- Dispersión de Rayleigh[1].

Pérdidas por dispersión modal 7.7.5.2

Esta pérdida es normalmente la de mayor importancia. Se presenta en las fibras multimodo a causa de la diferencia en los tiempos de propagación de los rayos de luz (modos), dado que cada uno de ellos toma diferentes caminos y por lo tanto llegan en diferentes instantes.

Esto origina que en el extremo receptor el pulso se ensanche respecto del ancho con el que fue generado en el extremo transmisor. En consecuencia, la pérdida de amplitud del pulso transmitido origina un ensanchamiento en el pulso recibido, obviamente de menor amplitud.

Pérdidas por dispersión cromática 7.7.5.3

Se producen en los casos en que el emisor no genera **luz monocromática**, como es el caso del **LED**, cuyas características se analizarán oportunamente.

Tal como se indicó anteriormente, el **índice de refracción** depende de la **longitud de onda** y, por lo tanto, al emitirse desde una fuente cromática diferentes longitudes de onda, éstas viajarán a velocidades diferentes y producirán en el receptor un ensanchamiento del pulso, y, consecuentemente, una disminución de su amplitud. Cabe destacar que estas pérdidas son mucho menores que las producidas por la **dispersión modal**.

Pérdidas por absorción y radiación 7.7.5.4

Estas pérdidas son las producidas por la forma en que se construyen las fibras ópticas. En particular, las pérdidas por absorción se producen por las impurezas que es necesario incorporar al **silicio**[2] para obtener índices de refracción diferentes entre el núcleo y el recubrimiento. Estas impurezas absorben la luz y la transforman en calor.

A su vez, al construir las fibras, se producen siempre imperfecciones tales como pequeños dobleces, discontinuidades, etc., que originan radiaciones indeseadas que disminuyen la potencia al final de toda la transmisión.

Pérdidas por acoplamiento 7.7.5.5

Las pérdidas por acoplamiento se producen en cualquier tipo de fibra por uniones imperfectas entre las distintas partes que componen el circuito

[1] John William Strutt Rayleigh nació en la ciudad de Maldon, Inglaterra, en el año 1842, y falleció en el año 1919. Matemático y físico, obtuvo el Premio Nobel de Física en el año 1904 por sus trabajos relacionados con los fenómenos de propagación de ondas. Fue Director del Laboratorio de Cavendish en la Universidad de Cambridge entre los años 1879 a 1884. En particular, sus estudios estuvieron enfocados a la óptica física, la electricidad, los fenómenos relacionados con las vibraciones de los gases y de los sólidos elásticos.

[2] El número atómico del silicio (Si) es 14.

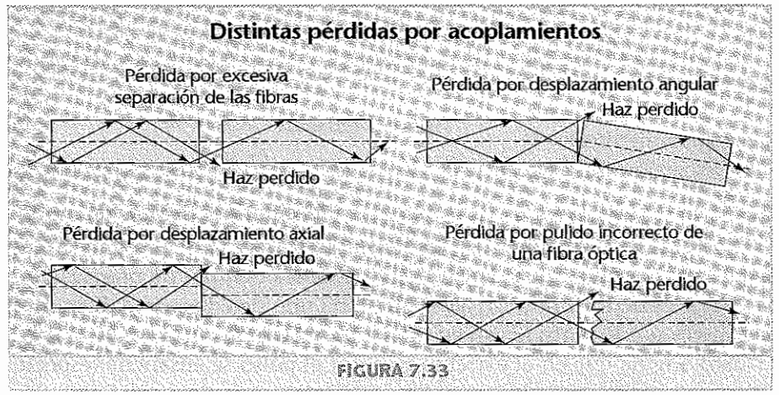


FIGURA 7.33

óptico: **transmisor/fibra**, **fibra/fibra** y **fibra/receptor**. En la figura 7.33 se indican los diferentes problemas que se producen los acoplamientos. Cabe destacar que, para condiciones normales, el valor típico de pérdidas por cada uno es de **0,5 dB**. La calidad tecnológica con que se realiza cada acoplamiento aumentará o disminuirá este valor.

7.7.5.6 Pérdidas por dispersión de Rayleigh

En la construcción de las fibras ópticas se trabaja el silicio en un estado entre el **líquido** y **sólido**, comúnmente denominado **estado plástico**, intermedio entre los dos primeros. Al solidificarse el estado plástico, se producen inevitablemente **irregularidades submicroscópicas** que permanecen en el material. Al incidir un rayo de luz en estas irregularidades se produce un fenómeno indeseado de **difracción**, que se denomina **pérdidas de Rayleigh** en honor de este importante investigador, que fue el primero en estudiar estos fenómenos en forma genérica.

En la figura 7.34 se muestra la relación que existe entre la **longitud de onda** y las pérdidas por dispersión de **Rayleigh**, medida en dB/km. En esta figura se puede observar que no se puede trabajar en la zona **visible del espectro** a causa de sus elevadas pérdidas. Esta difracción produce pérdidas en la potencia de luz que se incrementan a medida que el haz recorre una mayor distancia.

7.7.6 Cables ópticos mono y multifibra

Para poder manipular la fibra óptica sin inconvenientes es necesario protegerla e incorporarla a una estructura que asegure la invariabilidad de sus características ópticas y mecánicas, y que, en algunos casos, permita su tendido. Tendremos así un cable óptico.

Cuando un cable óptico se construye con varias fibras, recibe el nombre de **cable óptico multifibra**. En la actualidad, todos los cables que se fabrican son multifibra. Los cables ópticos pueden presentar numerosas configuraciones en función del tipo de empleo.

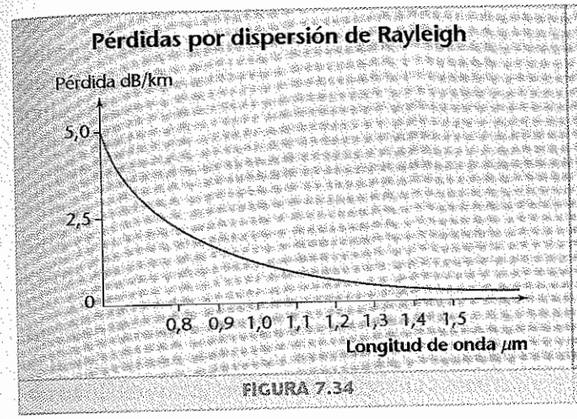


FIGURA 7.34

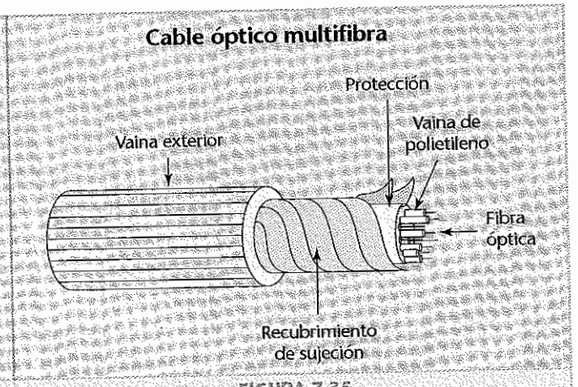


FIGURA 7.35

La cantidad y tipo de fibras de los cables, la complejidad de sus protecciones y la presencia de otros elementos para darles solidez, tales como alambres y/o cuerdas de acero, hilados sintéticos, fibras de vidrio, etc., o cables tensores de acero para facilitar su tendido, varían según sea la red en las que serán instalados.

En general, se construyen cables ópticos multifibra especialmente diseñados para el tendido en edificios por ductos, para instalaciones aéreas, subterráneas o submarinas. En la figura 7.35 se muestra un ejemplo de la estructura de un cable óptico multifibra.

7.7.7 Sistema optoelectrónico

7.7.7.1 Definición de sistema optoelectrónico

Se denomina sistema optoelectrónico a lo siguiente:

Combinación de los diversos componentes necesarios para formar un sistema de comunicación que utiliza fibras ópticas como medio de transmisión.

Sistema optoelectrónico

En este tipo de sistema, la información se transmite mediante pulsos de luz que viaja por la fibra óptica.

Para transmitir la información mediante el uso de luz, es necesario disponer de los emisores de luz denominados **LED**[1] Y **LASER**[2], que transforman una señal eléctrica en fotones, los cuales viajan por la fibra.

En el otro extremo del vínculo, para detectar esa luz, se usan foto detectores denominados **APD**[3], **PIN**[4] y **PIN/FET**[5], que convierten los fotones en electrones.

---

1 LED: acrónimo de **Light Emitted Diode**.
2 LASER: acrónimo de **Light Amplification Stimulated Emission Radiation**.
3 APD: acrónimo de **Avalanche Photo Diode**.
4 PIN: acrónimo de **Photo Detector**.
5 PIN/FET: acrónimo de **Photo Detector/Field Effect Transistor**.

Debido a que hasta ahora la transmisión de la información se realizaba mediante un vínculo eléctrico, existe una gama de equipos transductores que convierten voz, vídeo, datos, etc., en señales eléctricas. Para realizar una transmisión de señales mediante fibra óptica, a esos equipos debemos agregar conversores de señales eléctricas a luz, en la parte transmisora, y conversores de luz a señales eléctricas, en la parte receptora.

7.7.7.2 Emisores de luz: LED y LASER

Como fuente de luz se puede utilizar un diodo emisor de luz LED o un diodo LASER. En la figura 7.39 se indican las diferencias básicas de ambos dispositivos.

Ambos son semiconductores de estado sólido, y emiten espontáneamente luz cuando a su través pasa una corriente eléctrica. En la composición de los semiconductores se incorporan materiales diferentes que posibilitan obtener emisiones de luz para la primera, segunda o tercera ventana.

Para la **primera ventana** se utilizan los siguientes elementos químicos[1]: **galio, aluminio** y **arsénico**; para poder emitir en la **segunda y tercera ventanas**, se deben agregar: **indio** y **fósforo**.

La potencia óptica emitida por un LASER, por encima del denominado **umbral de corriente**, es mucho mayor que la emitida por un LED, como se indica y se observa en la figura 7.36.

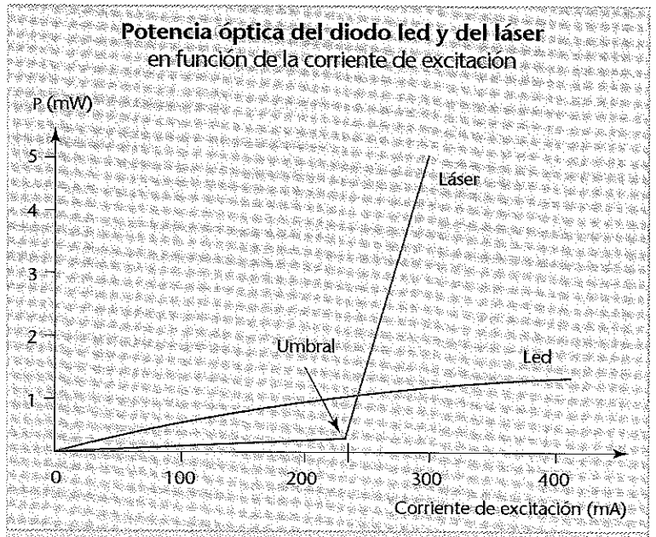


FIGURA 7.36

[1] Estos elementos tienen los siguientes números atómicos: galio (Ga), 31; aluminio (Al), 13; arsénico (As), 33; indio (In), 49; y fósforo (P), 15.

7.7.7.3 Características del transmisor

Se denomina transmisor al emisor de luz LED o LASER con sus circuitos excitadores. Las diferencias entre uno y otro se señalan en la figura 7.37. El ancho de banda o ancho espectral de estos dispositivos difiere en la forma en que se señala en la figura 7.38.

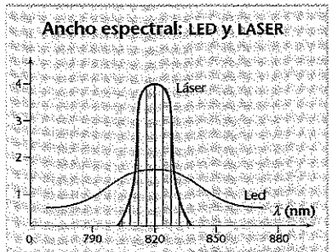
Para transmisores digitales es importante tener muy en cuenta la **velocidad máxima de transmisión**, la cual está relacionada con un parámetro del emisor de luz denominado **tiempo de crecimiento**[1].

La linealidad no es crítica en una transmisión digital; sin embargo, como ya se vio, en cualquier transmisión un factor importante es el **ruido**, es decir, las señales aleatorias indeseables que se suman a la señal útil. En el caso de la transmisión por medios ópticos, la variación de la **relación señal a ruido** depende de la calidad del emisor de luz y de los circuitos electrónicos. Por lo tanto, si bien las fibras ópticas son **inmunes a todo tipo de interferencias**; debe tenerse en cuenta que no es así en el **trans-**

Diferencias básicas entre los dispositivos LED y LASER

Característica técnica	LED	LASER
Tipo de luz emitida	Incoherente	Coherente
Potencia óptima emitida	Baja (fig. 7.36)	Alta (fig. 7.36)
Potencia frente a longitud de onda. (Ancho espectral)	Grande (fig. 7.38)	Pequeño (fig. 7.38)
Direccionamiento de la luz	Menor	Mayor
Tiempo de crecimiento Tiempo necesario para que la tensión pase del 10% al 90% de ese valor pico	100 ns	1 ns
Confiabilidad	Mayor	Menor
Vida útil	Aprox. 10^6 h	Aprox. 10^5 h
Necesidad de circuitos estabilizadores y de enfriamiento	NO	SI
Ruido modal (Distorsión de amplitud)	Bajo	Alto
Costo	Bajo	Alto

FIGURA 7.37



Nota: El ancho espectral del láser es más estrecho que el del diodo LED, típicamente de 1 a 6 nm para el primero, y de 25 a 40 nm, para el segundo.

FIGURA 7.38

[1] **Rise Time.**

misor, el receptor y sus circuitos electrónicos asociados, y por ello, deben ser diseñados con especial cuidado para evitar este fenómeno.

7.7.7.4 Receptores de luz: APD, PIN, PIN/FET

Los detectores de luz son semiconductores de estado sólido que poseen una unión P-N que genera una corriente eléctrica proporcional al número de fotones que capta. Los detectores más comunes son:

- Diodo: PIN.
- Fotodiodo de avalancha: APD.
- Foto detector y transistor por efecto de campo: PIN/FET.

La eficiencia de un fotodetector APD es mucho mayor que la correspondiente a un PIN.

7.7.7.5 Características técnicas de los fotodetectores APD, PIN y PIN/FET

En el estudio de los sistemas ópticos se utilizan los siguientes conceptos:

- Eficiencia cuántica: es el número de electrones que son generados por **efecto cuántico** al incidir un cierto número de fotones recibidos por un detector.
- Corriente de pérdida: es la corriente que circula a través de la unión sin la presencia de luz incidente.
- Potencia de ruido equivalente (PRE): es la mínima señal que es posible detectar.
- Ruido cuántico: Es el ruido debido al fenómeno de conversión **fotón/electrón**, resultando una función de la potencia óptica incidente.
- Tiempo de crecimiento (**rise time**): Es el tiempo que tarda la señal para pasar desde el 10% hasta el 90% de su valor final. Se denomina también tiempo de respuesta.

Respecto del comportamiento de los elementos usados en los sistemas de transmisión óptica cabe hacer las siguientes consideraciones particulares:

- El ruido cuántico en un APD es mayor que en un diodo PIN.
- Los APD tienen un tiempo de crecimiento pequeño, inferior a 10^{-9} s. Es por ello que se convierten en dispositivos receptores de mayor velocidad que los diodos PIN.
- Los diodos PIN, a su vez, poseen mayor velocidad que los fototransistores.
- El costo de un APD es mayor que el de un diodo PIN, aunque la diferencia no es tan grande como la existente entre un LASER y un LED.

El diodo PIN presenta mayor linealidad que un APD, por lo que es apto para aplicaciones analógicas. Los circuitos asociados que necesitan son más sencillos que los requeridos por un APD, el cual requiere estabilización de tensión y temperatura.

No obstante, para aplicaciones digitales de alta velocidad, el APD presenta mejores características por poseer un tiempo de crecimiento pequeño, lo que permite lograr altas velocidades.

El PIN/FET es un dispositivo híbrido, que combina un diodo PIN con un transistor amplificador por efecto de campo FET. Ambos dispositivos aumentan la eficiencia cuántica del diodo PIN, pero incrementan la complejidad del circuito.

7.7.7.6 Características del receptor

El receptor optoelectrónico está conformado básicamente por un elemento fotodetector que puede ser alguno de los tipos ya descritos, es decir, PIN, APD o PIN/FET, seguido a continuación por una o más etapas amplificadoras.

Dado que el rango del nivel de entrada está limitado por el fotodetector, hay una potencia mínima que representa la menor señal detectable y una potencia máxima sobre la cual se satura el receptor. La mínima señal detectable es un dato importante para el diseño del sistema, dado que permite determinar la longitud máxima de la fibra óptica que se puede usar sin emplear repetidores.

Los receptores pueden ser diseñados para trabajar con señales analógicas o digitales. En los receptores analógicos, los parámetros más importantes a considerar son la linealidad y el ancho de banda. También en este tipo de receptores se debe tener especialmente en cuenta la **relación señal a ruido.**

En los receptores digitales la linealidad no es importante y el ancho de banda es sustituido por la máxima velocidad de transmisión. En estos casos, se deberá considerar prioritariamente la **tasa de errores (BER)**.

7.7.7.7 Elementos accesorios en una instalación optoelectrónica

Además del transmisor, del receptor y de la fibra óptica, las instalaciones optoelectrónicas necesitarán, en general, los siguientes elementos accesorios:

- Repetidores.
- Empalmes.
- Conectores.
- Acopladores.

7.7.7.8 Repetidores

Dado que la señal óptica es atenuada por la fibra, es necesaria la instalación de repetidores en sistemas de larga distancia. La función del repetidor es diferente según se trate de un repetidor digital o analógico:

- Repetidor analógico.
  Detecta, amplifica y retransmite la señal. El ruido generado por los componentes del repetidor tiende a degradar la calidad de la señal e introduce, en consecuencia, un límite al número y ubicación de los repetidores que se pueden usar en el sistema si se quiere mantener la calidad de la transmisión.
- Repetidor digital.
  Cuando el sistema está diseñado para la transmisión de señales digitales, los repetidores **regeneran** la señal digital original, por lo que

no introducen ninguna limitación al número de repetidores (regeneradores) y, en consecuencia, a la longitud del vínculo.

7.7.7.9 Empalmes

Son interconexiones permanentes entre fibras ópticas. Es importante que el núcleo de la fibra esté correctamente alineado con las zonas activas del emisor y del receptor. Existen dos tipos de técnicas para el empalme:

- Empalme por fusión.
  El empalme por fusión consiste en unir fibras y calentarlas hasta que se obtiene el punto de fusión; las pérdidas obtenidas son del orden de los 0,2 dB.
- Empalme mecánico.
  Los empalmes mecánicos consisten en unir fibras cuyos extremos deben estar bien cortados y limpios para permitir el pasaje de luz de una fibra a otra. Las pérdidas son del orden de 0,5 dB por empalme, aproximadamente.

7.7.7.10 Conectores

Son interconexiones desconectables. Generalmente, las pérdidas que se producen en las conexiones se deben a desplazamientos laterales de los ejes de las fibras. Para obtener una unión correcta y de bajas pérdidas, las superficies de las fibras deben ser planas y estar enfrentadas entre sí de forma paralela. En la figura 7.33 se describen diferentes formas de acoplamiento.

Los conectores se utilizan en general para acoplar las fibras con el transmisor y/o con el receptor. La conexión entre fibras también es posible con el uso de los **conectores a tope**. Mediante el acoplamiento a tope de ambas fibras, cuyos extremos deben estar perfectamente cortados y limpios, se logra disminuir la pérdida, introducida por el conector a aproximadamente 0,5 dB.

Otro tipo de conectores es el que utiliza lentes colimadoras. Esta técnica disminuye la posibilidad de degradación dado que, en caso de rayarse la superficie de la lente, no es tan crítico como que se produzca una ralladura en la superficie de la fibra. Con lentes colimadores las pérdidas obtenidas son del orden de 1 dB.

7.7.7.11 Acopladores

Son elementos que permiten distribuir la luz que circula por una fibra, entre varias otras. Existen dos tipos de acopladores:

- Acoplador T.
  El acoplador T extrae un haz de luz del haz principal.
- Acoplador **estrella**.
  En un acoplador estrella la luz inyectada por una fibra sale por todas las otras.

Estos dispositivos, que se representan gráficamente en la figura 7.39, son caros e introducen pérdidas de alrededor de 5 dB para el acoplador T y de 15 a 30 dB para los acopladores **estrella** (de 3 a 40 puertas).

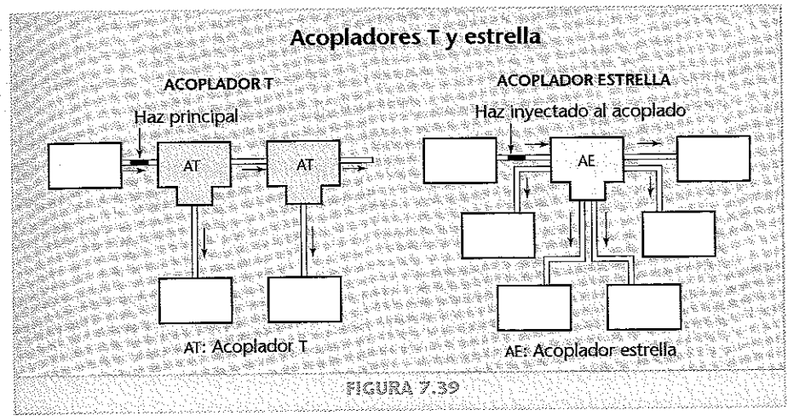


FIGURA 7.39

7.8 Radiocomunicaciones

7.8.1 Definición y uso

Por radiocomunicaciones se entiende lo siguiente:

Técnicas que permiten el intercambio de información entre dos puntos geográficos distantes mediante la transmisión y recepción de ondas electromagnéticas.

radiocomunicaciones

Las ondas electromagnéticas se propagan a la velocidad de la luz, aproximadamente 300 000 km/s, debido a su comportamiento ondulatorio.

En la figura 7.40 se muestra un sistema formado por un transmisor, que entrega su potencia de salida a una antena transmisora, y, a una cier-

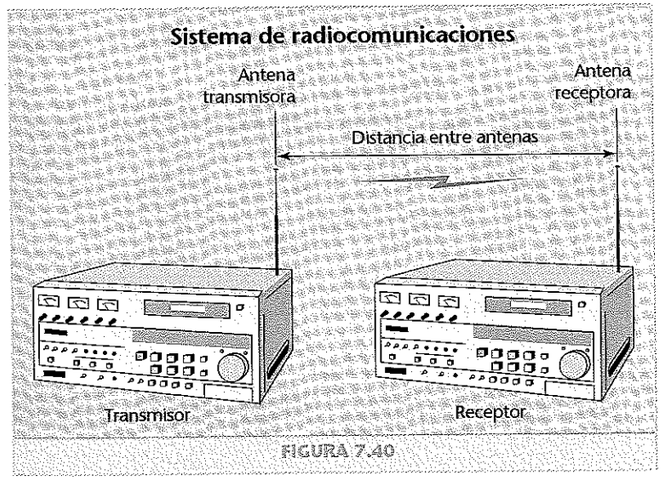


FIGURA 7.40

ta distancia de él, se encuentra una antena receptora, que recibe la señal para su posterior derivación a un equipo que la procesa a fin de extraer la información transmitida. Entre las antenas transmisora y receptora se produce la propagación de ondas electromagnéticas.

Los sistemas de radiocomunicaciones tienen diversos usos, que dependen de la frecuencia de trabajo de los equipos transmisor y receptor, tal como se indica en la figura 7.41. En relación con la transmisión de datos:

- El uso en las bandas de UHF, para la transmisión de señales de datos por vía radioeléctrica.
- En las bandas de longitudes de ondas micrométricas, para el servicio de microondas (sobre este tipo de servicio, se explicarán más detalles en el apartado 7.11 de este capítulo).

7.8.2 Propagación de las ondas electromagnéticas

La existencia de ondas electromagnéticas, producidas por una corriente eléctrica oscilante de frecuencia alta, fue demostrada por primera vez por Heinrich Hertz en 1888. Estas ondas de energía electromagnética se conocen con el nombre de **ondas de radio** u **ondas hercianas** (o **hertzianas**); este último nombre en honor de su descubridor.

Las ondas hercianas son fundamentalmente similares a las de la luz, pues ambas presentan características electromagnéticas.

7.8.3 Espectro de radiofrecuencias

El espectro electromagnético se extiende sobre toda la gama de frecuencias utilizadas. En el capítulo 2, apartado 2.2.4.2, se detallaron las bandas de frecuencias y los equipos y/o sistemas más característicos correspondientes a todo el espectro electromagnético.

Bandas de frecuencias empleadas en las comunicaciones

Banda de frecuencia	Designación	Longitud de onda	Uso de comunicaciones
300 kHz-3 MHz	MF	1 km-100 m	Radiodifusión AM
3 MHz-30 MHz	HF	100 m-10 m	Onda corta (radioaficionados)
30 MHz-300 MHz	VHF	10 m-1 m	TV, Radio FM Radiollamadas
300 MHz-3 GHz	UHF	1 m-10 cm	Microondas, TV
3 GHz-30 GHz	SHF	10 cm-1 cm	Microondas, Satélite

FIGURA 7.41

En la figura 7.41 se indican exclusivamente las bandas correspondientes al uso del espectro electromagnético para los sistemas de comunicaciones radioeléctricos. La propagación en cada una de estas bandas tiene características diferentes. Sin embargo, como regla general, puede decirse que a medida que la frecuencia de la señal aumenta (y consecuentemente la longitud de onda disminuye), las ondas tienden a comportarse de forma similar a las señales luminosas. Éstas buscan la trayectoria rectilínea entre las antenas transmisora y receptora.

7.8.4 Naturaleza de las ondas de radio

Cuando se aplica una potencia de radiofrecuencia a una antena, los electrones contenidos en el metal comienzan instantáneamente a oscilar. Estos electrones en movimiento, constituyen una corriente eléctrica que produce la aparición de un campo magnético concéntrico al conductor (antena) y un campo electrostático cuyas líneas de fuerza son perpendiculares a las líneas de fuerza del campo magnético.

Cuando la onda sinusoidal fluye a través del conductor de la antena, los campos eléctricos y magnéticos resultantes varían en forma y valor siguiendo paso a paso las variaciones de la corriente que les da origen.

La velocidad de las ondas de radio que viajan en el espacio libre es igual a la velocidad de la luz, es decir, aproximadamente 300 000 km/s.

La relación entre la **longitud de onda** y la **frecuencia** está expresada por la ecuación (7.19), es decir:

$$c = \lambda f \qquad (7.19)$$

donde:

c = Velocidad de la luz.
λ = Longitud de onda.
F = Frecuencia de la señal.

Esta ecuación permite determinar, para una onda cualquiera y en el espacio libre, la longitud de onda cuando se conoce la frecuencia y, viceversa, la frecuencia cuando se conoce la longitud de onda.

ejemplo 7.2

Calcular la longitud de onda de una señal de radio de alta frecuencia que se ha fijado en 30 MHz.

Expresemos primero el valor de la velocidad de la luz en m/s, y el de la frecuencia en hertz:

$$30 \text{ MHz} = 3 \times 10^7 \text{ Hz } [1/s]$$

$$300\,000 \text{ km/s} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Despejando la longitud de onda de la expresión (7.19), tendremos

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Reemplazando por valores en esta expresión, obtendremos

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{3 \times 10^7 \text{ 1/s}} = 10 \text{ m}$$

La longitud de onda es un parámetro importantísimo, dado que las dimensiones finales de las antenas están directamente relacionadas con la **longitud de onda** que corresponde a la frecuencia de emisión del transmisor.

7.8.5 Propagación de las ondas de radio

7.8.5.1 Aspectos generales

Las ondas de radio, como se expresó, se propagan básicamente en función de su frecuencia de emisión.

En los casos de las señales de frecuencias muy altas, la única manera de realizar la comunicación es que las antenas transmisora y receptora "**puedan verse**"; es decir, que puedan unirse mediante una línea recta. Los obstáculos que se puedan interponer entre ellas afectarán a las señales según las frecuencias de operación. Este tipo de propagación recibe el nombre de **propagación en línea recta o de alcance visual**.

Las señales de radio se pueden propagar según los siguientes modos:

- Propagación por onda terrestre.
- Propagación por onda espacial o ionosférica.
- Propagación en línea recta.

7.8.5.2 Propagación por onda terrestre

En este tipo de propagación se observa que las ondas terrestres mantienen contacto permanente con la superficie terrestre, desde la antena transmisora hasta la receptora. Como resultado de ello, su movimiento sobre el terreno provoca la aparición de corrientes eléctricas que debilitan la onda original a medida que la misma se aleja de la antena transmisora.

A una determinada distancia a partir de la antena transmisora, que depende de la potencia emitida y también de la frecuencia, la amplitud de la onda terrestre disminuye continuamente hasta que se anula.

A medida que la longitud de onda disminuye, las corrientes inducidas en el terreno debilitan tanto la onda terrestre, que la pérdida total de energía provoca su desaparición.

Por lo tanto, este tipo de propagación es exclusivamente utilizado en las frecuencias medias y altas.

7.8.5.3 Propagación por onda espacial o ionosférica

ASPECTOS GENERALES

Excepto para algunas comunicaciones locales, que pueden realizarse por onda terrestre, la mayoría de las comunicaciones comprendidas en la

banda de frecuencias que se extienden de 3 a 30 MHz, o banda de **frecuencias altas (HF)**, se efectúan por onda espacial. Este tipo de onda de radio, emitida desde una antena transmisora, es refractada por la ionósfera y retorna a la Tierra, según se puede observar en la figura 7.42.

LAS CAPAS IONOSFÉRICAS Y LAS PREDICCIONES DE FRECUENCIAS

La ionósfera es una zona formada por las ondas electromagnéticas provenientes del sol y está conformada por las siguientes capas o regiones, según se puede observar en la figura 7.43.

- Región D.
- Capa E.
- Capa F1.
- Capa F2.

Cuando una onda electromagnética, de longitud de onda correspondiente al ultravioleta, choca contra un átomo en la atmósfera, el resultado más probable es que algunos o varios electrones del átomo salten de

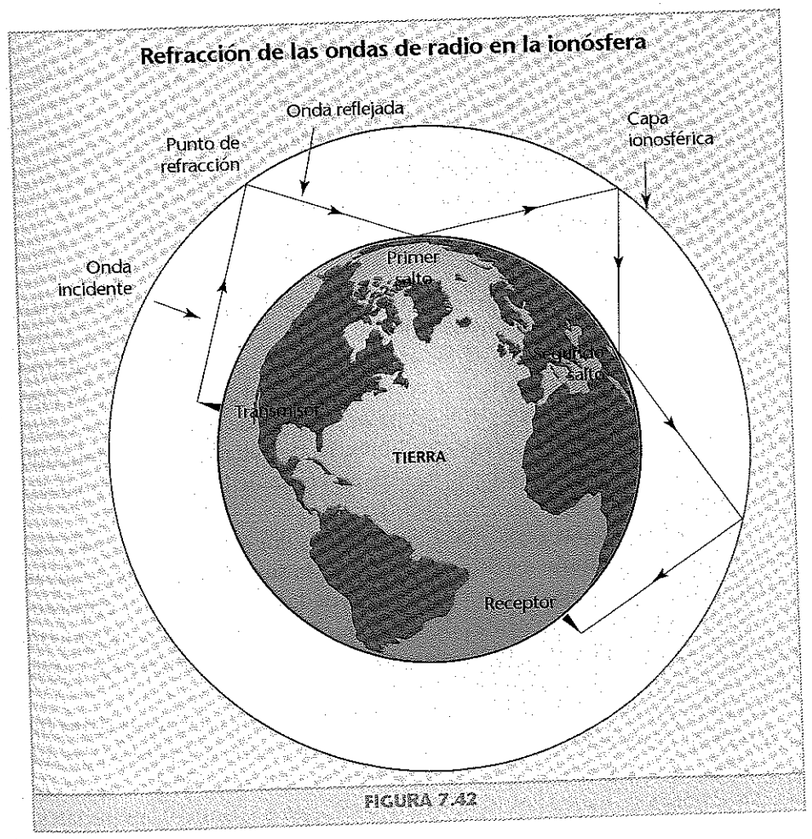


FIGURA 7.42

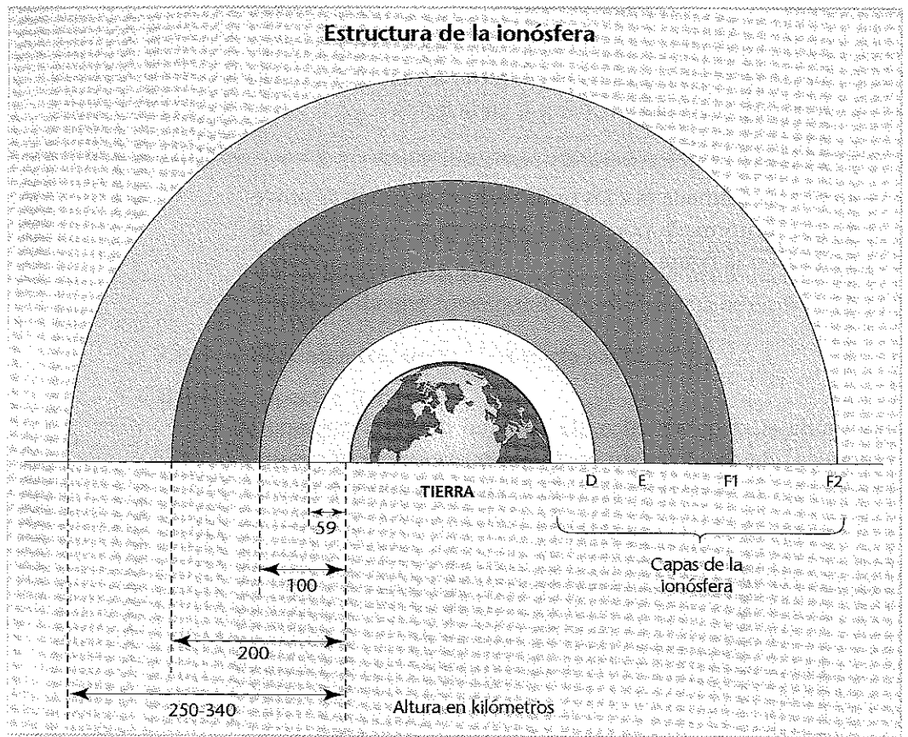


FIGURA 7.43

un orbital interno a otro más externo, absorbiendo energía de la onda incidente. La absorción de energía puede ser suficiente para desprender completamente al electrón de su átomo. En consecuencia, este último queda cargado positivamente y se conoce como **ion positivo**. Por lo tanto, las ondas ultravioletas del sol, al pasar a través de la atmósfera, crean pares de iones positivos y electrones libres. La densidad de iones depende fundamentalmente de la radiación solar, así como de la densidad de la atmósfera.

Las capas ionizadas (ionósfera) de la atmósfera son las inferiores formándose así un **tamaño** esférico alrededor de la superficie terrestre, cuyas condiciones de propagación son diferentes de las del resto de la atmósfera. Esto ocasiona que las ondas de radio que provengan de la Tierra con un cierto ángulo de incidencia, sean refractadas por las diferentes capas de la ionósfera y se pierdan en el espacio exterior.

Estas transmisiones son inestables al depender del comportamiento de la ionósfera. Sin embargo, este comportamiento puede predecirse con un determinado margen de error. La ionósfera es una zona de la atmósfera afectada por la radiación ultravioleta del sol, rayos cósmicos, materiales,

etc. Laboratorios especializados en los distintos países informan sobre el probable comportamiento de las capas ionosféricas; y en función de ese comportamiento se efectúan predicciones sobre la propagación de este tipo de ondas a fin de recomendar las frecuencias más convenientes para cada zona del planeta y para cada día del año.

REFRACCIÓN DE LAS ONDAS DE RADIO

Cuando se establece una comunicación de larga distancia mediante la onda espacial, ésta incide sobre las capas ionizadas de la ionósfera y es reflejada hacia la tierra nuevamente. El **ángulo de incidencia** es importante para que exista o no reflexión. En caso de que la misma ocurra, se dice que la onda es **reflejada** por la ionósfera. Cuando esto no ocurre, se dice que la onda es **refractada** y, por lo tanto, se pierde en el espacio exterior de la Tierra.

En la figura 7.44 se muestra una onda de radio **reflejada** hacia la Tierra cuando ingresa a la capa ionizada. La velocidad de la onda en el espacio libre, como ya se expresó, viaja aproximadamente a la velocidad de la luz, es decir, a 300 000 km/s.

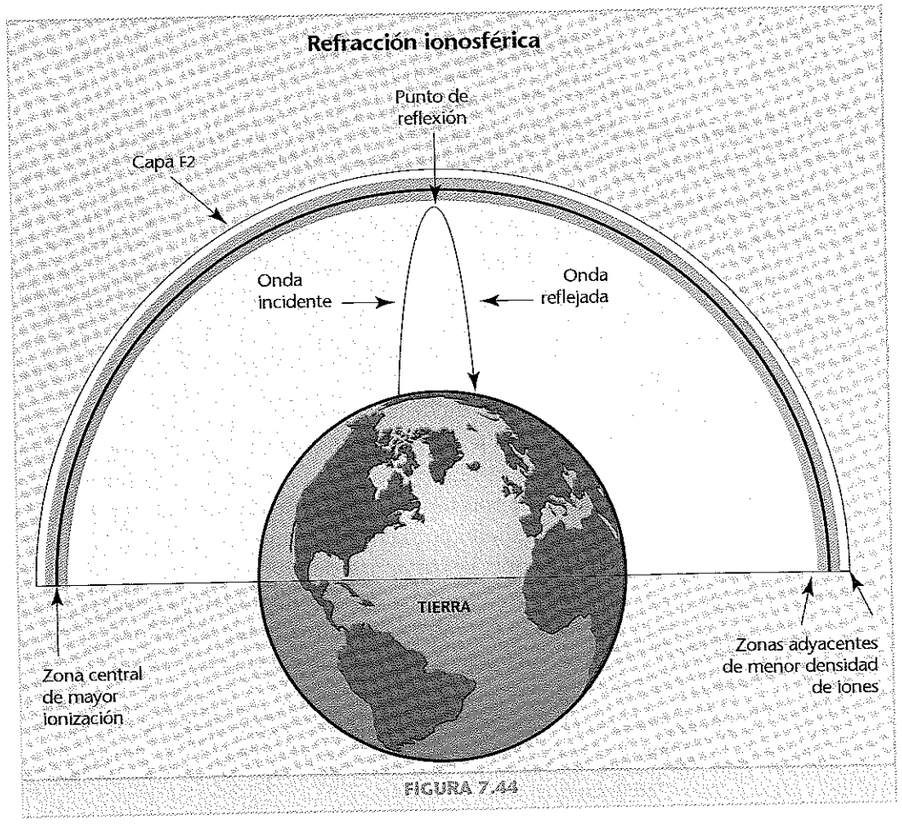


FIGURA 7.44

7.8.5.4 Propagación en línea recta o de alcance visual (onda directa)

ASPECTOS GENERALES

La propagación en línea recta se caracteriza porque la onda emitida desde la antena transmisora viaja en forma directa a la antena receptora sin tocar el terreno ni la ionósfera. Este tipo de radiación se utiliza principalmente en bandas de **frecuencias muy elevadas** (VHF) y **frecuencias ultraelevadas** (UHF), y superiores. Un ejemplo práctico de esta forma de transmisión lo constituyen los **Servicios de Televisión** (TV) y de **Radiodifusión de Frecuencia Modulada** (FM).

En este tipo de propagación, las alturas de las antenas transmisora y receptora, y la distancia entre ellas tienen una importancia fundamental en la comunicación.

PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN POR ONDA DIRECTA

Para comprender el principio de funcionamiento de la transmisión en línea recta, introduciremos los siguientes conceptos:

- Distancia al horizonte: Es la distancia cubierta por una onda que se propaga en línea recta desde la antena transmisora hasta rozar tangencialmente la superficie de la Tierra.
- Distancia de alcance visual: Es la máxima distancia a la cual pueden instalarse dos antenas, de alturas determinadas, sobre la superficie de la Tierra si se desea que se establezca entre ambas una comunicación en línea recta.

En la figura 7.45 se puede apreciar la distancia de alcance visual y distancia al horizonte. A partir del análisis de dicha figura, se puede determinar la distancia al horizonte mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Distancia al horizonte} = 3{,}61\sqrt{H} \qquad (7.20)$$

donde:

H = Altura de la antena.

En la figura 7.46 se muestra la forma en que se obtiene el valor de la expresión (7.20). Sin embargo, se ha establecido en forma práctica, que el valor real de la **máxima distancia de alcance visual directo** es algo mayor que el calculado por la fórmula anterior, pues las ondas se van difractando[1] siguiendo la curvatura de la Tierra. Este fenómeno se debe a la estructura de la atmósfera, en la zona cercana a la superficie de la Tierra, que ocasiona la curvatura, ligeramente hacia abajo de las ondas, aumentando el alcance según la siguiente expresión:

$$\text{Distancia al horizonte} = 4{,}14\sqrt{H} \qquad (7.21)$$

[1] En términos prácticos, esto significa que las ondas se van curvando ligeramente siguiendo la curvatura terrestre.

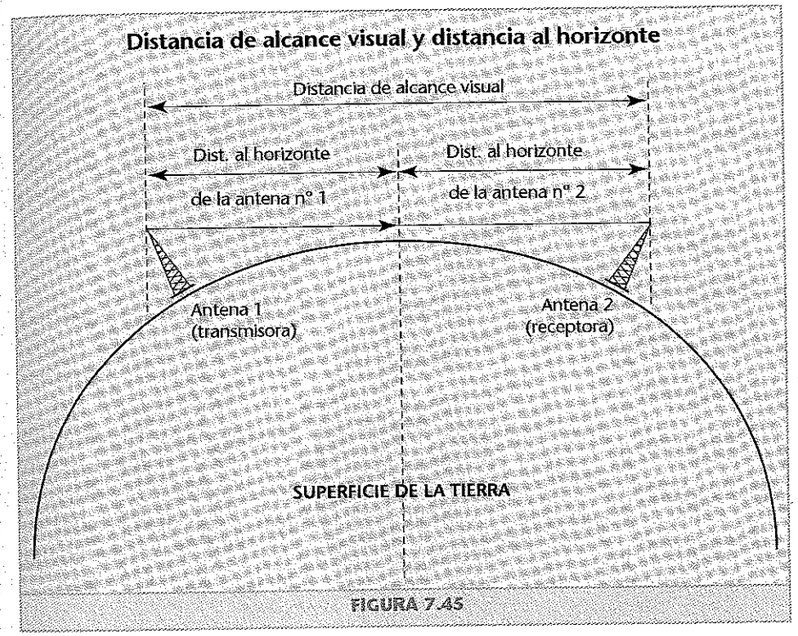


FIGURA 7.45

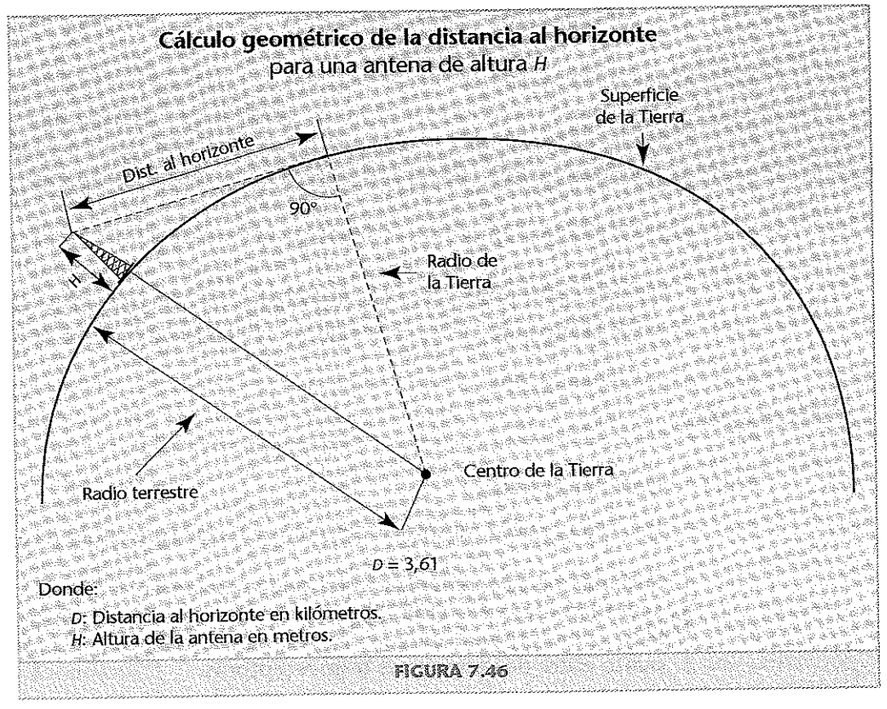


FIGURA 7.46

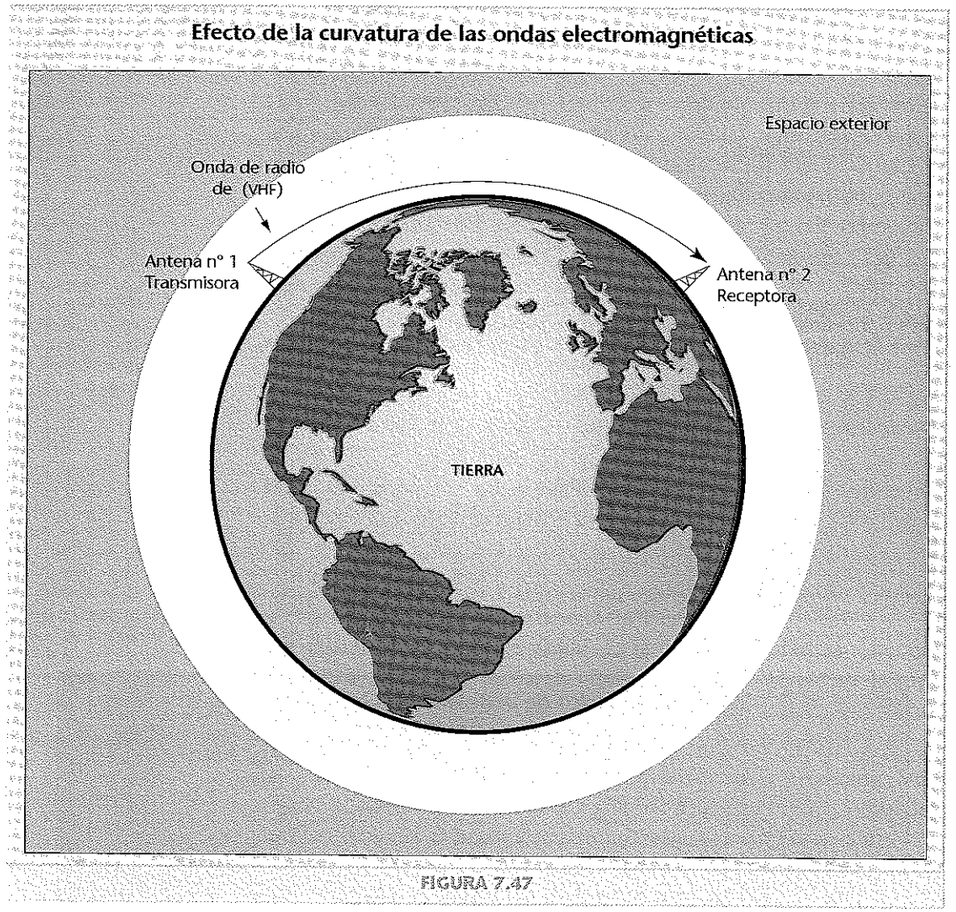


FIGURA 7.47

En la figura 7.47 se puede observar el aumento de la distancia visual por efecto de la curvatura de las ondas electromagnéticas a causa de la **difracción**.

7.9 Microondas

7.9.1 Definición y uso

Por sistema de comunicaciones por microondas se entiende:

Sistema de comunicaciones por microondas

Sistemas de telecomunicaciones que trabajan en la banda de frecuencias ultraelevadas (UHF), y aún más altas, y utilizan un haz radioeléctrico como si fuera un rayo de luz para establecer un enlace punto a punto entre dos estaciones transreceptoras.

Ambas deben estar en una misma visual, o en su defecto, deben utilizar estaciones repetidoras intermedias. La curvatura de la tierra, o la topografía del lugar, limita el alcance del haz directo. No obstante, empleando repetidores a distancias adecuadas, se llega a obtener circuitos de varios miles de kilómetros. Asimismo, este haz debe ser de frecuencia muy elevada. De esta manera, mediante los procedimientos ya estudiados que permiten la multiplexión del ancho de banda, es posible transmitir, por el mismo haz, centenares de canales de comunicaciones.

7.9.2 Características generales

Los sistemas de microondas permiten establecer vínculos terrestres de telecomunicaciones, punto a punto, mediante haces longitudinales que conectan dos estaciones.

Los enlaces de muy largo alcance necesitan varios saltos[1] para cubrir la distancia total. Las estaciones intermedias reciben el nombre de **estaciones repetidoras**; y pueden ser estas activas o pasivas. Sus funciones básicas son la **recepción**, la **amplificación** o la **regeneración**, según se trate de señales analógicas o digitales, y la posterior **retransmisión** hacia la siguiente estación (retransmisora o terminal).

Actualmente, la totalidad de los enlaces de comunicaciones que se realizan utilizando este medio son totalmente digitales y construidos con elementos activos de estado sólido[2].

La instalación de sistemas de microondas requiere siempre la autorización de los organismos de cada país que regulan el uso del espectro electromagnético. Dado el uso intensivo que se efectúa de este tipo de medio, especialmente en las grandes ciudades, la cantidad de frecuencias disponibles es escasa. Por esta razón, hoy en día se utilizan intervalos de frecuencia cada vez más altos, del orden de los GHz. Esto es posible gracias a que se construyen equipos para sistemas de microondas de estado sólido a frecuencias cada vez más elevadas.

En estos sistemas, cada enlace está separado, del anterior o del siguiente, por una distancia que normalmente oscila alrededor de los 50 km, en razón de la necesidad de que las antenas **se vean ópticamente**. Este hecho está limitado por la curvatura de la tierra y relacionado con las alturas de las antenas. Sin embargo, a medida que se aumenta la frecuencia de transmisión, es necesario disminuir esta distancia a causa de la mayor atenuación que sufre la señal al propagarse. En la figura 7.48 se muestran los saltos típicos para diferentes bandas de frecuencias.

De acuerdo con el tipo de señal que transportan, los sistemas de microondas se pueden clasificar como sigue:

- Microondas analógicas.
- Microondas digitales.

[1] Se suelen denominar por su expresión en inglés, **hop**.
[2] Inicialmente, se usaban como elementos activos válvulas osciladoras especiales denominadas **klystron**.

Distancias entre saltos de microondas
en función de la frecuencia de operación

Intervalo de frecuencias expresados en gigahertz	Longitud del salto expresados en kilómetros
1,5 a 2,5	60
4 a 6	50
7 a 8	45
11 a 13	25 a 35
15 a 20	10 a 20
30	5
40 a 60	2 a 0,5

FIGURA 7.48

7.9.3 Microondas analógicas

7.9.3.1 Aspectos generales

Las microondas analógicas fueron las primeras que se instalaron y tenían la finalidad de transmitir canales telefónicos y de televisión. Si bien ya no se fabrican más, en un número grande de redes de telecomunicaciones aún están en servicio muchas instalaciones de microondas de este tipo.

En la figura 7.49 se especifican los rangos de frecuencia asignados según el ancho de banda a utilizar. Cuanto más alta es la frecuencia de trabajo de los sistemas de microondas, mayor es la cantidad de canales que pueden ser obtenidos mediante los procedimientos de multiplexación.

7.9.3.2 Estaciones repetidoras

Frecuencias usadas en los sistemas de microondas

Ancho de banda MHz	Banda asignada MHz
8,0	1850 a 1990
0,8	2130 a 2150
0,8	2180 a 2200
10,0	6575 a 6875
20,0	12200 a 12700

FIGURA 7.49

Las estaciones repetidoras pueden ser **pasivas** o **activas**.

- Estaciones repetidoras pasivas:
  Consiste en dos antenas parabólicas conectadas entre sí, por su parte posterior, mediante un trozo de **guía de onda**. No se amplifica la señal recibida, por lo cual no son necesarias fuentes de alimentación para su operación. Por esa razón, este tipo de estación repetidora es la más conveniente para ubicaciones geográficas de difícil acceso o expuestas a cambios rigurosos de tiempo. Existen también **repetidores pasivos planos**, que son de mayor rendimiento y están constituidos por una lámina de aluminio de aproximadamente 1,20 m × 1,80 m.
- Estaciones repetidoras activas:
  Las estaciones repetidoras activas están constituidas por dos antenas (receptora y transmisora), y a diferencia de las pasivas, contienen, además, circuitos electrónicos que amplifican la señal recibida antes de retransmitirla a la estación siguiente. Las estaciones repetidoras activas efectúan dos funciones esenciales:
  - Primero, deben suministrar la ganancia suficiente para compensar el debilitamiento de las señales a lo largo del trayecto de transmisión.

  - Segundo, deben retransmitir la señal recibida a una frecuencia diferente a fin de disminuir la interferencia entre los distintos enlaces que componen el sistema.

7.9.4 Microondas digitales

7.9.4.1 Aspectos generales

Con el advenimiento de la transmisión de datos surgió la necesidad de adaptar las microondas a la transmisión de señales digitales. Para ello se utilizaron métodos de modulación, adecuados para señales digitales, básicamente similares a los estudiados en el capítulo 4 de esta obra, bajo del nombre de **señales multinivel**.

En la actualidad, casi todos los sistemas de microondas que se instalan son de características digitales.

7.9.4.2 Métodos de modulación para señales digitales

Los métodos de modulación para señales digitales son los siguientes: 2 PSK, 4 PSK, 8 PSK, 16 QAM y 64 QAM, y recientemente 128 QAM, 256 QAM y 512 QAM. Estos métodos, si bien se han desarrollado con mayor amplitud en el capítulo 4, serán repasados repitiendo brevemente sus principales características.

7.9.4.3 Los métodos PSK y QAM

Los **métodos PSK**[1], denominados **modulación por desplazamiento de fase**, consisten en la variación de la fase de la portadora, según se transmita un **uno** o un **cero**. En la figura 7.50 se ejemplifica el método de modula-

Método de modulación 4 PSK

Secuencia binaria	Fase de la portadora
00	0°
01	90°
11	180°
10	270°

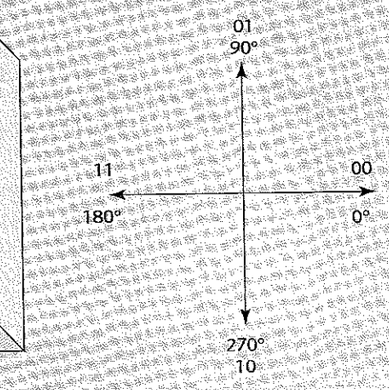


FIGURA 7.50

[1] Phase Shift Keying.

ción **4 PSK**. En éste, la portadora puede tomar 4 fases diferentes que corresponderán a 4 secuencias binarias posibles. En el método **8 PSK** se toman 8 fases diferentes; y por último en los métodos **16 QAM** y **64 QAM**[1] se varía la amplitud de dos portadoras, cuyas fases están desplazadas entre sí 90°.

En los métodos **N QAM** se utiliza una combinación de **modulación por desplazamiento de fase** y **modulación por amplitud**, ya desarrollados en el capítulo 4 de esta obra.

7.9.4.4 Relación entre el método de modulación y el ancho de banda

En la figura 7.51 se puede observar que a medida que se utilizan métodos de modulación más sofisticados, el ancho de banda necesario disminuye para una misma velocidad de transmisión. Por ejemplo, para un **ancho de banda de 17,2 MHz**, utilizando como método de modulación **4 PSK**, la velocidad máxima de transmisión será de 34 Mbps. Sin embargo, si empleamos **16 QAM**, manteniendo el mismo ancho de banda, la velocidad de transmisión aumenta hasta un valor del orden de los 100 Mbps.

En la figura 7.52 se puede observar los mismos resultados analizados desde otro punto de vista. Si deseamos obtener una velocidad de transmisión de 140 Mbps, la cantidad de **bits por baudio** transmitidos cambia para cada tipo de modulación y, por lo tanto, también cambia en el **ancho de banda** que es necesario usar. A medida que la cantidad de **bits por baudio** aumenta, el ancho de banda necesario para llegar a la velocidad de 140 Mbps disminuye. Obsérvese que con **256 QAM**, y un ancho de banda de solamente **14 MHz**, se podrá llegar a transmitir a una velocidad de **140 Mbps**. Este hecho ya había sido señalado en el capítulo 3, donde se destacaba la importancia de las transmisiones multinivel.

Relación entre el método de modulación y el ancho de banda

Sistema de modulación	Ancho de banda necesario (MHz)			
	34 Mbps	68 Mbps 34 Mbps × 2	100 Mbps 34 Mbps × 3	140 Mbps 34 Mbps × 4
2 PSK	34,4	68,8	103,2	139,3
4 PSK	17,2	34,4	51,6	69,7
8 PSK	11,5	22,9	34,4	46,4
16 QAM	8,6	17,2	25,8	34,8
64 QAM	5,7	11,5	17,2	23,2

FIGURA 7.51

[1] Quadrature Amplitud Modulation.

Rendimiento de los distintos modos de modulación
para señales de banda base a 140 Mbps

Método de modulación	Número de bits por baudio	Ancho de banda necesario
2 PSK	1	140 MHz
4 PSK	2	70 MHz
8 PSK	3	47 MHz
16 QAM	4	35 MHz
32 QAM	5	28 MHz
64 QAM	6	23 MHz
128 QAM	7	20 MHz
256 QAM	8	14 MHz
512 QAM	9	10 MHz

FIGURA 7.52

7.9.4.5 Características de las microondas digitales

Las microondas digitales, como todos los sistemas de este tipo, permiten la regeneración de los pulsos que por el sistema de comunicaciones son transmitidos. La regeneración de la señal posibilita mayor tolerancia al ruido y a las interferencias, dado que en cada repetidora de microondas se regenera nuevamente la señal digital. Por ello, las sucesivas adiciones de ruido y/o distorsión no se propagan, como ocurre en los sistemas analógicos, en los cuales no es posible regenerar la señal, sino solamente amplificarla.

7.9.5 Características de las antenas de microondas

Las antenas usadas en la transmisión de señales de microondas pueden ser clasificadas en **omnidireccionales**, en el caso en que las mismas irradien energía en todas las direcciones con igual intensidad, o **direccionales**, cuando la energía transmitida es concentrada en un delgado haz dirigido hacia la antena receptora.

Las primeras son usadas en muy pocos casos por las pérdidas de potencia que implican. Por lo general, se emplean cuando se trata de estaciones centrales que deben transmitir a otras ubicadas en distintas direcciones.

En la mayoría de los casos las antenas que se usan son del tipo direccional. De esta manera, se logran transmisiones con **muy baja potencia**, al concentrar la mayor parte de la energía en un haz estrecho, que depende de las características particulares de las antenas que se instalen.

Las antenas direccionales parabólicas están construidas de manera que proporcionen una **ganancia** y una **directividad** muy alta en una determinada dirección. Esta última se consigue mediante parábolas que concentran el haz de la señal transmitida. Cuanto mayores sean sus dimensiones, más estrecho será el haz, y más intensa será la señal en la antena receptora. Sin embargo, las grandes antenas aumentan el costo del sistema, aunque proporcionan mayor seguridad de funcionamiento.

Las antenas están compuestas por dos partes principales: el **reflector** y el **alimentador**, también llamado el **elemento activo**. El alimentador es el que recibe la señal del transmisor a través de la guía de onda e irradia

las ondas electromagnéticas hacia el reflector que las concentra formando el haz. El reflector tiene la forma de un plato cuya curvatura está dada por una ecuación de segundo grado que recibe el nombre de parábola, de allí su nombre de **reflector parabólico**.

Las grandes parábolas reflectoras deben instalarse en torres muy resistentes, no sólo debido a su peso, sino también a la mayor carga asignada por la presión del viento. En general, las torres se calculan para vientos que pueden variar, según las regiones, de entre 200 y 260 km/hora. Otro aspecto importante es la orientación correcta y exacta de las antenas.

Las dimensiones de las antenas dependen del intervalo de frecuencias en el que operan. Por ejemplo, para la banda que va de **1 a 3 GHz**, se utilizan antenas cuyos diámetros van desde los 0,60 m hasta los 4 m. Un ejemplo de un tipo de antena para esta gama de frecuencias sería el siguiente:

- Diámetro: 1,80 m.
- Ganancia: 29 dB.
- Ancho del haz: 6°.

7.9.6 Equipo de reserva

En general, en todos los sistemas de microondas se instala un equipo de reserva para que sean más confiables. Estos sistemas se denominan **1 + 1**, dado que tienen un equipo operando y otro en reserva. En caso de fallar el equipo principal, el secundario o de reserva lleva adelante la transmisión automáticamente.

Asimismo, el equipo de reserva facilita las tareas de mantenimiento debido a que éstas se pueden efectuar sin interrumpir el funcionamiento normal del sistema.

7.10 Comunicaciones satelitales

7.10.1 Definición, referencia histórica y principales operadores

Por comunicaciones satelitales se entiende:

Comunicaciones satelitales

Sistemas de telecomunicaciones que utilizan uno o más satélites para lograr la reflexión de las ondas electromagnéticas generadas por una estación transmisora con el objeto de hacerla llegar a otra estación receptora. Generalmente, ambas estaciones están situadas en puntos geográficos distantes, sin alcance visual.

Los satélites frecuentemente utilizados en los sistemas de telecomunicaciones están ubicados en la denominada **órbita geosincroestacionaria**; sin embargo, también se están desarrollando sistemas que trabajan con satélites ubicados en otras órbitas, y muy especialmente, los que últimamente operan en las denominadas **órbitas bajas**.

Los sistemas satelitales están constituidos por un segmento terrestre, estaciones de monitoreo, telemetría y control, y un segmento espacial (el satélite). En la figura 7.53 se ilustra un sistema satelital típico.

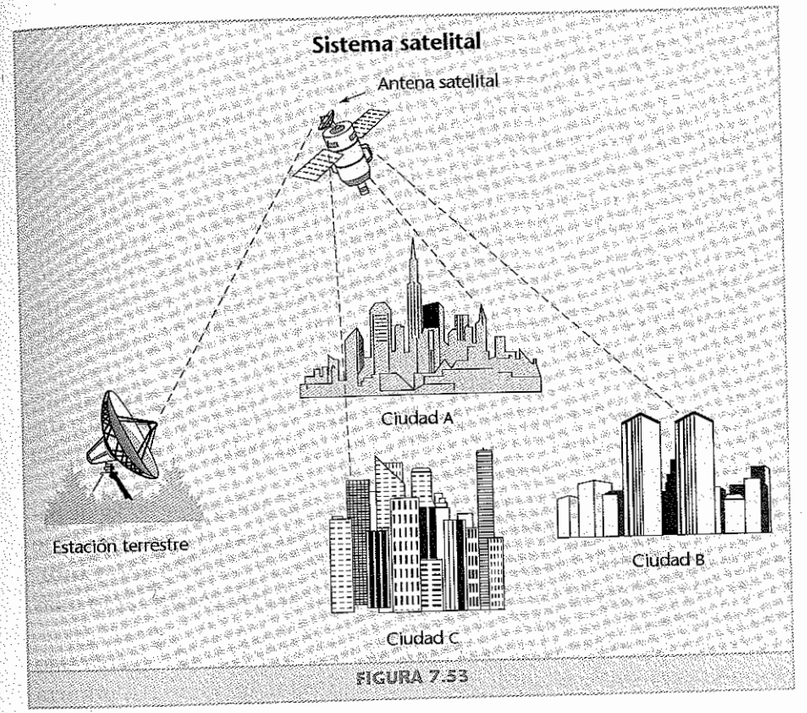


FIGURA 7.53

La era satelital comenzó precisamente el día 4 de octubre de 1957, con el lanzamiento y posterior puesta en órbita, por parte de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, del satélite **Sputnik I**. Este satélite, de órbita baja, tenía una forma esférica de 58 centímetros de diámetro, transmitía señales de radio a la frecuencia de 31,5 MHz, y orbitaba la Tierra 16 veces cada 24 horas. El 31 de enero de 1958, solamente pocos meses después, un programa del Ejército de los Estados Unidos lanzó el **Explorer I**, construido en forma cilíndrica de 2 metros de largo y 14 kilogramos de peso, que solamente transmitía información para telemetría, y permitió descubrir el **Cinturón de Radiaciones de Van Allen**[1].

En 1960, los Estados Unidos lanzaron un satélite denominado **Echo 1**, que estaba constituido por un globo de plástico aluminizado, de 30 m de

[1] Durante los años 1957/1958, y con motivo de un eclipse solar muy importante por su duración, la comunidad científica internacional puso en marcha un programa que se denominó **Año Internacional del Sol Quieto**. El denominado **Cinturón de Van Allen** fue posiblemente el descubrimiento más importante de dicho año. Dicho eclipse, se produjo en el **Océano Atlántico Sur**, y uno de los autores de esta obra, se desempeñó como **Ayudante Alumno**, en el **Grupo de Investigación para el Estudio de la Componente Nucleica de la Radiación Cósmica**, en un programa a cargo del Doctor *Obdulio Cichini*, que se desarrollaba en conjunto en los Laboratorios en la Facultad Regional Buenos Aires, de la Universidad Tecnológica Nacional, y en la Escuela Superior Técnica del Ejército Argentino. Integraban, además el grupo los Ingenieros *Oscar Trovato*, *Osvaldo Peinado*, *Jorge Staricco*, *Omar Berrueta*, *Enrique del Hoyo* y el Técnico *Pedro Weibel*.

diámetro y 75,3 kg de peso; y posteriormente, lanzaron el **Echo 2**, que tenía un diámetro de 41 metros. Estos dos últimos satélites eran muy primitivos y actuaban como repetidores pasivos de señales. La capacidad de estos sistemas se veía seriamente limitada por la necesidad de utilizar emisoras terrestres muy potentes y enormes antenas.

Posteriormente, en los Estados Unidos se comenzaron a desarrollar varios proyectos que conformaron el denominado **Programa Inicial de Comunicaciones Satelitales para la Defensa**. Este programa tenía como objetivo principal el uso estratégico de los satélites en las **Comunicaciones de la Defensa**. Simultáneamente, la **National Aeronautics and Space Administration** (NASA)[1] inició una serie de programas experimentales como los denominados RELAY y SYNCOM.

En 1962 y 1963, la NASA lanzó dos satélites denominados **Telstar** que fueron los primeros que permitían retransmitir señales de televisión a través del Océano Atlántico. Estos satélites de órbita baja daban una vuelta completa alrededor de la tierra en 157 minutos.

El **Telstar** I era una esfera de 87 centímetros de diámetro y 80 kg de peso, que recibía y transmitía simultáneamente. Su equipo electrónico fue dañado por la radiación del entonces recientemente descubierto **Cinturón de Radiaciones de Van Allen**, por lo que duró en servicio sólo unas cuantas semanas.

El **Telstar II** era electrónicamente idéntico al anterior, pero había sido reforzado para evitar el daño que producían las radiaciones. La primera transmisión de televisión mediante este satélite fue realizada en 10 de julio de 1962, y su primera señal fue una bandera del país constructor.

La serie **Telstar** era propiedad de la empresa **American Telephone and Telegraph Company**, más conocida como AT&T. Dichos satélites eran capaces de retransmitir varios cientos de canales de voz que sólo podían enlazar dos estaciones terrestres durante el breve espacio de tiempo en el que ambas estaciones estaban visibles al satélite.

El primer satélite geoestacionario puesto en órbita fue lanzado desde la base de **Cabo Cañaveral** el 26 de julio de 1964, y pertenecía al programa SYNCOM. Era también propiedad de la AT&T y había sido fabricado por la empresa **Hughes**. El primer intento en el que se pretendió colocar un satélite en órbita geoestacionaria fue el **Syncom** I, lanzado el 14 de febrero de 1963, pero no llegó a colocarse en órbita. Posteriormente, se obtuvo el primer éxito con el **Syncom** II, e inmediatamente, en agosto de 1964, fue lanzado el **Syncom** III, que luego fue usado para la transmisión de señales de televisión de los **Juegos Olímpicos de Tokio**.

Casi simultáneamente (unos pocos meses después) fue lanzado el satélite Soviético **Molniya**[2], que también servía para la retransmisión de se-

[1] Es una Organización Civil del Gobierno de los Estados Unidos. Fue fundada en el año 1958 y su principal base de lanzamientos está en Cabo Cañaveral, Estado de Florida.
[2] En idioma ruso dicha palabra significa **relámpago** o también se puede traducir como **destello**.

ñales de televisión, aunque utilizaba una órbita elíptica muy alta, con un **apogeo**[1] de aproximadamente 40 000 km y un **perigeo**[2] de aproximadamente 1000 km. En la figura 7.54 se muestran las órbitas que se emplean en la puesta en posición de un satélite geoestacionario.

En el mes de julio de 1964, y por la **Resolución** N° 1721 **de las Naciones Unidas**, fue fundado el **primer consorcio internacional** para las comunicaciones satelitales denominado **International Telecommunication by Satellite** (INTELSAT)[3]. El primer satélite que operó dicho consorcio fue el EARLY BIRD[4], conocido también como **Intelsat** I, que se lanzó en 1965. Este satélite proporcionaba servicios de voz y televisión (480 canales de voz), y enlazaba los Estados Unidos con Europa. Los miembros del **Consorcio** INTELSAT suman en la actualidad más de 140 países. El Consorcio tiene por finalidad la explotación comercial de los satélites para el establecimiento de comunicaciones transoceánicas internacionales y de ámbito nacional.

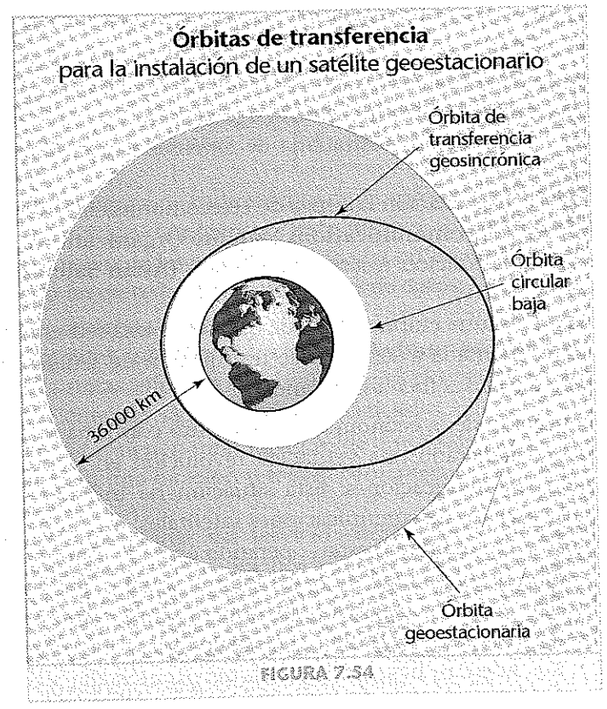


FIGURA 7.54

[1] El apogeo es la distancia más lejana a la Tierra de una órbita elíptica.
[2] El perigeo es la distancia más cercana a la Tierra de una órbita elíptica.
[3] Mayores detalles sobre este Consorcio serán desarrollados en el apartado 7.10.6 de este capítulo.
[4] Pájaro madrugador.

En 1971, lo que constituyó el bloque de países socialistas formó el **segundo consorcio internacional**, que tenía fines similares a los del **Consorcio** INTELSAT, y que se denominó INTERSPUTNIK. Estaba constituido por 14 países que en su momento no se habían adherido al primero que había sido constituido.

El **tercer consorcio internacional** fue creado en al año 1979, con el objeto de proveer comunicaciones móviles a escala mundial con fines comerciales, especialmente orientado a las comunicaciones marítimas. Originalmente, se denominó **International Maritime Satellite Organization** (INMARSAT). Posteriormente, en el año 1995, cambió su denominación y sus propósitos iniciales: se pasó a llamar **International Mobile Satellite Organization** (INMARSAT) y agregó a sus finalidades las comunicaciones móviles por aire y tierra, y otros aspectos relacionados con la seguridad en el mar y el aire.

Finalmente, podemos decir que actualmente existen varias organizaciones internacionales que tienen como objetivo principal operar **Redes Regionales de Telecomunicaciones por Satélite**. Entre ellas se pueden citar las siguientes:

- ARABSAT: Organización Árabe para las Comunicaciones por Satélite **(Arab Satellite Communications Organization)**.
- AUSSAT: Corporación Australiana de Satélites **(Australian Satellite Corporation)**.
- EUTELSAT: Organización Europea de Telecomunicaciones por Satélite **(European Telecommunications Satellite Organization)**.
- ASIASAT: Organización Asiática de Satélites **(Asian Satellite Organization)**.
- PANAMSAT: Es una empresa privada que posee una red satelital, especialmente orientada a servicios de transmisión de señales de televisión para los países Iberoamericanos.

La globalización de la economía y el aumento continuado de la competitividad han generado una verdadera revolución en la provisión de servicios de telecomunicaciones. Esta situación ha influido particularmente en los servicios de comunicaciones satelitales, que han crecido en forma explosiva. Actualmente están operando en todo el mundo más de 60 empresas que proporcionan servicios internacionales, regionales y nacionales. Esta situación ha originado un aumento importante en la cantidad de satélites instalados en órbitas geoestacionarias, que trabajan en las **Bandas C** y **Ku**. Además, hay varios proyectos para instalar a corto plazo satélites de órbita baja en la **Banda Ka**.

Estos sistemas tendrán que competir en precios y servicios con las redes de cables de fibras ópticas, tanto los de tipo submarino, como los usados para cubrir grandes distancias continentales. Pareciera que en el corto plazo, la demanda de estos servicios de comunicaciones crece sin un límite a la vista.

Clasificación de los distintos tipos de satélites 7.10.2

Los satélites se pueden clasificar en función de los distintos tipos de órbitas que describen. Así, se tienen los siguientes grupos:

- Satélites de órbita baja:
  Estos satélites son conocidos como **Low Earth Orbit** (LEO), y poseen órbitas elípticas que oscilan entre los 400 y 2500 km de altura. Tienen las siguientes características:
  - Para el caso de una órbita de aproximadamente de 800 km, necesitan alrededor de 90 minutos para dar una vuelta completa a la Tierra[1]. Por esta razón, permanecen solo unos pocos minutos disponibles para una estación terrestre.
  - Para proporcionar un servicio continuo de comunicaciones es necesario contar en el sistema con número elevado de satélites, que dependerá de la altura; en general es del orden de cincuenta, pero incluso puede llegar al centenar.
  - Requieren para su funcionamiento bajas potencias de transmisión, lo que implica menores consumos y, por lo tanto, estaciones terrestres de menor costo.
  - La recepción de sus señales se puede efectuar por medio de antenas omnidireccionales. Esta particularidad, sumada a la anterior, los hace muy interesantes para las comunicaciones personales móviles.
  - El lanzamiento de cada satélite es de bajo costo debido a la altura de la órbita; y también por este motivo el **retardo (delay)** en la transmisión de las señales es bajo, del orden de 10 ms. Este último hecho favorece las comunicaciones de datos.
- Satélites de órbita media:
  Estos satélites son conocidos como **Medium Earth Orbit** (MEO), y poseen órbitas elípticas que oscilan entre los 4 000 y 15 000 km de altura. Tienen las siguientes características:
  - Las órbitas tienen una duración de entre seis a ocho horas. Por lo cual, para una estación terrestre permanece visible entre una y dos horas.
  - Para proporcionar un servicio continuo de comunicaciones es necesario un sistema que posea como mínimo diez satélites, situados en dos planos, a 45° respecto del ecuador. De esta manera, se puede obtener una cobertura mundial.
  - Para su funcionamiento requieren potencias de transmisión mayores que las que se necesitan para operar con los satélites que trabajan en órbitas bajas.
  - El costo de lanzamiento de cada satélite es menor que el correspondiente a los satélites geoestacionarios, pero mayores que los de órbitas bajas. El **retardo o delay** está en el orden de los 70 ms.

[1] Este es el caso particular del satélite europeo ERS-1, lanzado en mayo de 1991.

- Satélites de órbita geoestacionaria:
  Estos satélites son conocidos como **Geostationary Earth Orbit** (GEO), y poseen órbitas circulares que, medidas desde el **cenit**[1], tienen una altura de 35 786 km. Esta distancia es válida para estaciones terrestres ubicadas en el ecuador; para las que se encuentran a latitudes más altas las distancias son del orden de los 41 000 km. Esta órbita se conoce también como **Órbita de Clarke**[2].

  Los satélites geoestacionarios tienen las siguientes características:
  - Estos satélites, al tener un período de rotación igual al de la Tierra, permanecen fijos en el espacio respecto de un observador terrestre. Giran, por lo tanto, en la misma dirección en que gira la Tierra. Luego su disponibilidad es de 24 horas.
  - Para proporcionar un servicio continuo de comunicaciones basta con un solo satélite, siempre que se quieran unir dos puntos que puedan **ser vistos** por el mismo. Para cubrir toda la superficie de la Tierra, tal como lo predijera en su momento *Clarke*, se necesitan tres satélites espaciados 120° cada uno. La cobertura en las zonas polares es muy marginal, por lo que su uso comercial está restringido hasta una latitud comprendida entre los 70° y los 80°. En la figura 7.55 se muestra la disposición que deben tener los satélites para poder cubrir la totalidad de la superficie terrestre, con la salvedad efectuada para las zonas polares.
  - Requieren para su funcionamiento altas potencias de transmisión, lo que implica **antenas costosas y del tipo parabólico** y **amplificadores de bajo ruido**, conocidos como **Low Noise Amplifier** (LNA). Esto se debe a que la densidad de potencia de una onda electromagnética disminuye con el cuadrado de la distancia recorrida; por lo tanto, la señal que llega a los receptores es de muy bajo nivel. Luego estos equipos deben tener una **alta sensibilidad** y **bajo nivel de ruido propio**.
  - La cantidad de satélites que pueden operar en la órbita geoestacionaria está limitada por las **interferencias** que los mismos pueden recibir de los satélites ubicados a ambos lados. Por este motivo, se ha establecido una separación mínima que depende de la frecuencia de operación del satélite. Los primeros debían tener una separación del orden de los 3°; sin embargo, a causa de las mejoras tecnológicas y de que actualmente operan en frecuencias más elevadas, este valor se ha reducido a 1°. Esta situación ha hecho posible que en la órbita geoestacionaria se pueda colocar un mayor número de satélites.
  - Los lanzamientos tienen costos muy elevados y se pueden realizar de tres formas diferentes. El **primer método** y más costoso es colocar al satélite con un vector en la órbita geoestacionaria. Este método se aplica generalmente para satélites militares o de diseño muy sofisticado, pero no para las aplicaciones comerciales. El **segundo método** consiste en la utilización de un **transbordador o lanzadera**, sólo disponible en la agencia espacial NASA. Este vehículo espacial, que permite llevar varios satélites a bordo, se ubica en una órbita terrestre aproximada a los 200 kilómetros, y mediante una catapulta lanza desde allí el satélite al espacio exterior. Éste, una vez instalado en el espacio mediante un motor propio, se ubica en una **órbita auxiliar de transferencia**, denominada **Órbita de Hoffman**, hasta que alcanza la posición definitiva asignada en la órbita geosincrónica. El **tercer método** es similar al segundo, pero en lugar del transbordador, se emplea un vector que ubica al satélite en una órbita baja. Luego, desde allí, el procedimiento para llevarlo a su posición final, es muy similar al descrito en el primer

[1] El cenit (*zenith*) es el punto de la esfera celeste que se encuentra directamente por encima del observador.

[2] Este nombre honra al escritor inglés *Arthur C. Clarke*. Este notable autor de ciencia ficción, en un artículo escrito en diciembre de 1945, en la revista **Wireless World**, predijo la era de los satélites geoestacionarios. Entre otras cosas, dijo: "Un satélite artificial, ubicado a una distancia correcta de la Tierra, podría realizar una órbita completa cada veinticuatro horas. Dicho satélite tendría una posición estacionaria e iluminaría siempre la misma área terrestre. Tres satélites ubicados a 120° grados cada uno de ellos, darán una cobertura mundial para los servicios de Televisión y de Microondas".

Cobertura total de la Tierra con tres satélites geoestacionarios

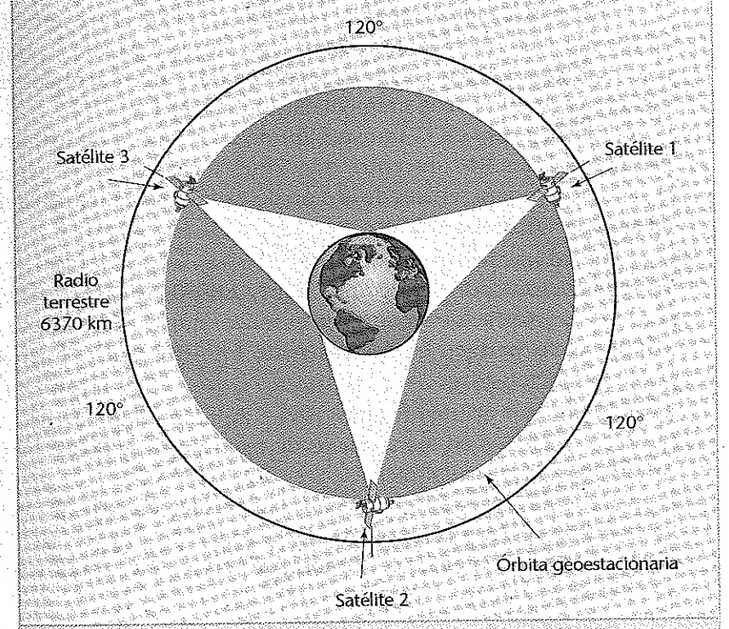


FIGURA 7.55.

método. El segundo método tiene la ventaja, respecto del tercero, de que si fallara la propulsión propia de la segunda etapa u ocurriera algún otro fallo, como por ejemplo una deficiente apertura de las antenas, el satélite puede ser recuperado y reparado, o traído nuevamente a la Tierra. Con el tercer método, ante idénticos problemas, el satélite queda irremediablemente perdido.

- El **retardo o delay** en la transmisión de las señales es muy alto, y no menor a los 240 ms entre estaciones terrestres. En telefonía, este retardo genera señales de eco no deseadas lo cual obliga la instalación de **supresores de eco**.

- Satélites de órbita altamente elípticas:
  Estos satélites son conocidos como **Highly Elliptical Orbit** (HEO), y poseen órbitas elípticas cuyo **apogeo** es mayor que el de la **Órbita de Clarke**, y cuyo **perigeo** es del orden de los 1000 km. Tienen las siguientes características:
  - Son satélites especialmente aptos para cubrir las zonas polares.
  - Pueden ser usados en los servicios de telecomunicaciones, pese a no ser del tipo geosincrónico.
  - Su período de rotación es de 12 horas, de las cuales sólo ocho horas son útiles para los servicios que presta.
  - Se requieren tres satélites para cubrir un servicio de comunicaciones continuo.

7.10.3 Componentes de un sistema de comunicaciones por satélite

7.10.3.1 Aspectos generales

Un sistema de comunicaciones satelital está compuesto por los siguientes elementos fundamentales:

- Segmento espacial o satélite.
- Segmento terrestre o estaciones terrestres. Éstos están compuestos por:
  - Sistemas de seguimiento, telemetría y control.
  - Otros sistemas auxiliares y complementarios.
- Estaciones de usuarios y telepuertos.

Este ordenamiento puede variar según las consideraciones técnicas que sean tenidas en cuenta, pero resulta conveniente a efectos de la compresión del sistema satelital.

Desde el punto de vista exclusivamente de las comunicaciones, se podría añadir que un sistema satelital se comporta como una **estación repetidora ubicada en el espacio**, al que se conectan **estaciones terrestres** por medio de **enlaces de microondas**.

En la figura 7.56 se muestra la forma en que se establece un circuito punto a punto de voz y datos mediante un enlace satelital. En dicha figura se puede apreciar la función que cumple el satélite de comunicaciones o **estación repetidora ubicada en el espacio**.

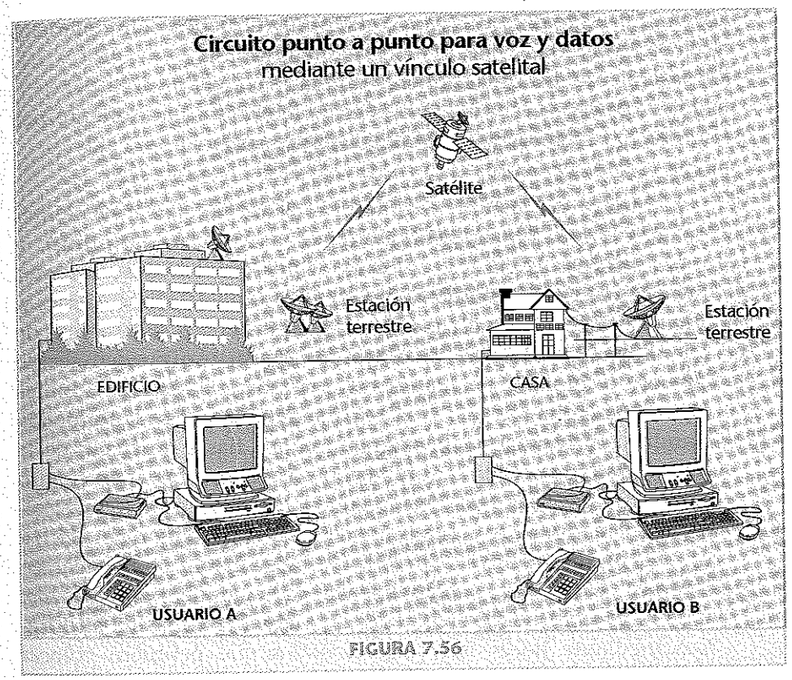


FIGURA 7.56

7.10.3.2 Segmento espacial o satélite

Por satélite de comunicaciones se entiende:

Estación retransmisora de telecomunicaciones ubicada en el espacio por un tiempo limitado, que oscila normalmente entre los 8 y los 18 años aproximadamente, y que recibe señales de telecomunicaciones de voz, datos y vídeo desde la Tierra, las amplifica, cambia la frecuencia de la portadora, y las retransmite a otras estaciones terrenas.

Satélite de comunicaciones

Para poder realizar estas funciones, los satélites de comunicaciones deben estar construidos con elementos de alta calidad que les permitan resistir condiciones ambientales rigurosas de temperatura, radiaciones electromagnéticas, meteoritos, etc., y deben contar con elementos mecánicos que implican serios y sofisticados requerimientos de ingeniería. Están compuestos de los siguientes subsistemas principales:

- Estructura del satélite.
  La estructura es el **armazón o esqueleto** que le permite soportar todos los elementos que el satélite debe llevar para operar convenientemente. Debe cumplir, por un lado, el requerimiento de rigidez que evite las vibraciones, pero simultáneamente debe estar construido con materiales livianos que no aumenten innecesariamente su peso.

Los materiales más usados para construir la estructura son materiales al carbono, plásticos y fibras especiales reforzadas.

- Subsistemas de comunicaciones o **payload**[1].
  El subsistema de comunicaciones está compuesto básicamente por **antenas**, **transponder** y **amplificadores de potencia**.
  - Antenas:
    Las antenas son las que permiten captar las señales provenientes de la Tierra, a través de los **enlaces ascendentes (uplink)**, y retransmitirlas hacia ella a través de los **enlaces descendentes (downlink)**. Deben ser de bajo peso y de pequeñas dimensiones y, además, deben satisfacer los requerimientos de los subsistemas de seguimiento, telemetría y control. Según su uso pueden ser de **cobertura global**, de **cobertura hemisférica** o **direccionales (spot)**. Las primeras son típicas para trabajar en la denominada **Banda** C, y normalmente permiten cubrir hasta un tercio de la superficie terrestre, con las limitaciones ya mencionadas en cuanto a las latitudes más altas. Las segundas están diseñadas especialmente para servir a una determinada zona, no superior a un 15 o a un 20% de la superficie terrestre; también son muy utilizadas en **Banda** C. Las terceras son antenas direccionales denominadas *spot* y están especialmente preparadas para atender zonas de alto tráfico mediante haces muy direccionados que permiten colocar señales más potentes, lo que facilita la recepción en Tierra con antenas de menor ganancia. Lógicamente, la direccionalidad hace que la superficie cubierta con éstas sea en general muy reducida.
  - Transponder.
    Los transponder son equipos de comunicaciones que reciben las señales de la Tierra a través del enlace ascendente (uplink), cambian la frecuencia de la señal recibida (para permitir su retransmisión), las amplifican y luego las retransmiten otra vez a la Tierra mediante el enlace descendente (downlink). El nombre de transponder se ha generalizado para designar a la totalidad del subsistema de comunicaciones que lleva un satélite. En realidad, en un satélite existen N transponder que atienden, cada uno, a un determinado número de enlaces. Todos los transponder tienen igual ancho de banda y la salida fuera de servicio de uno de ellos no afecta al resto. Estos equipos incluyen casi siempre facilidades de multiplexado y demultiplexado de los canales, sean éstos de voz, datos o vídeo. Los transponder manejan varios anchos de banda; los más usuales son 36 MHz, 70 MHz y 140 MHz para los denominados de **gran ancho de banda**. El número de transponder que tiene cada satélite varía según la banda de trabajo, su utilización y el tipo de órbita en que está colocado.

[1] Esta palabra en inglés tiene un especial significado para este caso, y se puede interpretar como la carga útil que transporta el satélite.

  - Amplificadores de potencia.
    Estos equipos, incluidos en los transponder, tienen por finalidad amplificar las señales que llegan a través del enlace ascendente de manera que las señales recibidas puedan ser enviadas nuevamente a la Tierra, con la potencia necesaria que permita su recepción. Las señales llegan al satélite con **muy baja potencia**, por lo que esta parte es de vital importancia para que la señal, convenientemente reconstituida, pueda ser nuevamente utilizada. Entre las características más importantes de estos amplificadores, se puede señalar que deben generar muy poco **ruido propio**. Su potencia varía de acuerdo con la banda de trabajo, siendo para la **Banda** C del orden de los 50 W y para la **Banda Ku** del orden de los 100 W, para satélites geoestacionarios.

- Subsistemas de generación y distribución de potencia.
  La fuente de energía de los satélites está constituida por celdas solares de alto rendimiento que están instaladas en paneles solares para captar adecuadamente los rayos provenientes del sol. En el caso de los satélites geoestacionarios, las celdas pueden captar una potencia del orden de los 200 W/m^2, dependiendo de los daños que durante su vida útil puedan recibir a causa de los micrometeoritos que constantemente las atacan, por lo tanto, a medida que transcurre la vida útil del satélite, este valor se va reduciendo paulatinamente. La potencia generada por dichos paneles puede alcanzar los 2200 W, como ocurre con los sistemas del satélite **INTELSAT VI**. Luego de recibida la energía del sol y transformada en energía eléctrica, ésta debe ser almacenada en baterías y luego distribuida para poder alimentar a la totalidad de los componentes eléctricos del satélite. Las baterías son generalmente del tipo **níquel/cadmio**, aunque permanentemente se están estudiando materiales que permitan un mayor número de recargas antes de ir perdiendo capacidad de almacenaje y un mejor rendimiento.
- Subsistemas de estabilización.
  Durante su vida útil, los satélites están sometidos permanentemente a distintas fuerzas, por lo que es necesario estabilizarlos para que mantengan sus parámetros orbitales dentro de los límites adecuados.
  Esto significa que el satélite siempre debe estar ubicado en la posición correcta y también perfectamente orientado, con respecto a la superficie de la tierra, de forma tal que *ilumine* la zona para la cual ha sido dispuesto.
- Subsistemas de control de temperatura.
  Las extremas variaciones de temperatura que debe soportar un satélite hacen necesario que éste cuente con un subsistema que permita mantener de forma balanceada la distribución de temperatura, tanto en exterior, como en el interior de éste.

7.10.3.3 Segmento terrestre o estaciones terrestres

Las estaciones terrestres para comunicaciones forman parte del denominado **segmento terrestre** del sistema. Existe una gran variedad de estaciones terrestres, caracterizadas por el tamaño de la antena, la potencia de transmisión, sensibilidad de recepción, capacidad de canales que manejan, modos de acceso, etc.

En términos generales, todas las estaciones terrestres tienen la misma estructura interna, independientemente de su capacidad y potencia. Cuentan con equipos terminales de los circuitos de datos, que reciben las señales de la red pública o, si es un usuario pequeño, de la red que tenga instalada. Después de procesar las señales recibidas, generalmente éstas son multiplexadas por división de tiempo y enviadas al transmisor, que se encarga de amplificarlas y transmitirlas a la antena, con la frecuencia y potencia adecuada. En el proceso de recepción, la operación es la inversa a la descrita.

La calidad de una estación terrestre está dada fundamentalmente por la relación entre su **ganancia y el ruido total**, considerando la ganancia total en la antena, menos las pérdidas del alimentador que la une con el transmisor/receptor. Generalmente, cierto número de estas estaciones puede constituir una **subred** dedicada a un servicio específico.

Según su empleo y capacidad final, las podríamos clasificar en los siguientes tipos:

- Estaciones de alta capacidad.
  Son aquellas que están capacitadas para manejar el **tráfico internacional** entre **redes públicas de telecomunicaciones**, y que normalmente sirven para conectar con el exterior la red pública de telefonía y los datos de un país o de un conjunto de ellos. Para el trabajo en la **Banda** C, las estaciones están normalizadas en tres categorías, denominadas A, B y C, cuyas antenas pueden llegar hasta los 30 metros de diámetro. En la figura 7.57 se indican las dimensiones de los reflectores parabólicos correspondientes a distintas categorías de este tipo de estaciones.
- Estaciones de media capacidad.
  Son estaciones de capacidad intermedia que se utilizan para manejar el tráfico de una región o de una empresa con una red de comunicaciones de importancia. En la figura 7.58 se indican las dimensiones de los reflectores parabólicos correspondientes a distintas categorías de este tipo de estaciones.
- Estaciones de pequeña capacidad.
  Son estaciones que normalmente sirven para un único usuario. Utilizan antenas especiales denominadas VSAT **(Very Small Aperture Terminal)** que son parábolas que tienen un diámetro comprendido entre los 2 y 4 metros, aproximadamente. Más recientemente se utilizan las antenas denominadas USAT **(Ultra Small Aperture Terminal)**, cuyos diámetros son menores a un metro, y en algunos casos son de unos 20 cm.
- Estaciones terrestres móviles.
  Son estaciones transportables, en vehículos, aeronaves o barcos, que sirven normalmente a un usuario único. Este tipo de estaciones ha adquirido una importancia fundamental en los últimos tiempos, por la versatibilidad que ofrece su uso en el caso de catástrofes o necesidades especiales.

Clasificación normalizada de las antenas terrestres
para estaciones de alta capacidad

Reflector parabólico	
Clase	Diámetro antena (m)
A	> 15
B	14 a 15
C	> 11

FIGURA 7.57

Normalización de las antenas terrestres
para estaciones de capacidad media

Clase	Tamaño en metros	Bandas de trabajo
D1	3,7 a 4,5	C
E1	2,4 a 4,5	Ku
E2	4,5 a 7,0	Ku
F1	3,7 a 4,5	C
F2	5,5 a 7,5	C
F3	7,3 a 9,0	C
G	Mayores de 4,5	Ku y C
H	1,8 a 3,7	C

FIGURA 7.58

7.10.3.4 Sistemas de seguimiento, telemetría y control

Una vez colocado el satélite en órbita, los sistemas de seguimiento tienen la misión de mantenerlo en su posición orbital, con una tolerancia del orden del 0,5° como máximo. Siempre existen fuerzas externas que tratan de sacarlo de su posición.

Estas responsabilidades son asignadas a ciertas estaciones terrestres que asumen las tareas de seguimiento y control de cada uno de los satélites

que gobiernan. Estas estaciones reciben los datos correspondientes al estado del satélite, como su posición, altura, alarmas por mal funcionamiento de algún circuito electrónico, nivel de potencia, etc. Estas indicaciones, junto con la posición determinada por telemetría desde la estación terrestre, permiten, mediante el uso de computadoras, el cálculo de la posición correcta y el envío hacia el satélite de los comandos necesarios para activar los motores/cohetes. La activación de estos últimos permite corregir la posición del satélite y poner en funcionamiento los circuitos de control que actúan sobre los diferentes módulos del sistema de comunicaciones.

Por otra parte, cada una de las redes que se forman deben contar con un **Centro de Control de Red**, que se encarga de vigilar el estado operativo de la red. Su existencia depende del tipo de red donde se halla insertado el satélite y de la filosofía de mantenimiento empleada. En caso de fallos, estos centros tienen la posibilidad de conmutar la unidad averiada por otras de repuesto situadas en diferentes nodos de la red. En las redes con pocas estaciones terrestres se utiliza una de ellas para asignarle esta función.

7.10.4 Características de los sistemas de comunicaciones satelitales

7.10.4.1 Servicios fijos, con o sin conmutación

Los servicios fijos por satélite permiten efectuar comunicaciones **punto a punto**, o **punto multipunto**, entre dos o más estaciones terrenas, ambas con capacidad de **transmisión** y **recepción**, sobre uno o más satélites.

En estos casos, las estaciones deben tener la capacidad de **recibir** y **transmitir señales**, que pueden ser **analógicas** o **digitales**, dependiendo de las características del **transponder** que tenga instalado el satélite sobre el que se trabaja.

Las estaciones terrestres pueden conectar a **dos únicos equipos terminales entre sí**, cuando se trata de usuarios finales. Además, la estación puede ser el punto de entrada a una **Red de Área Extendida** (WAN) o a una **Red de Área Local** (LAN). En estos dos casos, las redes podrán ofrecer servicios con conmutación o con la conectividad que puedan proporcionar.

Un caso típico de aplicaciones de cierta importancia es la interconexión de las **Redes Telefónicas Públicas** (RTP) de dos países mediante el enlace satelital como vínculo. En estos casos, normalmente se utilizan los servicios del **Consorcio Intelsat**.

7.10.4.2 Servicios de difusión (Broadcast Capacity)

Los servicios de difusión por satélite permiten efectuar comunicaciones **punto multipunto**, entre una estación terrena que tiene capacidad de **transmisión** y **recepción**, y muchas estaciones que solamente tienen capacidad de **recepción**.

Las estaciones receptoras pueden proporcionar servicio a **un único usuario final**, o pueden ser las puertas de entrada para la distribución de la señal recibida mediante redes especiales, construidas al efecto.

Un primer ejemplo, es el caso de las empresas de **distribución de señales de televisión por cable** (CATV), que reciben distintas señales de televisión de uno o varios satélites, y luego, mediante equipos especiales, las multiplexan sobre un cable y las distribuyen dentro del área de cobertura de la red que hayan construido.

El otro ejemplo típico es lo que comercialmente se denomina **televisión directa al hogar (Direct To Home)**. En este caso, cada usuario final debe tener una estación terrestre de **muy pequeño porte**, normalmente provista por la empresa que comercializa la distribución, a través de la cual recibe una señal previamente seleccionada de un único satélite, que le provee todos los canales que previamente le fueron enviados para su difusión.

En algunos casos, la estación terrena perteneciente al cliente puede proporcionar estos servicios a más de un usuario, pero dentro de un pequeño ámbito; éste es el caso, de un edificio de varios pisos constituido por varios departamentos.

7.10.4.3 Servicios móviles

Los servicios móviles por satélite permiten efectuar comunicaciones **punto a punto**, o **punto multipunto**, entre dos o más estaciones terrenas, ambas con capacidad de **transmisión** y **recepción** sobre uno o más satélites. La particularidad de estos servicios es que **una estación es fija**, y generalmente está conectada a la red pública, y la otra es una **estación móvil**. Esta última puede ser portada por una persona o instalada en un vehículo, en un avión o en un barco.

Un ejemplo que será desarrollado en este capítulo es el sistema **Iridium**, que permitirá usar los sistemas móviles de comunicaciones satelitales, para la telefonía que actualmente se denomina **celular**.

7.10.4.4 Formas de acceso al satélite

Como ya se dijo, la utilización de satélites presenta limitaciones en cuanto a la **capacidad del ancho de banda disponible en los transponder** y a la **cantidad de satélites que pueden ser colocados en órbita geoestacionaria**. Por tal razón, se han desarrollado procedimientos destinados a obtener un mejor aprovechamiento de cada satélite instalado, mediante el perfeccionamiento de lo que se ha dado en llamar, de forma genérica, los **métodos de acceso**. Estas técnicas, también denominadas de **acceso múltiple (Multiple Access** (MA)), pueden ser divididas según los transponder estén preparados para el manejo de señales analógicas o digitales.

En el caso de que operen con señales analógicas, los métodos son los siguientes:

- **Single Channel Per Carrier** (SCPC).
  Este método, denominado **un canal por portadora**[1], se utiliza principalmente para sistemas analógicos de pequeña capacidad. Consiste en modular **n** canales de frecuencia de voz, cada uno de ellos sobre una **portadora independiente**, separados entre sí por **bandas de seguridad** que tienen por objeto protegerlos de los canales que ocu-

[1] Las expresiones en español son aproximadas; en realidad, en la práctica, nadie las usa.

pan las frecuencias adyacentes. En el transponder, cada portadora irá apropiándose de **un mismo y único ancho de banda 1/n**, que estará disponible para todo el conjunto. Cabe aclarar que el ancho de banda de cada canal en el transponder es mayor que 4 kHz, debido a la baja densidad de potencia de la señal proveniente desde la Tierra. A menos potencia es necesario mayor ancho de banda.

- **Multi Channel Per Carrier** (MCPC).
  Este método, denominado **varios canales por portadora**, es usado para sistemas de mayor capacidad que el anterior. Consiste en **multiplexar por división de frecuencia** varios canales de frecuencia de voz, mediante la técnica de **banda lateral única**[1]. Todos los canales así multiplexados son, a su vez, modulados en una única señal portadora de radiofrecuencia, que es la que se envía al satélite. En la estación terrena receptora, el proceso es el inverso.
- **Companded Frecuency Division Multiplex** (CFDM).
  Este método, denominado **multiplexación por división de frecuencia con compansión** permite ampliar la capacidad de ancho de banda disponible al doble. Para ello, los canales de frecuencia de voz son comprimidos en amplitud antes de ser modulados. Luego, al ser recibidos en la estación receptora, primero se los demodula y luego se los expande. En estas técnicas, para los transponder de un ancho de banda típico de 36 MHz, se pueden acomodar 2100 canales de frecuencia de voz, en lugar de los 1100 que podrían ser transmitidos con las técnicas normales.

En el caso de que operen con señales digitales, los métodos son los siguientes:

- **Time Division Multiplexer Asynchronous** (TDMA).
  Este método, denominado **multiplexación asincrónica por división de tiempo** permite que varias estaciones terrestres utilicen la misma portadora para enviar, en diferentes instantes, pequeñas ráfagas de datos o **bursts**, que deben ser multiplexados por división de tiempo dentro de una trama, donde cada estación utilizará un **slot** de tiempo. El transponder, una vez que recibe la **trama completa**, la amplifica, convierte la frecuencia y la retransmite a la estación terrestre receptora correspondiente. La trama está dividida en pequeños slots de tiempo, uno por cada una de las estaciones que transmiten; sin embargo, la estación receptora recibe la trama completa. Un ejemplo de este método puede ser el de varios canales de televisión situados geográficamente distantes, cada uno con sus correspondientes estaciones transmisoras, que por medio de un enlace ascendente (uplink) acceden simultáneamente a un único transponder, y sus señales son multiplexadas por división de tiempo en un único canal que tiene una velocidad de transmisión determinada. Cada estación de televisión ocupará un **slot** de la trama. Cuando el satélite termina de recibir la **trama completa**, que se formará cuando todas las estaciones terminen de transmitir su correspondiente **slot** de tiempo, la procesa en la forma indicada y, a través del enlace descendente (downlink), la retransmitirá, con la frecuencia adecuada, a la estación terrena receptora, que recibirá la totalidad de las señales de televisión. Si esta estación fuera una empresa de distribución de CATV, luego las multiplexaría para su distribución por cable.

  La denominación asincrónica se debe exclusivamente a que la asignación de *slots* para las estaciones no es igual, sino que depende de su nivel de actividad. La transmisión de los bits es totalmente sincrónica tal como se ha descrito anteriormente para este tipo de transmisión.
- **Satellite Switched/Time Division Multiplexer Asynchronous** (SS TDMA).
  Este método, denominado **conmutación satelital con multiplexación asincrónica por división de tiempo**, es similar al anterior, pero a bordo del satélite existe un **conmutador** que redirecciona las señales enviadas por cada estación transmisora, al destinatario que corresponde. En este caso, que solamente es posible aún en muy pocos satélites, se podrían comunicar entre sí varias estaciones terrestres, según las órdenes de conmutación que el satélite reciba. La conmutación en el satélite es operada desde tierra, por una estación que controla el subsistema de comunicaciones.

[1] Esta técnica consiste en suprimir una de las dos bandas laterales, que se generan en el proceso de modulación, pues ambas llevan la misma información.

Eco 7.10.4.5

Debido a que los satélites geoestacionarios están situados a 35 780 km de distancia de la Tierra y que la velocidad de propagación de la luz es de 300 000 km/s, la señal electromagnética tiene un retraso de 0,12 segundos, desde la Tierra hasta llegar al satélite. Por lo tanto, para un enlace simple de un solo salto satelital, el retardo total será de 0,24 s.

Un eco de 0,24 s es perceptible por el oído humano, por lo que es necesario usar **supresores de eco**, con técnicas sofisticadas, para evitar este tipo de inconvenientes.

Las comunicaciones que tienen vías de transmisión y recepción diferentes, denominadas enlaces a cuatro hilos o **dúplex completo**, no presentan este tipo de inconvenientes.

El consorcio INTELSAT 7.10.5

Consideraciones generales e históricas 7.10.5.1

El consorcio **International Telecommunication by Satellite** (INTELSAT) es el mayor proveedor comercial de servicios satelitales de comunicaciones del mundo. Ofrece servicios globales de televisión, telefonía y transmisión de datos, que cubren la totalidad del planeta en los cinco continentes. Está **integrado por más de 140 países miembros.**

Los distintos países o empresas que lo componen, obtienen el correspondiente retorno en la inversión que realizan; y los usuarios pagan un cargo por los servicios que reciben, que dependen de sus características y de su duración. Los países no miembros del consorcio también pueden utilizar el sistema, aunque no pueden tomar parte en las decisiones.

En la figura 7.59 se indican los países de habla hispana y los americanos de habla inglesa que son signatarios del consorcio; las entidades que ellos han designado para ser representados en él; y las respectivas participaciones sobre el 100% del capital.

INTELSAT posee y opera un sistema satelital con conectividad global, establece normas y patrones técnicos, y proporciona servicios a estaciones terrestres cuyos tamaños van desde las más importantes usadas para trabajar en la **Banda** C, con antenas del orden de los 30 metros de diámetro, hasta estaciones individuales, con antenas de menos de un metro de diámetro. Además, posee un satélite en **Banda Ku**.

Países de habla hispana y americanos de lengua inglesa integrantes del consorcio INTELSAT

País miembro	Organismo signatario	%[1]
Estados Unidos	COMSAT Corporation	17,964040
Argentina	Comisión Nacional de Telecomunicaciones	3,523118
Canadá	Teleglobe Canada Incorporated	1,635258
Chile	Empresa Nacional de Telecomunicaciones S. A.	1,509946
Colombia	Empresa Nacional de Telecomunicaciones de Colombia	1,372575
Brasil	Empresa Brasileira de Telecomunicaçoes S. A.	1,371878
España	Telefónica de España, S. A.	1,319398
Venezuela	Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela	1,102363
Perú	Ministerio de Transportes y Comunicaciones	0,995336
Portugal	Companhia Portuguesa Radio Marconi	0,793856
Ecuador	Consejo Nacional de Telecomunicaciones	0,342494
Guatemala	Telecomunicaciones de Guatemala S. A.	0,326206
República Dominicana	Compañía Dominicana de Teléfonos, C. Por A.	0,288573
México	Gobierno de México	0,280074
Bolivia	Empresa Nacional de Telecomunicaciones	0,255633
Jamaica	Telecommunications of Jamaica Limited	0,221753
Paraguay	Comisión Nacional de Telecomunicaciones	0,196239
Haití	Conseil National des Télécommunications	0,139502
Bahamas	The Bahamas Telecommunication Corporation	0,115609
Trinidad & Tobago	Telecommunications Services of Trinidad & Tobago Limited	0,062154
El Salvador	Administración Nacional de Telecomunicaciones	0,059167
Nicaragua	Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos	0,053808
Uruguay	Administración Nacional de Telecomunicaciones	0,052697
Barbados	Barbados External Telecommunications Limited	0,050000
Costa Rica	Instituto Costarricense de Electricidad	0,050000
Guinea Ecuatorial[2]	Ministerio de Transporte y Comunicaciones	0,050000
Honduras	Empresa Hondureña de Telecomunicaciones	0,050000
Panamá	Instituto Nacional de Telecomunicaciones, S. A.	0,050000

FIGURA 7.59

El primer satélite de comunicaciones de este consorcio que operó fue el EARLY BIRD[1], conocido también como **Intelsat** I, que se lanzó en 1965.

Una segunda serie de satélites comerciales fue desarrollada para cooperar con los vuelos espaciales de la NASA, que necesitaba comunicaciones más confiables para sus redes de monitoreo destinadas a proporcionar apoyo al **Proyecto Apolo**. Por este motivo, los satélites de la serie INTELSAT II tenían mayor potencia y ancho de banda disponible, y proveían la cobertura más completa del planeta. Una de las innovaciones más importantes desde el punto de vista tecnológico de estos satélites era el sistema **acceso múltiple**, que permitía trabajar, sobre un mismo transponder, a más de una estación terrestre sobre un mismo canal. El primer satélite de esta serie entró en servicio en enero de 1967.

La serie INTELSAT III, introducida a finales del año 1968, permitió contar con un sistema global de comunicaciones con cobertura mundial.

El primero de los de la serie INTELSAT IV fue lanzado en enero de 1971, con un peso de 720 kg. En esta serie, un avance tecnológico significativo fue que se comenzó a usar antenas dirigibles (spot) que cubrían una porción menor de superficie, pero colocaban en ella una señal mucho más potente, lo que permitía el uso de antenas de menor tamaño. Estos satélites tenían 12 transponder con un ancho de banda de 36 kHz cada uno. Desde 1971 hasta 1975 se lanzaron siete satélites INTELSAT IV.

La serie INTELSAT V, aún en uso, se construyó incrementando la capacidad de comunicaciones, instalando sistemas que permitieron usar en formas más eficiente el ancho de banda y, en general, con un avance sustancial en todos los subsistemas del segmento espacial. Finalmente, fueron introducidas las series INTELSAT VI, INTELSAT VII, INTELSAT VIII, y el primer satélite del Consorcio totalmente en **Banda Ku**, denominado INTELSAT K.

En 1996, INTELSAT completó el lanzamiento y despliegue de su serie INTELSAT VII, colocando en órbita el satélite INTELSAT 709 para el servicio en la Región de Océano Atlántico. En dicho año, se lanzaron nueve satélites en esta serie, en lo que ha sido la campaña del lanzamiento más agresiva en la historia del Consorcio. En la figura 7.60 se detallan las principales características de algunos de los satélites de la **Serie** INTELSAT.

En el año 1997, INTELSAT lanzó el primero de sus satélites de última generación el INTELSAT 801, correspondiente a la serie denominada INTELSAT VIII, para atender los servicios de la Región del Océano Índico. Éste, fue completado después por INTELSAT 802, para la Región del Océano Pacífico, y por el INTELSAT 803.

En total posee 27 satélites en órbita geoestacionaria funcionando. Los más antiguos corresponden a la serie INTELSAT V, luego le siguen los de las series INTELSAT VI e INTELSAT VII, y los tres nuevos satélites de la últi-

[1] Pájaro madrugador.
[2] Porcentaje de participación sobre el 100% del capital que compone el Consorcio.
[3] Único país africano de habla hispana.

Características de algunos satélites del consorcio INTELSAT
ubicación en órbita geoestacionaria

Satélite	Fecha de lanzamiento	Transpondedores			Duración (años)	Capacidad	Peso (kg)
		Nro.	Frec. (GHz)	Potencia (W)		Circuitos TV + Telefónicos	
INTELSAT I	1965	2	6/4	6	1,5	240 o 1	38
INTELSAT II	1966	1	6/4	18	3	240 o 1	87
INTELSAT III	1968	2	6/4	11	5	1500 + 2	146
INTELSAT IV	1971	12	6/4	6	7	4000 + 2	709
INTELSAT IV A	1975	20	6/4	8	7	6000 + 2	862
INTELSAT V	1980	21/6	6/4 14/12	8 20	7	12000 + 2	1012
INTELSAT V. A.	1985		6/4 14/12		7	15000 + 2	1160
INTELSAT VI	1989	50	6/4 14/12	5,5-16 8,5	14	120000 + 3	2000
INTELSAT VII	1993		6/4 14/12		15	90000 + 3	1500

FIGURA 7.60

ma serie denominada **INTELSAT VIII**, más un satélite que trabaja en la **Banda Ku** denominado INTELSAT K.

El Consorcio cuenta también con estaciones terrestres que son las responsables del seguimiento, monitoreo y control de sus satélites. En la figura 7.61 se indican las estaciones terrestres del sistema INTELSAT correspondientes a las regiones del Océano Atlántico.

7.10.5.2 Cobertura del Consorcio por regiones geográficas

El **segmento espacial** del **consorcio** INTELSAT está compuesto por 27 satélites que dan cobertura a toda la superficie terrestre; es, por lo tanto, el ámbito comercial más grande del mundo. Para su explotación comercial está dividido en cuatro regiones:

- La **Región del Océano Atlántico** (AOR).
  Abarca América, Europa, Medio Oriente, India y África, con satélites en posiciones orbitales que van desde los 304,5° E a 359° E. Los satélites que sirven a esta Región y su ubicación se indican en la figura 7.61.
- La **Región del Océano Índico** (IOR).
  Abarca Europa, Medio Oriente, India, África y Australia, con satélites en posiciones orbitales que van desde los 33° E a 66° E.

Estaciones terrestres del Atlántico
Sistema INTELSAT

Satélite	Función	Ubicación
INTELSAT V (F-3)	Servicio empresarial de INTELSAT y servicios nacionales con capacidad alquilada	53° Oeste
INTELSAT V (F-4)	Servicios nacionales e internacionales con capacidad alquilada	34,5° Oeste
INTELSAT V. A. (F-11)	Servicio internacionales y nacionales con capacidad alquilada	27,5° Oeste
INTELSAT V. A. (F-10)	Servicios internacionales	24,5° Oeste
INTELSAT IV. A (F-4)	Servicios nacionales con capacidad alquilada	21,5° Oeste
INTELSAT V (F-6)	Servicios nacionales e internacionales	18° Oeste
INTELSAT V (F-2)	Servicios nacionales e internacionales con capacidad alquilada	1° Oeste
INTELSAT VII (1993)	Servicios nacionales e internacionales	307° Oeste
INTELSAT VII-A (1995)	Servicios de televisión y nacionales en banda Ku	329° Oeste

FIGURA 7.61

- La **Región de Asia y el Pacífico** (ABR).
  Abarca Europa, Medio Oriente, Asia, India, África y Australia, con satélites en posiciones orbitales que van desde los 72° E a 1547° E.
- La **Región del Océano Pacífico** (POR).
  Abarca Asia, Australia, Países del Pacífico y al Occidente de América del Norte, con satélites en posiciones orbitales que van desde los 174,5° E a 183° E.

En la figura 7.62 se muestran los satélites que están en funcionamiento en la Región del Océano Atlántico, con sus posiciones orbitales.

Actualmente, el Consorcio está instalando los satélites de la serie **INTELSAT VIII**, cuyos primeros lanzamientos se realizaron en febrero de 1997. En la figura 7.63 se muestra la situación de los satélites de esta serie y su cronograma de entrada en servicio.

Ubicación de los satélites del Consorcio INTELSAT en funcionamiento en 1999 en la Región del Océano Atlántico

Serie	Satélite	Ubicación	Satélite	Ubicación
5	INTELSAT 511	330,5° E		
6	INTELSAT 601	325,5° E	INTELSAT 603	335,5° E
	INTELSAT 605	332,5° E		
7	INTELSAT 705	342,0° E	INTELSAT 706	307,0° E
	INTELSAT 707	359,0° E	INTELSAT 709	310,0° E
8	INTELSAT 801	328,5° E	INTELSAT 805	304,5° E
9[1]	INTELSAT 903	335,5° E	INTELSAT 904	325,5° E

FIGURA 7.62

Consorcio INTELSAT
Satélites de las últimas generaciones —series VIII y IX

Satélite	Vehículo espacial	Lanzamiento	Observaciones
INTELSAT 801	Ariane 44P	27 de febrero de 1997	En órbita
INTELSAT 802	Ariane 44P	25 de junio de 1997	En órbita
INTELSAT 803	Ariane 42L	23 de septiembre de 1997	En órbita
INTELSAT 804	Ariane 42L	21 de diciembre de 1997	En órbita
INTELSAT 805	Atlas IIAS	18 de junio de 1998	En órbita
INTELSAT 901	Protón/Ariane	Tercer trimestre del 2000	Fechas probables
INTELSAT 902	Ariane/Protón	Cuarto trimestre del 2000	Fechas probables
INTELSAT903	Ariane	Primer semestre del 2001	Fechas probables
INTELSAT 904	Ariane	Segundo semestre del 2001	Fechas probables
INTELSAT 905	Se determinará a fines de 1999	Primer semestre del 2002	Fechas probables

FIGURA 7.63

7.10.5.3 Características de los servicios del Consorcio Intelsat

El Consorcio ofrece enlaces en banda C y en banda Ku, para servicios de voz, datos y vídeo, desde velocidades de 64 Kbps, con cobertura internacional, regional y nacional. Las características particulares son las siguientes:

- Las estaciones de los usuarios pueden ser:
  - Estación de gran porte, para el acceso nacional.
  - Estación de mediano porte, para servicios regionales.
  - Estaciones VSAT y USAT, para usuarios individuales.
- Los enlaces suministrados pueden ser:
  - Dúplex (punto a punto).
  - Símplex (punto a punto).
  - Difusión (radio y televisión) símplex (punto/multipunto).
- Su cobertura puede ser:
  - Internacional.
  - Nacional.

[1] Los satélites de esta serie 9 que actualmente están siendo construidos son de la más alta tecnología conocida y suponen una inversión global del orden de un millardo de dólares.

Los satélites del Consorcio INTELSAT para el próximo milenio 7.10.5.4

El Consorcio INTELSAT ha previsto para el próximo milenio reemplazar la totalidad de sus satélites de las series 5 y 6 por satélites de la Serie IX, la de más alta tecnología que haya emprendido esta organización internacional en su historia.

Los primeros lanzamientos de los nuevos satélites correspondientes a esta serie están previstos hacia el segundo semestre del año 2000 y presuponen una inversión del orden de un millardo de dólares. Éstos estarán capacitados para el trabajo simultáneo en las Bandas C y Ku y están siendo construidos con una tecnología que permitirá la interconexión de usuarios que trabajen en una y otra banda de estas frecuencias.

La capacidad de diseño de estos satélites está pensada en:

- Banda C: 32 transponder de 72 MHz y 12 transponder de 36 MHz.
- Banda Ku: 8 transponder de 72 MHz y 8 transponder de 36 MHz.

Esta nueva serie de satélites está prevista para poder brindar soluciones de muy alta calidad a clientes que requieran servicios de voz, datos e imágenes fijas y en movimiento. En particular, se prevee la prestación de los siguientes servicios:

- Organización de Redes Intranet y posibilidad de su conexión y establecimiento de vínculos con la Red Internet.
- Tráfico que utilice las tecnologías del tipo de la Jerarquía Digital Sincrónica (SDH) y las correspondientes al Modo de Transferencia Asincrónico.
- Transmisión por difusión de señales de Televisión del tipo Digitales de Alta Definición (DTH).
- Redes públicas y privadas de voz y datos.
- Otras prestaciones para ser utilizadas en redes de banda ancha, tales como:
  - Trunking de Muy Alta Velocidad.
  - Telemedicina.
  - Educación a distancia interactiva.
  - Televisión interactiva.
  - Otros servicios multimediales.

En la figura 7.64 se muestran las características previstas para los cuatro primeros satélites de esta serie y la zona a la que serán asignados.

Los sistemas satelitales iberoamericanos 7.10.6

PanAmSat 7.10.6.1

La **Corporación PanAmSat** es uno de los proveedores privados de servicios de comunicaciones satelitales más importantes del mundo. Fue creada por iniciativa personal del mejicano don **René Anselmo**, como una alternativa al Consorcio INTELSAT y a otros consorcios regionales. En 1988, **PanAmSat** lanzó su primer satélite denominado PAS-1, ubicado en una órbita que permitía cubrir la Región del Océano Atlántico, convir-

Características de los satélites de la serie INTELSAT IX

Satélite	Ubicación	Zona de servicio	Constructor	Capacidad
INTELSAT 901	60° Este	Océano Índico	Space Systems y Loral	Hasta 96 transponder de 36 MHz
INTELSAT 902	62° Este	Océano Índico	Space Systems y Loral	Hasta 96 transponder de 36 MHz
INTELSAT 903	335,5° Este	Océano Atlántico	Space Systems y Loral	Hasta 96 transponder de 36 Mhz
INTELSAT 904	325,5° Este	Océano Atlántico	Space Systems y Loral	Hasta 96 transponder de 36 MHz

FIGURA 7.64

tiéndose así en el primer proveedor privado de servicios de comunicaciones satelitales en el ámbito internacional.

En 1989, la **Cadena de Noticias** CNN comenzó a utilizar el **PAS-1** para la difusión de su programación en América Latina.

En septiembre de 1996, **Panamsat** y la división **Galaxy Satellite Services** de la empresa **Hughes Communications, Inc.** fusionaron sus operaciones constituyendo una nueva sociedad anónima con el nombre de **PanAmSat Corporation**, actualmente ubicada en la ciudad de Greenwich, en el estado de Connecticut, en los Estados Unidos. La **PanAmSat Corporation** es uno de los principales proveedores comerciales del mundo en servicios de comunicaciones satelitales, con una red global de 17 satélites geosincrónicos y siete instalaciones técnicas terrestres. Los servicios más importantes que presta son los siguientes:

- Los principales satélites para los servicios de televisión para la difusión de radio y televisión, incluido el sistema **direct to home** TV, en los Estados Unidos, América Latina, el subcontinente de la India y la región de Asia y del Pacífico.
- Servicios globales de telecomunicaciones para voz, datos y acceso a **Internet**.

Recientemente, en diciembre de 1997, la empresa puso en órbita, a través de un cohete **Atlas II AS**, el satélite **Galaxy VIII-i**, de 3560 kilogramos de peso, que permitirá la transmisión de 200 canales de televisión a la Región de América Latina, mediante **32 transponder** que trabajan en la **Banda Ku**. Este satélite está situado en una posición de 95° de longitud este.

Esta empresa opera con una red internacional de 17 satélites desde 1998 y espera contar con unos nueve satélites más en 1999.

7.10.6.2 La sociedad Hispasat S. A.

En el mes de julio del año 1989, se crea en España la Sociedad Hispasat S. A. con el objeto de entrar en la era satelital. Ese mismo año se comienza a construir el primer satélite con tecnología de la primera generación y en 1992 se pone en órbita con el nombre de HISPASAT 1A. Esta sociedad tiene

como socios a las siguientes empresas: Retevisión, Telefónica de España, Caja Postal, INTA, SEPI y CDTI.

Posteriormente, en el mes de julio de 1993, lanza su segundo satélite HISPASAT 1B y a finales del año 1999 tiene previsto comenzar a operar con su tercer satélite, el denominado HISPASAT 1C. Hispasat utiliza la posición 30° Oeste, lo que le permite ofrecer servicios de comunicaciones satelitales a ambos lados del Océano Atlántico. Los satélites Hispasat 1A e Hispasat 1B ofrecen las siguientes prestaciones:

- Difusión de Televisión en la modalidad Directa al Hogar.
- Televisión Digital.
- Distribución de las señales Radio.
- Difusión de Datos.
- Implantación de Redes Empresariales.
- Redes para la Teleimpresión de Periódicos.
- Redes de Control Medioambiental.

En cuanto a su nuevo satélite Hispasat 1C, está pensado como un satélite moderno, orientado a las demandas del mercado español e Iberoamericano de Televisión Digital.

La Sociedad Hispasat participa en programas de investigación y desarrollo, tanto a nivel nacional como europeo y en diversos programas de innovación tecnológica, propiciando que la Industria Aerospacial Española tenga una destacada participación en la construcción de los futuros satélites Hispasat.

El sistema HISPASAT está compuesto por dos satélites en órbita, situados ambos en la posición orbital de 30° Oeste. Ambos tienen una vida útil estimada de 10 años y una carga útil del orden de los 270 kilogramos.

La Sociedad posee un Centro de Control de Satélite con las funciones de telemetría, telemando y control de los satélites en órbita y un Centro de Control de la Capacidad de Telecomunicaciones de los satélites, dedicado a comprobar el correcto estado de funcionamiento de los repetidores de telecomunicación alojados en los satélites.

En cuanto al satélite Hispasat 1C, está siendo construido por la empresa Aerospatiale, lo que permitirá la participación de la Industria Aeroespacial Española. Este satélite contará con un total de 24 transponder con un ancho de banda de 36 MHz cada uno, que trabajarán en la Banda Ku. Asimismo, reforzará la actual oferta de servicios del sistema Hispasat y garantizará su expansión ante la creciente demanda de nuevos Servicios de Comunicaciones por Satélite. Está prevista su fabricación en un plazo de 23 meses. Su vida útil será de 15 años y su masa de lanzamiento de unas tres toneladas. Se situará, junto con los dos satélites predecesores en la posición orbital de 30° Oeste, lo que le permitirá aumentar la oferta del sistema para ofrecer Servicios de Comunicaciones por Satélite tanto en Europa como en América.

En la figura 7.65 se muestran los haces de cobertura nacional e internacional de los satélites HISPASAT.

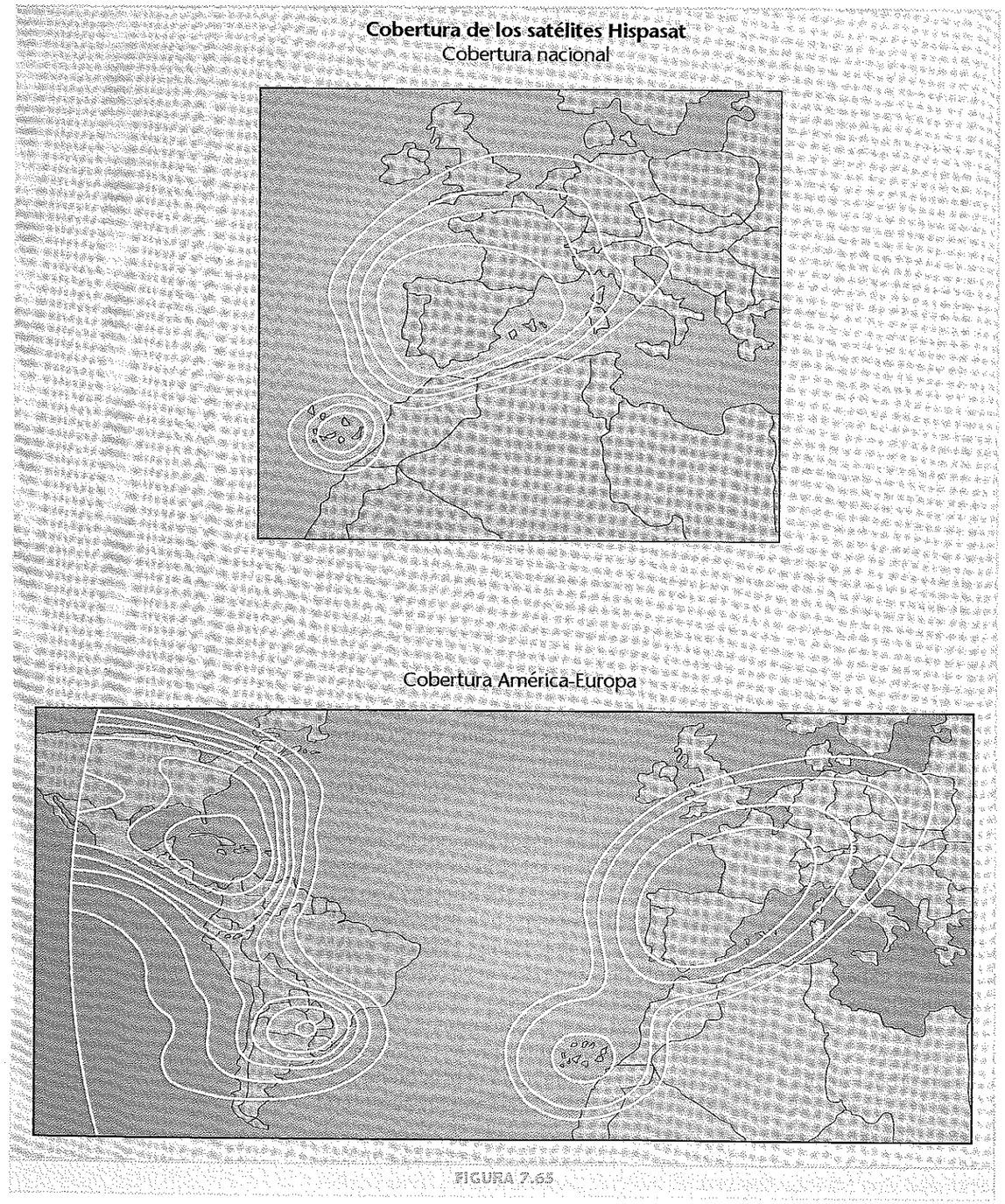


FIGURA 7.65

El consorcio Argentino Nahuelsat 7.10.6.3

En el año 1992, el Ente Nacional que tiene la misión de regular los servicios de telecomunicaciones en la República Argentina, denominado **Comisión Nacional de Telecomunicaciones** (CNT), licitó la puesta en funcionamiento de satélites domésticos en las posiciones orbitales que ese país tenía asignadas por la **Unión Internacional de Telecomunicaciones** (UIT).

La licitación fue ganada por la empresa **Nahuelsat Sociedad Anónima**, un consorcio integrado por las empresas **Deutsche Aerospace**, del grupo Mercedes Benz de Alemania, **Aerospatiale** y **Alcatel** de Francia, y la empresa **Alenia Spacio** de Italia. Se otorgó a **Nahuelsat S. A.** el derecho a operar, durante 24 años a partir de 1997 con opción a seis años adicionales, un sistema privado y comercial en las posiciones orbitales antes señaladas.

Hasta el lanzamiento del primer satélite, las transmisiones se hicieron provisionalmente con dos satélites provistos por la firma Telesat del Canadá, denominados ANIK C1[1] y ANIK C2.

En enero de 1995, **Nahuelsat S. A.** de Argentina, y la que era entonces la empresa oficial de México, **Telecomunicaciones de México S. A.**, firmaron un convenio para usar la capacidad de los satélites SOLIDARIDAD en el territorio Argentino, y de los satélites NAHUEL[2] en el mejicano, completando la oferta de servicios que brindaban ambas empresas. Este acuerdo surgió de los compromisos contraidos por ambos países en materia de telecomunicaciones de los que se conoce como **Grupo Río**.

Así, la citada empresa se puso en marcha para la construcción del **Sistema Satelital Argentino**, para lo cual comenzó a operar el sistema transitorio, con los satélites ANIK, e inició la construcción de su estación satelital en la localidad de Benavídez, Provincia de Buenos Aires. Este centro de control entró en funcionamiento en noviembre de 1996; y su primer satélite propio, el **Nahuel I A**, entró en órbita geoestacionaria el 31 de enero de 1997. Este satélite, con un peso al momento del lanzamiento de 1780 kilogramos, fue colocado en órbita por la empresa francesa **Arianespace** desde el Centro Espacial Guyanés[3], en Kurú, Guyana Francesa, por un cohete **Ariane V93**, en la posición 71,8° Este. Este satélite tiene una altura de 2,50 metros y una extensión en órbita de 22,40 metros.

El servicio está organizado en tres regiones, tal y como se muestra en la figura 7.66, para las cuales se utilizan tres **haces (beam)**, denominados A, B y L, que se usan de la siguiente manera:

---

1 La palabra **anik** significa *hermanito* en idioma **inuit**. Los Inuits son habitantes nativos, que viven en la parte norte del Canadá.

2 La palabra **nahuel** significa *tigre* en idioma **mapuche**. Los mapuches son habitantes nativos, que viven en la parte sur de la Cordillera de los Andes; tanto del lado argentino como del chileno.

3 Su administración es compartida por la **Agencia Espacial Europea** (ESA), el **Centro Nacional de Estudios Espaciales** (CNES) francés, y la empresa privada **Arianespace**. El primer lanzamiento desde este Centro, se realizó en el año 1968, y desde allí fue lanzado el primer cohete de la serie **Ariane**, en el año 1979.

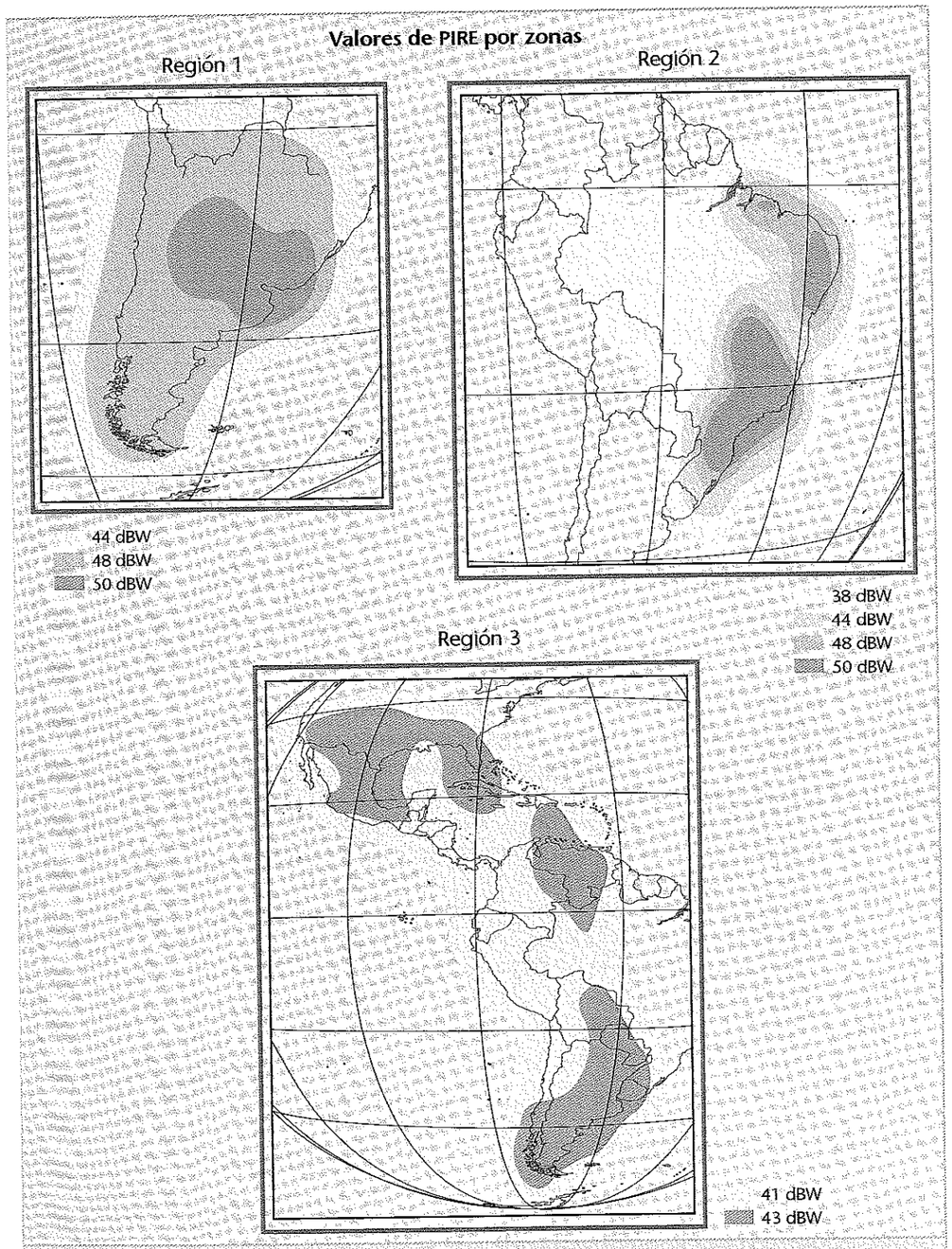


FIGURA 7.66

- **Región 1-Cono Sur (Argentina)**: usa el **haz** A y los transponder Nº 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 y 23.
- **Región 2-Brasil**: usa el **haz** B y los transponder Nº 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 y 16.
- **Región 3-Continente Americano**: usa el **haz** L y los transponder 17, 19 y 21.
- Para el establecimiento de enlaces entre las Regiones Nº 1 y la Nº 2 se utilizan los transponder Nº 2, 4, 6 y 8.

Sus sistemas de estabilización en los tres ejes, poseen una tolerancia en el mantenimiento de la posición que no excede el valor de 0, 15° en longitud o en inclinación. Posee un peso seco de 828 kilogramos y tiene prevista una vida útil de 12 años. Está construido para trabajar en la **Banda Ku** con 24 transponder de alta potencia con un ancho de banda de 54 MHz[1] cada uno, de los cuales 18 son principales y 6 de reserva. Su capacidad máxima es de 36 canales de televisión (o 180 canales usando compresión digital), o su equivalente en 18 000 canales de voz. El sistema NAHUEL proporciona los siguientes servicios:

- Difusión de señales de radio y televisión; incluida la **televisión directa al hogar (Direct to Home TV)**.
- Servicios a redes telefónicas de alta capacidad.
- Servicios de datos, incluido el acceso a Internet.
- Telesupervisión y Telecomando.
- Telefonía urbana y rural digitalizada.
- Seguimiento de vehículos y supervisión remota.
- **Trunking**[2] nacional.

Los sistemas satelitales mexicanos 7.10.6.4

Los Estados Unidos Mexicanos cuentan con cuatro posiciones orbitales asignadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones. El primer sistema satelital mejicano fue constituido por los satélites Morelos I y II que fueron lanzados en el año 1985 y que ya han finalizado su vida útil.

La segunda generación de comunicaciones espaciales para México está constituida por el sistema de satélites denominado Solidaridad. Éstos, al igual que los satélites Morelos, cuentan cada uno con 18 transponder de banda C, con más potencia que los primeros y con una cobertura geográfica más amplia, además de contar con 16 transponder de banda Ku, equivalentes a 4 veces la capacidad que se tenía con los satélites de su primera generación.

Sus haces de emisión cubren la totalidad del territorio de México. En la Banda Ku, además, llegan con sus señales hasta la frontera sur de los Estados Unidos, la costa Este de los Estados Unidos y las ciudades de San

1 El transponder 23 sólo tiene una capacidad de 51,3 MHz.
2 Este servicio, **Trunking**, se refiere al uso de un conjunto de frecuencias que son compartidas por varios usuarios.

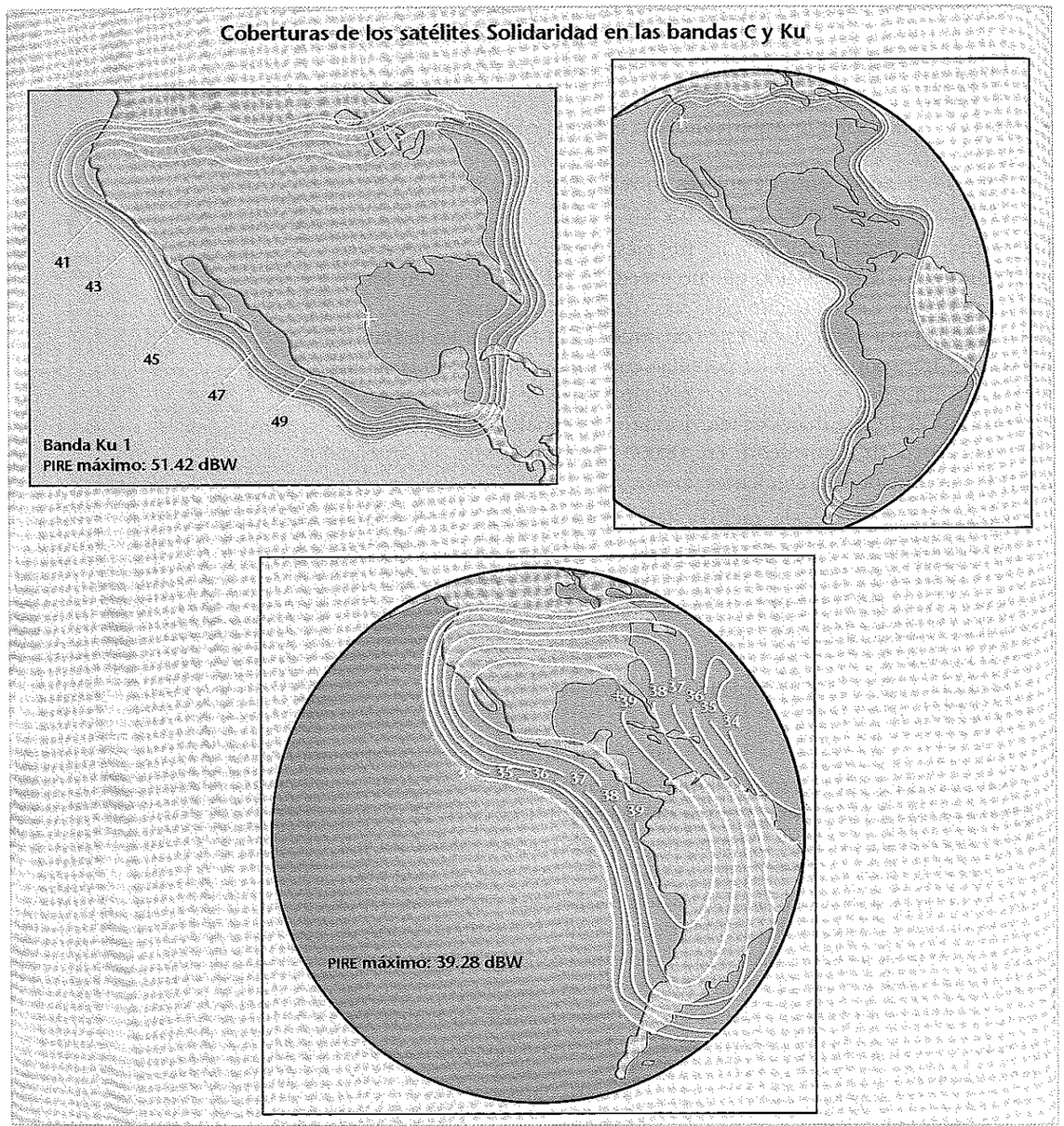


FIGURA 7.67

Francisco y Los Angeles. En la Banda C, la extensión va desde el Caribe y Centroamérica hasta la parte austral del continente americano.

En la figura 6.67 se muestran los haces de cobertura en las bandas señaladas.

Estos sistemas poseen un centro de control y operaciones para satélites que se encuentran ubicados en la ciudad de Iztapalapa. Este centro cuenta con los sistemas electrónicos necesarios para mantener en operación esa flota. Un centro de control alterno en la ciudad de Hermosillo Sonora, en la parte noreste del país, asegura una mayor confiabilidad al sistema.

Actualmente, la explotación de estos sistemas satelitales ha pasado del Estado Nacional a la empresa privada SATMEX S. A., que ha incorporado un nuevo y moderno satélite denominado SATMEX5[1], con capacidad en las Bandas C y Ku en la posición 116,8°. Este satélite posee 48 transponder de 36 MHz de ancho de banda que operan la mitad en la Banda C y la otra mitad en la Banda Ku. Su potencia le permite el uso de antenas menores de 1 m de diámetro y le permite brindar mediante su alta capacidad servicios de radiodifusión digital con gran confiabilidad en casi todo el continente americano.

En la figura 6.68 se muestran los haces de cobertura en las bandas señaladas. (Pueden verse también en la web www.satmex.com.mx/flota/satmex5.html.)

SATMEX 5 fue fabricado por Hughes Space & Communications, habiendo participado en los trabajos de diseño e integración profesionales mexicanos. La vida útil esperada de SATMEX 5 es de 15 años y fue puesto en órbita por un cohete de la empresa Arianespace.

Guía de onda 7.11

Definición y uso 7.11.1

Se denomina guía de onda a lo siguiente:

Medio de transmisión especialmente apto para conducir señales de longitudes de onda micrométricas. Estas señales se utilizan en los sistemas de comunicaciones que trabajan a frecuencias elevadas, y se emplean en distancias cortas, principalmente para efectuar la conexión entre la antena y los equipos transmisor y receptor.

Guía de onda

Las ondas electromagnéticas en frecuencias del **orden de los** GHz no pueden ser transmitidas, con pérdidas razonables, por ningún tipo de cables de cobre, cualquiera que sea su geometría. Las razones que impiden su uso se deben principalmente a dos causas: por un lado, a esas frecuencias estos cables **radian energía**, y por otro, esta energía tiende a circular solamente por su superficie, en razón del denominado **efecto pelicular**[2].

[1] El número 5 se refiere a que éste es el quinto satélite mejicano.
[2] Ya desarrollado en el capítulo 6 de esta obra.

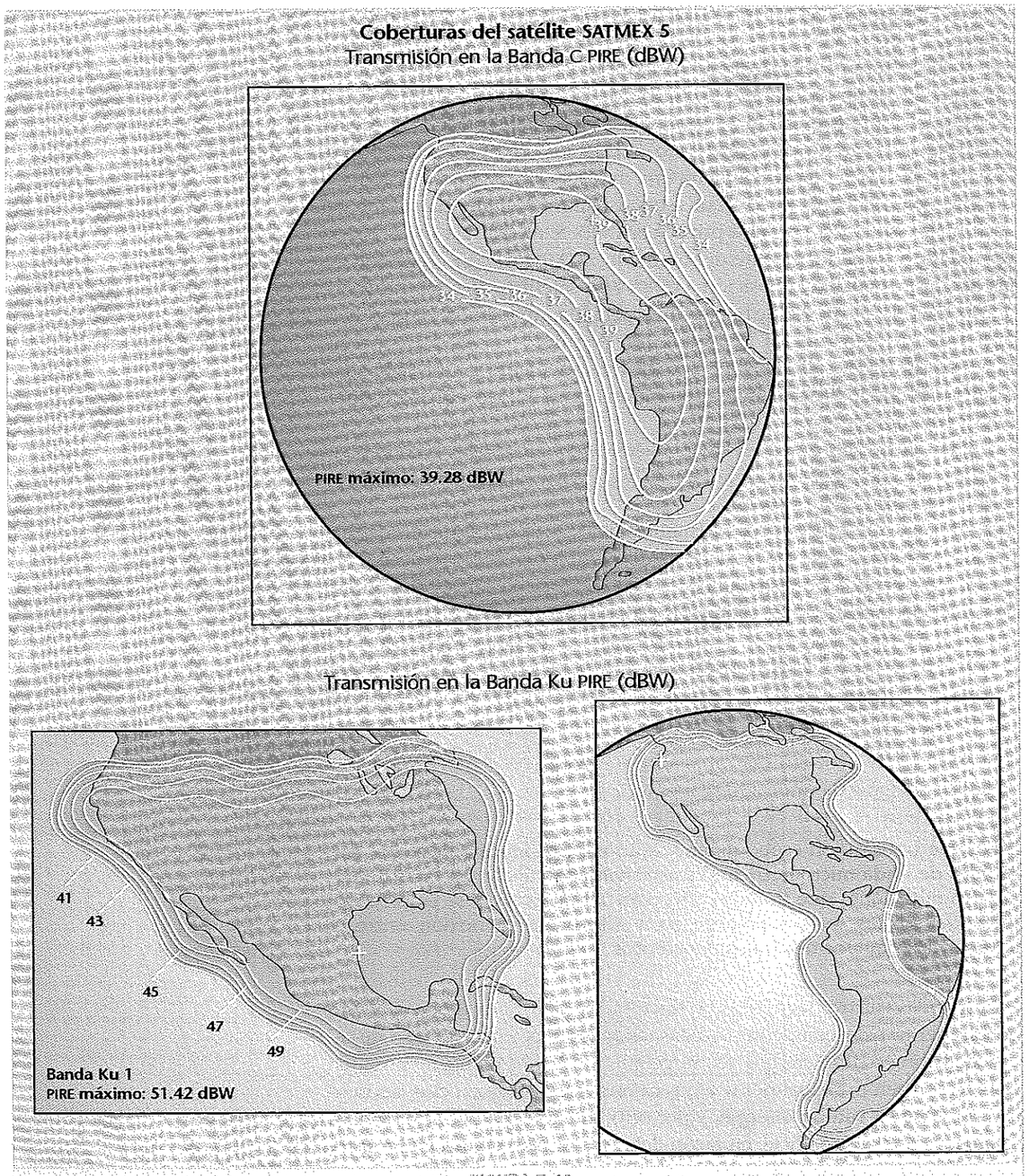


FIGURA 7.68

Para poder solucionar este tipo de problemas se utilizan las guías de onda, que resultan elementos simples, sencillos de construir y prácticos de instalar. Sin embargo, debemos destacar que en algunas aplicaciones también se pueden usar, como alternativa, las fibras ópticas y los cables coaxiales.

Su uso está reservado a los diseñadores de los equipos electrónicos de transmisión y recepción de señales, que trabajan en las bandas de UHF y superiores, y son principalmente aptas para permitir la conexión de los transmisores y receptores con las antenas correspondientes.

Características generales 7.11.2

En general, las guías de onda están construidas en tubos huecos, de una longitud de 5 a 15 metros de largo aproximadamente, y tienen secciones tales que permiten la propagación de las ondas electromagnéticas en su interior. Como éstas sufren una atenuación en el interior de la guía, es conveniente reducir en todo lo que sea posible su longitud.

Por otra parte, cabe destacar que las pérdidas en las guías de onda aumentan rápidamente cuando disminuye la longitud de onda. También es importante que el aire que contiene la guía de onda esté libre de humedad, pues la atenuación crece con el aumento de esta última. Para evitar la humedad, se las suele someter a sobrepresión (con aire seco o con gas inerte, como el nitrógeno), o bien, en otros casos, se aplican sistemas de calentamiento eléctrico.

El material con el cual se fabrican las guías de ondas puede ser cobre rojo, para las bandas de longitud de onda de entre **9 mm a 3 mm**, mientras que en las instalaciones que se requiere poco peso se utiliza el aluminio protegido por un tratamiento anódico. Para frecuencias menores, es decir, ondas más largas del orden de **10 a 25 cm**, se pueden utilizar indistintamente aluminio, cobre o latón. El cobre rojo es el que tiene menores pérdidas.

Las dimensiones de los tubos se normalizan según las distintas bandas de frecuencias. Una guía de onda, se construye uniendo entre sí varios trozos de guía de onda de dimensiones normalizadas. En la figura 7.69 se representa la sección de una guía de ondas, siendo a y b las dimensiones interiores; y c y d, las exteriores, mientras que e, es la dimensión que corresponde al espesor.

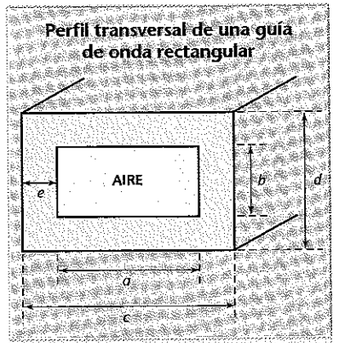


FIGURA 7.69

En la figura 7.70 se puede observar que a medida que disminuye la frecuencia de trabajo, se necesita una guía de ondas de mayores dimensiones y las pérdidas resultan menores, pues la atenuación disminuye.

La forma de las guías de onda puede ser circular, rectangular, etc., y está directamente relacionada con el modo de propagación de la señal electromagnética que por ellas se transmite hacia la antena y desde ella.

Por último, se están realizando experiencias para conseguir transmisiones a mayor distancia, por lo que se prevé su posible utilización futura en sistemas de comunicaciones de muy alta capacidad.

Aspectos técnicos 7.11.3

En las guías de onda, la transmisión de la energía no se realiza a través de las paredes de la guía, sino a través de su dieléctrico, que normalmente

Atenuación de las guías de onda
en función de la frecuencia

Frecuencia (MHz)	Longitud de onda (cm)	Dimensiones exteriores (cm)	Atenuación (dB/m)
26500-40000	0,9	0,71 × 0,355	0,51-0,58
8200-12400	3,2	2,28 × 1,03	0,10-0,15
2600-3950	10,0	7,22 × 3,49	0,02-0,05
1120-1700	25,0	16,50 × 8,25	0,01-0,07

FIGURA 7.70

es el aire adecuadamente tratado. La energía se propaga por medio de ondas electromagnéticas que se van reflejando en las paredes de la guía siguiendo una forma en **zigzag**. Por lo tanto, las leyes que rigen este tipo de transmisión están directamente relacionadas con las que se utilizan para describir el comportamiento de los campos eléctrico y magnético[1].

La sección transversal de la guía, parámetro que en la figura 7.69 fue definido como *a*, debe ser del **mismo orden de la longitud de onda** de la señal que se está transmitiendo por la guía.

7.12 Láser

7.12.1 Definición y uso

Llamaremos sistemas **láser**[2] para la transmisión de señales, a:

láser

Equipos de telecomunicaciones que transmiten por medio de emisores que generan un haz de luz coherente (esta luz puede o no ser visible al ojo humano). Este haz, convenientemente modulado, permite transmitir señales de información entre dos puntos geográficos distantes.

[1] Leyes de Maxwell y complementarias.
[2] La palabra LASER es el acrónimo de la expresión en inglés: **Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation**, es decir, **luz amplificada por emisión estimulada de radiación**.

Su uso, si bien no está muy difundido, se aplica en casos muy particulares, como los **enlaces punto a punto digitalizados**, dentro de grandes ciudades y a distancias visuales.

Su alcance está limitado por la distancia máxima de propagación del haz de luz, que puede llegar hasta valores próximos a la decena de kilómetros. Los equipos que usan este tipo de tecnología son muy fáciles de instalar, pero resultan vulnerables a todo aquello que afecte el haz de luz que genera el láser, como por ejemplo la niebla. En la figura 7.71 se muestra un sistema láser punto a punto instalado en un área urbana de gran densidad.

También el láser, como se ha señalado en este capítulo, tiene utilidad como parte de la electrónica en los sistemas de telecomunicaciones por fibras ópticas. En ese caso, su uso es solamente como un componente más del sistema, y no como un sistema integrado de comunicaciones, como es el caso que se trata aquí.

7.12.2 Características de los equipos láser

El láser ha alcanzado un avance extraordinario en los últimos años, especialmente en el área de comunicaciones. Su uso en los sistemas de comunicaciones presenta una ventaja importante con respecto a las transmisiones de radio o microondas y es el **gran ancho de banda disponible**.

Sus limitaciones más importantes están relacionadas con el comportamiento de la atmósfera por la que deben transmitirse sus emisiones. Cuando ésta presenta turbulencias producidas, por ejemplo, por fenómenos tales como niebla, lluvia, humedad, etc., se dificulta su propagación. En estos casos, pueden producirse serias limitaciones respecto a la cantidad de información a transmitir.

Instalación de un sistema láser entre dos edificios

FIGURA 7.71

En el espacio, donde no existen las partículas atmosféricas que dificultan o limitan su propagación, el láser puede ser un medio de telecomunicaciones de muy alta eficacia.

Actualmente, el mayor esfuerzo tecnológico que se está realizando es para obtener procedimientos que permitan modular las señales de los **transmisores láser** mediante elementos mecánicos o efectos electroópticos.

7.12.3 Principio de funcionamiento del láser

7.12.3.1 Fluorescencia

Supongamos un átomo en el estado fundamental, con una energía que denominaremos E_1. Si recibe una cierta cantidad de energía ΔE, por ejemplo por medio del bombardeo con un **fotón**, entonces, como resultado de un proceso de absorción de energía, cambia su estado inicial, pasando a un nivel E_2, denominado nivel de excitación. Esto se puede observar en la figura 7.72. El átomo en ese nivel de excitación es inestable, por lo cual al cabo de un corto tiempo regresa al estado de reposo inicial, E_1, emitiendo un **quantum** de energía, que se materializa en la emisión de luz. A este proceso de emisión se lo denomina **fluorescencia** y su duración es de unos pocos milisegundos.

En general, parte de la energía absorbida en el proceso de excitación, se consumirá en la producción de **calor**. Por tanto, la liberación de energía que ocurre durante la **fluorescencia es menor** que la adquirida por el átomo durante la excitación[1].

En consecuencia, la luz emitida por el fenómeno de fluorescencia tiene una **longitud de onda mayor** que la de la radiación de excitación. Si la energía de radiación es E_1 y la fluorescencia E_2 resulta:

$$E_1 << E_2 \qquad (7.6)$$

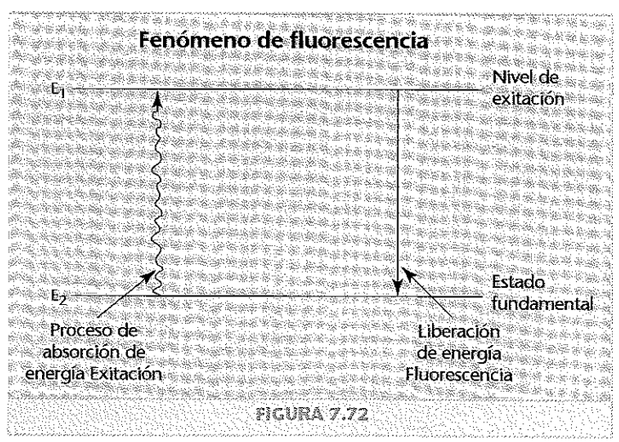


FIGURA 7.72

[1] Según la **Ley de Stokes**.

y sus respectivas longitudes de onda λ_1 y λ_2 serán:

$$\lambda_2 << \lambda_1 \qquad (7.7)$$

7.12.3.2 Emisión estimulada

Si un átomo se encuentra en el nivel de excitación E_2 y otro fotón lo bombardea ocurre un proceso denominado **emisión estimulada**. Este proceso consiste en la emisión de un **fotón** en forma de energía lumínica por parte del átomo, sin esperar el retorno de éste al estado E_1 fundamental. Éste es el principio fundamental de operación del **Láser** o **Máser**[1].

El primer **máser** consistió en una pequeña caja de metal que contenía moléculas excitadas de amoníaco. Dentro de la caja se radiaba una señal de microondas de aproximadamente 24 GHz y se obtenía como salida la emisión de un haz coherente de **microonda**.

A finales de la década de los años cincuenta, se comenzó a aplicar el mismo principio del máser en la región del espectro de frecuencias correspondiente a la **luz visible**. Así surgió el primer **láser** que utilizó un cristal de rubí como medio activo y obtenía la resonancia mediante las reflexiones sucesivas de la luz en una cavidad con espejos enfrentados, proceso que se ha denominado de **avalancha**.

La energía lumínica emergente es **luz monocromática**[2]; en el caso del láser de rubí, la longitud de onda es 694 nm, o sea, se obtiene un haz de color rojo. En la figura 7.73 se pueden observar algunos de los diferentes tipos de láser comercialmente existentes.

7.12.4 Distintos tipos de láser

El láser puede ser, según su diseño y construcción, de cuatro tipos diferentes:

- Gaseoso.
- Líquido.
- Sólido.
- Semiconductor.

El láser gaseoso utiliza mezclas de **helio**[3] y **neón**[4] contenidas en tubos de vidrio. Estas mezclas son excitadas por medio de descargas eléctricas en el gas.

El láser líquido utiliza fluidos orgánicos estimulados por pulsaciones de luz de alta potencia.

El láser sólido utiliza cristales, como es el caso del **rubí**, excitados por lámparas especiales de filamentos de **tungsteno**[5].

[1] La palabra MASER es el acrónimo de la expresión en inglés: **Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation**, es decir, **microonda amplificada por emisión estimulada de radiación**.

[2] Es decir, de una sola longitud de onda, a diferencia de la luz blanca, por ejemplo, que es la suma de señales luminosas de varias longitudes de onda.

[3] El número atómico del helio (He) es 2.

[4] El número atómico del neón (Ne) es 10.

[5] El número atómico del tungsteno (W) es 74.

Tipo de láser

Ion activo	Longitud de onda emitida
Cadmio	325; 441,6 nm
Argón	351,1; 448 nm
Kryptón	476,2 nm
Neón	632,8 nm
Cromo	694,3 nm
Samarro	708,3 nm
Neodimio	1,06 × 10 mm
Uranio	2,5 × 10 mm
CO_2	10,6 × 10 mm

FIGURA 7.73

El láser semiconductor se construye con uniones **p-n**. La excitación se realiza mediante una corriente eléctrica, que controla la cantidad de corriente en el medio activo. Este tipo de láser es fácil de modular, y por lo tanto es muy útil en las aplicaciones relacionadas con los sistemas de telecomunicaciones.

7.12.5 Evolución futura del láser

Los equipos láser convencionales requieren una fuente de alta tensión para obtener los potenciales necesarios que **ionicen al gas** y permitan **lasear** al mismo.

Actualmente se trabaja con láseres constituidos por semiconductores, que son sencillos, de pequeñas dimensiones y no requieren fuente de alta tensión. Los primeros logros con este tipo de láser se obtuvieron en 1962 al conseguir producir una emisión estimulada en una unión p-n. El material usado fue **Arseniuro de Galio (Ga As)** con impurezas de **zinc**[1]. Este tipo de láser produce una radiación lumínica de color rojo que actualmente se emplea comercialmente. En la figura 7.74 se muestra un esquema del láser de unión p-n.

En conclusión, el láser, como medio de comunicaciones, se emplea como elemento transmisor de pulsos de luz y puede operar en un sistema que utilice un cable óptico (medio alámbrico, como en la óptica física) o

[1] El número atómico del zinc (Zn) es 30.

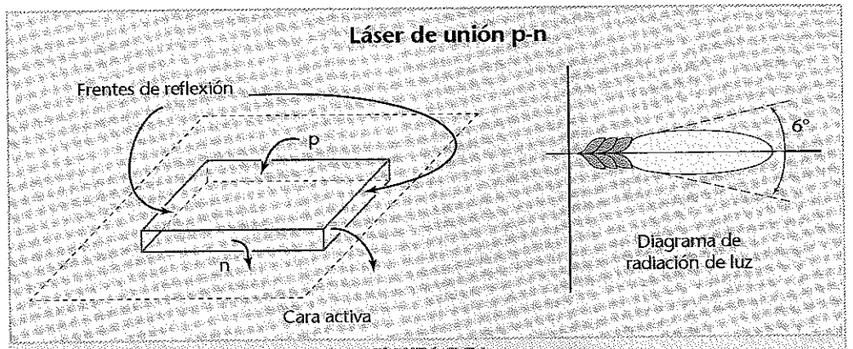


FIGURA 7.74

uno inalámbrico, como la atmósfera o el vacío. En el primer caso, los pulsos de luz se deben introducir en el núcleo de la fibra mediante un acoplamiento muy preciso y costoso; en el segundo, se deben utilizar antenas muy directivas, para poder centrar el haz de luz hacia la antena receptora.

Ejercicios planteados del capítulo 7

A. Problemas a resolver

1. Un equipo de radio se vincula con la antena mediante la llamada **línea de transmisión**, que se ocupa de transferir la energía en ambos sentidos, con la menor pérdida y distorsión posible. Estas líneas pueden ser cables coaxiales. Suponga que se emplea el cable RG 213/U y que el transceptor (transmisor/receptor) tiene una potencia de salida de 32 W, operando a la frecuencia de 400 MHz. Si la longitud de la línea es de 30 metros, ¿cuál es la potencia aplicada a la antena debido a la atenuación introducida por la línea?
2. Indicar el material dieléctrico para el cual el cable coaxial presenta mayor velocidad de propagación. Calcule el valor de la velocidad con dicho material. ¿Qué características físicas tendrá ese cable y qué dificultad presentará desde el punto de vista mecánico?
3. Dado un enlace radioeléctrico a la frecuencia de 30 MHz, ¿cuál será la longitud necesaria de las antenas para un buen rendimiento, si las mismas fueran de media longitud de onda?
4. ¿Cuál será la distancia del enlace visual para un vínculo cuyas antenas tienen una altura de 20 metros, teniendo en cuenta la curvatura experimentada por la trayectoria de las ondas radioeléctricas debido a la acción ejercida por la atmósfera?
5. Se tiene un enlace de fibra óptica monomodo, con los siguientes parámetros:
   - Ancho de banda: 10 GHz/km
   - Longitud de cable: 400 m
   - Distancia del enlace: 10 km
   - Atenuación por empalme mecánico: 0,5 dB
   - Atenuación por conector: 0,6 dB
   - Atenuación de la fibra óptica: 0,3 dB/km
   - Sensibilidad del detector (receotir): −55 dbm

   a. Calcule la potencia en watts necesaria en el transmisor, suponiendo un factor de diseño de 10 dB. Se emplearán dos conectores, uno en el transmisor y uno en el receptor.
   b. Calcular el ancho de banda disponible.
6. El cono de aceptación de la fibra óptica, llamado también **apertura numérica** (NA), es función de los índices de refracción. La expresión de cálculo es:

$$NA = \sqrt{N_1^2 - N_2^2}$$

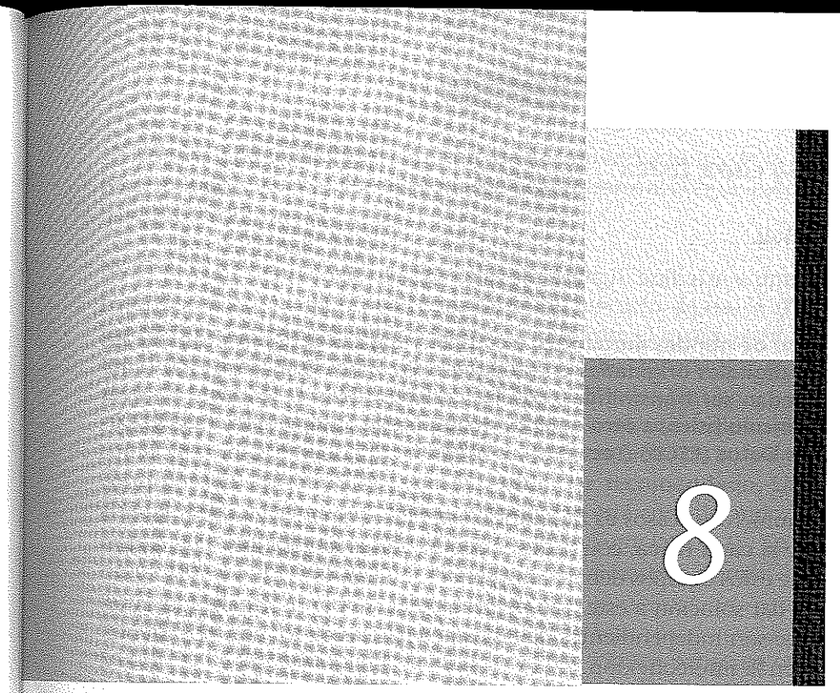
Si el índice del núcleo es de 1,48 (siempre mayor) y el del recubrimiento es de 1,46, ¿cuál es la apertura numérica de la fibra? ¿Cómo reduciría el cono de aceptación? ¿Qué dificultad implica tener un cono pequeño?

7. ¿A qué frecuencia corresponden las longitudes de onda de la primera, segunda y tercera ventanas en las que trabajan las fibras ópticas?
8. En un enlace UHF es esencial que las antenas del transmisor y del receptor estén en la misma línea óptica. Si no se considera el fenómeno de difracción pero sí se tienen en cuenta la curvatura de la Tierra y su radio, ¿a qué altura mínima deben encontrarse ambas antenas si la distancia del enlace es de 50 km?
9. Deducir la expresión del ángulo de apertura en una fibra óptica a partir de la Ley de Snell.
10. Una línea de comunicaciones de longitud L tiene como circuito equivalente a un circuito RL **serie** donde **R = 15** y **L = 2 mH**. Si a la línea se le aplica una tensión alterna ***V(t)* = 100 sen 500 *t* volt**, calcular la impedancia compleja de la línea de comunicaciones.
11. Dado un enlace de microondas de una longitud de 7,6 km, que opera a la frecuencia de 11,2 GHz, y con las siguientes características adicionales:
    - Potencia de transmisión: 27 dbm
    - Atenuación de filtros y otros elementos: 3 dB
    - Atenuación de las guías de onda: 7,5 dB
    - Ganancia de la antena: 45 dB
    - Atenuación de la señal en el espacio libre: 13,1 dB

    Calcular la sensibilidad mínima que debería tener el receptor.

B. Temas a desarrollar por el lector

1. Determinar cuáles son los principales factores que atenúan una señal radioeléctrica en el espacio libre.
2. Evaluar los diferentes tipos de fibras ópticas que se producen comercialmente y determinar su utilización más frecuente.
3. Determinar el tipo de modulación, el método de corrección de errores y el tipo de polarización utilizados en la transmisión satelital para los siguientes servicios: VSAT y SCPC a demanda.
4. Investigue el siguiente tema:
   ¿Cuáles son los sistemas satelitales que utilizan las prestadoras de servicios de telecomunicaciones de su país, tanto para las comunicaciones interurbanas como para las internacionales?
5. Si para las comunicaciones interurbanas se utilizara un satélite doméstico, ¿cuáles son sus características principales, su área de cobertura y qué capacidad posee? ■



8 Equipos módem de datos

8.1 Interfase serie de la capa física 526
- **8.1.1 Definición 526**
- **8.1.2 Interfases series más difundidas de la capa física 526**
- **8.1.3 Empleo práctico de estas interfases 528**

8.2 La norma V.24 y su similar, la RS 232 528
- **8.2.1 Características técnicas principales 528**
- **8.2.2 Principales limitaciones que presenta 529**
- **8.2.3 Niveles de normalización 529**
- **8.2.4 Características funcionales 531**
- **8.2.5 Descripción de algunos procedimientos de esta recomendación 537**

8.3 La interfase digital RS-449 540
- **8.3.1 Consideraciones generales 540**
- **8.3.2 Consideraciones particulares 541**

8.4 La interfase digital X.21 542
- **8.4.1 Consideraciones generales 542**
- **8.4.2 Consideraciones particulares 545**
- **8.4.3 Características funcionales 545**

8.5 La recomendación V.35 548
- **8.5.1 Consideraciones generales 548**
- **8.5.2 Consideraciones particulares 549**

8.6 Módem de datos 549
- **8.6.1 Características de los modems de datos 549**
- **8.6.2 Funciones de los modems de datos 551**
- **8.6.3 Clasificación de los equipos módem de datos 556**

8.7 Los modems de datos inteligentes 568
- **8.7.1 Las comunicaciones de datos en los computadores personales 568**
- **8.7.2 Sus características 569**

8.8 Funciones que prestan los modems de datos inteligentes 571
- **8.8.1 Capacidad de procesamiento y almacenamiento de datos 571**
- **8.8.2 Procedimientos de establecimiento de la comunicación 575**
- **8.8.3 Modulación QAM con codificación entrelazada 576**
- **8.8.4 Control del flujo de datos 579**
- **8.8.5 Detección, corrección de errores y compresión de los datos 581**
- **8.8.6 Operación del módem como equipo facsímil 582**

8.9 Los modems de muy alta velocidad 583
- **8.9.1 Internet y los computadores personales 583**
- **8.9.2 Los modems de la recomendación V.34 584**
- **8.9.3 Los modems de 56 K 588**

8.10 Diagnóstico de los modems 591
- **8.10.1 Aspectos generales 591**
- **8.10.2 Pruebas a realizar 591**

8.1 Interfase serie de la capa física

8.1.1 Definición

Se denomina interfase digital serie estándar a lo siguiente:

Interfase digital serie estándar

Conjunto de normas mecánicas, eléctricas y lógicas que permiten que las señales digitales originadas en un Equipo Terminal de Datos (ETD) (emisor) puedan ser transmitidas, con las características deseadas y a través de un vínculo físico, a otro equipo, denominado Equipo Terminal del Circuito de Datos (ETCD) (receptor); y viceversa.

En numerosos casos es necesario conectar equipos de datos entre sí a nivel de la **capa física**, con independencia de sus fabricantes o de la función que estos equipos deban cumplir.

Para dar solución a este tipo de problemas, se han normalizado interfases que son independientes de las características de los equipos involucrados en la interconexión.

8.1.2 Interfases serie más difundidas de la capa física

8.1.2.1 Consideraciones generales

Las interfases serie son los elementos de la capa física que trabajan en contacto con el medio de comunicaciones. La más popularizada es una interfase representada por dos normas que, a pesar de ser muy parecidas, no son exactamente iguales y a veces se las confunde; son la **Recomendación V.24 de la** UIT-T y la **RS 232**.

Más recientemente la **Asociación de la Industria Electrónica (EIA)**[1] de los Estados Unidos ha intentado reemplazar la norma **RS 232** por una versión más actualizada, denominada **RS 449**.

Sin embargo, también existen otras normas más modernas, como la **Recomendación X.21 de la** UIT-T, adoptada para las conexiones a las redes públicas de datos por conmutación de circuitos o paquetes.

Cada una de estas normas está siempre complementada por otras relacionadas, por lo que en realidad conforman un conjunto. La identificación de estas normas es la siguiente:

NORMA V.24[2]

Lista de definiciones de circuitos de intercambio entre equipos terminales de datos (ETD) y equipos terminales del circuito de datos (ETCD). Esta norma ha sido confeccionada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T).

[1] Electronics Industry Association (EIA).
[2] Esta norma ha tenido varias actualizaciones, la última que conocemos es del año 1993.

Cabe aclarar que todo el conjunto de **Recomendaciones de la Serie V.** corresponde a cuestiones relacionadas con la transmisión de datos sobre la red telefónica.

NORMA RS 232[1]

Interfase entre los equipos terminales del circuito de datos (ETCD) y los equipos terminales de datos (ETD), mediante el intercambio de datos binarios en serie. Esta norma ha sido confeccionada por la **Asociación de la Industria Electrónica (EIA)** de los Estados Unidos.

El significado de los caracteres usados para la identificación de esta recomendación es el siguiente: ***RS***, son las primeras letras de las palabras **recommended standard**, que significa **estándar recomendado**. Una letra al final de su nombre indica la revisión que se está considerando. Actualmente se utiliza la norma **RS 232** *C* y la más reciente **RS 232** *E*[2]. En este último caso, la letra *E* indica que es la quinta revisión de la norma.

NORMA RS 449 Y RS 530

La norma **RS 232** adolece de algunas carencias y la EIA pensó en otras que fueron reemplazándola lentamente. Se trata de las normas **RS 449** y, más moderna aún, la **RS 530**. Precisamente, la **RS 232** debería estar siendo reemplazada por la Recomendación **RS 449**, cuyas prestaciones son muy superiores y representan un considerable adelanto respecto de la anterior. Sin embargo, el mercado no la ha aceptado como estándar y, al parecer, será muy difícil que lo haga en el futuro.

NORMA X.21 Y CONEXAS

Otro de los casos de normas más modernas es la **Recomendación X.21** y las conexas con ella (**X.20**, **X.20 bis**, **X.21 bis**, **X.24**, **X.26** y la **X.27**), todas normalizadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T).

Estas normas fueron pensadas como interfases serie de la capa física en las redes especiales de transmisión de datos (con distintas tecnologías), que trabajasen con **vínculos de abonado (local loop)** digitales. Tienen el siguiente campo de utilización y sus denominaciones[3], según la Unión Internacional de Telecomunicaciones, son las siguientes:

- X.20: **Interfaz entre equipo terminal de datos (ETD) y equipo de terminación del circuito de datos (ETCD) para servicios de transmisión arrítmica (asincrónicos) en redes públicas de datos.**

[1] Esta norma ha ido teniendo diferentes versiones, las más conocidas son la denominada *C* y, la más reciente, la identificada por la letra *E*.
[2] A partir de 1991 está en vigencia la versión *E*, pero en rigor a la verdad y según el lenguaje común sigue siendo, a causa de la costumbre, la RS 232 *C*.
[3] En muchos casos, los autores no coinciden con los nombres que la UIT asigna a muchas de estas normas en idioma español, pero se consignan tal como la mencionada Organización Internacional las denomina.

- **X.20 bis: Utilización en las redes públicas de datos de equipos terminales de datos (ETD) diseñados para su conexión con módem dúplex asíncronos de la serie V.**
- **X.21: Interfaz entre equipo terminal de datos (ETD) y equipo terminal del circuito de datos (ETCD) para funcionar en modo sincrónico en redes de datos públicos.**
- **X.21 bis: Utilización, en las redes de datos públicas, de equipos terminales de datos (ETD) diseñados para su conexión con módem síncronos de la serie V.**
- **X.24: Lista de definiciones de circuitos de enlace entre el equipo terminal de datos (ETD) y el equipo de terminación del circuito de datos (ETCD) en redes públicas de datos.**

Y la norma X.26, que es similar a la V.10 y la X.27, similar a la V.11.

- **X.26 (V.10)[1]: Características eléctricas de circuitos de intercambio, de doble corriente desequilibrados que se usan generalmente con equipos integrados en el campo de las comunicaciones de datos.**
- **X.27 (V.11)[2]: Características eléctricas de circuitos de intercambio, de doble corriente equilibrados, de uso general con equipos integrados en el campo de las comunicaciones de datos.**

8.1.3 Empleo práctico de estas interfases

Estas interfases son usadas en muchas aplicaciones, entre las cuales se pueden citar:

- Entre un equipo terminal de datos (ETD) y un equipo terminal del circuito de datos (ETCD). Esta aplicación es una de las más importantes, aunque no necesariamente la más usada.
- Entre un computador central y uno de sus equipos terminales (por ejemplo, compuesto de teclado y pantalla de vídeo solamente).
- Entre un computador personal y la impresora.
- Entre un equipo terminal lector de barras y el equipo computador asociado.
- Entre un controlador de comunicaciones y el equipo de comunicaciones que lo conecta al canal para la transmisión de datos correspondiente.

8.2 La norma V.24 y su similar, la RS 232

8.2.1 Características técnicas principales

Las características técnicas principales de estas recomendaciones son las siguientes:

[1] La versión equivalente de la EIA es la RS 422.
[2] La versión equivalente de la EIA es la RS 423.

- Distancia máxima entre equipos: 15 metros (50 pies).
- Velocidad máxima de transferencia de datos: 20 Kbps.
- Cantidad máxima de usuarios a conectar: 2 usuarios[1] (enlaces punto a punto).
- Es susceptible al ruido existente en el medio ambiente.
- Los intervalos de voltaje de trabajo para el intercambio de señales son:
  - **+3 volt a +25 volt.**
  - **−3 volt a −25 volt.**

8.2.2 Principales limitaciones que presenta

Las principales limitaciones son:

- Velocidad de transferencia de datos reducida.
- Distancia máxima entre equipos insuficiente para algunas aplicaciones.

La primera de ellas, se ha acentuado. Actualmente, los equipos que usan esta recomendación han aumentado la velocidad de transmisión considerablemente, desde que la misma fue diseñada; por lo cual, la interfase no satisface estas nuevas velocidades.

Sin embargo, no afecta a la interconexión en los casos en que la distancia entre extremos de la interfase sea mucho menor que los 15 metros; estos casos son siempre muy comunes. Una de las aplicaciones más usada es la conexión de un módem de datos a un computador; estando ambos equipos, casi siempre, muy próximos.

La segunda, en algunas aplicaciones en que se necesita simultáneamente **velocidad** y **distancia**, una distancia máxima de 15 metros es una fuerte limitación. Esto es así porque la norma estipula una capacitancia máxima de 2500 pF[2] total entre puntas, valor que se alcanza a los 15 metros.

8.2.3 Niveles de normalización

8.2.3.1 Generalidades

Los niveles de normalización utilizados para describir cualquier interfase del nivel físico son siempre los mismos. Tienen las siguientes finalidades:

- Asegurar la compatibilidad mecánica de su conector.
- Establecer niveles de tensión, máxima y mínima, de cada circuito y sobre cada contacto del conector, así como otros aspectos relativos a las características eléctricas.
- Determinar relaciones lógicas, de manera que se pueda mantener de forma adecuada el diálogo entre los equipos que interconecta.

En la figura 8.1 se indican los tres niveles de normalización de una interfase digital serie, cualquiera que sea. Estos aspectos, que son generales,

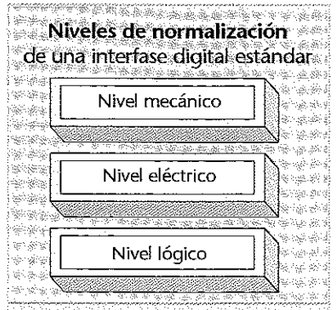


FIGURA 8.1

[1] Esta recomendación no acepta interconexiones del tipo multipunto.
[2] La capacitancia en **picofaradios** se abrevia **pF**.

serán analizados para cada una de las interfases que se estudiarán en el presente capítulo.

8.2.3.2 Nivel mecánico

Para la interconexión en la unión **cable/equipos**[1] de la interfase RS 232, se utiliza un conector **tipo** CANNON de 25 contactos, especificado en la ISO 2110, o también conocido como DB 25, según detalles que se pueden observar en la figura 8.2.

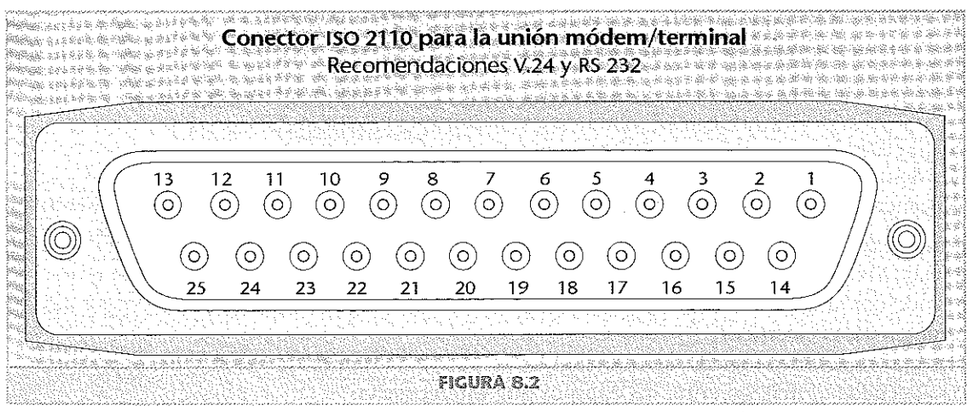
Dicho conector está rígidamente colocado a un cable de varios conductores. Cada uno de ellos constituye un circuito caracterizado por un número y cumple una función particular. Cada contacto del conector se identifica con los números 1 al 25; y cada uno de ellos está asociado a un circuito en particular.

En algunas aplicaciones en que se necesita una cantidad mucho menor de 25 contactos, como puede ser la que permite la conexión del **mouse** al computador, se usan conectores más pequeños. Lógicamente, estos conectores están fuera de norma, pero permiten abaratar costos y logran identificar mejor el conector de ese periférico al equipo.

En otros casos, algunos fabricantes utilizan en sus equipos conectores **propietarios**, pero en esencia, tienen características técnicas de funcionamiento similares.

8.2.3.3 Nivel eléctrico

Las características puramente eléctricas de los circuitos de enlace están indicadas en las siguientes recomendaciones de la UIT-T.



Conector ISO 2110 para la unión módem/terminal
Recomendaciones V.24 y RS 232

FIGURA 8.2

[1] El cable se denomina en el comercio **cable serie**; y los equipos que une son el ETD y el ETCD.

- **V.28: Circuitos de enlace asimétricos para uso con equipos que usan tecnologías de componentes discretos y funcionan a velocidades inferiores a 20 Kbps (bajas velocidades).**
- **V.10[1]: Circuitos de enlace asimétricos para uso con equipos que emplean tecnología de circuitos integrados y que funcionan a velocidades de 20 a 100 Kbps (altas velocidades).**
- **V.11: Circuitos de enlace simétrico para uso con equipos que usan tecnología de circuitos integrados y funcionan a velocidades de hasta 10 Mbps (muy altas velocidades).**

Estas normas indican las tensiones y corrientes eléctricas que corresponde aplicar a cada uno de los contactos del conector. En particular, se utilizan las siguientes tensiones, medidas respecto de la tierra común:

- **Para las señales de datos.**
  Intervalos de tensión comprendidos entre **–3 a –25 volt** para indicar el valor de un **uno** binario; y de **+3 a +25 volt** para indicar el valor de un **cero** binario.
- **Para las señales de control.**
  Intervalos de tensión comprendidos entre **–3 a –25 volt** para indicar el circuito ~~cerrado~~ abierto **OFF**; y de **+3 a +25 volt** para indicar el circuito ~~abierto~~ cerrado **ON**.

8.2.3.4 Nivel lógico

CLASIFICACIÓN DE LOS CIRCUITOS DEL NIVEL LÓGICO

Los circuitos que se necesitan para establecer el diálogo entre los equipos, se definen, como ya se explicitó, en la **Recomendación V.24 de la** UIT-T.

Estos circuitos se pueden clasificar en cinco clases diferentes, según el tipo de señales que transporten o las conexiones que impliquen:

- Señales de datos.
- Señales de control.
- Señales de sincronismo o de reloj.
- Señales para mantenimiento y monitoreo.
- Conexiones a tierra.

Cada circuito se designa con un número de tres cifras que comienza por la serie 100, para los circuitos primarios de utilización general.

8.2.4 Características funcionales

8.2.4.1 Descripción de los circuitos del nivel lógico

Existen dos clases de circuitos en el nivel lógico de la interfase digital estándar serie, que se denominan **Circuitos Primarios** y **Circuitos Secundarios**. En las figuras 8.3 y 8.4 se describen sus características más importantes. La serie 200 se usa exclusivamente en la llamada automática, vía red telefónica conmutada. Para cada uno de ellos se indica, además, el sentido del flujo de la señal, según sea el mismo respecto al **Equipo Terminal del Circuito de Datos** (ETCD).

[1] Las normas X.26 y V.10 son similares y otro tanto sucede con las normas X.27 y V.11.

Circuitos de la Recomendación V.24
Circuitos primarios

Tipo de señal	N° de circuito	N° de contacto	Denominación	Señales	
				Hacia el ETCD	Desde el ETCD
Señales de datos	103	2	transmisión de datos	x	
	104	3	recepción de datos		x
	118	14	transmisión de datos (sec)	x	
	119	16	recepción de datos (sec)		x
Señales de tiempo	113	24	sincronismo en transmisión	x	
	114	15	sincronismo en transmisión		x
	115	17	sincronismo en recepción		x
Señales de control	105	4	petición de emisión	x	
	106	5	preparado para transmitir		x
	107	6	módem preparado		x
	108/1	20	conéctese el a.d.d.a. línea	x	
	108/2	20	terminal de datos preparado	x	
	109	8	detector de portadora en línea		x
	110	21	detector de calidad de señales en línea		x
	111	23	selector de velocidad binaria	x	
	125	22	detector de señal de llamada		x
	126	11	selector de frecuencia de transmisión	x	
	120	19	transmisión señales línea (sec)		x
	121	13	listo para transmitir (sec)		x
	122	12	detector de señales de línea recibido (sec)		
Conexión a tierra	101	1	tierra de protección		
	102	7	tierra de señalización o retorno común		

a.d.d. = aparatos de datos
(sec) = Canal secundario o de retorno

FIGURA 8.3

8.2.4.2 Características y funciones de los distintos circuitos del nivel lógico

Las señales que intercambian los equipos interconectados por esta interfase pueden ser clasificados según sus características en:

SEÑALES DE DATOS

Estas señales son las responsables de la transmisión y recepción de los datos. Poseen características digitales y trabajan en modo serie.

Utilizan, vista la comunicación desde el ETD, el **Circuito N° 103-contacto 2** para transmitir los datos y el **Circuito N° 104-contacto 3** para recibirlos. Los datos de los usuarios pasan exclusivamente por estas dos conexiones y resultan, sin duda, las más importantes de la interfase.

Circuitos de la Recomendación V.24
Circuitos secundarios

Tipo de señal	N° de circuito	Denominación	Señales	
			Hacia el ETCD	Desde el ETCD
Señales de tiempo	128	sincronismo en recepción		
	131	temporizadores para los caracteres recibidos		
Señales de control	112	selector de velocidad binaria		x
	116	selector de instalaciones (r)	x	
	117	indicador de instalaciones (r)		
	123	detector de calidad de señales (sec)		x
	124	selección grupos de frecuencia	x	
	127	selección de la frecuencia de recepción	x	
	129	petición de recibir	x	
	130	transmitir el tono (sec)	x	
	132	retorno al modo no datos	x	
	133	preparado para recibir	x	
	134	datos recibidos presentes		x
	136	nueva señal	x	
	140	conexión en bucle	x	
	141	conexión en bucle local	x	
	142	indicador de prueba		x
	191	respuesta vocal transmitida	x	
	192	respuesta vocal recibida		x
Conexión a tierra	120a	tierra de señalización o retorno común del equipo de datos		
	102b	retorno común del módem		
	102c	retorno común		

(r) = De reserva
(sec) = Canal secundario o de retorno

FIGURA 8.4

Si el módem utilizara un canal secundario, vista la comunicación desde el ETD, se utilizarían el **Circuito N° 118-contacto 14** para transmitir los datos de este canal y el **Circuito N° 119-contacto 16** para recibirlos.

SEÑALES DE SINCRONISMO O DE RELOJ

Estas señales tienen la función de mantener el sincronismo y las utilizan especialmente los **modems sincrónicos**. El **Equipo Terminal del Circuito de Datos (ETCD)** controla, normalmente, el sincronismo del **Equipo Terminal de Datos (ETD)**. Para ello, cuando el módem transmite, envía

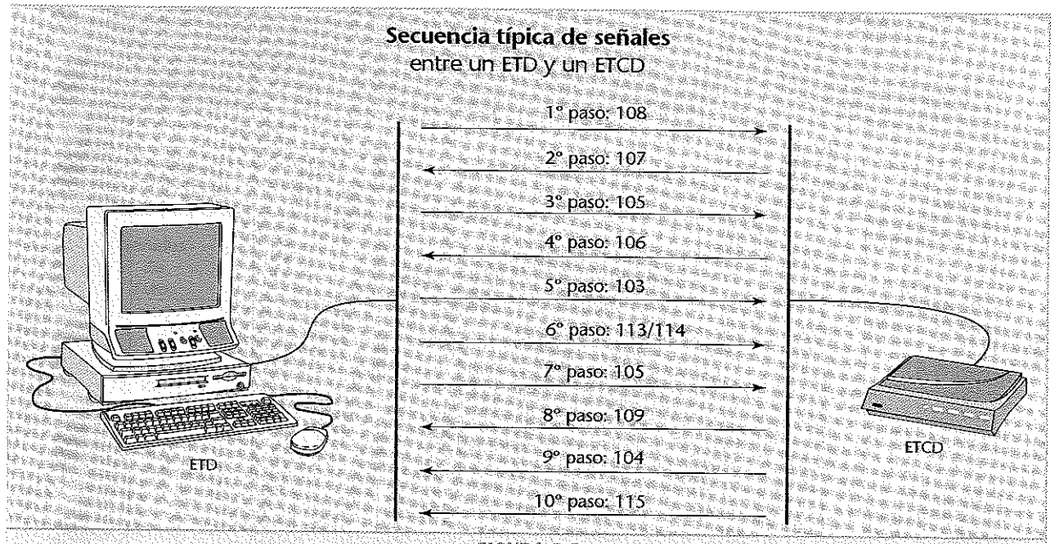


FIGURA 8.5

una señal de reloj consistente en una transición ON, o una OFF, en el centro de cada elemento de señal. Cuando el módem actúa como **transmisor**, por cada bit transmitido, la señal es generada a través del **Circuito N° 114-contacto 15**; y cuando lo hace como **receptor**, la misma es generada a través del **Circuito N° 115-contacto 17**.

Cuando la sincronización no proviene del módem, sino de otro equipo externo a él, se utiliza el **Circuito N° 113-contacto 24**. Siempre son necesarias dos señales de reloj, una para la parte transmisora, y otra para la receptora. Estas señales de sincronismo posibilitan el correcto muestreo de las señales digitales sincrónicas de datos. En la figura 8.6 se pueden observar ambas señales de reloj indicadas por los números 2 y 4, y su inserción para el caso en el que uno de los equipos sea el módem.

SEÑALES DE CONTROL

La función principal de estas señales es regular, dirigir y ordenar el flujo de datos entre el módem y el terminal.

El **Equipo Terminal de Datos** (ETD), para comenzar a transmitir al **Equipo Terminal del Circuito de Datos** (ETCD), debe enviar una **petición de transmisión**, conocida también por su expresión **Request To Send** (RTS), por medio de una señal de control, usando el **Circuito N° 105-contacto 4**. En los modems que utilizan el canal secundario, se utiliza el **Circuito N° 120-contacto 4** para la misma señal de **petición de transmisión**. Esta solicitud no habilita inmediatamente la portadora del módem, sino que activa un temporizador que procederá a hacerlo en un determinado tiempo.

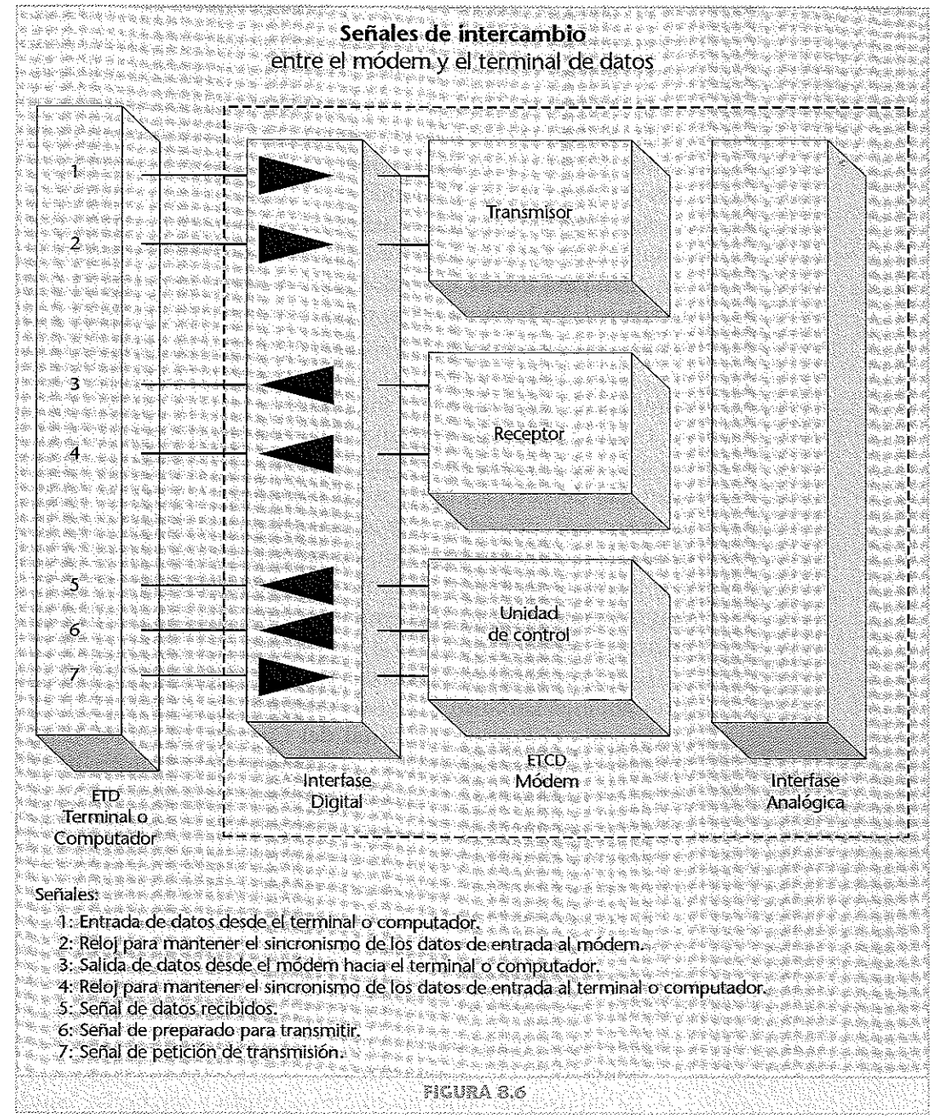


FIGURA 8.6

Una vez que la portadora del **Equipo Terminal del Circuito de Datos** (ETCD) se encuentra lista para recibir, envía una señal de **preparado para recibir**, conocida también por su expresión **Clear To Send** (CTS), por medio de una señal de control, usando el **Circuito N° 106-contacto 5**. En los modems que utilizan el canal secundario, se utiliza el **Circuito N° 121-contacto 13** para la misma señal de **preparado para recibir**.

En algunas oportunidades, para saber que el módem está listo para transmitir y, por ejemplo, no está realizando una operación de **prueba o verificación**, o que el ETD está listo para operar, se utiliza la expresión **Data Set Ready** (DSR), por medio de una señal de control usando el **Circuito N° 107-contacto 6**, en primer caso; y la expresión **Data Terminal Ready** (DTR), por medio de una señal de control, usando el **Circuito N° 108-contacto 20** en el segundo.

Esta última expresión, se usa en los ETD cuando se va a usar el módem para marcar a través de la **Red Telefónica Conmutada**. Ella indicaría **estoy listo para discar**, expresión equivalente a **descolgar el teléfono** en la citada red. En la figura 8.5 se muestra una secuencia típica de señales entre un equipo terminal de datos y un equipo terminal del circuito de datos, para establecer una comunicación y proceder al intercambio de información en un módem sincrónico.

Cuando el **Equipo Terminal del Circuito de Datos** (ETCD) recibe una señal a través de la línea telefónica, que se corresponde en frecuencia y cantidad de energía con la señal **portadora** que ha generado el equipo corresponsal, procede a activar una señal de **detección de portadora de línea**, conocida también por su expresión **Data Carrier Detect** (DCD), por medio de una señal de control, usando el **Circuito N° 109-contacto 8**. Los ETD normalmente requieren esta señal antes de aceptar datos o de comenzar a transmitirlos.

La misma señal, para uso del canal secundario en los modems que lo utilizan, es el **Circuito N° 122-contacto 12**.

Cuando el **Equipo Terminal del Circuito de Datos** (ETCD) está conectado a la **Red Telefónica Conmutada** y recibe una comunicación de la red reconociendo la tensión normalizada que usa ésta para mandar el aviso de llamada, procede a enviar una señal de control hacia el ETCD de **indicación de llamada**, conocida también por su expresión **Ring Indicator** (RI), por medio del **Circuito N° 125-contacto 22**.

El **Equipo Terminal del Circuito de Datos** (ETCD) normalmente procede a seleccionar la velocidad de modulación en forma automática, con el módem corresponsal, mediante lo que se denomina **proceso de negociación de la velocidad**. Este proceso está básicamente relacionado con:

- La mayor velocidad disponible en los modems a conectarse, que sea compatible en ambos extremos.
- La calidad del canal en cuanto a: **ruido** y **ancho de banda** del vínculo conmutado que ha seleccionado la red, etc.

La velocidad está generalmente fijada por el módem situado en el extremo que actúa como **emisor**. Éste procede a informarle de la velocidad de modulación adoptada; primero a su ETD y, luego, procede de la misma manera con el módem receptor. Éste último efectúa la misma operación con el ETD situado a su lado.

Los **Circuitos N° 111/112-contacto 23**, el primero para el ETD y el segundo para el ETCD, ambos usando el mismo contacto, se emplean para seleccionar la velocidad de modulación cuando ésta no resulta del mencionado proceso de negociación, en los modems que tienen más de una opción de velocidad posible.

SEÑALES PARA MANTENIMIENTO Y COMPROBACIÓN

Estas señales se utilizan para realizar la conexiones de los bucles de comprobación y la realización de los test de comprobación. Permiten localizar fallos en los modems o en las líneas.

Para poder realizar un **bucle local**, se utiliza el **Circuito N° 141-contacto 18** y para un **bucle remoto**, el **Circuito N° 140-contacto 21**. En el llamado **modo de comprobación** se utiliza el **Circuito N° 142-contacto 25**.

CONEXIONES A TIERRA

La función de estas conexiones es mantener a los equipos con el mismo nivel de tierra y las señales que se envían de un equipo a otro con el mismo nivel de referencia.

El **Circuito N° 101-contacto 1** se denomina **tierra de protección**, conocido también por su expresión **Protective Ground** (GND) y está conectada al chasis de los equipos (siempre que éstos lo tuvieran), y a su vez estos últimos, deberían estar conectados a una tierra común a través del enchufe utilizado para tomar potencia de la red de energía eléctrica (220 volt y 50 Hz ó 110 volt y 60 Hz).

El **Circuito N° 101-contacto 7** es la referencia para las señales que envían todos los otros circuitos. Se denomina **tierra de señal** y es conocida también por su expresión **Signal Ground** (SG). Sin este circuito conectado, la interfase no puede funcionar, pues el resto de los circuitos no tendría retorno.

Descripción de algunos procedimientos de esta recomendación 8.2.5

Para el establecimiento y corte de una comunicación 8.2.5.1

En la figura 8.7 se muestra un ejemplo de cómo se produciría el establecimiento y corte de una comunicación entre un equipo terminal de datos y un módem de datos. La secuencia sería la siguiente:

- Se produce una llamada del equipo B al equipo A.
- La llamada activa el circuito 125 que:
  - Si A está preparado para recibir, activa el circuito 108/1, que ordena la conexión del módem a la línea.
  - Si A no estaba preparado para recibir, el mismo efecto lo produce el circuito 108/2.
- El módem se conecta a la línea e informa de ello a A, activando el circuito 107.
- Cuando se desactivan los circuitos 108/1 ó 108/2, provocan la desconexión del módem y se pone fin a la comunicación.

Si se tratase de circuitos dedicados, estas operaciones serían innecesarias.

Para la iniciación de una transmisión de datos 8.2.5.2

En la figura 8.8 se muestra un ejemplo de cómo se produciría la iniciación de una transmisión de datos una vez establecida la comunicación entre

Establecimiento y corte de una comunicación
Secuencia de señales a intercambiar

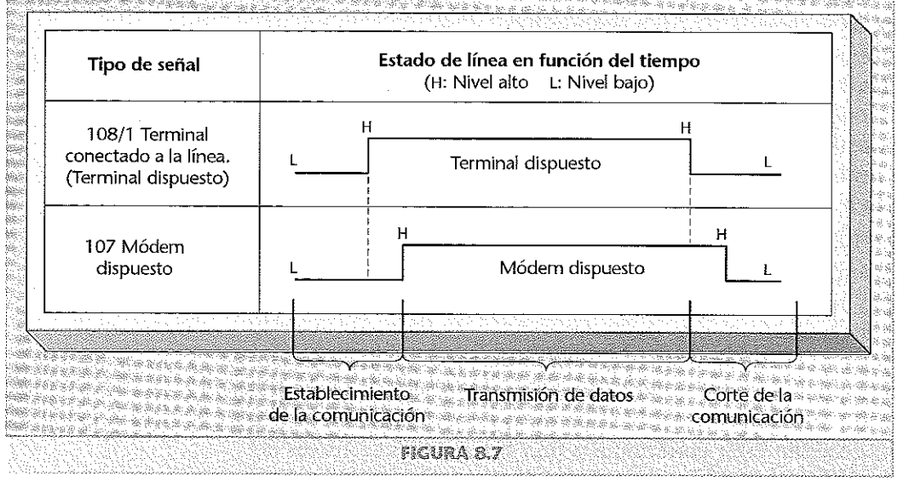


FIGURA 8.7

Iniciación de una transmisión
Secuencia de señales a intercambiar

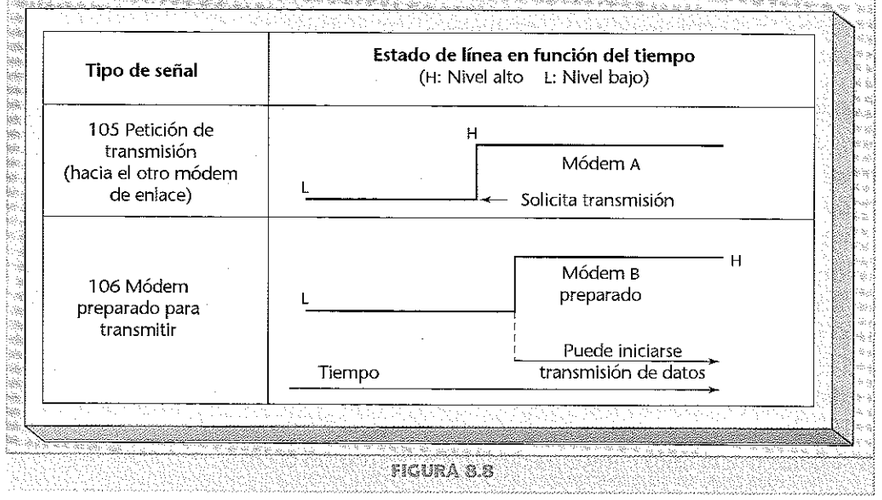


FIGURA 8.8

un equipo terminal de datos y un módem de datos. La secuencia sería la siguiente:

- A ha establecido una comunicación con B.
- A debe activar el circuito 105; entonces el módem se prepara y avisa a su corresponsal de la petición de iniciar una transmisión. (Implica: envío de portadora, secuencia de sincronización, etc.)

- Cuando los modems están listos para iniciar la transmisión, el módem de A activa el circuito 106, con lo que el terminal puede comenzar a enviar sus datos.

El retardo existente entre la activación de los circuitos 105 y 106 depende del tipo de módem y de la transmisión. Su valor oscila entre 1 ms y algunas décimas de segundo.

Para la transmisión de datos propiamente dicha 8.2.5.3

En la figura 8.9 se muestra un ejemplo de cómo se produciría la transmisión de los datos, ya iniciada la comunicación entre un equipo terminal de datos y un módem de datos. La secuencia sería la siguiente:

- A ha iniciado la transmisión a B.
- A comienza a enviar los datos propiamente dichos en serie al módem, a través del circuito 103.
- El terminal B, cuando los modems estaban en condiciones de empezar la transmisión, recibió una señal por el circuito 109 que le indicaba que tenía la portadora del módem de A en la línea.
- El terminal B recibe los datos que envía A a través del circuito 104.
- Si la transmisión fuera en modo sincrónico, módem y terminal deberían compartir la misma señal de reloj y, para ello, se usan los circuitos 113, 114 y 115.

Transmisión de datos propiamente dicha
Secuencia de señales a intercambiar

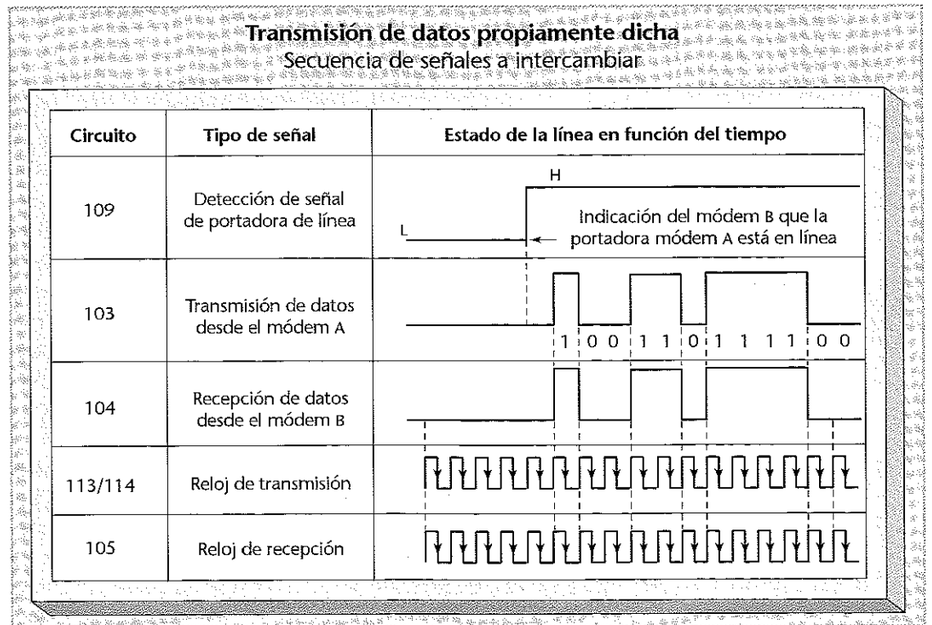


FIGURA 8.9

8.3 La interfase digital RS-449

8.3.1 Consideraciones generales

La interfase RS 232-E y su correspondiente, la V.24, poseen especificaciones que limitan su efectividad que, como ya se expresó, posibilitan una velocidad máxima de transmisión a 20 Kbps, y la extensión máxima del cable a 15 metros para dicha velocidad.

Es por ello que la **Asociación de la Industria Electrónica (EIA)**[1] de los Estados Unidos, a comienzos de los años 70, produjo una norma más completa que la anterior, que se conoce como **RS 449**. Si bien esta norma representa un considerable avance respecto de la anterior, los importantes esfuerzos realizados para convertirla en un estándar que reemplazase a la RS 232 no dieron los resultados esperados. Aunque en los Estados Unidos se llegó a obligar a que los equipos que adquiriera el Estado tuviesen esta norma, en lugar de la **RS 232**, los fabricantes de *hardware* llegaron a fabricar equipos especiales solo para venderle al gobierno de ese país.

La **RS 449** presenta mejoras sustanciales en cuanto a velocidad, extensión máxima del cable de interconexión y otras prestaciones funcionales adicionales, tales como, comprobación de módem automático y provisión de un canal en espera, y solamente contempla las señales de control. Por lo tanto, y a efectos de establecer la **interfase eléctrica**, la misma fue complementada por dos normas independientes, denominadas **RS 422** y **RS 423**.

Una de estas dos recomendaciones para la interfase eléctrica es la **RS 422**, utilizada en los casos en que la transmisión sea simétrica o balanceada y, por lo tanto, el retorno, en lugar de ser por tierra común, se efectúa a través de un segundo hilo[2]. Es precisamente en este caso que se pueden alcanzar velocidades de hasta 2 Mbps, en distancias de 60 m, por lo que resulta un estándar claramente superior a los anteriores. En esta recomendación, el uso del conductor de la señal de tierra es optativo.

La **RS 232** se caracteriza porque tanto el transmisor como el receptor, en ambos extremos, comparten un único circuito de tierra (tierra flotante[3]) a través del **contacto 7**. Esta tierra común, o transmisión desbalanceada, es la que **limita en gran parte el alcance y la velocidad**. En la RS 232 no se transmite la tierra real del equipo transmisor al receptor, sólo se le hace llegar la **tierra flotante** o señal del circuito N° 7. Esta tierra en el receptor puede diferir hasta en varios volt respecto de la tierra real que posee el receptor en el lugar de instalación.

Es por ello que si medimos una señal de 5 volt en el transmisor y la diferencia entre la tierra real del receptor y la del circuito 7 es de 2 volt, efectivamente se medirá sólo una señal de 3 volt. Si además tenemos en cuenta

[1] Electronics Industry Association (EIA).
[2] Se la conoce también como **línea balanceada**.
[3] Se denomina **tierra flotante** a la que resulta de medir las señales respecto de una plaqueta o circuito electrónico de donde se transmiten las señales.

la atenuación de la línea, que podría añadir 1 volt adicional, la consecuencia es que en el receptor de los 5 volt del transmisor sólo se podrían detectar 2 volt. Con la RS 422 tendríamos siempre la misma tensión (en el caso anterior, por ejemplo, los 5 volt transmitidos) dado que mide la tensión respecto de la misma tierra que se usó para generar el pulso.

La otra recomendación para la interfase eléctrica es la **RS 423**. En ella, los receptores en ambos extremos del enlace reciben la tierra desde el transmisor correspondiente utilizando un único conductor para las señales en una dirección determinada, por lo que la transmisión se denomina desbalanceada. A diferencia de la RS 232, en esta norma se obtiene una mejora de la performance dado que las señales, tanto en el transmisor como en el receptor se miden (o comparan) con respectro a **una única tierra**, que proviene del transmisor.

Todas las señales están referidas a la tierra de éste, que **no es flotante** como en la RS 232 sino que se denomina **tierra verdadera**[1].

En la figura 8.10 se muestran los esquemas de los circuitos correspondientes a la recomendación **RS 423**, por líneas desbalanceadas y a la recomendación **RS 422**, por líneas balanceadas.

8.3.2 Consideraciones particulares

Respecto a la **RS 232**, las diferencias más importantes de la norma **RS 449** son las siguientes:

- Conector de 37 contactos según se observa en la figura 8.11 y adicionalmente otro de 9 contactos, si se utiliza un segundo canal en reverso.
- Distancia máxima entre equipos: 60 metros.
- Velocidad máxima de transferencia de datos[2]:
  - 2 Mbps para la **RS 422**.
  - 40 Kbps para la **RS 423**.

La norma **RS 422** permite operar a mayor velocidad que la **RS 423** porque la tierra del extremo receptor en el módem es diferente de la del ETD; es la que se envía desde el otro módem que está transmitiendo.

Se ha previsto que la norma **RS 449** pueda llegar a operar en forma compatible con la **RS 232**. A tal efecto, se ha construido un adaptador[3] que transforma los 25 contactos de una, en los 37 de la otra (obviamente, la compatibilidad es en un solo sentido). En la figura 8.11 se muestran las características del adaptador entre las dos normas.

Por otro lado, la **RS 449** prevé además circuitos que permiten comprobar el estado de funcionamiento del equipo módem de datos, tanto en modo local como remoto. La figura 8.12 nos permite apreciar las diferencias entre

[1] Se denomina **tierra verdadera** o real a la obtenida mediante una jabalina metálica enterrada por debajo de la superficie terrestre a una profundidad determinada.
[2] Para la distancia de 60 m antes señalada. A distancias menores, se pueden obtener aún mayores velocidades.
[3] Se puede observar en la figura 8.11.

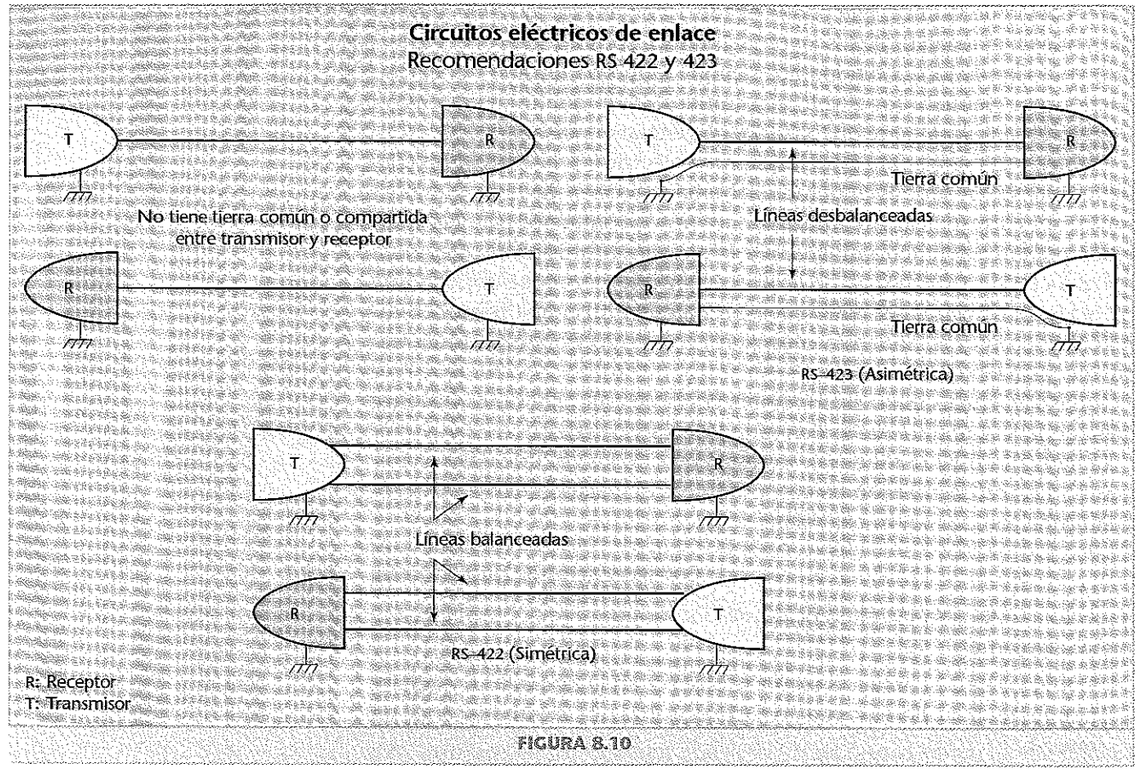


FIGURA 8.10

las recomendaciones **RS 232** y **RS 449**, ambas, como se expresó, confeccionadas por la Asociación de la Industria Electrónica de los Estados Unidos (EIA).

8.4 La interfase digital X.21

8.4.1 Consideraciones generales

Esta interfase tuvo su origen en las discusiones que desde el año 1969 se desarrollaban en la UIT-T para resolver los posibles problemas que se podrían plantear en el caso de que las empresas de telecomunicaciones pudieran proporcionar líneas de abonado digitales.

El resultado fue la **Recomendación** X.21, que fue aprobada por primera vez en la asamblea de la UIT-T del año 1972, y que luego se fue mejorando en años posteriores. Esta recomendación especifica la manera en que el equipo terminal de datos (ETD) establece y libera las llamadas mediante el intercambio de señales con el equipo terminal del circuito de datos (ETCD).

Se utiliza para transmisiones sincrónicas y velocidades que van desde 600 a 64 000 bps en modo dúplex, usando sólo seis señales para datos, control y temporización. Por lo tanto, para poder emplear esta recomen-

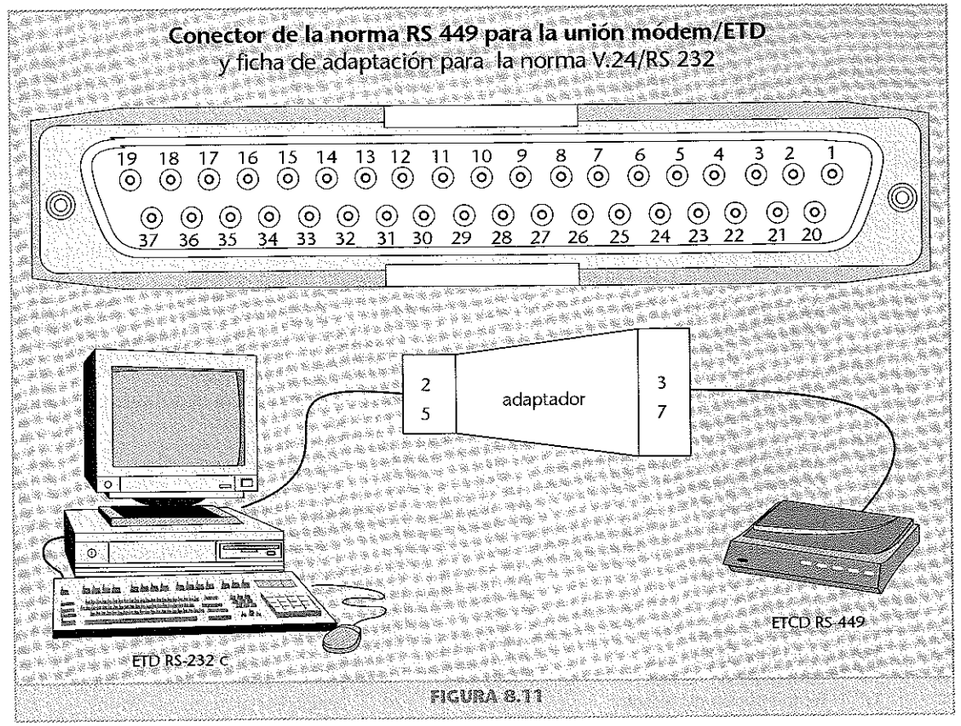


FIGURA 8.11

dación, se necesita una **mayor cantidad de información**, tanto en los **Equipos Terminales de Datos** (ETD) como en los **Equipos Terminales del Circuito de Datos** (ETCD).

Además, si bien permiten una conexión directa a una red telefónica ya digitalizada, por sus características no es adecuada para líneas telefónicas analógicas, ya sea para el uso de circuitos conmutados o dedicados. Su aplicación más difundida se encuentra en las **Redes Digitales Especiales de Transmisión de Datos**, basadas tanto en la tecnología conocida como **conmutación de circuitos** como en la de **conmutación de paquetes**. En estas redes se puede, complementando esta recomendación con las facilidades propias de la red, brindar la prestación de servicios especiales, tales como por ejemplo:

- Conexión rápida (elimina la necesidad de marcar el número necesario para efectuar la conexión, ya que utiliza el último usado).
- Prohibición de llamadas entrantes o salientes de grupos de usuarios (grupos cerrados).
- Cobro revertido.
- Bloqueo de llamadas entrantes.
- Identificación del abonado que llama.

Circuitos de las Recomendaciones RS 232 y RS 449
Comparación y contabilidad entre ambas

RS-232			RS-449		
Código	**PIN**	**Circuito**	**Código**	**PIN**	**Circuito**
AA	1	Tierra de protección	-	1	
AB	7	Tierra de la señal	SG	19	Tierra de la señal
			SC	37	Envío común
			RC	20	Recepción común
BA	2	Datos transmitidos	SD	4,22	Envío de datos
BB	3	Datos recibidos	RD	6,24	Recepción de datos
CA	4	Solicitud de envío	RD	7,25	Solicitud de envío
CB	5	Libre para envío	CS	9,27	Libre para envío
CC	6	Establecimiento de datos listo	DM	11,29	Modo de datos
CD	20	Terminal de datos listo	TR	12,30	Terminal listo
CE	22	Campanilla indicadora de llamada	IC	15	Llamada entrante
CF	8	Detector de línea	RR	13,31	Receptor libre
CG	21	Calidad de la señal	SQ	33	Calidad de la señal
CH	23	Velocidad de DTE	SR	16	Velocidad de la señalización
CI	18	Velocidad del DCE	SI	2	Indicadores de la señalización
			IS	28	Terminal en servicio
			NS	34	Señal nueva
			SF	16	Selección de frecuencia
DA	24	Temporización del DTE	TT	17,35	Temporización del terminal
DB	15	Temporización del DCE	ST	5,23	Temporización de envío
DC	17	Temporización del receptor	RT	8,26	Temporización de recepción
SBA	14	Datos transmitidos	SSD	3	Envío de datos
SBB	16	Datos recibidos	SRD	4	Recepción de datos
SCA	19	Solicitud de envío	SRS	7	Solicitud de envío
SCB	13	Libre para envío	SCS	8	Libre para envío
SCF	12	Detector de línea canal secundario	SRR	2	Receptor liso
			LL	10	Bucle de abonado en forma de anillo
			RL	14	Lazo a distancia en forma de anillo
			TM	18	Modo de prueba
			SS	32	Selección de espera
			SB	36	Indicador de espera

FIGURA 8.12

Su uso está relacionado con la **Recomendación** X.25, que especifica la interfase que es usada en muchas **Redes Digitales Públicas de Transmisión de Datos por Conmutación de Paquetes**. La **Recomendación** X.21 proporciona el **nivel físico** a dicha recomendación.

Consideraciones particulares 8.4.2

Especificaciones mecánicas 8.4.2.1

El conector usado por esta recomendación tiene 15 contactos de los que sólo se utilizan ocho. En la figura 8.13 se muestra su forma.

Especificaciones eléctricas 8.4.2.2

Existen dos especificaciones, una para circuitos no equilibrados y otra para circuitos equilibrados. La primera de ellas es la **Recomendación** X.26, que se refiere a las condiciones para cuando la transmisión es **asimétrica** y el circuito **desbalanceado**. Es equivalente a la **Recomendación** V.10 de la UIT-T.

La segunda es la **Recomendación** X.27, que se utiliza en caso de que el circuito sea **balanceado** y la transmisión **simétrica**. Esta última permite alcanzar velocidades de transmisión de hasta 10 Mbps, dependiendo de la distancia. Es equivalente a la **Recomendación** V.11 de la UIT-T.

Características funcionales 8.4.3

Descripción de los circuitos 8.4.3.1

La norma especifica cuatro tipos de circuitos:

CIRCUITOS DE DATOS

Estos circuitos se denominan:

Tipo de circuito	Función	Dirección
Circuito T	Transmisión	Del ETD al ETCD
Circuito R	Recepción	Del ETCD al ETD

Los circuitos T y R son los que se utilizan para enviar y recibir datos propiamente dichos, desde el **Equipo Terminal de Datos** (ETD) al **Equipo Terminal del Circuito de Datos** (ETCD) y viceversa.

CIRCUITOS DE CONTROL

Estos circuitos se denominan:

Tipo de circuito	Función	Dirección
Circuito C	Control	Del ETD al ETCD
Circuito I	Indicación	Del ETCD al ETD

Conector normalizado
correspondiente a la Recomendación X.21

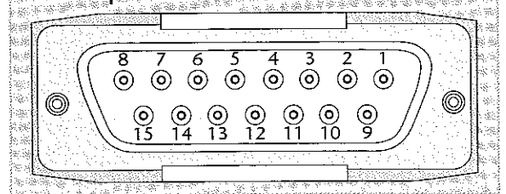


FIGURA 8.13

Los circuitos C y I son los que se utilizan para enviar señales que controlan la dirección del flujo de datos en ambos sentidos. Cuando el **Equipo Terminal de Datos** (ETD) desea iniciar una llamada, avisa al **Equipo Terminal del Circuito de Datos** (ETCD), cambiando el estado del circuito C, de OFF a ON. Esta operación es equivalente a levantar el microteléfono cuando uno desea efectuar una llamada telefónica. Al finalizar la llamada, procede nuevamente a colocar dicho circuito en OFF; lo que equivaldría a colgar el microteléfono.

Si el que inicia la llamada es el **Equipo Terminal del Circuito de Datos** (ETCD), realizará un procedimiento similar por el circuito I. Obsérvese que la información de control, tal como el número de abonado con el que se quiere establecer la comunicación, u otras similares, se transmite por los circuitos T y R.

CIRCUITOS DE SINCRONIZACIÓN

Estos circuitos se denominan:

Tipo de circuito	Función	Dirección
Circuito S	Sincronización de reloj	Del ETCD al ETD
Circuito B	Sincronización de byte	Del ETCD al ETD

Los circuitos S y B son los que se utilizan para efectuar funciones de sincronización. El primero se ocupa de sincronizar la transmisión **bit a bit**; el segundo lo hace carácter a carácter. No todas las redes digitales ofrecen señales de sincronismo de **byte**, aunque sí la mayoría de ellas.

CIRCUITOS DE TIERRA

Estos circuitos se denominan:

Tipo de circuito	Función	Dirección
Circuito G	Tierra	Del ETCD al ETD
Circuito Ga	Tierra	Del ETD al ETCD
Circuito Gb	Tierra	Del ETD al ETCD

En la figura 8.14 se indican los circuitos de la norma y el sentido de las señales.

8.4.3.2 Características de los procedimientos

- Establecimiento de la llamada.
  En los circuitos T y R el estado inactivo se indica por un 0 y las llamadas significarán una transición a un 1, que indicará el **estado activo**. Una llamada entrante o saliente, se indica por una conmutación de inactivo a activo, OFF a ON, del circuito C/I, y su aceptación por un pase del circuito I/C. Las llamadas de selección, identificación de línea, progreso de la llamada y otras, se envían por los circuitos T o R, en forma de caracteres codificados.

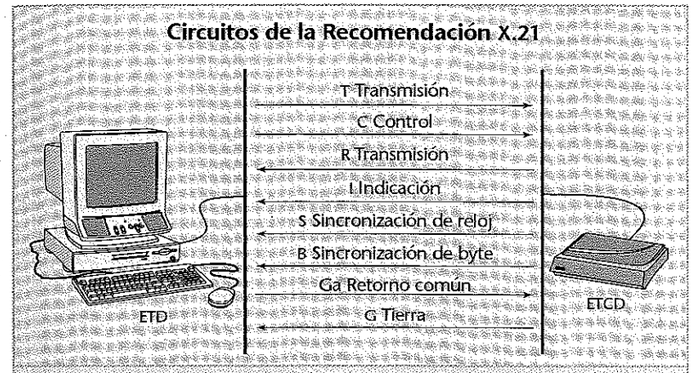


FIGURA 8.14

- Transferencia de datos.
  La transferencia de datos es dúplex y se realiza por los circuitos T y R.
- La liberación de la llamada.
  La liberación de la llamada se produce por la vuelta a 0 (inactivo), de los circuitos C e I.
- El sincronismo.
  El circuito S se utiliza para la sincronización del ETD y del ETCD (comunicaciones sincrónicas). El circuito B se usa opcionalmente.

En la figura 8.15 se muestra el esquema de un ETD que llama y su posterior liberación. En la figura 8.16 se muestra el esquema de un ETD llamado y su posterior liberación.

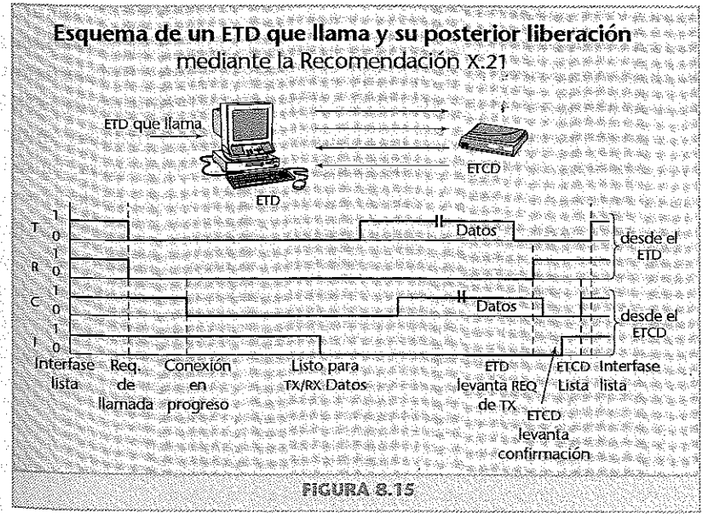


FIGURA 8.15

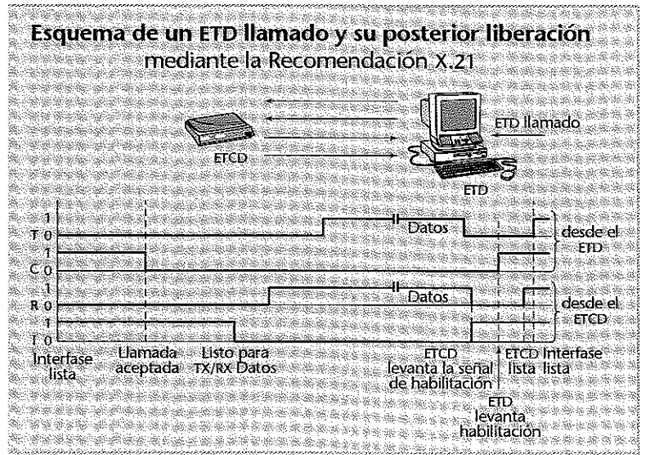


FIGURA 8.16

8.5 La recomendación V.35

8.5.1 Consideraciones generales

La **Recomendación V.35 de la** UIT-T es una norma que fue aprobada por primera vez en la Conferencia que el **Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico** (CCITT), hoy ya disuelto, aprobó en la Reunión Plenaria que realizó en la ciudad de Mar del Plata, Provincia de Buenos Aires de la República Argentina, en el año 1968, y que luego sufrió modificaciones en los años 1972 y 1976.

Esta recomendación se refería a la normalización de equipos **Módem de Datos de Banda Ancha**, y se denominaba concretamente: **Transmisión de Datos a 48 Kbps, por Medio de Circuitos del Grupo Primario de 60 a 108 kHz**. Tanto estos equipos como los circuitos del **Grupo Primario**[1] antes señalados, que usan **Multiplexación por División de Frecuencia**, ya se han dejado de emplear. Por ello, el uso de esta norma fue desaconsejado porque se la consideró anticuada. La decisión antes señalada fue tomada en la Reunión Plenaria, que dicho Comité celebró en la ciudad de Melbourne, Australia, en el año 1988. De hecho, en el denominado **Libro Azul**, editado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones en el año 1989, se la omite con la referencia antes señalada. Sin embargo, tiene aún interés porque muchos equipos usados en los sistemas de comunicación de datos, como los equipos **router**, ofrecen salidas denominadas V.35.

[1] La técnica de multiplexación señalada está desarrollada en el apartado 4.7.5 y siguientes de esta obra, por cuanto aún existen equipamientos que la utilizan.

8.5.2 Consideraciones particulares

El uso que aún se hace de esta norma está referido exclusivamente a sus circuitos de enlace, cuando se utiliza con las particularidades establecidas en la **Recomendación V.11** para el nivel de normalización eléctrico de las interfases serie. Esta última norma, se refiere precisamente al uso de **circuitos eléctricos balanceados o simétricos**, que no presentan los problemas ya señalados respecto de la tierra común de la interfase **RS 232**. Esto permite aumentar la velocidad de transmisión en la interfase, sin los inconvenientes que presentan los circuitos asimétricos, por lo que su uso en vínculos digitales de 64 Kbps, típicos de los canales B, no presenta dificultades.

Los circuitos que se usan, cuando se emplea una salida V.35, son únicamente los indicados en la figura 8.17 y están relacionados con sus simétricos en la **RS 232**. A su vez, la forma del conector usado y la asignación de sus funciones se describen en la figura 8.18.

8.6 Módem de datos

8.6.1 Características de los modems de datos

8.6.1.1 Introducción

En la mayoría de los casos en que es necesario transmitir señales digitales, como las que producen por ejemplo los computadores, a distancias que impliquen salir de las propias instalaciones (instalaciones denominadas **fuera de planta**), se usan frecuentemente las redes telefónicas existentes de características analógicas.

Estas redes poseen normalmente equipos amplificadores de señales, que hacen imposible la transmisión digital en banda base por la distorsión que las señales sufrirían. Para superar ese y otros problemas técnicos, se requiere un tipo especial de equipo de comunicaciones que recibe el nombre de MÓDEM, que resuelve el problema presentado.

Por este motivo, es importante estudiar estos equipos y también los canales que se utilizan en las redes telefónicas analógicas.

Recomendación V.35
Circuitos de enlace

Tipo de señal	N° de circuito	Función
Tierra	102	Tierra de referencia para los cirucitos de enlace
Datos	103	Transmisión de datos
Datos	104	Recepción de datos
Control	105	Petición de transmitir
Control	106	Preparado para transmitir
Control	107	ETCD preparado
Control	109	Detector de portadora en línea
Sincronismo	114	Sincronismo de transmisión
Sincronismo	115	Sincronismo de recepción

FIGURA 8.17

Recomendación V.35
Forma del conector y asignación de funciones

Fuente	Señales	PIN	Ficha	PIN	Señales	Fuente
Común	Tierra de la señal (SG)	B	○ ○ ←	A	Tierra de chasis (GND)	Común
ETCD	Preparado para recibir (CTS)	D	→ ○ ○	C	Petición para transmitir (RTS)	ETD
ETCD	Detección portadora de línea (DCD)	F	○ ○ ←	E	Equipo listo para recibir (DSR)	ETCD
ETCD	Indicación de llamada (RI)	J	→ ○ ○	H	Terminal listo para recibir (DTR)	ETD
—	No asignada	L	○ ○ ←	K	No asignada	—
—	No asignada	N	→ ○ ○	M	No asignada	—
ETCD	Recepción de datos (A)	R	○ ○ ←	P	Transmisión de datos (A)	ETD
ETCD	Recepción de datos (B)	T	→ ○ ○	S	Transmisión de datos (B)	ETD
ETCD	Recepción de sincronismo (A)	V	○ ○ ←	U	Sincronismo del terminal (A)	ETD
ETCD	Recepción de sincronismo (B)	X	→ ○ ○	W	Sincronismo del terminal (B)	ETD
—	No asignada	Z	○ ○ ←	Y	Transmisión de sincronismo (A)	ETD
—	No asignada	BB	→ ○ ○	AA	Transmisión de sincronismo (B)	ETD
—	No asignada	DD	○ ○ ←	CC	No asignada	—
—	No asignada	FF	→ ○ ○	EE	No asignada	—
—	No asignada	JJ	○ ○ ←	HH	No asignada	—
—	No asignada	LL	→ ○ ○	KK	No asignada	—
—	No asignada	NN	○ ○ ←	MM	No asignada	—

FIGURA 8.18

8.6.1.2 Definición de módem de datos

Se denomina equipo **módem de datos** o simplemente **módem** a lo siguiente:

Módem

Dispositivo que convierte las señales digitales, provenientes de un Equipo Terminal de Datos (ETD), en señales aptas para ser transmitidas eficazmente por las redes telefónicas analógicas, y, recíprocamente, en el extremo terminal de un circuito teleinformático, convierte las señales analógicas que entrega la red en señales digitales aptas para ser procesadas por el Equipo Terminal de Datos (ETD) situado en el extremo receptor.

Dado que los circuitos de modulación y demodulación están normalmente combinados en un único equipo, se denomina a este último módem, palabra formada por las primeras sílabas de los términos MOdulador y DEModulador.

Estos equipos son precisamente los utilizados para interconectar a dos **Equipo Terminal de Datos** (ETD) que posean características digitales, a través de una red telefónica de características analógicas.

Los equipos módem deben ser usados siempre por pares; uno en donde se transmiten los datos y el otro donde se reciben, cualquiera que sea el tipo de transmisión que se utilice, símplex, semidúplex o dúplex.

Los equipos módem, si bien son fabricados por diferentes empresas, se encuentran normalizados por distintos organismos nacionales e internacionales, que facilitan su compatibilidad. En la figura 8.19 se muestra el esquema de un sistema digital de transmisión de datos sobre redes analógicas.

Esquema de un sistema digital de transmisión de datos
sobre redes telefónicas analógicas usando módem de datos

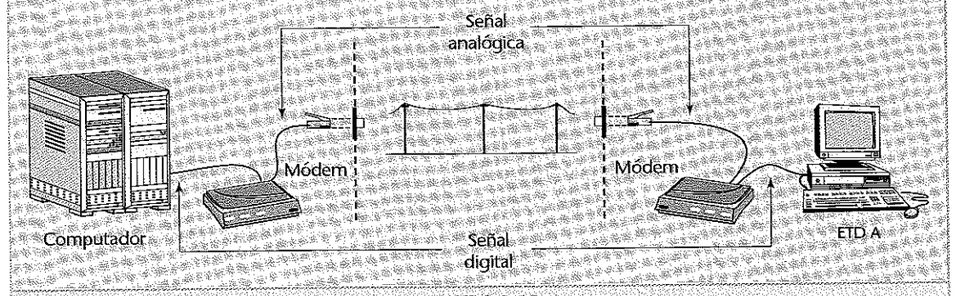


FIGURA 8.19

Funciones de los modems de datos 8.6.2

Las funciones que realizan los modems pueden clasificarse en básicas, complementarias y especiales.

Funciones básicas 8.6.2.1

Las funciones básicas son aquellas que permiten al equipo cumplir con las misiones para las que fue construido. Son funciones básicas: la **codificación**, la **modulación** y, consecuentemente, sus operaciones inversas, la **decodificación** y la **demodulación**.

LA CODIFICACIÓN Y DECODIFICACIÓN

La codificación consiste en transformar los datos recibidos del equipo terminal en códigos que tengan en cuenta los factores que hacen más eficiente la transmisión de señales a distancia. Esos códigos se denominan **Códigos de Línea** y adaptan la señal digital a la línea de transmisión.

Los factores más importantes que se deben considerar en la transmisión de señales digitales por redes de telecomunicaciones son:

- El valor de la componente de continua de la señal (del desarrollo en Serie de Fourier).
- La distribución espectral de potencia.
- El ruido.
- La distorsión.
- La interferencia intersímbolos.
- El mantenimiento del sincronismo.

El algunos modems se lleva a cabo el proceso de **seudoaleatorización** o ***scrambler***, que precede al de modulación y no se utiliza en las transmisiones asincrónicas de baja velocidad. Dicho proceso, permite modificar la **distribución espectral** de la señal resultante, para mejorar las condiciones orientadas a su transmisión.

En los modems asincrónicos el ajuste exacto de la señal de reloj se efectúa mediante el **bit de arranque** o **de *start***. Sin embargo, los mo-

dems sincrónicos no tienen esta facilidad, por lo que se encuentran forzados a obtener la señal de reloj de la propia cadena de bits de información. Esta última técnica se basa en usar las transiciones de la señal de línea, cuando alternan de **0 a 1** ó de **1 a 0**. Ya que podría presentarse una situación en la que la información a transmitir estuviese compuesta por una larga cadena de unos o de ceros, la falta de transiciones causaría la pérdida del sincronismo.

La solución a este problema se obtiene mediante la utilización de códigos de línea, conocidos como código banda base, que introduce una codificación, que genera cambios periódicos de la tensión en la línea, con el objeto, principalmente, de mantener el sincronismo, permitir la detección de la señal, adecuar la distribución espectral, etc. Dichos cambios son detectados y eliminados en el extremo receptor, usando el mismo código con el que se codificó la señal original, devolviéndole la consistencia a la información.

LA MODULACIÓN Y LA DEMODULACIÓN

La modulación consiste en el proceso por el cual las señales digitales generadas por el equipo terminal de datos son transformadas en señales analógicas que conservan la misma información que la generada por aquellos equipos.

El proceso de modulación, que complementa al de codificación, se encarga de transformar las señales digitales usando las técnicas conocidas como las de modulación de **amplitud**, de **frecuencia**, de **fase** o **fase diferencial** y otras de características combinadas o especiales. En el capítulo 4 de esta obra se pueden consultar las particularidades de cada una de ellas. La elección del tipo de modulación depende de la velocidad de transmisión y de las características particulares que se le quieran proporcionar a estos equipos.

En la figura 8.20 se muestra, en un solo cuadro, la forma de las señales digitales recibidas por un módem y la que adquieren a la salida del mismo luego de ser moduladas por cualquiera de los métodos clásicos expuestos en el párrafo anterior.

8.6.2.2 Funciones complementarias

Las funciones complementarias son aquellas que posibilitan que el equipo pueda cumplir con sus funciones básicas o mejoran la calidad de sus prestaciones. Son funciones complementarias: la recepción y transmisión de señales a través de una interfase digital estándar y de otra analógica, el control del flujo de datos, la señalización (con el equipo situado en el extremo receptor), la ecualización del canal y la protección contra sobretensiones de la línea de transmisión.

RECEPCIÓN Y TRANSMISIÓN DE SEÑALES A TRAVÉS DE LA INTERFASE ESTÁNDAR

La recepción y transmisión de señales desde y hacia el equipo terminal de datos a través de una **interfase digital estándar** permite al módem el intercambio de información con cualquier equipo terminal de datos, independientemente del fabricante o de la función que cumple el terminal.

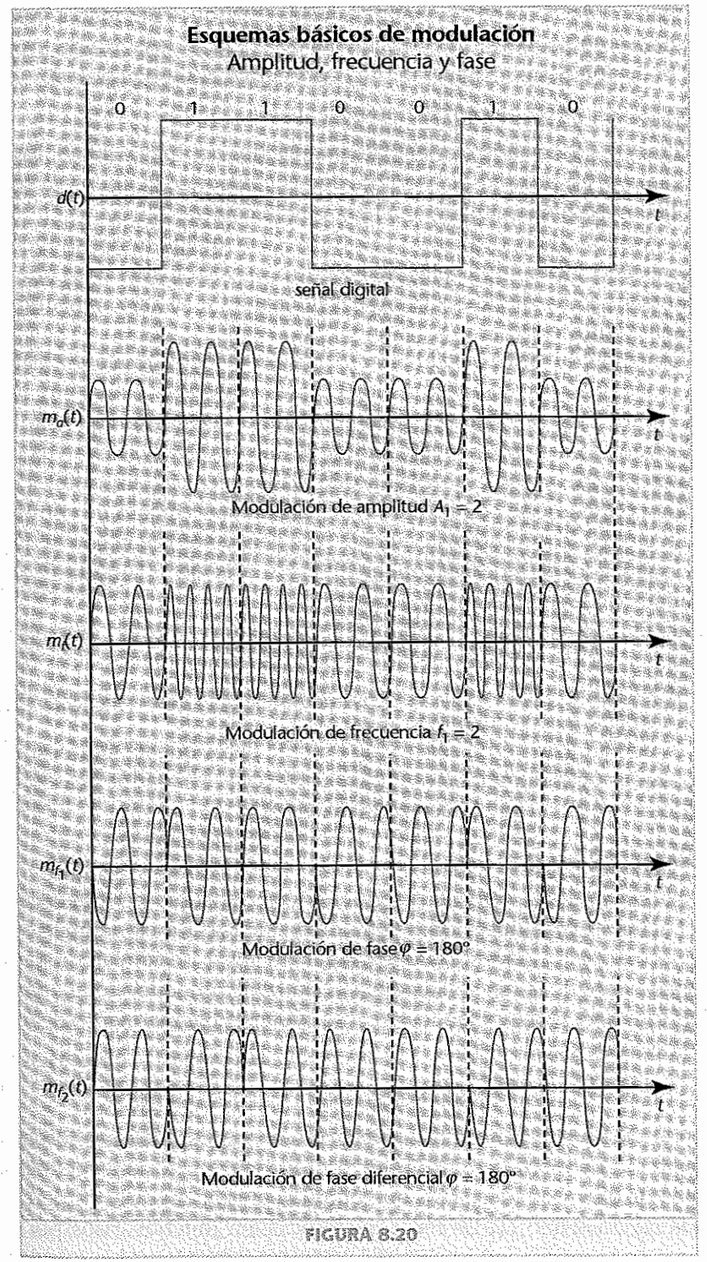


FIGURA 8.20

En particular, la interfase más difundida es la que responde a la denominación V.24 de la UIT-T, equivalente a la RS 232 C de la EIA de los Estados Unidos (ver este mismo capítulo, apartado 8.1.2 y siguientes).

CONTROL DEL FLUJO DE DATOS Y SEÑALIZACIÓN

A efectos de poder controlar el diálogo entre los equipos y la red, los modems se ocupan de estas dos actividades: el control de la línea y la señalización con el equipo situado en el extremo receptor.

Las técnicas de control del flujo (**flow control**) permiten que el módem pueda compensar las diferencias entre las velocidades a las que recibe la información desde el ETD y las velocidades a las que transmite a la línea de comunicaciones.

Normalmente, la velocidad de transmisión de datos que el módem establece a través de la interfase analógica que lo relaciona con el vínculo de comunicaciones, queda fijada al comienzo de la transmisión, mediante un proceso que se denomina **negociación de la velocidad**. Dicha velocidad se determina de acuerdo con las posibilidades técnicas disponibles en el módem con el que se comunicará, y del estado del vínculo de comunicaciones, en lo que respecta a su calidad. A su vez, la velocidad con la que está comunicado el módem con el ETD a través de la interfase digital estándar, puede ser diferente y generalmente es de mayor valor.

Para ello, los modems cuentan con una memoria **buffer**[1], que permite almacenar los datos a los que no pueden darle inmediata salida; pero si esta memoria se llenara, debe avisarse al ETD para que detenga el flujo de datos con el objetivo de que no se pierdan.

Las técnicas básicas de control de flujo de datos que facilitan este proceso son las denominadas RTS/CTS y XON/XOFF. En algunos casos, también se utiliza otra técnica denominada ENQ/ACK.

ECUALIZACIÓN DEL CANAL

Los modems de alta velocidad contienen circuitos que permiten **ecualizar** el canal de comunicaciones, a fin de mejorar su funcionamiento.

La ecualización permite proporcionar un nivel de salida constante e independiente de la frecuencia que se está transmitiendo. En el apartado 6.6 de esta obra se describen los procesos de acondicionamiento de los canales de comunicaciones.

PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES EN LA RED TELEFÓNICA

En todo circuito teleinformático deben tomarse precauciones respecto a la aparición de picos de tensión en la línea de transmisión, mediante el empleo de circuitos adecuados que protejan al módem de estas perturbaciones no deseadas. En las redes telefónicas, en muchos casos por deficiencias en la misma red interna del edificio, en donde está la instalación del equipo terminal de datos con su módem, pueden encontrarse tensio-

[1] Se denomina así a una memoria intermedia.

nes no deseadas a causa de instalaciones deficientes. En otros casos, estas perturbaciones suelen ser ocasionadas por razones meteorológicas, en redes aéreas que pueden ser afectadas por este tipo de fenómenos.

Funciones especiales 8.6.2.3

Las funciones especiales son aquellas que posibilitan prestaciones adicionales, destinadas a proporcionar servicios complementarios, orientados a lograr en el equipo un nivel de calidad, que le permita optimizar su rendimiento. Son funciones especiales: la marcación y recepción automática de llamadas, almacenamiento y procesamiento de la información (reducido)[1], detección y corrección de errores, compresión de datos, servicios de voz, servicios de facsímil, multiplexado de canales, si fuera el caso.

MARCACIÓN Y RECEPCIÓN AUTOMÁTICA DE LLAMADAS

Una función importante, por la utilidad que proporciona a los usuarios, es la que permite el marcado automático desde el computador, usando circuitos del propio módem. Cuando el módem posee esta facilidad, el mismo se comporta parcialmente como si fuera un equipo telefónico. En ese caso, cuando tiene incorporada esta función, estará en condiciones también de atender en forma automática una línea de comunicaciones.

Las especificaciones que permiten esta operación están detalladas en la Recomendación V.25 de la UIT-T y en la RS 366 de la EIA.

ALMACENAMIENTO Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los modems inteligentes poseen **microprocesadores** y **memorias** del tipo RAM[2], ROM[3] y EPROM[4]. Este *hardware* los ha dotado de una gran capacidad de realizar procesos que amplían la capacidad de ejecutar variadas funciones en estos equipos; en particular, las siguientes:

- Posibilidad de introducir a través de comandos ejecutados a través del ETD, cambios en las distintas características de los equipos. Estos comandos se conocen con el nombre de **Comandos Hayes**, por haber sido un estándar de **facto** que popularizó dicha empresa[5]. En la actualidad distintos fabricantes han modificado parcialmente estos comandos e incluso los han ampliado, con comandos propietarios.
- Detección y corrección de errores.
- Compresión de datos.

[1] Estas funciones son prestadas exclusivamente por los denominados **modems inteligentes** o **smart modem**. En realidad, la totalidad de los modems que se fabrican en la actualidad son de este tipo.
[2] Memoria de acceso aleatorio o **Random Access Memory**.
[3] Memoria de sólo lectura o **Read Only Memory**. Este tipo de memoria no puede ser alterada una vez grabados los datos que contendrá.
[4] Memoria de sólo lectura, pero con la posibilidad de ser reprogramada o **Erasable Programmable Read Only Memory**.
[5] Hayes Microcomputer Products Incorporated, Norcross, Estado de Georgia, Estados Unidos.

DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE ERRORES

Los modems que poseen capacidad de procesamiento incluyen entre sus prestaciones la posibilidad de detección y corrección de errores.

Esta tarea se realiza siguiendo principalmente la **Recomendación V.42 de la UIT-T**, que fue aprobada en el año 1989 y se basa en un procedimiento conocido como **Link Access Protocol/Módem (LAP-M)**; aunque también reconoce el método conocido como **Microcom Networking Protocol (MNP/Clase 4)**. Este último fue desarrollado por la firma Microcom[1], e incorporado a la Recomendación antes señalada.

COMPRESIÓN DE DATOS

De la misma forma que en el caso anterior, los modems que poseen capacidad de procesamiento incluyen entre sus prestaciones la posibilidad de compresión de datos. Esta tarea se realiza siguiendo principalmente la **Recomendación V.42bis de la UIT-T**, que fue aprobada en el año 1990 y se basa en un procedimiento conocido como de **Lempel/ZIV**, y no reconoce ningún procedimiento alternativo.

También en esta área, la empresa Microcom desarrolló varios métodos, siendo los más populares los conocidos como **Microcom Networking Protocol (MNP/Clase 5 y Clase 7)**. El último de ellos, el **MNP/Clase 7** es compatible con el **MNP/Clase 5**, pero la inversa no es válida.

CAPACIDAD DE AUTODIAGNÓSTICO

Esta capacidad consiste en detectar la situación del equipo. Frecuentemente se utiliza en forma simultánea el sistema operativo del ETD al cual está conectado. En el caso del **Sistema Operativo Windows 95**, esta función se puede efectuar con suma facilidad.

MULTIPLEXADO DE CANALES

En algunos equipos especiales, el módem de datos está incorporado a equipos multiplexores que permiten la división del canal telefónico en varios canales de menor ancho de banda. Las operaciones de multiplexado de canales han sido analizadas en el capítulo 4 de esta obra.

8.6.3 Clasificación de los equipos módem de datos

8.6.3.1 Distintos tipos de equipos módem

Los modems se pueden clasificar de diferentes maneras. La forma más simple de hacerlo es teniendo en cuenta su función en el circuito de datos de una enlace teleinformático. Así, los modems pueden ser clasificados como sigue:

- Módem de rango vocal.
- Módem banda base.
- Equipo excitador de línea o **driver**.
- Módem de banda ancha.

[1] Microcom Incorporated, Norwood, Estado de Maryland, Estados Unidos.

8.6.3.2 Módem de rango vocal

Como se vio oportunamente, la red telefónica conmutada no constituye el medio ideal para la transmisión de datos, pero sin duda es el medio más práctico y el más usado hasta el momento. Por lo tanto, las señales digitales necesitan ser adaptadas para su transmisión por esa red y, el dispositivo que realiza esta función es precisamente el módem de datos.

CARACTERÍSTICAS DE LOS CANALES TELEFÓNICOS

En la red telefónica, la banda de transmisión está dividida en canales, cuyo ancho de banda es aproximadamente 3100 Hz; valor suficiente para la transmisión de señales de voz, pero insuficiente, en las condiciones actuales, para obtener velocidades de transmisión de datos compatibles con las necesidades que presentan los sistemas con que se están operando. No obstante, si se quiere transmitir datos dentro de dicho ancho de banda, es necesario conformar el espectro de la señal a transmitir para adaptarlo al canal telefónico.

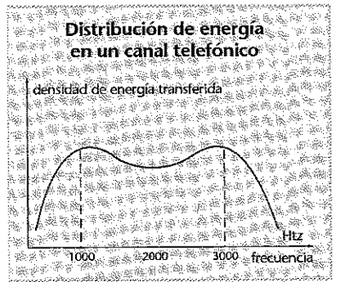


FIGURA 8.21

En la figura 8.21 se indica la distribución de la energía transmitida en función de la frecuencia, dentro de un canal telefónico. Del análisis de dicho gráfico surgen las siguientes conclusiones:

- Las frecuencias menores de 200 Hz son atenuadas fuertemente, así como también las que superan los 3000 Hz.
- No se transmite la corriente continua. Esto imposibilita enviar un bloque de datos, especialmente en el caso en que fueran los bits transmitidos mediante **Códigos Unipolares**, debido a que estas señales tienen una componente continua importante.
- Las altas frecuencias son las más atenuadas, con lo cual se tendrá mayor distorsión a medida que se incremente la velocidad de transmisión. Las señales digitales que generan los computadores y que luego se usan en los sistemas de transmisión de datos, poseen una gran riqueza armónica. En consecuencia, presentan fuertes restricciones para ser enviadas por un canal telefónico. Éstos, se encargan de modular una señal armónica simple denominada portadora, de frecuencia fija, en amplitud, frecuencia o fase, conforme a la forma en que varía la señal de datos. Para ello, se emplean los procesos de modulación y demodulación de señales digitales, tal como se ha descrito en el capítulo 4.

UTILIZACIÓN DE MODEMS EN LOS CANALES TELEFÓNICOS ANALÓGICOS

En los canales telefónicos analógicos, la transmisión está afectada por perturbaciones tales como el ruido en todas sus formas y la distorsión. Su efecto sobre la transmisión vocal es imperceptible, pero sobre la transmisión de datos es importante, pues aumenta significativamente la tasa de error.

Por otra parte, las señales analógicas de voz tienen una relación elevada entre la potencia máxima y la potencia media; por el contrario, las señales de datos poseen una relación mucho menor, dado que su potencia media es elevada. Para solucionar este inconveniente, se suele disminuir

la potencia media de las señales de datos, lo cual trae aparejado una disminución no deseada en la relación señal/ruido.

Todas estas características mencionadas ocasionan que el grado de eficiencia de la red telefónica conmutada para la transmisión de datos no sea suficientemente elevada, a pesar de las técnicas especiales empleadas para solucionar estos inconvenientes.

Por las características de los canales telefónicos, los modems de rango vocal pueden ser divididos en equipos de **baja velocidad**, que fueron los primeros que aparecieron en el mercado, y los equipos de **alta velocidad**, inteligentes y no inteligentes.

MODEMS DE BAJA VELOCIDAD

Dentro de este grupo se pueden considerar los modems que trabajan con la técnica de modulación en frecuencia usando la **Recomendación V.21**, o su similar de la norma **BELL 113**; los que usan las **Recomendaciones V.22 y V.22 bis**, o sus similares de la **norma BELL 212 A**, estos últimos modulados en fase; los que usan la **Recomendaciones V.23**; y aun los que usan las **Recomendaciones V.26, V.26 bis y V.26 ter.**

Los primeros dividen el ancho de banda del canal telefónico en dos subcanales, o bandas, para posibilitar el trabajo en modo dúplex. Dentro de cada uno ellos se seleccionan dos frecuencias que se utilizan de la siguiente manera: una para transmitir los **unos**, y la otra, para transmitir los **ceros**. En la banda inferior, los valores típicos de estas frecuencias son 1070 Hz para los ceros y 1270 Hz para los unos; mientras que en la banda superior estos valores son 2025 Hz para los ceros y 2225 Hz para los unos. En la figura 8.22 se muestran las características principales de los equipos de este tipo.

Modems de baja velocidad
Características principales

Norma	V_M	$V_{T\,máx}$	F_P	Modulación	Modo	Tipo	Enlace
V.21	300 baudios	300 bps	Canal N° 1: 1080 Hz Canal N° 2: 1750 Hz	FSK	Asincrónico	Dúplex	RTC
V.22	600 baudios	1200 bps	Canal N° 1: 1200 Hz Canal N° 2: 2400 Hz	PSK	Asincrónico Sincrónico	Dúplex	RTC
V.22 bis	600 baudios 1200 baudios	2400 bps	Canal N° 1: 1200 Hz Canal N° 2: 2400 Hz	QAM	Asincrónico	Dúplex	RTC
V.23	75 baudios	2400 bps	Canal N° 1: 1700 Hz Canal N° R_1: 390 Hz Canal N° R_0: 450 Hz	FSK	Asincrónico Sincrónico	Dúplex	RTC
V.26	1200 baudios	2400 bps	Canal N° 1: 1700 Hz	PSK	Sincrónico	Dúplex	4 hilos
V.26 bis	1200 baudios	2400 bps	Canal N° 1: 1800 Hz	PSK	Sincrónico	Semidúplex	RTC
V.26 ter	1200 baudios 75 baudios	2400 bps	Canal N° 1: 1800 Hz Canal N° R_1: 390 Hz Canal N° R_0: 450 Hz	PSK	Asincrónico Sincrónico	Dúplex	RTC

FIGURA 8.22

Estas normas de módem aún hoy se utilizan en algunos casos para el acceso a las **Redes Públicas de Transmisión de Datos por Conmutación de Paquetes**. Sin embargo, se debe destacar que no se fabrican más modems con esta norma, sino que al ser los **modems inteligentes** del tipo **multirecomendación** pueden funcionar con las características antes señaladas.

En las figuras 8.22 a 8.24, para una mejor compresión de la información suministrada, se indican las características principales de los modems de baja y media velocidad. Al respecto, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La velocidad de modulación y de transmisión que se consigna en cada caso es siempre la más elevada. En algunos casos pueden trabajar a velocidades menores.
- Cuando se indica que un equipo puede trabajar en la modalidad **dúplex**, normalmente también lo podrá hacer en la modalidad **semidúplex**, si se desea.
- Cuando se indica que un equipo puede trabajar en la **Red Telefónica Conmutada** (RTC), siempre podrá trabajar en **circuitos dedicados a dos hilos**. La inversa no siempre es posible.
- Cuando se indica que un equipo debe trabajar sobre **circuitos dedicados a cuatro hilos**, no podrá hacerlo con **circuitos dedicados a dos hilos**, y menos aún, a través de la **Red Telefónica Conmutada** (RTC).

MODEMS DE MEDIA VELOCIDAD NO INTELIGENTE

Dentro de este grupo se pueden considerar los modems que trabajan exclusivamente con las técnicas de modulación de **fase** o **fase diferencial**. Dentro de este tipo están los equipos que trabajan con las **Recomendaciones V.27, V.27 bis, V.27 ter, V.29** y **V.32.** En la figura 9.23 se muestran las características principales de los equipos de este tipo.

En estos casos, la mayoría de estos modems funcionaban exclusivamente bajo la norma para la que habían sido fabricados, excepto en el caso de la norma **V.32**. Ésta última representó un gran avance, pues operaba a 9600 bps sobre líneas conmutadas o líneas dedicadas a dos hilos.

Modems de media velocidad
Características principales

Norma	V_M	$V_{T\,máx}$	F_P	Modulación	Modo	Tipo	Enlace
V.27	1600 baudios	4800 bps	Canal N° 1: 1800 Hz	DPSK	Sincrónico	Dúplex	2 hilos
V.27 bis	1600 baudios	4800 bps	Canal N° 1: 1800 Hz	DPSK	Sincrónico	Dúplex	2 hilos
V.27 ter	1600 baudios	4800 bps	Canal N° 1: 1800 Hz	DPSK	Sincrónico	Dúplex	RTC
V.29	2400 baudios	9600 bps	Canal N° 1: 1700 Hz	QAM	Sincrónico	Dúplex	4 hilos
V.32	2400 baudios	9600 bps	Canal N° 1: 1800 Hz	QAM/TCM	Asincrónico	Dúplex	RTC

FIGURA 8.23

A partir de esta norma se empezó a trabajar con equipos más inteligentes, que podían reconocer más de una norma, y, además, se empezó a usar el sistema de **Codificación Trellis** (TCM). La modulación con **Codificación Entrelazada** tolera el doble de potencia de ruido que las modulaciones clásicas. Es por ello que se pueden obtener velocidades mucho más altas sobre un enlace telefónico conmutado.

MODEMS DE ALTA Y MUY ALTA VELOCIDAD INTELIGENTES

Dentro de este grupo se pueden considerar los modems del tipo **multirecomendación**, que pueden trabajar con varias normas en forma simultánea y detectar, en el periodo de negociación con el módem corresponsal, cuál es la mejor opción para cada caso.

A partir de estos equipos, el método de modulación pasó a ser el de **Modulación en Cuadratura**, o QAM, y en todos los casos se usa el sistema de **Codificación Trellis** (TCM).

En la figura 8.24 se muestran las características principales de los equipos de este tipo, dentro de los que se encuentran los que trabajan con las **Recomendaciones V.32 bis, V.32 ter**, V.33 y V.34.

A partir del año 1997 aparecieron dos nuevas normas propietarias, que se denominan: una 56K® de la empresa **Rockwell Semiconductor Systems**, y la otra x2® de la firma **3Com's (U. S. Robotics)**. Estas normas permiten velocidades aún mayores pero que no resultan compatibles entre sí.

La UIT-T se ha abocado a solucionar este problema, y ha desarrollado una norma que se denomina **Recomendación V.90**, que hace compatibles y universales ambos desarrollos.

A su vez, los modems de datos de frecuencia de voz, según necesiten mantener el sincronismo durante toda la transmisión o sólo durante breves instantes en los cuales se retransmite un carácter, se pueden dividir en dos clases:

MODEMS ASINCRÓNICOS

Los equipos módem que se construyen para funcionamiento en modo **asincrónico** son los que se utilizan para la conexión de los **Computadores personales** a la red telefónica. Los equipos que se observan en la mayoría de las empresas de venta de hardware son del tipo asincrónico.

Modems de alta y muy alta velocidad
Características principales

Norma	V_M	$V_{T\,máx}$	F_P	Modulación	Modo	Tipo	Enlace
V.32 bis	2400 baudios	14 400 bps	Canal Nº 1: 1800 Hz	QAM/TCM	Asincrónico	Dúplex	RTC
V.32 ter	2400 baudios	19 600 bps	Canal Nº 1: 1800 Hz	QAM/TCM	Asincrónico	Dúplex	RTC
V.33	2400 baudios	14 400 bps	Canal Nº 1: 1800 Hz	QAM/TCM	Asincrónico	Dúplex	4 hilos
V.34	3429 baudios	33 600 bps	Varias	QAM/TCM	Sincrónico	Dúplex	RTC

FIGURA 8.24

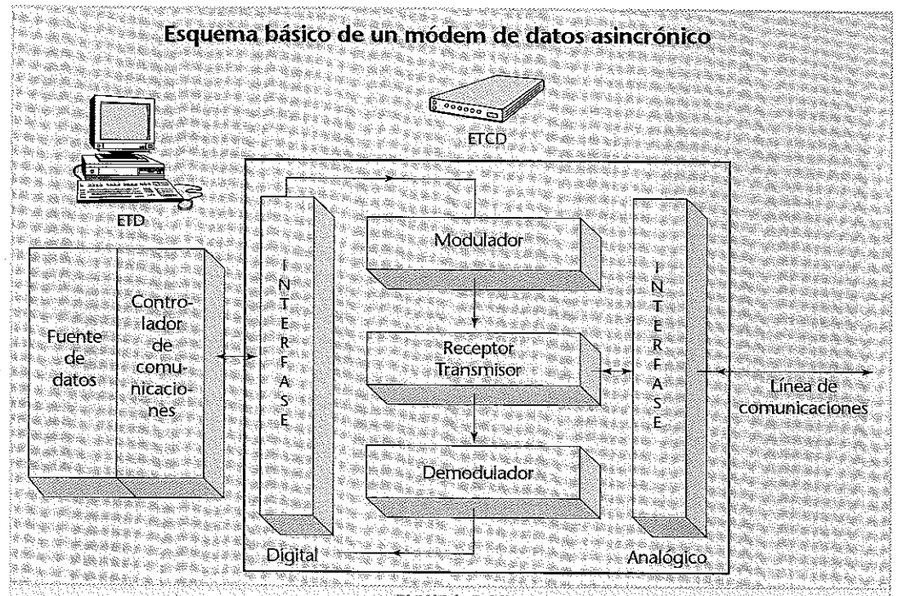


FIGURA 8.25

En la figura 8.25 se puede observar un diagrama de bloques simplificado que contiene los elementos que realizan las funciones básicas de un módem de datos asincrónico. En este diagrama se pueden apreciar las interfases analógica y digital, el transmisor, el receptor y las partes que se ocupan de la modulación y la demodulación.

La interfase digital entre el módem y el equipo terminal de datos está normalizada en todos los niveles, tanto el mecánico, el eléctrico como el lógico.

De esta manera, esta compatibilidad permite la conexión de un módem con cualquiera de los diferentes equipos terminales de datos que puedan existir en el mercado.

MODEMS SINCRÓNICOS

Los equipos módem sincrónicos son de mayor calidad y consecuentemente poseen un precio mayor. En la figura 8.26 se muestra un diagrama de bloques simplificado correspondiente a un módem sincrónico. Se pueden apreciar las interfases analógica y digital, el transmisor, el receptor y los módulos que se ocupan de la modulación y de la demodulación, más aquellos que se encargan de la codificación, decodificación y la seudoaleatorización de los datos.

A su vez, los modems de datos de frecuencia de voz, pueden funcionar con un canal denominado **auxiliar**.

MÓDEM DE DATOS CON CANAL AUXILIAR

Algunos modems de datos, que se conocen con el nombre de **Módem con Canal Auxiliar**, consisten en equipos que aprovechan el ancho de

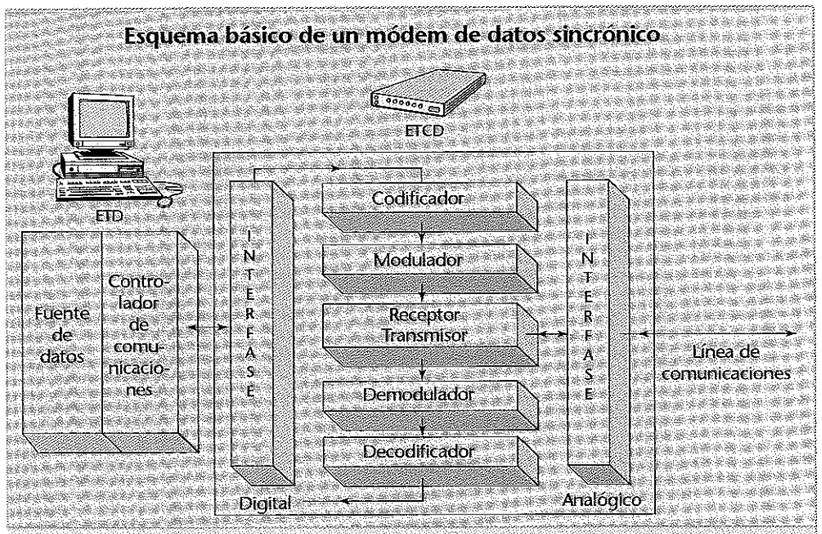


FIGURA 8.26

banda disponible de un canal telefónico de 3100 Hz dividiéndolo en un canal principal y uno o dos canales auxiliares.

En la figura 8.27 se muestra un esquema de la disposición de los canales en este tipo de equipos, cuyo objetivo es lograr un mejor aprovechamiento del ancho de banda, que a menudo es mayor que el que necesita el usuario.

Como se puede ver en la figura 8.27, el canal principal es significativamente mayor que el ancho de banda usado para el canal secundario. Esto significa que el volumen de datos que puede ser transmitido será diferente según el sentido considerado. En muchas aplicaciones se dan flujos asimétricos de datos y, en este caso, este tipo de módem representa una

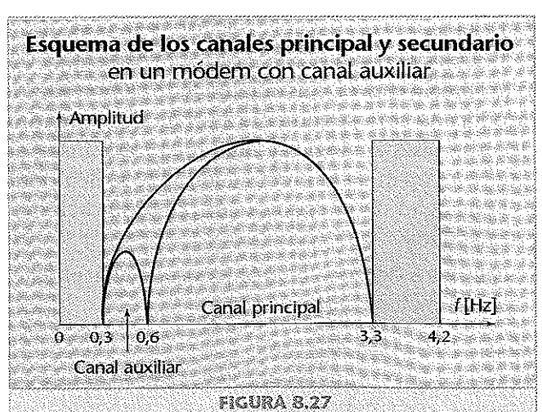


FIGURA 8.27

solución ideal. Un ejemplo de este tipo de aplicaciones es el **Servicio Teleinformático Videotex**[1], que se transmite en un sentido a 1200 bps, en el sentido del proveedor de la información al usuario, y a 75 bps en sentido inverso, del usuario al proveedor de la información.

El resultado de este tipo de módem es una transmisión dúplex asimétrica, muy aceptable para ciertas aplicaciones.

Modems banda base 8.6.3.3

Son aquellos que utilizan la transmisión digital codificada y son aptos para distancias cortas en líneas especiales. En estos casos, la denominación de módem es más simbólica que real, pues este tipo de equipo no realiza una de las funciones principales de todo módem, como es la modulación y la demodulación.

Los modems banda base realizan la función de codificación y decodificación, y, además, pueden realizar otras funciones complementarias o auxiliares. En la figura 8.28 se muestra el esquema de un módem banda base.

En general se trata de equipos con una electrónica sencilla y, por lo tanto, muy económicos; se recomienda su uso cuando las condiciones de contorno del problema lo permiten. Estos modems posibilitan especialmente extender el alcance de las interfases digitales.

Su uso está limitado al empleo de líneas de transmisión compuestas de cables constituidos por pares físicos de cobre o similares, **sin carga**; pueden ser de 2 ó 4 hilos. El alcance que es posible obtener está limitado a unos pocos kilómetros de distancia, dependiendo del diámetro de los

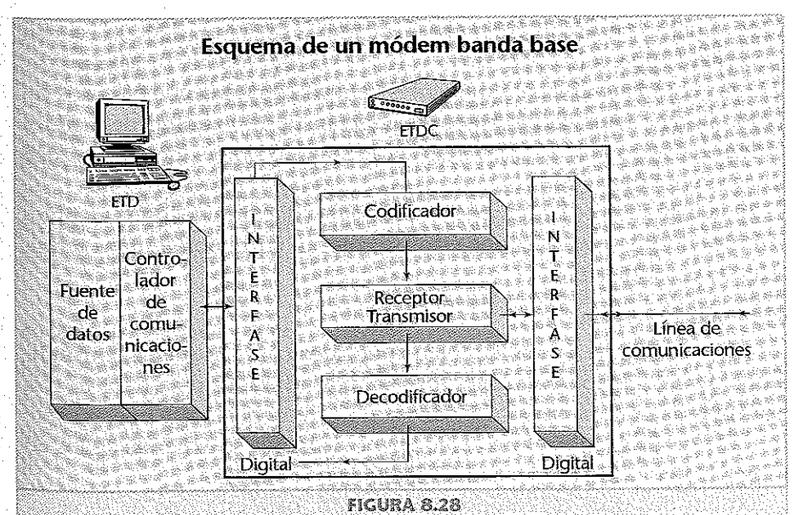


FIGURA 8.28

[1] Este tema será desarrollado en el Tomo II de esta obra.

alambres utilizados. Las transmisiones por este medio siempre se realizan en modo sincrónico.

Su utilización reviste importancia en los siguientes casos:

- Instalaciones en radios urbanos y en distancias cortas.
- Necesidad de trabajar a velocidades altas (más de 33 600 bps).
- Fácil instalación, puesta a punto y mantenimiento.
- Interconexión de circuitos digitales, como puede ser la conexión de dos equipos **router** a través de un vínculo digital de 64 Kbps o de velocidad aún mayor.

Pueden señalarse como algunas de las características típicas de estos equipos no normalizados las siguientes:

- Velocidades seleccionables desde 300 bps a 2,048 Mbps, y aún más en algunos casos especiales.
- Uso de líneas de pares metálicos a 2 ó 4 hilos.
- Codificación en banda base del tipo **codificación diferencial** o similar.
- Sincronismo de bit (proporcionado por el equipo terminal o por el propio módem).
- Interfase con el equipo terminal, normalizada en los términos de la Recomendación V.24.

8.6.3.4 Equipos excitadores de línea o **driver**

Los equipos excitadores de línea, también conocidos como **supresores de módem**, si bien no reciben la denominación de módem banda base, facilitan las transmisiones en banda base a distancias cortas. La función principal de los **drivers** es la de recibir, amplificar y regenerar los pulsos a fin de incrementar el alcance del enlace. Su instalación permite, precisamente, eliminar los modems banda base en ambos extremos de la línea, con el consiguiente ahorro de costos.

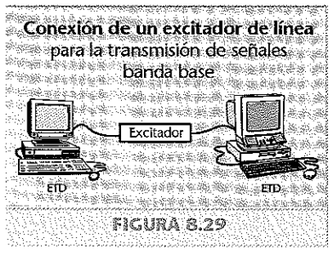


FIGURA 8.29

Estos equipos trabajan a diferentes velocidades (que, como en los casos de los modems banda base, dependerán de la longitud de la línea donde estén instalados) y pueden alcanzar velocidades de hasta 2,048 Mbps, en distancias cortas.

En la figura 8.29 se muestra el esquema de conexión de los excitadores de línea, donde se aprecia que éstos se colocan entre dos equipos terminales de datos (ETD).

8.6.3.5 Módem banda ancha

Los modems banda ancha, también conocidos como **Modems Normalizados para el Grupo Primario**, son equipos utilizados para trabajar con esquemas de multiplexación por división de frecuencia, para operar sobre un canal de **Grupo Primario**, cuyo ancho de banda se extiende de los **60 a los 108 kHz** y funcionan a una velocidad de 48 Kbps.

Existen dos tipos de equipos, aun en uso, para este tipo de servicio, aunque ya han perdido vigencia con la misma rapidez que lo han hecho los sistemas de transmisión que utilizan las técnicas de **Multiplexado por División de Frecuencia**, dado el avance de las técnicas digitales. Estos equipos y sus características son las siguientes:

MODEMS CORRESPONDIENTES A LA RECOMENDACIÓN V.36

- Velocidad de transmisión: 48, 56, 64 y 72 Kbps.
- Tipo de transmisión: sincrónica.
- Modo de transmisión: dúplex.
- Tipo de línea: grupo primario de un sistema múltiplex de ancho de banda de 60 a 108 kHz.
- Modulación: amplitud, con banda lateral única (BLU).
- Interfase: V.24 con la V.10.
- Frecuencia de portadora: 100 kHz.
- Señal de banda base: tipo bipolar sin componente continua.

Este tipo de módem se instala normalmente en las centrales telefónicas y se prolonga hasta el usuario mediante enlaces en banda base.

A fin de lograr independencia con respecto a una secuencia de bits determinada y/o evitar la presencia en la línea de componentes continuas importantes, se deben aleatorizar los datos y desaleatorizarlos mediante circuitos afines[1].

MODEMS CORRESPONDIENTES A LA RECOMENDACIÓN V.37

- Velocidad de transmisión: 96, 112, 128 a 144 Kbps, opcional 168 Kbps.
- Tipo de transmisión: sincrónica.
- Modo de transmisión: dúplex o semidúplex.
- Tipo de línea: grupo primario de un sistema múltiplex MDF de ancho de banda de 60 a 108 kHz.
- Modulación: banda lateral única (BLU) de una portadora de 100 kHz.
- Interfase: V.24 con las V.10 y V.11.
- Ecualización: autoadaptiva.

Este tipo de módem permite la transmisión sincrónica de datos a una velocidad binaria superior a 72 Kbps, usando circuitos en la banda del grupo primario de 60 a 108 kHz, en circuitos arrendados a cuatro hilos y en modo dúplex. El módem incluye un ecualizador autoadaptativo y un aleatorizador similar al de la Recomendación V.36.

8.6.3.6 Conexionado y características especiales

ACOPLAMIENTO ACÚSTICO

Este acoplamiento se realiza mediante transductores, tal como se muestra en la figura 8.30. Los acopladores transforman las señales acústicas recibidas por el auricular del aparato telefónico en señales eléctricas capaces de poder ser procesadas por el módem de datos. Actualmente este tipo de acoplamiento no se emplea con frecuencia, debido a que no permite obtener velocidades de transmisión elevadas.

[1] Que, como ya se expresó, se denomina **scrambler**.

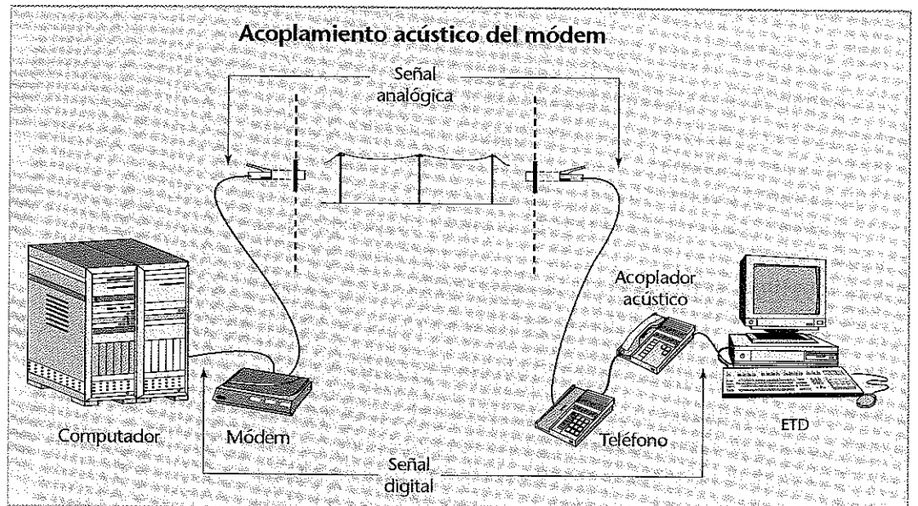


FIGURA 8.30

El acoplador debe estar en condiciones de realizar el proceso inverso, es decir, de transformar las señales eléctricas de datos provenientes del transmisor del módem en señales acústicas que se acoplan al micrófono del aparato telefónico. Este tipo de acoplamiento resulta efectivo para bajas velocidades, normalmente de 300 baudios.

Los acoplamientos acústicos pueden resultar muy prácticos, pues permiten la transmisión de datos desde cualquier teléfono, incluidos los denominados teléfonos públicos.

La normalización del microteléfono en las redes públicas resulta de mucha utilidad, pues posibilita que las dimensiones de los acopladores acústicos se puedan adaptar en todos los casos a los equipos disponibles.

En los casos en que se usen acopladores acústicos, resulta de particular importancia controlar el nivel de ruido que se puede producir en las proximidades del lugar donde el mismo está instalado. En particular, el ruido proveniente de los propios equipos informáticos que se encuentran cerca, tales como impresoras, lectoras de tarjetas, etc., u otros como los equipos de aire acondicionado, pueden afectar su funcionamiento.

ACOPLAMIENTO ELÉCTRICO

El módem debe conectarse a la línea de transmisión de la **Red Telefónica Conmutada**, o en algunos casos al aparato telefónico; a la red de alimentación eléctrica, también denominada **Red de Canalización** con valores de tensiones de **220 V y 50 Hz** o **110 V y 60 Hz**[1]; y al **Equipo Terminal de Datos (ETD)**.

[1] Dependiendo del país.

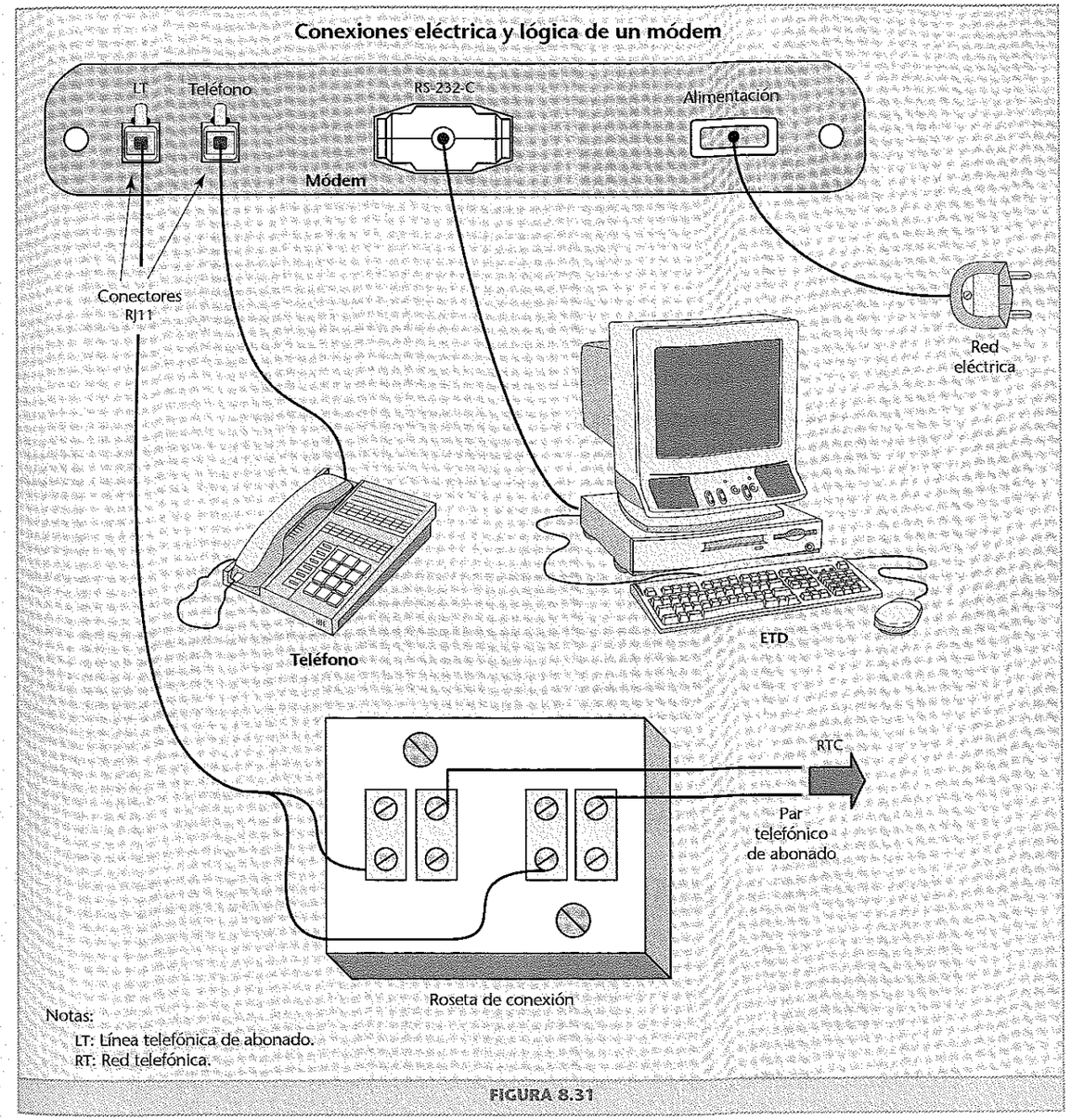


FIGURA 8.31

En la figura 8.31 se muestra un esquema de las distintas conexiones de un equipo módem que permite observar los distintos elementos que interactúan con el módem.

ACOPLAMIENTO A LA RED TELEFÓNICA

Para el intercambio de señales, el módem se debe conectar al ETD a través de la **interfase digital estándar**, y a la red telefónica, mediante una **interfase analógica**.

En la figura 8.32 se puede observar la interfase analógica, que también tiene incorporados circuitos electrónicos encargados de encaminar las señalizaciones de control en las aplicaciones de una red automática conmutada. Dicha interconexión se efectúa, desde el punto de vista de la circuitería, mediante **transformadores** internos en el módem, que adaptan la impedancia entre la línea y el módem. También cumplen la función de desacoplar la componente continua de ambos circuitos.

Por último, la unidad de control se encarga de establecer la coordinación entre las distintas unidades componentes del módem, así como de la supervisión de las funciones de cada una de ellas.

8.6.3.7 Características técnicas y operativas de un módem

Un equipo módem de datos está construido sobre la base de un determinado conjunto de especificaciones técnicas. En la figura 8.33 se detalla una parte de ellas.

8.7 Los modems de datos inteligentes

8.7.1 Las comunicaciones de datos en los computadores personales

El uso de los computadores personales para establecer comunicaciones de datos es cada día más frecuente. El acceso a bases de datos, la transferencia de archivos, el intercambio de información en la modalidad **en línea (on line)** y la conexión a la Red Internet son sólo algunos de los ejemplos del uso que se le puede dar a este tipo de equipos, como terminales de circuitos de comunicaciones.

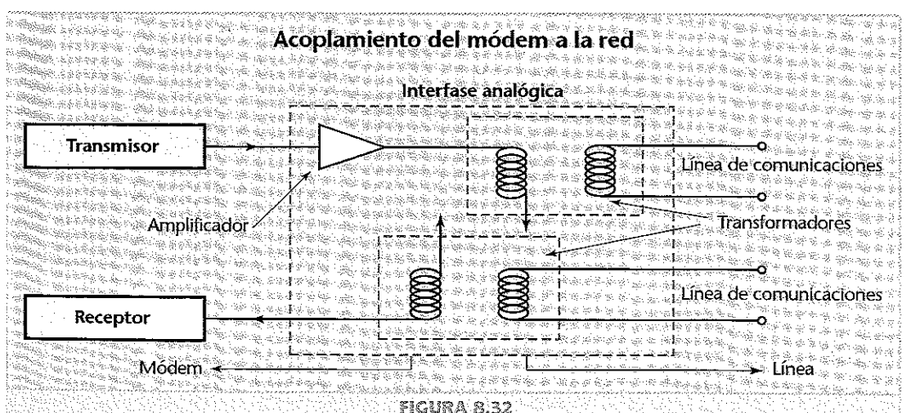


FIGURA 8.32

Especificaciones técnicas de un módem

Velocidad de modulación	Tensión de alimentación
Velocidad de transmisión	Frecuencia de alimentación
Número de bits por baudio	Sistema de portadora
Modo de transmisión	Tipo de ecualización
Tipo de explotación	Requerimientos del canal
Tipo de línea a utilizar	Banda pasante
Calidad de la línea a utilizar	Distorsión
Interfase a utilizar con el ETD	Relación señal/ruido
Origen de la señal de sincronismo	Supresión de eco
Base de tiempo interna y externa	Codificación de las señales
Sensibilidad de recepción	Llamada automática
Consumo de potencia	Contestación automática
Tipo de modulación	Posibilidades de trabajo multipunto

FIGURA 8.33

Su empleo como equipo terminal de datos (ETD) es similar, en sus características principales, a las de los grandes ordenadores; pero están condicionados por las posibilidades que pueda brindar su tarjeta de comunicaciones. En la mayoría de los casos, los fabricantes omiten en estas tarjetas las señales de tiempo correspondientes, por lo que los equipos deben ser utilizados como terminales asincrónicos.

Esto limita su uso, por la gran cantidad de protocolos sincrónicos que habitualmente se usan en las comunicaciones con los grandes computadores, o para comunicarse en modo paquete con el protocolo X.25, en **Redes Digitales de Transmisión de Datos por Conmutación de Paquetes**, por citar sólo dos ejemplos. Sin embargo, es posible transformarlos en terminales sincrónicos añadiéndoles unidades adaptadoras sincrónicas/asincrónicas, entre la salida del equipo computador personal y el módem de datos. Estas unidades proporcionan los circuitos 113, 114 y 115 de la interfase digital V.24 (contactos 24, 15 y 17, respectivamente) según se puede observar en la figura 8.3 de este capítulo.

En la figura 8.34 se muestra un esquema de disposición de transformación de un computador personal asincrónico en sincrónico.

8.7.2 Sus características

8.7.2.1 Consideraciones generales

La mayoría de los computadores personales utilizan equipos módem denominados **modems inteligentes** o **smart modem** que pueden estar incorporados dentro de la electrónica del propio equipo, usando su propia fuente de alimentación. En ese caso, se los conoce como **modems internos**. La otra posibilidad es que estén conectados al computador a través de una interfase digital estándar serie, y en este caso, se los conoce como **modems externos**.

Dichos equipos cumplen con la mayoría de las normas o recomendaciones existentes para los modems de rango vocal, son generalmente

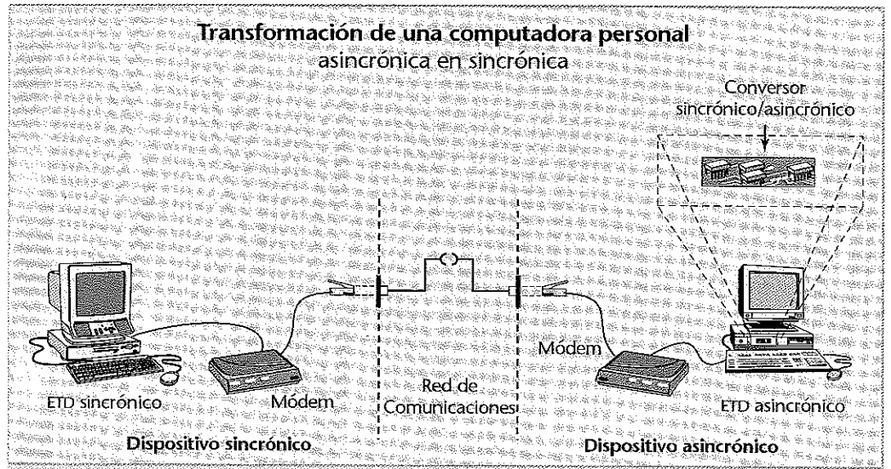


FIGURA 8.34

asincrónicos y responden como mínimo a la Recomendación V.32 **bis**, o directamente, a la última norma aprobada por la UIT-T, la Recomendación V.34. Esta recomendación, con su última mejora incorporada, permite obtener velocidades de transmisión de hasta 33 600 bps, por líneas conmutadas o por líneas dedicadas a dos hilos.

La UIT-T ha lanzado recientemente una nueva recomendación, que se denomina V.90, y permite normalizar los distintos desarrollos que varias empresas han efectuado para el uso de los modems más modernos, denominados **de 56 K**, o modems **asimétricos**, tal como se mencionó en el apartado 8.6.3.2 de este capítulo.

Estos equipos permiten transmitir con dos velocidades distintas, en los casos en que un usuario tenga una conexión analógica a la Red Telefónica Conmutada y establezca una comunicación de datos con otro que posea una conexión digital. En el sentido **analógico/digital** la comunicación se puede realizar hasta 33 600 bps, y en el sentido **digital/analógico** hasta 56 000 bps.

La idea de los fabricantes de este tipo de equipos ha sido la de desarrollar modems que permitan, en las conexiones que normalmente se efectúan con los **Proveedores de Servicios de Internet**, obtener mejores velocidades de respuesta.

Estos proveedores tienen normalmente disponibles un gran número de líneas conectadas a la red telefónica conmutada, a través de uno o varios **vínculos digitales** E1 ó T1[1], permitiendo con estos nuevos equipos aumentar su velocidad de respuesta.

[1] Los vínculos E1 son de 2,048 Mbps; y los T1 de 1,544 Mbps.

Funciones que prestan los modems inteligentes 8.7.2.2

Según sus características técnicas, los modems inteligentes pueden realizar, parcial o totalmente, las siguientes funciones:

- Capacidad de procesamiento y almacenamiento de datos.
- Procedimientos de establecimiento de la comunicación.
- Modulación QAM[1], con **codificación entrelazada** o **Trellis Coded Modulation**.
- Control del flujo de datos.
- Compresión, detección y corrección de errores.
- Operación como equipo facsímil.

Estas funciones permiten a estos equipos una calidad de servicio que hace sólo unos pocos años atrás eran impensables.

Funciones que prestan los modems de datos inteligentes 8.8

Capacidad de procesamiento y almacenamiento de datos 8.8.1

Consideraciones generales 8.8.1.1

Los modems inteligentes están dotados de un microprocesador que les permite realizar distintas funciones en forma automática o preprogramadas. En este último caso, se pueden programar de dos maneras: por *hardware* o por *software*.

El *hardware* de estos equipos posee un conjunto de **llaves de posición**, que pueden ser accionadas externamente y colocadas en una de dos posiciones. En los equipos se señalan como ON y OFF, correspondiendo para cada caso funciones diferentes. Estas llaves, en un número variable entre ocho y diez, se conocen normalmente como DIP **Switches**.

Los modems pueden ser programados por *software* a través de un conjunto de comandos denominados **Hayes**, por haber sido desarrollados por la empresa **Hayes Microcomputer Incorporated**, y luego, con pequeñas variaciones, aceptados como un estándar de **facto** por el resto de los proveedores.

Una de las características más importantes de estos equipos es su funcionamiento con distintos esquemas de modulación y de velocidades. Normalmente pueden operar, como mínimo, cumpliendo las recomendaciones correspondientes a los modems de baja velocidad V.21, V.22 y 22 **bis**, V.23, y a los de alta velocidad V.32, 32 **bis** y V.34. Por otra parte, tienen incorporada las características de la **Recomendación** V.25[2], que les permiten operar en forma automática con la Red Telefónica Conmutada.

[1] Ver capítulo 4 de esta obra.

[2] Esta norma se denomina **Equipo de respuesta automática y procedimientos generales para los equipos de llamada automática en la red telefónica con conmutación, con procedimientos para la neutralización de los dispositivos de control de eco en las comunicaciones establecidas tanto manual como automáticamente.**

Otra de las facilidades más importantes de estos equipos es ir adaptando la velocidad de trabajo a las condiciones de la línea. Estas funciones se realizan por procedimientos de negociación de la velocidad al comienzo de la transmisión; o de renegociación, cuando la comunicación está ya establecida y la tasa de errores en la línea es alta. En estos casos, para mejorar el rendimiento del equipo es necesario disminuir la velocidad de transmisión.

La velocidad de modulación clásica de 2400 baudios, utilizada hasta la **Recomendación V.32** inclusive, hoy ha podido ser aumentada a velocidades mucho mayores.

Para el caso particular de la **Recomendación V.34**, además de la velocidad de 2400 baudios, ya señalada, estos equipos deben tener la capacidad de trabajar a 3000 y 3200 baudios, y, opcionalmente, a velocidades de 2743, 2800 y 3429 baudios.

Estas posibilidades se deben a la introducción de esquemas de **modulación entrelazada**, que mediante la introducción de **bits de redundancia** permiten reducir al mínimo la posibilidad de que ocurran errores a causa del ruido y la distorsión de la línea. Estos sistemas, como veremos con más detalle en el apartado 8.8.3 de este capítulo, disminuyen la incertidumbre en la detección de cada punto de la **constelación**, que se corresponde con la señal multinivel que se esté transmitiendo.

8.8.1.2 Operación y configuración por medio de órdenes de comando externas

La operación personalizada de los equipos módem se puede realizar a través de un conjunto de comandos denominados, como se expresó, **Hayes**, o también **Comandos AT**. Éste último nombre proviene de la necesidad de iniciar la comunicación con el módem, cualquiera que sean los comandos a introducir, mediante la secuencia AT. Estas letras son un acrónimo de la palabra ATTENTION (AT).

Los comandos de operación de los equipos módem de datos se pueden dividir en dos categorías: **principales** y **extendidos**. Los **comandos principales** están normalizados por casi todos los fabricantes de equipos, y los segundos, dependen más del fabricante de cada uno de ellos.

En la figura 8.35 se muestra un conjunto de los **comandos principales** y las variantes más importantes que cada uno de ellos ofrece. La descripción debe ser tomada sólo como indicativa, por cuanto, como se expresó, puede variar según el fabricante.

En todos los casos, las órdenes a través de estos comandos están limitadas en el número máximo de caracteres que pueden ser introducidos en cada equipo. En general, en la mayoría de los equipos la cantidad máxima es alrededor de 50 caracteres.

ejemplo 8.1 **¿Cuál sería la secuencia a enviar en la señalización de un módem, para que realice las siguientes funciones: iniciar la comunicación marcando por tonos, utilizar normas de la UIT-T y colocando el altavoz con su volumen al máximo?**

La secuencia sería la siguiente: ATDTB0L3.

Conjunto de comandos principales

Comando	Funciones generales	Particulares
A	Facilita el modo de respuesta en forma manual	
B	Selecciona el tono de respuesta y la velocidad de trabajo	B_0 = UIT-T B_1 = Normas Bell B_N = Distintas velocidades
D	Selecciona el modo de marcación por la red telefónica	D_P = Por pulsos D_T = Por tonos D_N = Otras variantes
E	Habilita o deshabilita el eco en la pantalla	E_0 = Sin eco E_1 = Con eco
F	Permite seleccionar modo dúplex o semidúplex	
H	Fuerza al módem a simular colgar o descolgar el microteléfono	E_0 = Colgar E = Descolgar
I	Solicita información sobre el equipo	I_0 = Código de identificación del producto I_1 = Identificación de la ROM I_N = Otras informaciones
L	Regula el volumen del altavoz del equipo	L_0 = Mínimo L_N = Otros valores intermedios L_4 = Máximo
M	Activa o desactiva el altavoz	
O	Permite volver a conectar la línea	
Q	Habilita o deshabilita el envío de códigos de resultado	
S	Permite leer y mostrar el valor almacenado en un registro	
V	Muestra los códigos de resultado en forma numérica o escrita	
X	Habilita un conjunto de facilidades del equipo. Siempre el valor por defecto es el máximo	X_0 = Incluye un conjunto mínimo de prestaciones X_N = Agrega prestaciones al conjunto mínimo X_4 = Conjunto máximo de prestaciones
Y	Activa o desactiva señales de respuesta o pausas	
Z	Permite reinicializar el equipo	

FIGURA 8.35

Respecto a los **comandos extendidos**, éstos, si bien no poseen una normalización tan aceptada, en la mayoría de los casos presentan la estructura siguiente: &BN. El primer signo es el carácter conocido como **ampersand** (&), luego se coloca la letra de la función elegida, y finalmente, si fuera del caso, un número que indica una opción dentro de ella.

8.8.1.3 Memorias de registro

Los modems inteligentes poseen memorias, denominadas **Registros S**, que permiten almacenar determinados parámetros de operación. Cada

módem podrá tener un determinado número de **Registros S**, cada uno de los cuales, permite almacenar un número que esté comprendido dentro del intervalo [**0 a 255**]; por lo que se puede deducir, que utilizan un byte de memoria para cada registro.

En cada memoria de registro, el módem almacenará un parámetro de operación, que podrá ser consultado o modificado externamente por el usuario. Todo equipo de fábrica viene con un conjunto de valores en sus **Registros S**, configurados por **defecto**.

El número de registros es variable y depende de la marca y del modelo. En general, algunos valores están normalizados. En el manual de todos los modems se indica el número de registros y cuáles son los valores por defecto. Además, siempre se indica el rango dinámico que el usuario podrá alterar por medio de programas de comunicaciones o por una comunicación con el equipo, para reasignar nuevos parámetros según sus necesidades o preferencias.

La orden para cambiar el contenido de un **Registro S** del equipo tiene la forma indicada en la expresión (8.1).

$$\text{ATSR} = n \qquad (8.1)$$

donde:

AT = Comando de iniciación de comunicación con el módem (*attention*).
S = Comando principal a utilizar.
R = Número de registro a cambiar.
n = Valor a reasignar, al registro R.

Para consultar el valor contenido en un **Registro S**, la orden que hay que dar al equipo tiene la forma indicada en la expresión (8.2).

$$\text{ATS}n? \qquad (8.2)$$

donde:

AT = Comando de iniciación de comunicación con el módem (*attention*).
S = Comando principal a consular su contenido.
n = Número de registro a consultar.

ejemplo 8.2

¿Cuál sería la secuencia a enviar para consultar el contenido del Registro S-N° 8, que indica la cantidad de segundos que genera una coma de pausa? Cambie el valor de dicho registro a una pausa de 3 segundos.

La secuencia de consulta sería: ATS8?. En muchos modems, por defecto, el valor de una coma de pausa es de 1 ó 2 segundos; si no hubiera sido cambiado ese valor, la respuesta del equipo sería precisamente 1 ó 2. La secuencia de modificación sería: ATS8 = 3. Una vez enviada dicha secuencia, cada vez que se desee inicializar un módem, la coma produciría una pausa de 3 segundos.

La **secuencia de inicialización** para indicarle al módem que marque un número telefónico en la modalidad por tonos sería: ATDT. A continuación se debería introducir el número de abonado con el que se desea comunicar.

Un caso muy común es cuando se debe tomar primero una línea externa desde un número interno de una central telefónica, por ejemplo a través del número 9. En estos casos, es siempre conveniente poner una pausa para asegurarse de que la central ha tenido tiempo de encontrar una línea externa disponible. Si el abonado con el cual se quiere establecer la comunicación tuviera el número 344 9011, la **secuencia de inicialización** completa, para el llamado con pausa, sería la siguiente: ATDT9,3449011.

Procedimientos de establecimiento de la comunicación 8.8.2

Consideraciones generales 8.8.2.1

Los equipos módem están capacitados para trabajar a diferentes velocidades. La finalidad de esta propiedad es la de obtener una velocidad de transmisión muy próxima al valor máximo que puede sustentar el canal en cada conexión.

El equipo, al establecer el enlace, tratará siempre de conectarse a la máxima velocidad posible, que sea compatible en ambos lados del canal de comunicaciones. La misma dependerá, en primer lugar, de la que ambos equipos módem manejan como valor más elevado. Finalmente, se tendrá en cuenta la calidad del canal que la red telefónica ha ofrecido para establecer la comunicación.

Obsérvese que para cada comunicación conmutada podrá haber una calidad diferente, que dependerá del **encaminamiento** que la red haya establecido para esa comunicación.

Las velocidades menores a la máxima se suelen denominar **velocidades de repliegue**, que serán cada vez más bajas a medida que la calidad del canal sea menor.

Procedimiento de negociación 8.8.2.2

El procedimiento inicial es el de **negociación** de la velocidad de transmisión. Este procedimiento se realiza mediante un **sondeo de línea**, que consiste en determinar las **capacidades de los modems** y los denominados **parámetros de modulación**. Para ello, se utiliza un conjunto de instrucciones denominadas **Secuencias** INFO. Los resultados del sondeo son finalmente los que fijan la velocidad de modulación que se utilizará; y dentro de ella, la velocidad de transmisión más conveniente.

Para la transmisión de las **Secuencias** INFO, se utiliza una velocidad de 600 bps, con modulación de fase diferencial DPSK. Las mismas están conformadas por un conjunto de bits, que permiten a ambos modems tomar las decisiones antes señaladas, según sean los valores intercambiados.

En algunos casos en que ambos equipos lo permiten, la velocidad de modulación puede ser diferente en cada sentido de la comunicación. En

ese caso, se dice que la comunicación ha establecido velocidades de modulación **asimétricas**.

8.8.3 Modulación QAM con codificación entrelazada[1]

8.8.3.1 Aspectos generales de la modulación QAM

Los modems de la **Recomendación** V.29 significaron el primer gran avance en la comunicación de datos por la Red Telefónica Conmutada.

Estos equipos permitían obtener velocidades de hasta 9600 bps a través de líneas dedicadas a cuatro hilos, con señales multinivel de 16 valores y permitían también la transmisión de **cuatro bits por baudio (cuadribits)** usando la **modulación en cuadratura** QAM, es decir, combinando la modulación de fase diferencial con la modulación de amplitud. En la figura 8.36 se muestra la forma que tiene su **constelación** para el manejo de cuadribits, tal como se realiza en la Recomendación V.29.

Constelación de la Recomendación V.29 para la transmisión de cuadribits

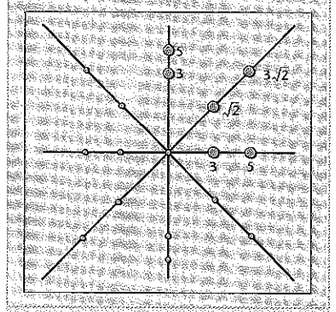


FIGURA 8.36

Se puede observar que dicha **constelación** tiene solamente dieciséis puntos. En ella se indica el valor de la amplitud para cada punto, que resultan ser 3, 5, $\sqrt{2}$ y $3\sqrt{2}$ correspondientes a los puntos del primer cuadrante que tienen fases de 0°, 45° y 90° respectivamente. En la figura 8.37 se muestra el valor cuantitativo de cada uno de los cuadribits formados, para poder facilitar el envío de **4 bits por baudio**, tal como trabaja la Recomendación V.29. Como se está usando la **modulación** QAM, se puede observar que cada punto está caracterizado por **un valor de amplitud** y por **un valor de ángulo de fase**.

La **Recomendación** V.29, que significó el primer gran avance en los equipos módem utilizados para la transmisión de datos, dispone de **ecualizador automático** que permite mejorar las condiciones de la línea. Estos modems comenzaron a permitir la transmisión asincrónica hacia el ETD, y sincrónica con el otro módem corresponsal.

Con posterioridad, la UIT-T redactó una nueva norma mucho más perfeccionada, denominada **Recomendación** V.32, que permitía transmitir a la misma velocidad por circuitos a dos hilos, e incluso a través de la Red Telefónica Conmutada. Esta mejora sustancial se debió a la inclusión en el *hardware* de los equipos **supresores de eco**, que permitían mejorar las condiciones de la línea. Este tipo de equipos inició la era de los **modems inteligentes**, que continuaron siendo perfeccionados hasta el presente.

Con posterioridad, y sobre la base de la mencionada **Recomendación** V.32, se mejoró aún más este estándar con la aparición de una nueva serie de modems, que fueron desarrollados con la idea de proporcionar una mayor **inmunidad al ruido** y a los problemas derivados de la **inestabilidad en el mantenimiento de la fase**.

Los equipos de la **Recomendación** V.32 **bis** y V.33 pasaron de una **constelación de 16 puntos** a razón de **4 bits transmitidos por baudio** a

[1] También conocida como **Trellis Coded Modulation**.

Valor cuantitativo de cada punto de la constelación de la Recomendación V.29 para cada cuadribits a una velocidad de 9600 bps

Cuadribits	Cambio de fase	Amplitud relativa
0001	0°	3
0000	+45°	$\sqrt{2}$
0010	+90°	3
0011	+135°	$\sqrt{2}$
0111	+180°	3
0110	+225°	$\sqrt{2}$
0100	+270°	3
0101	+315°	$\sqrt{2}$

Cuadribits	Cambio de fase	Amplitud relativa
1001	0°	5
1000	+45°	$3\sqrt{2}$
1010	+90°	5
1011	+135°	$3\sqrt{2}$
1111	+180°	5
1110	+225°	$3\sqrt{2}$
1100	+270°	5
1101	+315°	$3\sqrt{2}$

FIGURA 8.37

otro que posee una nueva **constelación de 64 puntos**, que permitía incrementar la velocidad de transmisión al valor de 14 400 bps.

Este desarrollo aumentó la cantidad de puntos de la constelación en un factor de cuatro. Si se comparara con la constelación de la **Recomendación** V.29 de la figura 8.37, se observaría la complejidad que presenta.

8.8.3.2 La codificación entrelazada

Es evidente que cuanto más compleja es la constelación de un módem, mucho mayor es su sensibilidad al ruido y la posibilidad de que no se pueda distinguir entre puntos adyacentes es alta y, por lo tanto, la cantidad de errores aumenta considerablemente.

De este hecho surge la necesidad de métodos que proporcionen una mayor inmunidad al ruido, tan común en los circuitos que se establecen a través de la Red Telefónica Conmutada, para los casos de constelaciones muy densas, que son las que se utilizan cuando se desea transmitir a mayores velocidades de transmisión.

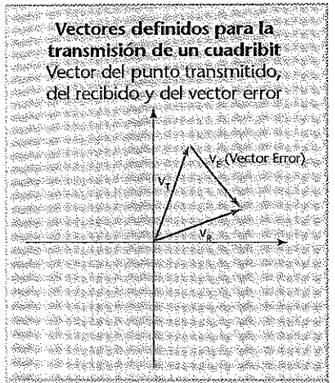


FIGURA 8.38

Si representamos cada punto de la constelación por un vector, definido por una amplitud y un ángulo de fase, cada vez que por efectos del ruido cambie alguno de estos dos parámetros, ese vector tendrá una forma diferente y, por lo tanto, definirá un punto que está fuera de los definidos en la constelación.

Cada punto, correspondiente a cada conjunto de bits enviados, se podría representar por un vector denominado **Vector Transmitido** (V_T); éste, al llegar, puede hacerlo en una posición diferente de la transmitida debido al ruido, que, por ejemplo, podría alterar alguno de sus parámetros que lo caracterizan. Cada conjunto de bits recibidos se podría representar por un vector denominado **Vector Recibido** (V_R).

En la figura 8.38 se muestra el **Vector** V_T **(0000)** correspondiente al valor transmitido, que para una mejor comprensión se ha tomado de la **Recomendación V.29**, pues su esquema de formación es muy sencillo.

El **Vector** V_R **(0000)**, que resulta de la ubicación del mismo al ser recibido, tiene un cierto error.

Se podría definir, además, un tercer vector, denominado **Vector Error** (V_E), como aquel que resulta de unir el punto donde debió llegar el cuadribit, y el punto al cual verdaderamente llegó.

El problema que se debe resolver, cuando la constelación es muy densa, es determinar una forma que permita determinar, hasta determinados valores máximos del **Vector Error** (V_E), cuál es el punto que se quiso transmitir, y de esa manera evitar que se cometa un error por deficiencias de interpretación en la recepción. Precisamente esa tarea es la que se puede realizar por medio de la **Codificación Entrelazada**.

El método denominado de **Codificación Entrelazada** o **Trellis Coded Modulation** dio una solución a este tipo de problemas proporcionando un mecanismo de inmunidad frente al ruido mediante el agregado de **bits redundantes**, que posibilitan una mejor ubicación en la constelación de cada punto transmitido cuando ésta es muy densa.

Este tipo de codificación tolera niveles de potencia de ruido mucho mayores que cualquiera de los usados anteriormente, en una **relación superior a 2:1**. Por lo tanto, con este método se han alcanzado las velocidades actuales de hasta 33 600 bps, de la **Recomendación V.34**.

En el método **Trellis**, el bit redundante lleva la constelación de 64 puntos necesaria para velocidades de 14 400 bps, a una **constelación de 128 puntos**. Es precisamente la introducción de ese séptimo bit la que permite determinar cuáles de las secuencias de datos transmitidas a razón de 6 bits por baudio resultan válidas.

La UIT-T también permite en sus recomendaciones, para los modems de alta velocidad, un método denominado de **codificación no redundante** a fin de evitar la transmisión del bit adicional redundante. En algunos casos, esta norma es más eficiente porque transmite menos bits por baudio; pero, a la vez, también resulta menos segura.

La explicación en detalle del mecanismo técnico usado por la **Codificación Entrelazada** escapa al alcance de esta obra, debido al grado de complejidad que presenta, por lo que no será desarrollado.

Para tener una idea de esta dificultad, y no sólo de su compresión sino también de su representación gráfica, podemos decir que la constelación total para la **Recomendación V.34** consta de **1664 puntos**. En el texto de la mencionada recomendación se muestra, en un cuadro solamente, una cuarta parte de ésta, dada la complejidad de su dibujo. Es decir, queda reflejada una **constelación de 415 puntos** y se explica cómo se podría completar con la adición de las tres cuartas parte restantes.

Control del flujo de datos 8.8.4

Consideraciones generales 8.8.4.1

Un equipo módem recibe bits de información desde el equipo terminal de datos **fuente**, los procesa y luego los envía a la interfase que posee con la red. Ésta, a su vez, procede a direccionarlos hacia su destino final, que será el equipo que actuará de **colector**. Lo mismo sucederá cuando reciba la información a través de la red, con destino al equipo al que presta sus servicios.

La cantidad de información en uno y otro sentido no se transferirá necesariamente a la misma velocidad, por lo que los modems poseen una **memoria intermedia**, conocida como **buffer** (nombrado anteriormente en la pág. 452), que actúa en forma similar a un resorte: acumula información cuando no puede gestionarla hacia su destino, o bien se descarga en los momentos en que el canal de salida lo permite.

Las razones de estas diferencias de velocidades pueden ser varias, como, por ejemplo, cuando se tienen que corregir errores de recepción, cuando se comprime y descomprime datos o cuando directamente se produce un desequilibrio entre lo que se recibe y se envía.

Mientras la memoria **buffer** no esté completa, la situación no ofrecerá dificultades. Pero si lo está, no puede recibir más información porque su capacidad está saturada y deben existir mecanismos que permitan detener el envío de bits desde el equipo terminal para evitar que los mismos se pierdan.

Este mecanismo de compensación entre ambos equipos recibe el nombre de **técnicas de control del flujo de datos** o **flow technical control**.

Las técnicas que deben seguir obligatoriamente los modems que cumplen con la **Recomendación V.32 bis** y siguientes, hasta la **V.34**, son las denominadas RTS/CTS y XON/XOFF, que se las conoce como **control del flujo por hardware** y **control del flujo por software**, respectivamente. En algunas aplicaciones propietarias se usa también la denominada ENQ/ACK[1].

[1] Los nombres responden a las expresiones siguientes: **Request to Send/Clear to Send**, la segunda toma su nombre de los caracteres del Código ASCII **17 y 19**; y la última de las expresiones **Enquire/acknowledgement**.

8.8.4.2 Método RTS/CTS

Este método se basa en el uso de las señales de control de que dispone la propia interfase digital serie. Las mismas, como se vio en el apartado 8.2.4.2 de este capítulo, se pueden ejecutar a través de los comandos **petición para transmitir (Request To Send)**, que puede enviar el ETD, y su respuesta desde el ETCD, a través del comando **preparado para transmitir (Clear To Send)**.

El primer comando consiste físicamente en activar el circuito señalado, a través del **Circuito 105-contacto N° 4**, de la interfase, a **uno**; y de la misma manera, la autorización para que la transmisión comience, se efectúa físicamente activando el **Circuito 104-contacto N° 5**, también a **uno**; es decir, ambos circuitos activados.

Cuando el ETCD no puede seguir recibiendo datos desde el ETD, procede a desactivar el **Circuito 104-contacto N° 5**, llevando su valor a **cero**, y esa señal indicará al ETD que debe cesar la transmisión.

La denominación de **hardware flow control** se fundamenta en el hecho de que el control se efectúa a través de la interfase serie, que es un elemento de hardware, y a que las indicaciones para detener el flujo de los datos se realizan a través de tensiones sobre los contactos de la misma. No es necesario ningún procesamiento de datos, a ambos lados del cable, para detener el flujo de los mismos.

8.8.4.3 Método XON/XOFF

Este método se basa en el uso de dos caracteres de control que, enviados por el ETCD, indican al ETD terminal que **puede enviar datos** o que **debe detener su flujo**.

El primero consiste en el envío del carácter ASCII N° 17, conocido como XON, y se corresponde con **Dispositivo de Control N° 1 (Device Control # 1)**.

El segundo consiste en el envío del carácter ASCII N° 19, conocido como XOFF, y se corresponde con **Dispositivo de Control N° 3 (Device Control # 3)**.

La denominación de **software flow control** se debe al hecho de que el control se efectúa a través señales intercambiadas dentro del flujo de datos que realizan los equipos, y que deben ser interpretadas a través del procesamiento de los datos.

Precisamente, el software deberá estar generado de tal manera que le indique al ETD que la recepción de esos caracteres indica una acción a ejecutar. Ésto se considera normalmente un inconveniente. Por un lado, por el tiempo que tarda su procesamiento y, por otro, por el tiempo que se pierde al enviarlos sobre el canal. En ambos casos, el rendimiento del enlace disminuye.

8.8.4.4 Método ENQ/ACK

Este método, que se usa en algunos equipos, consiste en que, para comenzar la transmisión, el ETD y el ETDC deben ponerse de acuerdo. A tal efecto, se comienza con el envío de una señal de **petición de aceptación (Enquire/ENQ)** antes de comenzar la transmisión por parte del ETD. La transmisión entonces sólo podrá comenzar cuando reciba del ETCD una **petición de aceptación (Acknowledgement/ACK)**. Este método también debe ser considerado como realizado por software.

8.8.5 Detección, corrección de errores y compresión de los datos

Los modems inteligentes, gracias a su capacidad de procesar la información y a sus memorias intermedias o **buffer**, poseen la capacidad de detectar y corregir los errores de transmisión.

Esta importante propiedad que se realiza de **módem a módem**, es decir, en el denominado **circuito de datos**, es independiente del protocolo de comunicaciones que se use, que en muchos casos provee esta misma función de **Equipo Terminal a Equipo Terminal**, es decir, en el denominado **enlace de datos**[1].

Es evidente que cuando el protocolo realiza también esta función la misma parece redundante, si bien pueden existir errores en la interfase digital estándar, lo cual es poco probable.

La norma utilizada por los equipos módem estandarizados es la **Recomendación V.42**, denominada **Procedimientos de corrección de errores para los ETCD, que utilizan la conversión de modo asíncrono a modo síncrono**. El mismo nombre de la recomendación, nos muestra que la comunicación con el computador es en modo asincrónico, mientras que la comunicación de **módem a módem** es sincrónica.

Históricamente, la primera norma desarrollada y usada para realizar esta función fue elaborada por la empresa **Microcom Incorporated**, que desarrolló a finales de la década de 1980 un método que se denominó **Microcom Networking Protocol** (MNP). Este protocolo fue utilizado primero por la firma que lo desarrolló y luego por un conjunto importante de fabricantes de modems que adquirieron las licencias de dicho producto.

La UIT-T, en el año 1988, en su **Conferencia Plenaria de Melbourne**, aprobó la **Recomendación V.42** en la que presentó un método denominado **Link Access Protocol Modem** (LAP-M), basado en la conocida familia de protocolos **High-Level Data Link Control** (HDLC); y, alternativamente, normalizó el procedimiento desarrollado por la empresa MICROCOM.

Las características más destacadas de esta recomendación son las siguientes:

- Utiliza el procedimiento de detección de errores, denominado **Control por Redundancia Cíclica** (CRC).
- La corrección de errores, cuando éstos son detectados, se efectúa por medio de un procedimiento de retransmisión automática.
- Cuando el módem corresponsal no posee la facilidad de realizar el control de errores por medio de los procedimientos de esta recomendación, el mismo es omitido de forma automática.

[1] Ver capítulo 1, **Circuito Teleinformático Básico**.

- El intercambio de datos entre el ETD y el módem se realiza por medio de la interfase V.24.
- La comunicación hacia el computador que, como ya se expresó, es un equipo básicamente asincrónico, se realiza en ese modo de transmisión. Sin embargo, la comunicación remota se efectúa en modo sincrónico[1].

En particular, el protocolo LAP-M es orientado al bit, sincrónico, transmite los mensajes en tramas, tiene implementado un procedimiento de control de secuencias y maneja técnicas de control de flujo, pero es incompatible con el **Protocolo MNP**.

En cuanto a la compresión de datos, ésta se efectúa de acuerdo con la **Recomendación V.42 bis**, que fue aprobada por la UIT-T en el año 1990. Esta recomendación, que no reconoce ningún procedimiento alternativo, exige, para su correcto funcionamiento, que se realice el procedimiento de control de errores entre los modems. De hecho, su nombre completo es **Procedimientos de Compresión de Datos para los Equipos de Terminación del Circuito de Datos (ETCD) que utilizan Procedimientos de Corrección de Errores.**

Las características más importantes de esta recomendación son las siguientes:

- Utiliza un procedimiento de compresión basado en un algoritmo conocido como **Lempel-Ziv**, que codifica las cadenas de caracteres recibidos del equipo terminal de datos; y otro, para la decodificación de las cadenas comprimidas.
- Funciona en **modo transparente automático** cuando detecta que los datos no se pueden comprimir. En estos casos, la función de compresión queda desactivada. Para ello, realiza periódicamente una **prueba de compresibilidad** para determinar la naturaleza de los datos.

En algunos casos, los fabricantes introducen sistemas propietarios de compresión de datos, pero esto requiere el uso de equipos similares en ambos extremos.

8.8.6 Operación del módem como equipo facsímil

Los equipos módem que utilizan la Recomendaciones V.32 bis, o mejores, están preparados, en la mayoría de los casos, para trabajar como equipos facsímiles o para permitir la transmisión de voz, usando el computador como equipo terminal.

En el primer caso, la función se realiza de acuerdo con la **Recomendación V.17**, que fue aprobada por la UIT-T en el año 1991. Esta recomendación permite el funcionamiento del computador como equipo terminal, apoyado por el módem. Esta recomendación posibilita velocidades de transmisión de hasta 14 400 bps, con velocidades de repliegue a 12 000, 9600 y 7200 bps, **modulación** QAM, **Codificación Entrelazada** y velocidades de modulación de 2400 baudios.

[1] Los **Protocolos de enlace** HDLC constituyen una familia de protocolos sincrónicos.

Últimamente, la **Recomendación** T.30 **(Equipos Terminales y Protocolos para los Servicios de Telemática)** de la UIT-T[1] aprobada a finales del año 1996, admite la transmisión facsímil utilizando el sistema de modulación semidúplex definido en la **Recomendación V.34** y permite obtener velocidades de hasta 33 600 bps; velocidades que no alcanzan los equipos facsímiles que son construidos específicamente para dicha función.

Para el funcionamiento de los computadores como equipos facsímiles, se requieren programas de software instalados en el computador. A este respecto, la variedad de productos es muy grande y se está lejos de llegar a una normalización. En particular, la **Asociación de la Industria Electrónica (EIA)**, de los Estados Unidos, ha emitido dos normas conocidas como **EIA 578-Fax Clase 1** y **EIA 592-Fax Clase 2.0**, que son usadas en la mayoría de los modems de ese origen.

8.9 Los modems de muy alta velocidad

8.9.1 Internet y los computadores personales

El desarrollo exponencial de **Internet**, la generalización de su uso por todas las profesiones y estratos sociales y la necesidad que tienen los distintos usuarios de acceder a ella a través de la **Red Telefónica Conmutada** usando computadores personales, ha provocado varios fenómenos simultáneos, entre los cuales podríamos mencionar los siguientes:

- Un claro **incremento del tráfico telefónico** y, consecuentemente, de los ingresos de las empresas prestadoras de este servicio.
- La aparición de **Empresas Proveedoras (Internet Provider)** de accesos a la red; generando un nuevo mercado de significativa importancia comercial.
- La generalización de las presentaciones de empresas comerciales, instituciones públicas, académicas, gubernamentales, militares y de todo orden, a través de la modalidad de la páginas **World Wide Web.**
- El **aumento del tamaño** de los paquetes de información que se transfieren a través de esta red, sean éstos de textos, gráficos u otros de diversa índole.
- La creación en todas las organizaciones de **Redes de Área Local (LAN)**; por un lado, para facilitar el manejo de la información en la propia organización y, por otro, para que a través de ella cada computadora pueda tener la facilidad de acceder a cualquier lugar de **Internet** en la modalidad **on line**. Estas redes, por lo tanto, deben

[1] En su Anexo F: **Procedimiento de transmisión facsímil del Grupo 3, utilizando el sistema de modulación semidúplex de la Recomendación V.34.**

intercambiar información con otras similares ubicadas en forma **remota**, o con **computadores personales** usando la **Red Telefónica Conmutada**.

- La ejecución de aplicaciones intensivas que conllevan la necesidad de transferir una gran cantidad de información, manejar protocolos de distintos tipos y ejecutar aplicaciones cada vez de mayor complejidad.

Todos estos cambios, que se han ido generando a una velocidad cada vez mayor, han llevado a una situación que se ha denominado **crisis del ancho de banda**. Esta situación se podría explicar en distintos planos, a saber:

- En las empresas de servicios de telecomunicaciones, porque cuando terminan de construir una red troncal de alta capacidad, a los pocos meses de haberla inaugurado ya está saturada.
- En las empresas o instituciones públicas o privadas, porque después de finalizar una etapa de negociación con un proveedor de servicios de telecomunicaciones con el objeto de contratar un **ancho de banda** de mayor valor, éste, al serle provisto, ya le resulta insuficiente.
- Finalmente a nivel personal, porque los **Usuarios de Servicios Internet** han encontrado que la red telefónica conmutada no les ofrece **velocidades de transmisión** que estén en consonancia con sus expectativas y necesidades.

Realizar desde un computador personal conectado a la red telefónica, mediante un acceso telefónico, una operación hoy tan común como un FTP[1], tan necesario para actualizar algún paquete de software ya adquirido, requerirá normalmente un tiempo mayor que el esperado. Este hecho, además de provocar la incomodidad de tener que esperar tiempos excesivos, luego se nota en los costos de los servicios telefónicos, en forma de mayor número de pulsos consumidos en el mes y de abultadas cuentas.

Los accesos telefónicos analógicos **limitados en el ancho de banda**, con servicios externos de transmisión muchas veces de **calidad deficiente**, o directamente equipos módem de **bajo rendimiento**, han llevado a agudizar el ingenio para obtener una solución a estos problemas.

Una de las maneras de solucionar, sólo en parte, estos problemas ha sido el desarrollo de **equipos módem de muy alta velocidad**. En particular los que cumplen la **Recomendación V.34** de la UIT-T y los denominados **modems de 56 K**, como se han normalizado los V.90 en la actualidad.

8.9.2 Los modems de la recomendación V.34

8.9.2.1 Velocidades de trabajo

Los modems de la **Recomendación V.34** son los más rápidos de todos los equipos de este tipo que han sido normalizados internacionalmente por la UIT-T.

[1] **File Transfer Protocol (FTP)**, procedimiento utilizado para la transferencia de archivos entre dos lugares remotos, utilizando la *suite* de protocolos de la arquitectura *DARPA*.

La velocidad máxima a la que pueden trabajar estos equipos sobre la **Red Telefónica Conmutada** está prácticamente muy cerca del límite de la **Ley de Shannon**, oportunamente tratada en el capítulo 6 de esta obra.

Recordemos la expresión de la **Ley de Shannon-Hartley**, que determinaba la **capacidad de un canal continuo** con un ancho de banda Δf y ruido limitado en banda (ver apartado 8.4.2.4 de este capítulo).

$$C = \Delta f \log_2 \left(1 + \frac{S}{N}\right) \text{ [bps]} \qquad (8.3)$$

donde:

S = Potencia media de la señal continua transmitida por el canal.
N = Potencia media del ruido.
Δf = Ancho de banda del canal de comunicaciones.

En la expresión (8.3), la relación **señal/ruido** está expresada desde el punto de vista de la potencia media de la señal. Veamos qué forma toma esta expresión si, para un uso más práctico, deseamos expresar la relación de potencias en **decibeles**.

Para ello, recordemos la definición del decibel (capítulo 2, expresión 2.73):

$$\text{dB} = 10 \log \frac{P_2}{P_1} \qquad (8.4)$$

Operando convenientemente, resultará,

$$\frac{\text{dB}}{10} = \log \frac{P_2}{P_1} \qquad (8.5)$$

$$10^{\text{dB}/10} = \frac{P_2}{P_1} \qquad (8.6)$$

Reemplacemos, el segundo miembro de la (8.6), la **Potencia (P_2)** por el valor de la **potencia media de la señal transmitida por el canal (S)**; y la **Potencia (P_1)** por la **potencia media del ruido en el canal (N)**; luego tendremos,

$$10^{\text{dB}/10} = \frac{S}{N} \qquad (8.7)$$

La ecuación (8.7) nos da el valor de la relación **señal/ruido** medida en términos de potencia y expresada en decibeles; luego, reemplazando en el segundo miembro en la **Ley de Shannon-Hartley**, tendremos,

$$C = \Delta f \log_2 (1 + 10^{\text{dB}/10}) \text{ [bps]} \qquad (8.8)$$

En esta expresión de la **Ley de Shannon-Hartley** la relación **señal/ruido** se expresa en **decibeles (dB)**.

ejemplo 8.3

Se empleará un canal telefónico analógico de 3100 Hz de ancho de banda, cuyo encaminamiento incluye tramos de la red que están digitalizados. Si la red genera un ruido de cuantificación que, sumado a otros producidos en ella, totalizan 35 dB. ¿Cuál será el límite teórico al que podrá trabajar un módem de datos, calculado a través de la Ley de Shannon-Hartley? Si se pudiese mejorar la relación señal/ruido hasta alcanzar un valor de 40 dB, es decir, que el ruido sólo fuera el 0,1‰, del valor de la señal. ¿Hasta qué valor de la velocidad de transmisión se ampliaría el límite que determina dicha ley?

Reemplazando en la expresión (8.8) la relación señal/ruido, expresada en dB, por el valor dado en el ejemplo, es decir, 35 dB, tendremos

$$C = \Delta f \log_2 (1 + 10^{35/10}) \text{ [bps]}$$

Y, operando convenientemente,

$$C = 36\,168 \text{ bps}$$

Esto significa que el límite máximo teórico, en las condiciones técnicas señaladas, es ligeramente superior al valor máximo establecido en la **Recomendación V.34**, que es V_t = **33 600 bps**.

En el caso de que la relación señal/ruido fuese de 40 dB, es decir, del orden de la diezmilésima parte del valor de la señal, la expresión (8.8) quedaría de la siguiente manera,

$$C = \Delta f \log_2 (1 + 10^{40/10}) \text{ [bps]}$$

Y, operando convenientemente, resultaría que la capacidad del canal podría alcanzar los

$$C = 41\,333 \text{ bps}$$

De los valores obtenidos en el ejemplo 8.3, se puede deducir, como ya se expresó, que las capacidades de transmisión máxima actuales están muy cerca del límite establecido por la Ley de Shannon-Hartley.

Debemos destacar que sólo en casos muy especiales, en los que el canal de comunicaciones presenta un nivel de ruido mínimo, se puede verdaderamente alcanzar estos valores máximos establecidos en dicha recomendación.

La **Recomendación V.34** admite varias velocidades de modulación, que cuando superan la barrera de los 2400 baudios, sólo podrán ser alcanzadas en función de la calidad del canal de comunicaciones que la red telefónica conmutada haya proporcionado al establecer la conexión.

Este concepto debe ser analizado **conexión por conexión**; es decir, que puede haber algunas conexiones en donde el encaminamiento efectuado por la red presente mejores características; y otras en las que el canal quede establecido en condiciones más deficientes.

En este caso, las distintas **velocidades de modulación**[1] posibles se obtienen partiendo del valor de 2400 baudios, y de resolver la expresión (8.9).

$$V_m = 2400 \text{ baudios} \times a/c \qquad (8.9)$$

Los distintos valores de velocidades de modulación posibles y de los parámetros a y c (números enteros y pequeños), surgen en la figura 8.39.

Obsérvese que para cada **velocidad de modulación normalizada** se puede llegar a obtener una **velocidad de transmisión máxima**. Así, por ejemplo, para que ambos modems puedan trabajar a la **velocidad máxima** de dicha recomendación, es decir, **33 600 bps**, se requiere que ellos **hayan negociado** una **velocidad de modulación de 3429 baudios**. Como contraejemplo, podríamos señalar que si la velocidad de modulación es negociada a un valor de **2800 baudios**, la velocidad de transmisión queda limitada, como mucho, al valor de **26 600 bps**.

La recomendación permite establecer hasta una **superconstelación**[2] que contiene **1664 puntos**. Cualquier velocidad diferente de la máxima resultante del proceso de negociación, o de un proceso posterior de renegociación durante la conexión, resultará en una constelación menos densa. Las diferentes constelaciones posibles en estos últimos casos, serán siempre subconjuntos de la superconstelación antes señalada.

Finalmente, debe destacarse que la velocidad de trabajo quedará determinada sobre la base del **ancho de banda real** que encuentre en el canal y el **ruido total** en el mismo.

Respecto al ruido total, deben siempre considerarse simultáneamente, como mínimo, el **ruido blanco**, o **gaussiano**, más el **ruido de cuantificación**[3]. Este último ruido es generado por la red telefónica en el momento en que la señal analógica entregada por el módem **ingresa al primer conmutador o vínculo digital** de la red. Es en ese momento cuando se debe proceder a digitalizar nuevamente la señal para posibilitar su tratamiento por los nodos de conmutación y por los enlaces actualmente ya digitalizados en la mayoría de las redes telefónicas del mundo.

Velocidades de modulación de la recomendación V.34
Velocidades máximas de transmisión para cada una de ellas

V_m	a	c	$V_{t\,max}$
2400 baudios	1	1	21 800 bps
2743 baudios	8	7	26 600 bps
2800 baudios	7	6	26 600 bps
3000 baudios	5	4	29 000 bps
3200 baudios	4	3	31 400 bps
3429 baudios	10	7	33 600 bps

FIGURA 8.39

8.9.2.2 Otras características técnicas destacables

En estos equipos, la velocidad de transmisión puede ser renegociada en cualquier momento, y las variaciones van descendiendo, o aumentando, en saltos de 2400 bps. Para llevar a cabo esta función, realizan **sondeos del canal utilizado**, por lo que ha sido necesario incorporarles micropro-

[1] En las últimas recomendaciones, la UIT-T denomina **velocidad de señalización** a lo que se ha definido como **velocidad de transmisión de datos**, y **velocidad de símbolos** a lo que se ha definido como **velocidad de modulación**. Los autores prefieren mantener las denominaciones clásicas usadas en las recomendaciones anteriores a la V.34, y definidas en el capítulo 4 del Volumen I de esta obra.

[2] En esta recomendación, la UIT ya no habla del concepto de **constelación** empleado en las anteriores recomendaciones, sino de **superconstelación**, por el tamaño de puntos que la componen.

[3] Independientemente de que el canal presente otros adicionales, como podría ser **ruido impulsivo**, **ruido simple**, etc.; que sin duda empeorarían la situación.

cesadores, con una **potencia de procesamiento** mínima del orden de los **30 a 40 MIPS**[1].

Por otra parte, para llegar a obtener estas velocidades manejan tres técnicas, que ya fueron descritas, y que poseen una importancia central para posibilitar el trabajo a los valores más altos: **Codificación Entrelazada, Ecualización del canal** y **Codificación no lineal**. La codificación entrelazada, al permitir distinguir en la etapa de recepción los puntos de una constelación con mayor precisión, produce, en términos prácticos, una mejora en la **relación señal/ruido** del orden de los 6 dB.

La ecualización del canal reduce la **interferencia intersímbolos**, en razón de que produce una compensación en la **respuesta en frecuencia** del canal telefónico en la región de las **frecuencias más altas**. Es en esta zona, precisamente, donde un canal telefónico analógico tiene un comportamiento más deficiente. La ecualización produce un efecto equivalente a aumentar el **ancho de banda del canal**.

La codificación no lineal ataca el problema de la **distorsión** de las señales analógicas que corresponden a la porción del canal de comunicaciones en el tramo establecido a través del **par de abonado** o **local loop**.

Estos modems admiten en forma opcional las siguientes posibilidades:

- Establecimiento de un **canal secundario** que podrá trabajar a una **velocidad de transmisión de 200 bps**.
- Establecimiento de una **comunicación asimétrica**. Este último concepto, más ampliamente aplicado a los **modems de 56 K**, introduce la modalidad mediante la cual la velocidad de transmisión en ambos sentidos no debe ser necesariamente la misma.

  Precisamente, durante el **período de negociación de la velocidad**, si ambos modems tienen esta característica, podrán mantener velocidades diferentes, en uno y otro sentido. Estas velocidades dependerán de cómo se "vea" el canal de comunicaciones desde cada extremo, en cuanto a la calidad que ofrece.

En estos equipos también es importante la introducción de los nuevos procedimientos para el establecimiento de la conexión, consignados en la **Recomendación V.8**, denominada **Procedimientos para comenzar sesiones de transmisión de datos por la red telefónica general conmutada**, que fue emitida por la UIT en el año 1994. Estos procedimientos permiten reducir el tiempo de establecimiento de la comunicación a un valor del orden de los cinco segundos, en contraste con los 10 segundos que se necesitan si se utilizaran los procedimientos para el establecimiento de la conexión de la **Recomendación V.32 bis**.

8.9.3 Los modems de 56 K

8.9.3.1 Introducción de los modems de 56 K

En la actualidad, muchas empresas proveedoras de **Servicios Internet** están conectadas en **modo digital** a la red telefónica conmutada mediante

[1] MIPS (Millones de Instrucciones Por Segundo).

enlaces denominados **E1**, compuestos por 30 canales de 64 Kbps o enlaces **T1**, compuestos por 24 canales de 56 Kbps.

En los primeros, se utiliza un valor de velocidad de transmisión de 64 Kbps correspondiente a los denominados **canales B** empleados en los países europeos, en muchos países latinoamericanos y en las **Redes Digitales de Servicios Integrados (ISDN)**. Los segundos, mediante canales digitalizados de voz trabajan solamente a 56 Kbps de velocidad, valor utilizado en los Estados Unidos.

Esta última velocidad ha impulsado el desarrollo de estos equipos módem de **muy alta velocidad** para ser incorporados a las conexiones de los usuarios de los **Servicios Internet**.

Estos equipos, por las razones apuntadas, permiten una conexión asimétrica entre un **Proveedor de Servicios Internet** y sus clientes. En dicha conexión, se puede alcanzar una velocidad de hasta los 56 Kbps, a través del canal en dirección al usuario, que se conoce con el nombre de **downstream**[1]. Por otro lado, utilizando las técnicas normales de transmisión para los modems de la recomendación **V.34** se puede establecer un canal en dirección al proveedor de 33 600 bps, denominado **upstream**[2]. En la figura 8.40 se muestra un esquema de conexión entre un usuario de este tipo de equipos, conectado a través de la red telefónica conmutada con un proveedor de **Servicios Internet**.

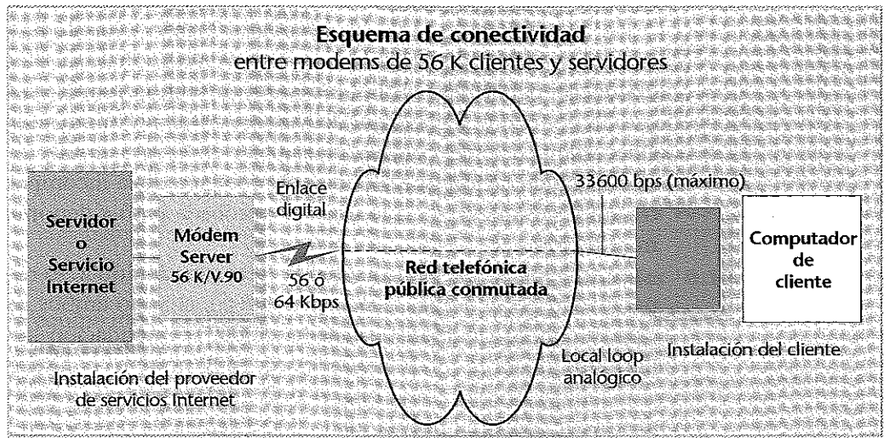


FIGURA 8.40

[1] Esta expresión en inglés podría traducirse en el sentido de **corriente de descenso de la información**.

[2] Esta expresión en inglés podría traducirse en el sentido de **corriente de ascenso de la información**.

Se puede observar que el usuario de servicios, usando un módem especial que trabaja en la modalidad denominada **cliente**, se conecta a una red telefónica conmutada que debe estar ya digitalizada a partir de su borde, es decir, en el punto donde termina el **par de abonado** o el **local loop**. En el mismo momento en que la señal analógica generada por el **módem cliente** entra a la red telefónica, ésta la digitaliza usando las técnicas de digitalización de señales analógicas, tal como fueron oportunamente estudiadas en el capítulo 4 del Volumen I de esta obra. Estas técnicas pueden usar, según los casos y las tecnologías empleadas, las denominadas **Ley A** o **Ley μ** para el proceso de digitalización.

Como el **Proveedor de Servicios Internet**[1] está conectado a la red telefónica en modo digital, la señal no vuelve a transformarse más en analógica y, al llegar al final del **circuito de datos**, es recibida por un **módem server**, que luego de procesarla, conecta la señal enviada por el cliente al computador del proveedor. El proceso inverso podría ser descrito de forma similar.

8.9.3.2 Características principales

Estos equipos módem fueron desarrollados casi simultáneamente por dos empresas que intentaron, cada una de ellas, imponer su producto y su norma de funcionamiento en el mercado como **estándar de facto**. Las mismas son la denominada **K56flex**, desarrollada por la empresa **Rockwell Semiconductor Systems**, y la denominada **x2**, desarrollada por la empresa **3Com's (U. S. Robotics)**.

La realidad es que los dos estándares fueron adoptados por distintas empresas y actualmente conviven en forma simultánea. Obviamente no existe compatibilidad entre ambas, lo que limita la universalidad de su uso. Es por ello que el **Grupo de Estudio 16** de la Unión Internacional de Telecomunicaciones comenzó a trabajar en el mes de marzo de 1997 en una recomendación que superara el problema de la incompatibilidad entre ambos estándares y que una vez aprobada pasó a denominarse **Recomendación V.90**.

El trabajo que se realizó sobre la **Recomendación V.90** resuelve la conectividad entre ambos estándares. Luego, cuando ambos modems funcionan con las características de la citada recomendación la conexión se hace posible en la totalidad de los casos. Si no se usara esta Recomendación nueva, se requeriría que el **módem cliente** y el **módem servidor** utilizasen la misma norma, dado la existencia de dos desarrollos diferentes incompatibles entre sí.

Las empresas que fabrican equipos **módem 56 K** ya están ofreciendo productos que contienen la **Recomendación V.90**, o bien los productos que pueden ser actualizados por software a esta misma. En este último caso, los equipos se transformarían en **Módem V.90 compatibles**.

[1] El concepto aquí descrito como **Proveedor de Servicios de Internet**, no solamente será válido para este tipo de empresas, sino para cualquier usuario que reúna las mismas condiciones técnicas antes descritas.

Deben señalarse como puntos a tener en cuenta en caso del uso de este tipo de equipos los siguientes aspectos:

- La conexión a establecer resultará asimétrica; es decir, con una velocidad desde el **módem cliente** y otra velocidad distinta desde el **módem servidor**.
- Cada equipo módem ubicado en los dos extremos del canal presentarán características técnicas diferentes.
- El extremo en el que se instalará el **módem servidor** deberá tener acceso digital a la red telefónica.
- El equipo en el que se conectará el **módem cliente** deberá tener un **par de abonado** o **local loop** absolutamente analógico hasta el borde de la red telefónica, y la señal podrá ser digitalizada una sola vez. Esto significa que su conexión a la red no puede ser transportada por vínculos multiplexados que contengan varios pares de abonados, o sufrir más de un proceso de multiplexión antes de entrar a la red telefónica conmutada, que, por otra parte, deberá ser absolutamente digital hasta el otro extremo.

  La razón está en que cada proceso de digitalización introduce una determinada cantidad de ruido de cuantificación que empeora la relación **señal/ruido** y, por lo tanto, haría imposible alcanzar las velocidades buscadas. Para alcanzar velocidades de aproximadamente 56 Kbps, la relación **señal/ruido** en la línea de comunicaciones debe ser superior a 45 dB.

  Además, la distancia entre el equipo terminal del cliente y el nodo de conmutación de la red no puede ser mayor que 5 ó 6 km, porque las señales digitales provenientes del servidor sufrirían tal distorsión que no podrían superar los escasos 35 Kbps.

Diagnóstico de los modems 8.10

Aspectos generales 8.10.1

El fallo en un equipo módem afecta a la continuidad de un circuito teleinformático e influye directamente en la disponibilidad y operatividad de todo un sistema. Por ello es conveniente tener un buen conocimiento de la detección primaria de fallos en estos equipos, a fin de hacer un diagnóstico rápido de cada situación. Este diagnóstico se puede realizar sin tener que desarmar el equipo, tarea ésta que debe ser reservada al personal técnico especializado.

Se pueden realizar rápidamente cuatro pruebas; para ello se debe disponer del módem y de un equipo terminal de datos.

Pruebas a realizar 8.10.2

Comprobación del circuito local (excitación del módem) 8.10.2.1

Se conecta, en cada módem (A y B), la parte transmisora con la receptora y se genera un tren de señales desde el mismo módem. Si el módem fun-

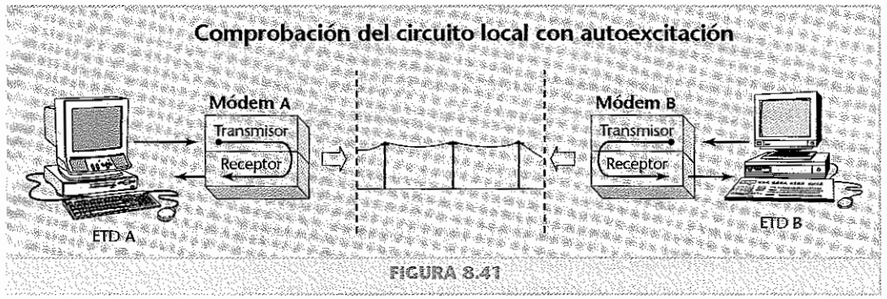


FIGURA 8.41

ciona bien, la parte receptora deberá reconocer sus señales, según se puede observar en la figura 8.41.

8.10.2.2 Comprobación del circuito local (excitación del ETD)

Se conecta, en cada módem (A y B), la parte transmisora con la receptora y se genera un tren de señales desde el ETD. Si el módem funciona bien, la parte receptora deberá reconocer las señales, según se puede observar en la figura 8.42. Si en la prueba anterior no hubo ningún fallo, esta prueba puede comprobar el funcionamiento de la interfase del módem con el ETD.

8.10.2.3 Comprobación del circuito remoto

Esta prueba permite determinar si el fallo está en el equipo terminal de datos o en la línea de comunicaciones. Para ello, se procede a conectar en forma similar al caso anterior, pero cerrando el circuito en el módem B, uniendo su parte transmisora con la receptora y enviando una señal desde A. Si la prueba es positiva, el fallo se encuentra en el ETD ubicado en B; por el contrario, si la prueba es negativa, estará en la línea, según se puede observar en la figura 8.43.

8.10.2.4 Comprobación semidúplex

Realizadas las dos primeras pruebas, la tercera permite detectar si el fallo tiene su origen en la parte receptora o en la transmisora. Para ello, se conecta la parte transmisora del módem A a la parte receptora del módem

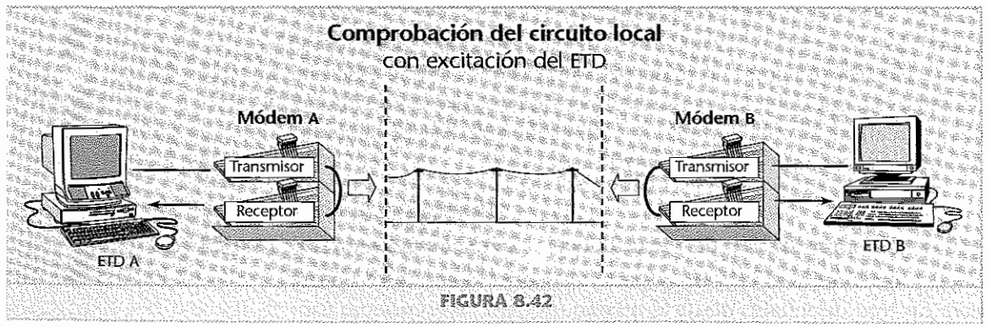


FIGURA 8.42

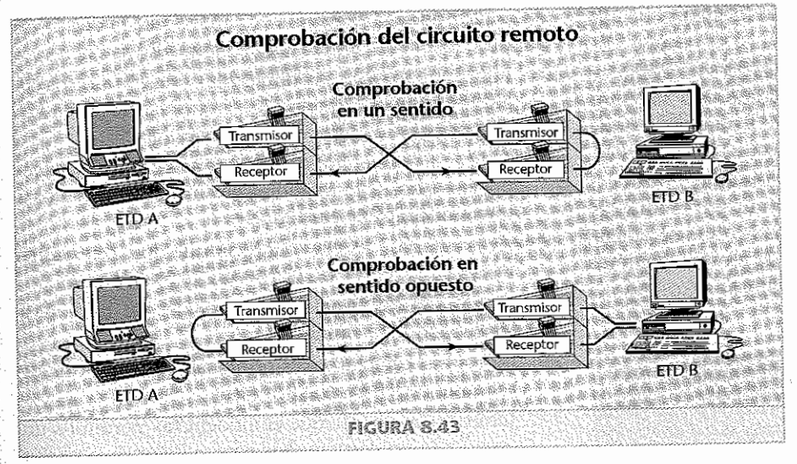


FIGURA 8.43

B, y luego, si no ha habido fallo, se repite la operación inversa, según se puede observar en la figura 8.44. ■

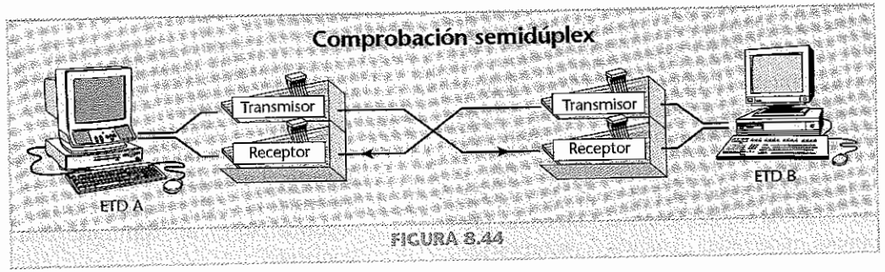


FIGURA 8.44

Ejercicios planteados del capítulo 8

A. Problemas a resolver

1. En la interfase digital estándar serie ETD-ETCD V.24/V.28, describa mediante un esquema el intercambio de señales que se efectúa para la transmisión y recepción de datos entre los extremos de un enlace: ETD **origen** y ETD **destino**. Identifique las señales empleando las siglas DTR, DSR, RTS, CTS, TD, RD y DCD. Explique el significado de cada una.
2. Indicar las diferencias entre los enlaces balanceados o simétricos y los desbalanceados o asimétricos.
3. Indicar como mínimo seis ejemplos de empleo de interfases digitales estándar.
4. Indicar la relación que existe entre las **Recomendaciones** X.26, X.27, V.10 y V.11 de la UIT-T. Determinar

cuál de ellas permite la mayor velocidad para una misma distancia.

5. En la **Recomendación** X.21 de la UIT-T: ¿cómo se indica una llamada entrante y cómo una saliente? ¿Cómo se genera la liberación de llamada? Indique qué tipo de transmisión se establece a través de ella.
6. En la **Recomendación** V.28 de la UIT-T, deduzca cuál es la inmunidad al ruido teniendo en cuenta las especificaciones eléctricas del cuadro que se acompaña. ¿En qué rango de valores de tensión podrá el receptor discriminar entre un 0 ó un 1?

Colocación del bit	Nivel de tensión para la transmisión del dato	Nivel de tensión para la recepción del dato
0	Mayor que 5 volt	Mayor que 3 volt
1	Menor que –5 volt	Menor que –3 volt

7. Mediante un diagrama en bloques, describir los componentes de un módem **asincrónico** de uno **sincrónico** y de uno **banda base**.
8. ¿Qué diferencias existen entre los modems que se ajustan a las normas V.29 y V.32?
9. Indicar qué Recomendaciones de la UIT-T no operan con la velocidad máxima de modulación que permiten las líneas telefónicas, en función de su ancho de banda.
10. Respecto a la **Recomendación** V.35 de la UIT-T: ¿está en vigencia como tal o está derogada? Tal como fue oportunamente redactada, ¿cuántas comunicaciones simultáneas se pueden transmitir?
11. ¿Qué tipo de señales (analógicas o digitales) produce un módem banda base? ¿Cuáles son las principales funciones que realiza y cómo las lleva a cabo?
12. Construir una red que permita la transmisión de datos y voz con tecnología ISDN, que conecte tres localidades situadas a 700 km entre sí empleando vínculos satelitales. Se requiere obtener cuatro canales de voz y tres de datos, estos últimos a 9600 bps.
13. Indicar el esquema de comprobación de un módem que posibilite determinar, si el fallo se encuentra en el equipo terminal de datos o en la línea de comunicaciones.
14. Detalle, mediante un diagrama temporal, el intercambio de señales para los métodos: RTC/CTS, XON/XOFF y ENQ/ACK.
15. Hallar la secuencia de **comandos** AT necesaria para que el módem inicie una conversación telefónica a través de una **Central Privada** (PABX), donde se debe marcar un 0 para acceder a una línea externa.
16. Indicar cuáles son las diferencias entre la norma RS 232 E y la RS 423. Representar gráficamente los circuitos correspondientes a cada una de ellas.
17. Indicar cuál es el intercambio de señales que se efectúa entre dos computadores personales conectados a través de un cable **Null Modem**.
18. En la interfase RS 232 E, indicar qué funciones cumplen las siguientes señales: RTS, CTS, DSR y DTR.
19. Cuáles son las funciones principales de la técnica MNP y dónde se emplean.
20. Indicar las características principales de cada una de las clases de los **Protocolos** MNP.
21. Teniendo en cuenta que el módem/fax permite a un usuario de un computador personal enviar o recibir texto, gráficos o combinación de textos y gráficos, hacia o desde un equipo de facsímil, indicar qué tipo de codificación y decodificación debe realizar para poder llevar a cabo dicha comunicación.
22. Indicar cuáles son los modos de operación de un módem **inteligente**.
23. Indicar cuáles son los **Comandos de Hayes** que permite ejecutar las siguientes operaciones:
    - Seleccionar el modo V.22 a 1200 bps.
    - Desactivar el transmisor.
    - Seleccionar el modo V.fast a 9600 bps.
    - Invertir el modo de llamada.
    - Ordenar que el módem espere un octavo de segundo antes de continuar con la línea de comando.
    - Inhabilitar la visualización en pantalla de los comandos introducidos por el teclado.
    - Seleccionar el método de marcación por pulsos.
    - Seleccionar el método de marcación por tonos.
24. Cómo se denomina el sistema de modulación que envía dos señales a la línea, ambas moduladas en amplitud. Indicar qué ventajas presenta en comparación frente al método PSK.
25. Construir el diagrama vectorial de la modulación V.29 e indicar cuántos bits se pueden agrupar en una transmisión multinivel que emplea este tipo de modulación.
26. Dada una transmisión en la cual se debe extender una interfase digital, por ejemplo una V.35. ¿Qué tipo de modems utilizaría y por qué?
27. Detallar cómo se establece y mantiene el sincronismo entre dos modems sincrónicos. Cite ejemplos de modems sincrónicos.

28. Indicar la norma establecida por la UIT-T, en 1989, que posibilita la compresión de información. ¿Cuál era el estándar que se utilizaba con anterioridad?
29. Indicar qué **clase**, dentro de los **Protocolos** MNP, realiza las funciones de reducción del tamaño del paquetes ante un incremento de errores en la línea.
30. Suponiendo que a través de modems se efectúa una transferencia de archivos entre dos computadores personales mediante el protocolo XMODEM. ¿Utilizaría modems con técnicas de detección y corrección de errores, por ejemplo, MNP?

B. Temas a desarrollar por el lector

1. Analice en detalle las características de todos los equipos módem de datos que pueden trabajar a velocidades de transmisión superiores a 33 800 bps, sin usar compresión de datos.
2. Comparar los distintos métodos de codificación utilizados en los modems banda base.
3. Estudiar y comparar los diferentes métodos de compresión de datos utilizados en los modems de rango vocal e indicar su eficiencia e índice de compresión. ■

9

La red telefónica conmutada

9.1 Conceptos generales y definiciones básicas 598
- 9.1.1 Orígenes y estado actual de las redes de telecomunicaciones 598
- 9.1.2 Definiciones 602
- 9.1.3 Tipos de enlaces 603
- 9.1.4 Distintas clasificaciones de las redes de telecomunicaciones 608
- 9.1.5 Características de las redes de telecomunicaciones 610
- 9.1.6 Factores que influyen en la eficacia del diálogo en las redes de computadoras 611
- 9.1.7 Uso de las redes telefónicas para transmisión de datos 612
- 9.1.8 Perspectivas futuras de las redes de telecomunicaciones 612

9.2 Topología de las redes de telecomunicaciones 614
- 9.2.1 Sus elementos constitutivos 614
- 9.2.2 Red en estrella 617
- 9.2.3 Red en malla 619
- 9.2.4 Red en anillo 620
- 9.2.5 Red en bus o barra 622
- 9.2.6 Redes con topologías híbridas 623

9.3 La red telefónica pública conmutada 627
- 9.3.1 Conceptos básicos 627
- 9.3.2 Técnicas usadas en las redes telefónicas conmutadas 630
- 9.3.3 Proceso de digitalización de la red telefónica 640
- 9.3.4 Funcionamiento de la red telefónica pública conmutada 643

9.4 Uso de la red telefónica para la transmisión de datos 651
- 9.4.1 Consideraciones generales 651
- 9.4.2 Formas de usar la red telefónica para transmisión de datos 652
- 9.4.3 Los circuitos conmutados 652
- 9.4.4 Los circuitos arrendados 654

9.5 Ingeniería de tráfico 659
- 9.5.1 Consideraciones generales 659
- 9.5.2 Medida del tráfico 661
- 9.5.3 Congestionamiento y grado de servicio 665

9.6 Centrales telefónicas privadas 668
- 9.6.1 Consideraciones generales 668
- 9.6.2 Componentes de una central privada 670
- 9.6.3 Facilidades que pueden prestar las centrales privadas 677
- 9.6.4 Hiperservicios que pueden prestar las centrales privadas 678
- 9.6.5 Condiciones ambientales 679
- 9.6.6 Capacidad de tráfico 680
- 9.6.7 Procesos de registro y de determinación de costos 680
- 9.6.8 Gestión, Administración, Supervisión y Mantenimiento 681

9.7 Redes digitales privadas 682
- 9.7.1 Consideraciones generales 682
- 9.7.2 Características particulares 682

9.1 Conceptos generales y definiciones básicas

9.1.1 Orígenes y estado actual de las redes de telecomunicaciones

9.1.1.1 Reseña histórica[1]

El descubrimiento de la electricidad, el magnetismo y los fenómenos físicos derivados de su estudio a comienzos del siglo XIX permitió que se pudieran transmitir a distancia, primero el sonido y luego, cualquier tipo de señal de información, sea ésta de voz, datos, textos o imágenes (fijas o en movimiento).

La palabra **telecomunicaciones** está compuesta de dos vocablos: uno de origen griego, **tele**, que significa lejano o a distancia, y otro de origen latino, **communicatio**, que significa **comunicación** o **poner en común**.

En 1819 el físico danés *HANS CHRISTIAN OERSTED* comprobó que una aguja magnética se movía en presencia de un campo magnético producido por corrientes eléctricas. Basándose en este descubrimiento, uno de los primeros en investigar el desarrollo de aplicaciones referidas a las telecomunicaciones fue el físico alemán *CARL FRIEDRICH GAUSS*[2].

En el año 1833, *GAUSS* desarrolló una técnica para enviar mensajes usando un código de 25 letras basado en una matriz de **cinco × cinco**. Mediante este código, y utilizando un aparato equipado con una aguja que giraba a izquierda y derecha, podía enviar mensajes que se interpretaban según los movimientos de la aguja para saber cada letra transmitida.

Sin embargo, pese a que este importante inventor se encontraba desarrollando el telégrafo desde el año 1832, el nacimiento de las telecomunicaciones públicas puede ser fijado en el 24 de mayo de 1844. Ese día, *SAMUEL F. B. MORSE*[3] realizó la primera transmisión **telegráfica** por cable entre las ciudades de Washington y Baltimore, que recibió la atención general de la sociedad de ese momento histórico. El mensaje inaugural fue un pasaje de la **Biblia**[4], que en inglés, tal como se transmitió, expresaba: **What hath God wrought! (¡Lo que ha hecho Dios!)**. Esta fecha también puede considerarse como la del nacimiento de una de las industrias más importantes de nuestra era y uno de los servicios vitales para la industria, el comercio, la educación, la seguridad, el turismo, las finanzas y, en general, para todas las actividades que se realizan en todo el planeta.

El invento de MORSE era sencillo y revolucionario; mucho más en un país como los Estados Unidos, donde las distancias eran un obstáculo importante al progreso.

El equipamiento de los operadores se reducía a un **manipulador** y un **receptor**, y a ello se debía agregar un *hardware* muy sencillo. La dificultad mayor provenía de la instalación de las líneas telegráficas, que en muchas ocasiones debían ser ubicadas en zonas casi inhabitadas, de difícil acceso, o incluso con peligros derivados de las luchas que se libraban para extender la frontera hacía el oeste. Precisamente, la creación de la empresa **Western Union Telegraph Company** mostraba en su mismo nombre, hacia donde se orientaban inicialmente sus servicios.

[1] Para ampliar este importante e interesante tema, sugerimos la lectura de la obra **Los Caminos de la Palabra —Las Telecomunicaciones de Morse a Internet**, del Profesor Ingeniero Horacio C. Reggini, Editorial Galápago, Buenos Aires, 1996.
[2] Ver página 76, de esta obra.
[3] Ver página 141, de esta obra.
[4] Del libro cuarto, llamado **Números**.

Otra de las fechas más importantes de la historia de las telecomunicaciones fue el día 7 de marzo de 1876. En esa fecha, la **Oficina de Patentes** de los Estados Unidos otorgó al inventor *ALEXANDER GRAHAM BELL*[1] la patente del primer **teléfono** que recientemente había inventado y que según la historia que hasta hoy nos ha llegado, se produjo en forma casual.

La realidad es que se había llegado a un punto importante de avance respecto a las investigaciones que se venían realizando para obtener un equipo, que complementando al telégrafo, permitiera transmitir también la voz a distancia. Otro inventor, de origen alemán, *ELISHA GRAY* había desarrollado un equipo muy similar, pero llegó tiempo después de *BELL* a la citada Oficina de Patentes para su registro. Este hecho, que dio incluso lugar a un litigio, finalizó en el año 1893, cuando la Suprema Corte de los Estados Unidos de América falló reconociendo oficialmente a *ALEXANDER GRAHAM BELL* como el inventor del teléfono.

La circunstancia del descubrimiento del teléfono por parte de *BELL*, se originó en la búsqueda que este inventor emprendió desde hacía ya algún tiempo, con el objeto de encontrar una manera de comunicarse con su esposa, que se había quedado sorda.

La oportunidad se presentó un día en que trabajando en su laboratorio en compañía del Doctor *WATSON*, derramó circunstancialmente ácido sobre su mesa de trabajo. El ácido originó una reacción similar a la que se genera en una batería para producir corriente continua. Al generarse dicha corriente, ésta activó el equipo que había desarrollado para establecer una comunicación; al cual, para funcionar como lo hace hoy un teléfono sólo le faltaba que se le colocara una batería.

Sin darse cuenta del fenómeno que se estaba produciendo y necesitando llamar a su colaborador, pronunció las palabras que han pasado a la historia como la primera comunicación telefónica[2], realizada a través de un cable: **Mister WATSON come here, I need you**[3], a lo que su colaborador contestó: **I heard you, Mister BELL, I heard you**[4].

Luego de patentar su invención *BELL* ofreció vender su patente a la **Western Union Telegraph Company** por la suma de 110 000 U$, ofreci-

[1] Ver página 141, de esta obra.
[2] La primera comunicación telefónica en la ciudad de Buenos Aires fue establecida el día 17 de febrero de 1878, dos años después del descubrimiento del teléfono. La misma se realizó entre las oficinas del diario **La Prensa** situadas en la calle Moreno 119, y una sucursal de la empresa **Telégrafos del Estado**, situada en la esquina de las actuales calles Bartolomé Mitre y 25 de mayo.
[3] **Señor WATSON, venga aquí. Lo necesito.**
[4] **Lo oigo, señor BELL, lo oigo.**

miento que esta empresa rechazó. Esto le llevó a formar la empresa **Bell Telephone Company** en el año 1877, dando comienzo a la era de la industria de las comunicaciones telefónicas comerciales públicas.

En 1879, se produjo la primera unión de dos empresas telefónicas. La que había formado inicialmente *BELL*, con la recientemente creada **New England Telephone Company**. La nueva empresa pasó a llamarse **National Bell Telephone Company**. Un año después en 1880, la empresa tomó en nombre de **American Bell Telephone Company**.

En 1882, comenzó a formarse el famoso **Holding** AT&T, primero mediante acuerdos con la empresa **Western Electric Company**. Ésta pasó a ser la única proveedora de equipamientos para las empresas del holding. En 1885 empezaron a proveer servicios telefónicos de carácter nacional e internacional, usando a la mencionada AT&T. El comienzo de una era de manejo monopólico de las comunicaciones había comenzado.

Este monopolio se completó posteriormente creando los famosos **Bell Laboratories**, que eran los que generaban la tecnología de los equipos fabricados por la **Western Electric Company**, que a su vez proveía a las empresas telefónicas del **Grupo Bell**. Éstas tenían una posición de total dominio, en el mercado telefónico de los Estados Unidos; y si bien coexistía con ellas una importante cantidad de otras empresas, éstas sólo prestaban servicios en áreas de baja rentabilidad y de muy pocos abonados.

En el año 1974, el Departamento de Justicia de los Estados Unidos de América, comenzó acciones judiciales para deshacer el monopolio organizado. El día 8 de enero de 1982, se llegó a un histórico acuerdo, que podría resumirse en los siguientes aspectos más importantes:

- Las 23 empresas operadoras de los servicios de telefonía del grupo conocidas como las **hermanas Bell**, debían separarse del holding AT&T. Éste podía mantener, bajo su control, a la empresa **Western**, los Laboratorios Bell y la empresa que se ocupaba de las comunicaciones interurbanas, la **Long Lines Divisions**.
- Las empresas que se formaran para prestar el servicio telefónico no podían fabricar sus propios equipos.
- El tráfico telefónico interurbano quedaba en libre competencia y todos los que deseaban participar de este negocio, debían tener igualdad de oportunidades.

9.1.1.2 La situación actual de la tecnología

La necesidad de que varios usuarios de un mismo servicio de telecomunicaciones puedan comunicarse entre sí y, además, optimizar los medios instalados para tal propósito, ha llevado al concepto de red de telecomunicaciones.

Estas redes han evolucionado desde formas muy sencillas, diseñadas durante el siglo pasado para proporcionar el servicio telegráfico, hasta redes más complejas, como las redes que proporcionan el servicio telefónico con conmutación o hasta las actuales instalaciones que permiten una importante y más variada oferta de servicios de telecomunicaciones.

La primera de las redes especiales que fueron creadas para complementar la red telefónica fue la denomina **Red Telex**; servicio que nació en la década de los años 30 y aún continúa funcionando en algunos lugares prestando servicios útiles. Este tipo de redes, si bien tenían nodos de conmutación propios, tomaba los enlaces de la red telefónica, que por esa causa se denominó **red soporte**.

Por otra parte, el crecimiento de las redes de telecomunicaciones es un fenómeno que se ha mantenido y se mantiene constante durante las últimas décadas. Este sector es uno de los más dinámicos de la economía en casi todos los países. La necesidad de comunicarse más, mejor y con mayores facilidades técnicas ha convertido al sector de los servicios de telecomunicaciones en uno de los de mayor tasa anual de crecimiento en el mundo entero.

Tal como se señaló en el capítulo 1, la gran cantidad de equipos informáticos distribuidos en diferentes lugares geográficos ha generado la necesidad de conectarlos entre sí. La teleinformática analiza y busca resolver los problemas que se generan al comunicar los equipos informáticos por medio de los sistemas denominados de **transmisión de datos**.

Para ello, se usan todos los distintos medios de comunicaciones existentes; entre otros, reviste aún singular importancia el uso de la red telefónica pública conmutada. Sin embargo, la transmisión de datos requiere condiciones de **calidad, velocidad y confiabilidad** que distan mucho de las ofrecidas por esta red.

En particular, en los casos en que es imprescindible usar una red con conmutación, esta situación es aún más crítica, ya que las velocidades máximas que permite la red telefónica son muy limitadas[1] y el tratamiento de los datos queda exclusivamente a cargo de los equipos termi-nales del circuito de datos, o directamente de los equipos terminales.

Por otra parte, el aumento constante del número de equipos informáticos y, en consecuencia, el aumento del tráfico de datos, creó la necesidad de independizarse parcialmente de los enlaces que proporcionaban las **líneas dedicadas** o las **líneas telefónicas conmutadas**. En principio, estos enlaces habían sido diseñados para la transmisión de señales analógicas y no digitales.

Por este motivo, hace ya una decena de años o quizás algo más, se pensó en una etapa de transición en la cual se instalarían lo que se ha dado en llamar **Redes Públicas Especiales de Transmisión de Datos**[2], hasta que la red telefónica analógica llegara a un estado de digitalización total. Llegado a ese punto, se comenzarían a usar las **Redes Digitales de Servicios Integrados de Banda estrecha**[3] y, en un futuro no muy lejano, las mismas redes, pero de **Banda ancha**.

---

[1] Hoy en día se está llegando con la tecnología al límite máximo que establecen las leyes de Shannon-Hartley.
[2] Que están desarrolladas brevemente, en el apartado 9.4, de esta obra.
[3] Que están desarrolladas brevemente, en el apartado 9.5, de esta obra.

La necesidad de introducir tecnologías híbridas, o intermedias, que pudieran satisfacer los requerimientos de servicios de los usuarios, dio lugar a la construcción de estas redes especiales de transmisión de datos. Actualmente, existen redes de varias generaciones tecnológicas diferentes y su funcionamiento permite proporcionar al usuario aquellos servicios que por su importancia en la actividad económica y social no podían ser ofrecidos por la red telefónica conmutada. Debe señalarse que, como en su momento ocurrió con la **Red Telex**, los vínculos fueron proporcionados por la red telefónica, por lo que la mejora en los servicios está relacionada especialmente con la calidad de los enlaces que esta red puede ofrecer.

Estas redes públicas de datos tienen como principal objetivo permitir la comunicación entre distintos computadores, y equipos terminales en general, que se encuentren dispersos en una extensa zona geográfica, con velocidades de transmisión elevadas y con un adecuado tratamiento de los datos para mejorar las condiciones de confiabilidad de las comunicaciones.

Actualmente, la red telefónica y todos sus elementos asociados, la **línea de abonado** exclusive, está **totalmente digitalizada** en casi todos los países. Se ha dado la paradoja de que los países que poseían un mayor atraso tecnológico son hoy los que cuentan con la tecnología más moderna, pues no tenían necesidad de pagar el costo de amortización del equipamiento existente.

Las redes de comunicaciones están actualmente diseñadas para aprovechar todas las ventajas que ofrece el **computador** en general, y la **tecnología informática** en particular, como herramienta para el manejo de sus distintas partes componentes. De ahí la importancia del concepto doble de unir las tecnologías informáticas con las de comunicaciones a través de una frontera que, si existe, resulta muy difusa.

Algunos autores ya hablan de un concepto muy similar al expresado en el capítulo 1, cuando mostrábamos cómo se complementan el computador y las comunicaciones a través de lo que habían llamado complejo C & C. Ahora se habla de las **Tecnologías de la Información y la Comunicación (Information and Communication Technologies (ICT))**, porque ya no se trata de unir el computador con las comunicaciones, sino las tecnologías que estas especialidades manejan como un todo.

Una buena y eficiente red de telecomunicaciones ha pasado a ser una **necesidad de supervivencia** en cualquier país del mundo. Actualmente, con la economía globalizada, más que la prestación de un servicio público, como se entendía hace sólo unos pocos años, es una herramienta de vital importancia en todos los sectores económicos de un país. No se puede competir en la manufactura, en la agricultura, en los servicios o el comercio, si no se poseen medios de comunicaciones **eficientes, confiables** y a **costos razonables**.

9.1.2 Definiciones

9.1.2.1 Red de telecomunicaciones

Una red de telecomunicaciones puede definirse como sigue:

Conjunto de medios técnicos instalados, operados, organizados y administrados con la finalidad de facilitar a los usuarios los distintos servicios de telecomunicaciones.

Red de telecomunicaciones

Enlaces de telecomunicaciones 9.1.2.2

Se denomina enlace de telecomunicaciones a lo siguiente:

Vínculo entre dos equipos terminales con el objeto de intercambiar, en forma remota, señales de voz, datos, textos e imágenes.

Enlace de telecomunicaciones

Los enlaces pueden ser de dos tipos, según la posibilidad que se tenga o no de elegir el equipo terminal con el que se desee establecer la comunicación. Así, tendremos **enlaces conmutados** y **enlaces dedicados o arrendados**.

Tipos de enlaces 9.1.3

Enlaces conmutados 9.1.3.1

Se dice que un enlace es conmutado cuando el equipo terminal que origina la llamada tiene la opción de elegir el equipo terminal con el cual se desea comunicar, a través de un equipo denominado conmutador.

Enlace conmutado

Las comunicaciones telefónicas usando la **Red Telefónica Conmutada** (RTC[1]) es un ejemplo típico de enlace con conmutación. También estamos en presencia de un enlace conmutado cuando, usando un computador, seleccionamos una **página de WEB** mediante un programa de navegación por Internet.

Las características de estos tipos de enlaces son las siguientes:

- Poseen una duración variable en el tiempo.
- Están sujetos a la disponibilidad de vínculos en la red, en el momento en que se trata de establecerlos.
- Su costo está relacionado con el tiempo utilizado y la distancia a la que se encuentran los corresponsales. La relación **costo/efectividad** depende del volumen de datos transmitidos.

Enlaces dedicados o arrendados 9.1.3.2

Se dice que un enlace es dedicado o arrendado cuando el equipo terminal que origina la llamada no tiene la opción de elegir el equipo terminal con el cual se desea comunicar, por lo que siempre se comunicará con los mismos usuarios finales.

Enlace dedicado o arrendado

[1] Es conocida su expresión en inglés **Public Switched Telephone Network**, PSTN.

Los enlaces usados para intercomunicar a dos equipos **router** empleados en una sección de **Internet** son enlaces **dedicados o arrendados** típicos. También lo son los que se utilizan para establecer comunicaciones telefónicas entre dos lugares fijos, en los que se obvia la necesidad de marcar un número. Este es el caso, por ejemplo, de enlaces que conectan sucursales bancarias entre sí, que no desean correr el riesgo de encontrar las líneas telefónicas congestionadas en horas punta e incurrir en demoras para establecer la comunicación. Este tipo de enlace telefónico se suele llamar por la expresión en inglés: **hot line**[1].

Las características de estos tipos de enlaces son las siguientes:

- Están disponibles las veinticuatro horas del día durante todo el año, mientras está establecido el enlace.
- No están sujetos a la disponibilidad de vínculos en la red; en el momento en que se trata de establecer una comunicación el vínculo siempre está disponible.
- Su costo es fijo. No está relacionado con el tráfico cursado. La relación **costo/efectividad** es en general mejor cuando el uso del enlace es intenso.

9.1.3.3 Relación de costos entre los enlaces conmutados y arrendados

Si bien en cada caso será necesario estudiar las tarifas existentes en cada una de las empresas prestadoras de los servicios de telecomunicaciones, es posible determinar para cada enlace la conveniencia de usar un enlace conmutado o uno arrendado calculando el denominado **punto de equilibrio, Eq**, entre dos puntos determinados.

Punto de equilibrio

Se denomina punto de equilibrio entre dos equipos terminales, que cursan un determinado volumen de tráfico, al que resulta de igualar el costo de un enlace arrendado entre ambos terminales con el equivalente a un determinado número de comunicaciones efectuadas con conmutación, en un intervalo de tiempo que normalmente es equivalente a un período de facturación.

Para calcular el punto de equilibrio es necesario considerar la duración media de las comunicaciones con conmutación en el intervalo considerado. En la figura 9.1 se muestra la relación de costos entre dichos enlaces. Se puede observar que a partir del punto Eq de equilibrio resulta más conveniente la contratación de un enlace dedicado.

[1] Un ejemplo especial de este tipo de líneas, es la famosa línea roja establecida entre la Casa Blanca, en Washington, y el Kremlin, en Moscú. Bastará levantar un teléfono, para que el otro corresponsal reciba la señal de llamada. La comunicación se establece sin necesidad de marcar un número.

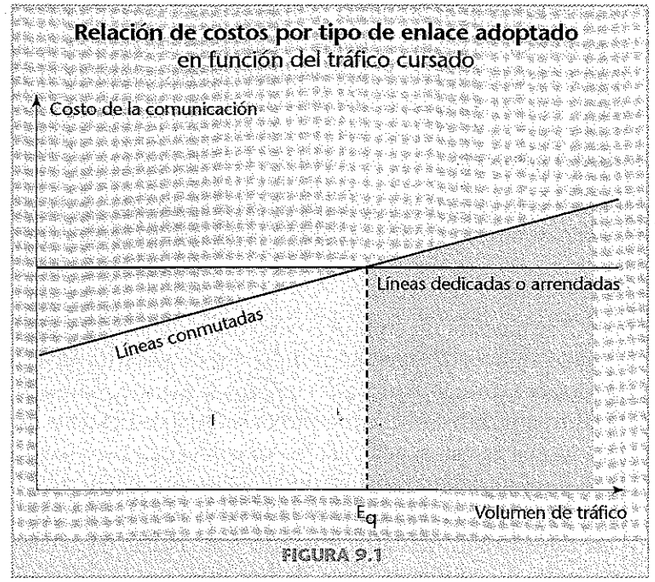


FIGURA 9.1

ejemplo 9.1

Una empresa de manufactura que tiene su sede central en la ciudad de Monterrey efectúa regularmente comunicaciones telefónicas con su sede central ubicada en la ciudad de México. Si el costo de un enlace arrendado entre dichas ciudades es de U$ 550 mensuales, y el costo medio de una llamada habitual entre las sedes (duración media de 8 minutos) cuesta 2,5 U$, ¿cuál es el número de llamadas diarias correspondientes al punto de equilibrio, tomando un mes de 22 días de trabajo? ¿Qué conclusiones sacaría?

Si suponemos una llamada diaria, el costo por llamada/mes sería de:

$$\text{Costo por llamada/mes} = 22 \times 2{,}5\ \text{U\$}$$

$$\text{Costo por llamada/mes} = 55\ \text{U\$}$$

Luego el número de llamadas que permitiría llegar al punto de equilibrio sería:

$$\text{Llamadas en Eq} = \frac{\text{Costo del enlace arrendado}}{\text{Costo llamadas/mes}}$$

$$\text{Llamadas en Eq} = \frac{550\ \text{U\$}}{55\ \text{U\$}}$$

$$\text{Llamadas en Eq} = 10\ \text{llamadas diarias}$$

Las conclusiones serían las siguientes:

- A partir de la décima llamada diaria es más económico tener una línea arrendada.
- Quizás sea aún más conveniente tomar un valor de Eq algo menor que el teórico, pues al tener contratada una línea arrendada, la posibilidad de tener el enlace disponible las 24 horas del día optimiza aún más su uso.

9.1.3.4 Enlaces punto a punto y multipunto

Un enlace puede ser de dos tipos según la cantidad de equipos terminales con los que se establece el mismo: **enlaces punto a punto** o **enlaces multipunto.**

ENLACES PUNTO A PUNTO

Configuración punto a punto

Se denomina configuración punto a punto a aquella en la que dos equipos terminales están unidos por medio de un único enlace de comunicaciones.

En la figura 9.2 se muestra un enlace en configuración **punto a punto.** Un enlace efectuado a través de la red telefónica conmutada entre dos usuarios es un típico enlace punto a punto. Sin embargo, a menudo se confunde la expresión **punto a punto** con el concepto de **enlace dedicado o arrendado**, pues esta última es más usada para los vínculos usados en soluciones a problemas de comunicación de datos con aquellas características.

Las configuraciones punto a punto son usadas indistintamente en telefonía o en transmisión de datos. Cuando son usadas en telefonía, se suelen conocer como configuraciones de **hot line**, por la disponibilidad inmediata que tienen los usuarios sin la necesidad previa de marcar un número.

ENLACES PUNTO A MULTIPUNTO

Configuración punto multipunto

Se denomina configuración punto multipunto aquella en la que un equipo terminal se comunica con dos o más equipos terminales ubicados en el extremo opuesto del enlace, unidos por uno o varios enlaces de comunicaciones.

Los enlaces **punto a multipunto** son típicos de las comunicaciones de datos. Sin embargo, se debe señalar que actualmente, en las comunicaciones telefónicas a través de centrales electrónicas digitales modernas, también es posible establecer enlaces de este tipo, donde se pueden poner en conferencia telefónica a más de dos abonados, lo que se conoce como **llamadas en conferencia.**

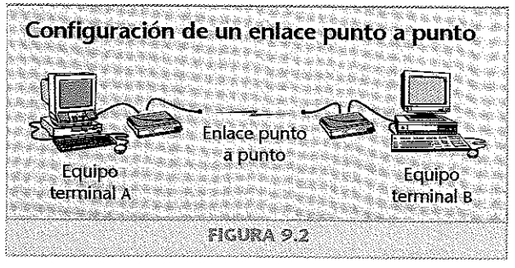


FIGURA 9.2

Los enlaces **punto a multipunto**, exclusivamente para el caso de redes de computadoras, pueden presentar dos formas diferentes. Una de ellas es la modalidad denominada **unión concatenada**, la que se muestra en la figura 9.3. La otra se denomina **caídas múltiples**; es la que se muestra en la figura 9.4.

FIGURA 9.3

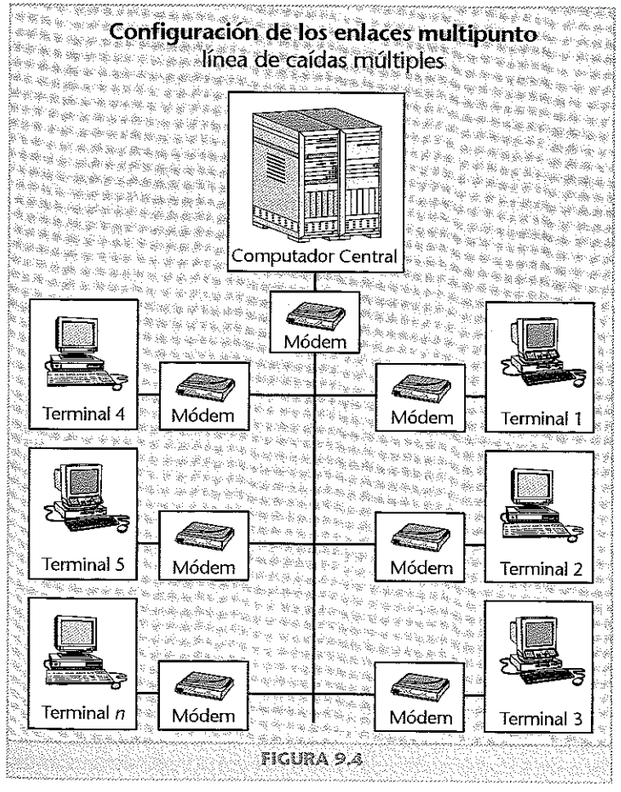


FIGURA 9.4

En redes de computadoras, estos tipos de enlace se pueden usar tanto en enlaces de tipo **local** como **remoto**; en este último caso se deben usar equipos módem si se desea transmitir a través de la red telefónica pública conmutada con terminaciones en el usuario de tipo analógicas.

En los enlaces **punto a multipunto**, los equipos principales o nodos **gestionan el tráfico de comunicaciones** que se realiza con los equipos terminales tributarios que, como se expresó, comparten el vínculo de enlace con él.

9.1.4 Distintas clasificaciones de las redes de telecomunicaciones

9.1.4.1 Clasificación de las redes según el modo de administrarlas

Según el modo de administrarlas, las redes de telecomunicaciones se pueden clasificar en redes públicas y redes privadas.

REDES PÚBLICAS

Red pública

Se dice que una red de telecomunicaciones tiene carácter público cuando las solicitudes de servicio o los requerimientos necesarios para ser usuario de la misma no tienen otra restricción que las disponibilidades de los medios técnicos.

La tendencia actual hacia la que se dirigen la mayoría de los países es la privatización total de los servicios de telecomunicaciones.

REDES PRIVADAS

Red privada

Se dice que una red de telecomunicaciones tiene carácter privado cuando es operada para un fin determinado y sus usuarios pertenecen a una o varias corporaciones que tienen intereses específicos en la misma.

Los casos de redes privadas de telecomunicaciones que pueden señalarse como más significativos son:

- Redes para aplicaciones específicas simples.
  Son aquellas que se utilizan para resolver una única aplicación, que puede intercomunicar a una o varias organizaciones o empresas. Un ejemplo de ellas son las redes de reserva de pasajes aéreos, de una o varias compañías, que actúan en conjunto.
- Redes de empresas.
  Son aquellas que, como su nombre indica, responden a las necesidades de una organización u empresa, interconectando sus instalaciones y brindando un servicio dedicado y orientado a las aplicaciones que les resultan más convenientes.
- Redes para usos militares.
  Son aquellas diseñadas para uso exclusivo de las Fuerzas Armadas. En estos casos se tienen especialmente en cuenta los métodos y procedimientos de secreto (o de seguridad) del contenido de la comunicación.

- Redes multiorganizativas.
  Son aquellas que, a diferencia de las anteriores, responden a las necesidades de una aplicación común a varias empresas, o a un determinado conjunto de intereses comunes. Las redes de cajeros automáticos de varios bancos diferentes, o las redes orientadas a conjuntos específicos, como podría ser el de aquellos que tienen intereses comunes con la administración de justicia (redes jurídicas), son ejemplos de este tipo de redes.

9.1.4.2 Clasificación de redes telefónicas públicas

Las redes telefónicas públicas de telecomunicaciones son operadas, en cada país, por una o varias administraciones técnicas especializadas, de propiedad estatal, privada o mixta, por medio de concesiones otorgadas por las leyes que reglamentan dicho servicio.

Se pueden clasificar en función de su área de cobertura geográfica y, simultáneamente, según la forma en que se aplican las tarifas que las regulan. Así, se tienen las siguientes redes:

- Redes urbanas.
  Son aquellas que cubren las necesidades geográficas de un pueblo, una ciudad o un área densamente poblada, que puede incluir a varias ciudades. Se caracterizan por tener una tarifa única para toda el área, independientemente de la ubicación de los usuarios (distancia geográfica), con la condición de que estén dentro del área considerada.
- Redes interurbanas.
  Son aquellas que enlazan dos o más ciudades o áreas urbanas diferentes. En el servicio telefónico interurbano, las tarifas que se pagan dependen, normalmente, de la distancia existente entre los usuarios intercomunicados y el tiempo que dura la comunicación por lo que en muchos casos existe más de una tarifa.
- Redes internacionales.
  Son aquellas que interconectan usuarios ubicados en países diferentes. Los vínculos que enlazan las redes de diferentes países son mayoritariamente enlaces satelitales o cables submarinos, a excepción de los enlaces denominados fronterizos (que unen dos países que tienen fronteras comunes), que en general usan radioenlaces de microondas o cables (terrestres o submarinos). Las redes internacionales tienen como principios de tarifación acuerdos entre las administraciones de los distintos países, basados en los medios técnicos usados y en las conveniencias comerciales de cada uno de ellos.

9.1.4.3 Clasificación de las redes de computadores

Estas redes se pueden clasificar en función de los estándares adoptados, las tecnologías usadas y el área geográfica que pueden cubrir.

- Redes de Área Local (LAN)[1].
  Son aquellas diseñadas para cubrir las necesidades de un área geográfica reducida, generalmente un edificio, o un conjunto de ellos,

[1] LAN (Local Area Network).

próximos entre sí. Un ejemplo podrían ser los **campus educativos**, **las empresas** o **plantas industriales**. Son construidas y operadas por las empresas u organizaciones a las que prestan sus servicios, para satisfacer sus necesidades internas. Utilizan estándares desarrollados por la IEEE; y algunos otros de tipo propietario. Para enlazarse entre sí, requieren el uso de otras tecnologías que están disponibles y son brindadas por las **Redes de Área Extendida (WAN)**[1].

- Redes de Área Metropolitana (MAN)[2].
  Son aquellas diseñadas para cubrir las necesidades de una ciudad, o un grupo de ellas, en una extensión geográfica cuyo perímetro es del orden de los 100 kilómetros de radio. Su finalidad es unir, a velocidades similares, redes de área local (LAN). Son construidas y operadas por las empresas que prestan los servicios públicos de telecomunicaciones, o por las mismas empresas propietarias de las redes de área local que intercomunican. Utilizan estándares desarrollados por la IEEE; y algunos otros de tipo propietario. Actualmente, este tipo de redes están siendo reemplazadas por las tecnologías digitales que proporcionan las redes telefónicas digitales; éste es el caso de los sistemas de transmisión que usa la tecnología que ofrece la **Jerarquía Digital Sincrónica (SDH)**[3].
- Redes de Área Extendida (WAN).
  Son aquellas diseñadas con la finalidad de cubrir la totalidad del planeta. Son construidas y operadas tanto por las empresas que prestan los servicios públicos de telecomunicaciones en cada país, así como por las empresas u organizaciones que normalmente utilizan la red telefónica conmutada como **red soporte** para el establecimiento de sus enlaces. Emplean estándares internacionales, en muchos casos desarrollados por la UIT-T, y algunos otros desarrollados por organizaciones que ofrecen estándares abiertos. La **red Wan** más extensa del mundo es **Internet**.

9.1.5 Características de las redes de telecomunicaciones

Las redes de telecomunicaciones poseen las siguientes características generales:

- Disponibilidad de los medios de comunicaciones.
  Los usuarios de los sistemas de comunicaciones deben elegir sus medios técnicos en función de las disponibilidades existentes y de la forma más efectiva en que el servicio les puede ser provisto, ya sea por prestadores de servicios públicos o, si resultara aún más conveniente, usando medios propios.
- Uso de la red en forma continua.
  Se efectúa mediante el uso de líneas dedicadas o arrendadas, que son aquellas que están permanentemente conectadas a los sistemas.

[1] WAN (Wide Area Network).
[2] MAN (Metropolitan Area Network).
[3] Synchronus Digital Hierarchy.

- Empleo de la red de acuerdo con la demanda.
  Se efectúa mediante el uso de la red pública conmutada (o líneas conmutadas), que son las líneas telefónicas normales, y procediendo a la selección de un número de abonado para establecer el enlace. Este proceso se realiza utilizando los canales telefónicos normales de las compañías telefónicas de cada país. Por otra parte, ciertas aplicaciones requieren, para una mayor eficiencia, redes especiales de transmisión de datos, que son servicios especiales, en las modalidades de conmutación de circuitos o conmutación de paquetes, ofrecidos por las compañías telefónicas mediante una red de ordenadores, especialmente dispuestas a ese efecto. También se pueden incluir en este tipo de opción las llamadas redes digitales de servicios integrados, conocidas como RDSI/ISDN. Este tipo de redes provee simultáneamente servicio de voz, datos, textos e imágenes, usando los mismos medios de conmutación.

9.1.6 Factores que influyen en la eficacia del diálogo en las redes de computadoras

VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN

Es necesario saber exactamente cuál es la velocidad adecuada para la aplicación que se esté usando. Cuando se utilizan los canales telefónicos, puede darse el caso de que se pierdan palabras si se habla demasiado rápido. Sin embargo, si se habla demasiado despacio, la conversación tomará más tiempo del necesario, encareciendo el servicio.

ENTENDIMIENTO

En el uso de canales de voz, si los lenguajes que se hablan son diferentes y cada interlocutor no conoce el lenguaje del otro, el diálogo es imposible. De la misma manera ocurre en el caso en que deban conectarse dos computadores, si éstos no emplean el mismo procedimiento de comunicaciones[1], éstas serán imposible de ejecutar.

INTERPRETACIÓN

La interpretación está relacionada con el factor anterior, pues en cierta forma lo complementa. Entender el diálogo no significa que el problema de la comunicación esté resuelto; será necesario, además, que éste se interprete de forma correcta. En caso contrario, se podrían llevar a cabo acciones erróneas.

VERSATIBILIDAD

La versatibilidad proviene de la posibilidad de comunicarse con diferentes personas (o computadores), en una variedad de temas diferentes.

[1] Concretamente, el mismo protocolo de comunicaciones.

CONTROL

Si todos los interlocutores de un sistema de comunicaciones tratan de hablar simultáneamente, nadie entenderá nada. Por lo tanto, es imprescindible llevar a cabo un control del tráfico de comunicaciones, cualquiera que sea la forma elegida para establecer un enlace.

9.1.7 Uso de las redes telefónicas para transmisión de datos

Las redes telefónicas son actualmente uno de los medios más empleados para la transmisión de datos. Las principales razones de esta circunstancia son las siguientes:

- El servicio telefónico está disponible en todo el mundo.
- Se han destinado importantes inversiones de capital en el desarrollo e instalación de equipos y líneas para proporcionar ese servicio.
- Desde su inicio, la comunicación de datos ha sido posible gracias al uso de los canales telefónicos que ya existían antes de la aparición de esta necesidad.
- El costo de una red privada, para un sistema geográficamente remoto, es normalmente muy elevado.
- Es un servicio que está normalizado internacionalmente. Este hecho permite diseñar equipos e interfases con los equipos terminales de datos muy rápidamente y producir la necesaria adaptación entre ambos servicios.
- Es un sistema de costos muy aceptables, en función de la inversión que requiere para este tipo de tráfico.

9.1.8 Perspectivas futuras de las redes de telecomunicaciones

9.1.8.1 Las redes actuales

En la actualidad, la mayoría de las redes de telecomunicaciones están siendo totalmente digitalizadas; sin embargo, aún queda una minoría de tecnología analógica.

Inicialmente, la necesidad de transmitir la voz a través de redes de telecomunicaciones hizo que se pensara solamente en la prestación del servicio telefónico, y, para ello, lo más conveniente (siendo la voz un fenómeno analógico) era la construcción de redes analógicas. Por otra parte, en la época en que estas redes se construyeron, la tecnología no permitía la implementación de otro tipo de redes, precisamente por la ausencia del computador, factor fundamental de cualquier red digital.

Hoy esta situación ha variado y podrían tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- La tendencia actual es que las nuevas redes de telecomunicaciones sean totalmente digitales, y no sólo la transmisión, sino también la conmutación.
- Las razones de esta tendencia de la ingeniería de comunicaciones pueden sintetizarse en los siguientes aspectos:

  - Simplicidad en el diseño de circuitos digitales.
  - Facilidad de construcción de circuitos integrados para técnicas digitales.
  - Posibilidad de regenerar las señales digitales, a diferencia de las analógicas, que sólo pueden ser amplificadas.
  - Alcance teórico infinito de la red.
  - Calidad de transmisión variable.
- El crecimiento de las comunicaciones digitales se ha intensificado debido, en gran parte, a las aplicaciones derivadas del procesamiento de datos y la transmisión de datos.
- Mediante comunicaciones digitales no sólo podemos transportar información de computadoras, sino que también pueden digitalizarse las señales de voz, textos e imágenes.

9.1.8.2 Las redes futuras

Como ya se dijo, las empresas de telecomunicaciones construyeron sus redes inicialmente para la comunicación de la voz y, para ello, los sistemas analógicos no presentaban dificultad alguna.

En la actualidad, las necesidades de transmisión de datos, alarmas, servicios digitalizados y otros tipos de mensajes codificados en forma digital, han cambiado la situación. En este momento, una nueva y amplia gama de requerimientos de comunicaciones, y las posibilidades derivadas de la introducción de nuevas tecnologías, ha hecho que se piense en las **Redes Públicas Digitales de Servicios Integrados** RDSI/ISDN, tanto de banda estrecha como, en un futuro, las de banda ancha. Estas redes, que se están construyendo mediante técnicas digitales, en muchos casos están prestando servicios públicos de los siguientes tipos:

- Telefonía.
- Telegrafía y transmisión de datos a baja velocidad.
- Transmisión de datos a media y alta velocidad.
- Teletex.
- Telefax.
- Videotexto.
- Correo electrónico (vocal y escrito).
- Facsímil.
- Almacenamiento y retransmisión de mensajes.
- Televisión.
- Alarmas.
- Telemedición.
- Telecontrol.

Por otro lado, el advenimiento de las centrales de conmutación telefónica de nueva generación, construidas como verdaderos computadores, bajo el concepto de control por programa almacenado, conmutación temporal y sistema de señalización por canal común, están acelerando el proceso de integración que hemos descrito.

Este equipamiento está penetrando en el mercado, y no sólo por su precio sensiblemente menor, sino por su facilidad de mantenimiento y sus prestaciones mucho más confiables, por su mayor valor agregado y la posibilidad de satisfacer las exigencias, cada vez más sofisticadas, de las empresas de servicios.

Entre las nuevas prestaciones se destaca la posibilidad de agregar a la telefonía clásica un conjunto de nuevos servicios que las tecnologías anteriores no podían ofrecer. Estos servicios se denominan genéricamente **hiperservicios**, o, más exactamente, **Servicios de Valor Agregado (Valued Added Services, VAS)**.

9.2 Topología de las redes de telecomunicaciones

9.2.1 Sus elementos constitutivos

9.2.1.1 Nodo

Llamaremos nodo en una red de telecomunicaciones a lo siguiente:

Nodo — **Punto de una red en el que concurren dos o más enlaces de comunicaciones y está equipado con dispositivos que permiten la función de conmutación.**

9.2.1.2 Enlace

Llamaremos enlace en una red de telecomunicaciones a lo siguiente:

Enlace — **Conjunto de medios de comunicaciones que permiten establecer uno o más canales de transmisión entre dos puntos de una red.**

En particular, se denomina **enlace troncal** al que une dos nodos entre sí; y **enlace de abonado o de usuario**, al que une un equipo terminal con el nodo del cual es tributario.

9.2.1.3 Equipo terminal

Llamaremos equipo terminal en una red de telecomunicaciones a lo siguiente:

Equipo terminal — **Conjunto compuesto por elementos de características electrónicas que permite introducir señales de información en una red, o extraerlas de ella, como señales de voz, datos, textos o imágenes, a través de un enlace de comunicaciones conectado a un nodo, del que es tributario, o de otro equipo terminal de características análogas.**

9.2.1.4 Topología

La palabra **topología** es un término de origen griego y se refiere al estudio de las formas. En el diseño de redes de comunicaciones se la emplea para referirse precisamente a la forma en que están conectados los nodos de una red.

Una red de comunicaciones está formada básicamente por tres elementos: nodos, enlaces y equipos terminales. En la figura 9.5 se muestra una estructura de red basada en estos tres elementos.

Así, definiremos la topología de una red como sigue:

Topología de una red — **Forma en que los equipos terminales se conectan entre sí y con los nodos, a través de los enlaces de comunicaciones.**

Normalmente, tanto las redes remotas como las locales se apoyan en las topologías siguientes: **estrella, malla, anillo** y **barra o bus**. Éstas son las denominadas **topologías básicas**, pero existen, por combinación de ellas, las **topologías mixtas o híbridas**.

9.2.1.5 Aspectos generales de la topología de redes de telecomunicaciones

Si en las redes de comunicaciones **no existieran los nodos** que posibilitan que las comunicaciones entre un determinado número de abonados se hagan de forma conmutada, el número de enlaces necesarios para conectar entre sí todos los equipos terminales sería muy elevado.

En la figura 9.6 se muestran tres ejemplos. En el primero se supone una red de sólo tres usuarios; en el segundo, cuatro; y en el último, cinco. En el primer caso se necesitan solamente un número de enlaces igual al número de usuarios; sin embargo, en el último de los ejemplos se necesitan diez enlaces para solo cinco usuarios.

El número de enlaces necesarios para interconectar todos los equipos terminales crece con mucha rapidez a medida que aumenta su número. En la figura 9.7 se indican algunos ejemplos. Obsérvese que si se tuviera una red con tan sólo 1100 abonados, para conectar a **todos entre sí** se necesitarían aproximadamente medio millón de enlaces.

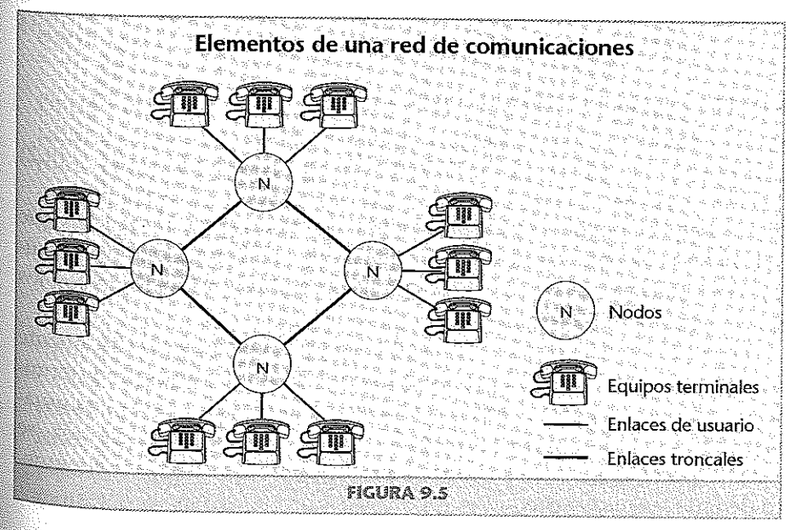


FIGURA 9.5

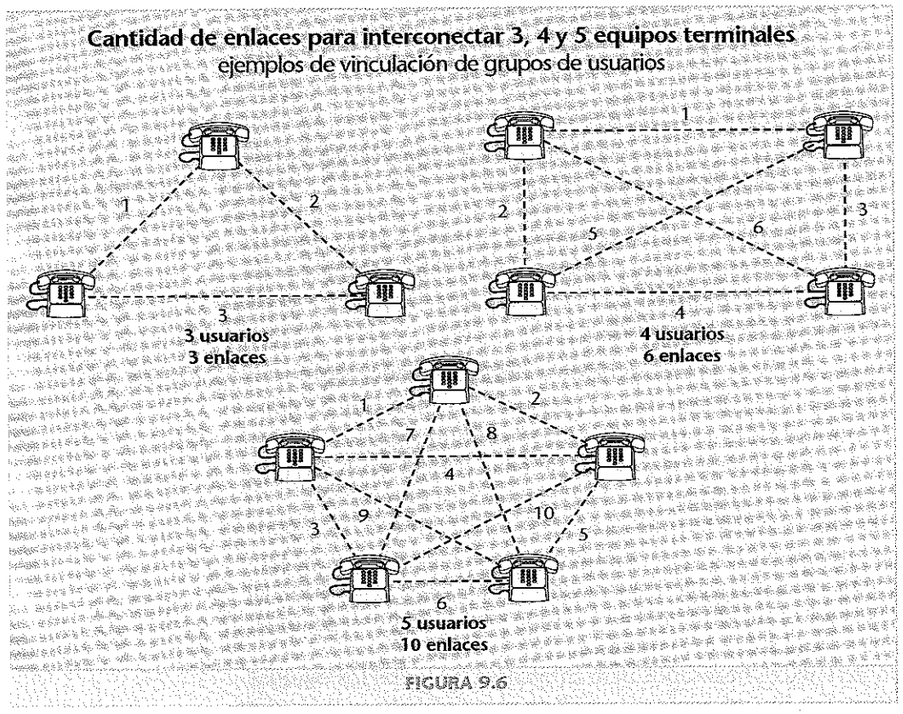


FIGURA 9.6

En general, si N es el número de equipos a interconectar, el número de vínculos para conectar a **todos entre sí** resultaría de la expresión:

$$N_e = \sum_{n=1}^{N} (n-1) \qquad (9.1)$$

Operando convenientemente, obtendremos

$$N_e = \frac{n(n-1)}{2} \qquad (9.2)$$

Si a partir de la expresión (9.2) calculáramos la cantidad de enlaces que son necesarios para comunicar, sin usar nodos de conmutación, N equipos terminales entre sí, los valores que se obtendrían coincidirían con los que se observan en la figura 9.6.

En consecuencia, por razones técnicas y económicas, es prácticamente imposible instalar una red con un número importante de equipos terminales conectados a ella y con enlaces que comuniquen a todos los usuarios. Por ello, cuando la cantidad de equipos terminales es elevada, se deben instalar **nodos de conmutación** que permitan disminuir el número de **enlaces necesarios**.

Relación entre el número de equipos terminales y el de enlaces para conexiones "todos contra todos"

Número de equipos terminales	Número de enlaces
2	1
3	3
4	6
5	10
10	45
50	1225
100	4950
1000	499500

FIGURA 9.7

La topología que se decida emplear para instalar estos nodos dependerá, entre otros, de los siguientes factores:

- La topografía del lugar.
- Costo de los enlaces.
- Flexibilidad que se desee lograr para incorporar nuevos usuarios a la red.
- Prestaciones que desee obtener de la red.

Lo mismo ocurre con la topología que se usa para conectar distintos **equipos terminales entre sí**, con **nodos de la red**, y, en caso de que éstos no existan, con puntos centrales de ésta. Un ejemplo sería el caso de las denominadas **Redes de Área Local (LAN)**, que en su topología incluyen equipos denominados **hub's o concentradores** a fin de centralizar los enlaces. Otro ejemplo podría ser el caso de los **computadores centrales** que actúan como **centros de una red** y trabajan en la modalidad de procesamiento distribuido, con equipos terminales de datos conectados en red local.

Las topologías más usadas son las siguientes: **estrella**, **anillo**, **malla**, **jerárquica**, **punto a punto** y **multipunto o bus**. Las cuatro primeras son topologías de redes que generalmente poseen conmutación, y las dos últimas son las empleadas para unir directamente a los equipos terminales.

En la mayoría de los casos se usan combinaciones de varias topologías diferentes; sin embargo, a continuación se explicarán las topologías básicas y sus características principales.

Red en estrella 9.2.2

Se denomina red con topología en **estrella** a lo siguiente:

Redes que están diseñadas con un nodo central al que están conectados todos los equipos terminales y que actúa como concentrador y distribuidor de todo el tráfico de comunicaciones existente entre ellos.

Red con topología en estrella

En las redes telefónicas conmutadas, las centrales telefónicas están conectadas a los usuarios mediante este tipo de topología. En ese caso, el número de equipos terminales conectados a cada una de ellas puede variar desde unos pocos hasta varios miles. En el caso de las centrales instaladas en la red telefónica pública conmutada, esta cantidad llega a más de 10 000 equipos terminales telefónicos por cada una de ellas.

El número de usuarios tributarios de cada nodo dependerá de la posibilidad que tenga el equipo de conmutación allí situado para manejar equipos terminales, y del tráfico que aquellos generen.

Los conmutadores actuales de las redes públicas están basados en un computador central especialmente preparado y programado para la conmutación de líneas. En otros casos, por su característica de **programable**, pueden cumplir otras funciones además de las señaladas, como la conmutación de paquetes o mensajes, el procesamiento de datos en modo lo-

cal, u otras funciones adicionales, que, entre otras, pueden ser: conversión de protocolos, (permitiendo conectar terminales de diferentes proveedores), adaptación de velocidades entre terminales, evaluaciones estadísticas de tráfico, facturación, etc.

Una característica importante de este tipo de configuración es el número de caminos de conmutación simultáneos que pueden establecerse entre los equipos terminales. Este parámetro brinda también una idea de la importancia de cada nodo.

Este tipo de topología es especialmente apta para ser usada cuando los equipos terminales tributarios del nodo están ubicados en una zona geográfica concentrada. Ésta es la estructura más simple de diseño. Se utiliza corrientemente en redes privadas y para las comunicaciones vía satélite.

Un ejemplo de construcción de redes **en estrella** lo constituye la instalación de las **Centrales de Comunicaciones Privadas**[1], que permiten a empresas y organizaciones disponer de sistemas de comunicaciones de voz y datos.

Los sistemas diseñados en forma exclusiva para el procesamiento de la palabra también pueden configurarse como redes estrella. En esos casos, las topologías en estrella resultan especialmente aptas. Por el contrario, cuando los enlaces de usuarios se extienden demasiado, esta topología deja de ser conveniente.

En los casos de redes constituidas por una **Unidad Central de Procesamiento** (CPU), que controla el flujo de información a través de la red y que posee varias salidas serie en una plaquita denominada **multiport**, el tamaño de la red depende de la capacidad del procesador central. Asimismo, es de destacar que si dicho procesador se detiene, la red deja de funcionar y, en consecuencia, este factor limita la confiabilidad de la red.

FIGURA 9.8

Evidentemente esta topología resulta ideal cuando el objetivo consiste en conectar muchos computadores de tipo personal con uno solo, que puede brindar, además de funciones relacionadas con la conectividad, otras tales como capacidad para almacenar archivos usados por toda la red, correo electrónico, capacidad para generar archivos de **back up**, etc.

En los casos de redes informáticas, organizadas y diseñadas como redes estrella y compuestas sólo por equipos terminales de datos, los sistemas están basados en un nodo compuesto por un **computador central o host**, que está conectado a equipos terminales tradicionales, según se puede observar en la figura 9.8. Estos **host** actúan como controladores del flujo de información hacia y desde cada dispositivo periférico del sistema, pudiendo tener incorporado un procesador de comunicaciones delantero.

La desventaja principal radica en las limitaciones en su rendimiento, relacionado con la capacidad de la **Unidad Central de Proceso** (CPU) del nodo central, y por la baja confiabilidad general, ya que en caso de fallo del controlador central todo el sistema deja de funcionar. Por ello, generalmente estos procesadores son complejos y de costo elevado.

[1] Conocidas como **Private Address Branch Exchange** (PABX).

El computador central de la red interroga selectivamente, siguiendo un cierto orden, a cada uno de los dispositivos para determinar si tienen datos que enviar. Este procedimiento se denomina sondeo. Solamente cuando dicho dispositivo central da la autorización, los terminales pueden comenzar a enviar los datos hacia otro terminal, o también puede ocurrir que el computador central procese los datos para luego transmitirlos al terminal seleccionado.

Red en malla 9.2.3

Se denomina red con topología en **malla** a lo siguiente:

Redes que están diseñadas sin un nodo, o equipo terminal central, por lo que todos están conectados entre sí, de manera que ninguno posee una función especial en cuanto a la concentración del tráfico.

Red en malla

En muchos casos, la malla es complementada por enlaces entre nodos no adyacentes, que se instalan para mejorar las características del tráfico.

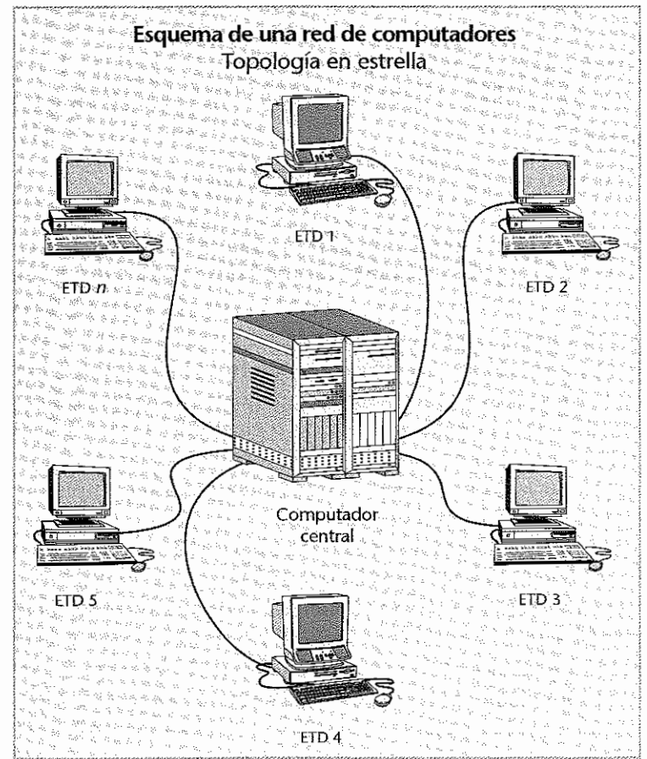


FIGURA 9.9

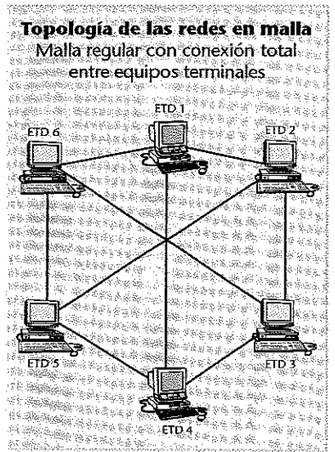


FIGURA 9.10

Este tipo de redes puede organizarse solamente con equipos terminales (en lugar de nodos), para aquellos casos en que se trate de redes de transmisión de datos.

Para las redes telefónicas públicas de grandes ciudades, los nodos existentes pueden conectarse entre sí, con este tipo de configuración, que es especialmente apta para ser usada cuando varios nodos deben cubrir una zona geográfica extensa.

Estas redes permiten, en caso de una interrupción entre dos nodos o equipos terminales de red, mantener el enlace usando otro camino, con lo cual aumenta significativamente la disponibilidad de los enlaces.

Cuando una **Red Malla Regular** pierde uno o más enlaces, se convierte en una **Red Malla Irregular**. Las **Redes de Datos** WAN tienen en general una topología de malla irregular.

Las principales características de esta topología son:

- Baja eficiencia de las conexiones o enlaces, debido a la existencia de enlaces redundantes.
- Por tener redundancia de enlaces, presenta la ventaja de posibilitar caminos alternativos para la transmisión de datos y, en consecuencia, aumenta la confiabilidad de la red.
- Como cada estación está unida a todas las demás, existe independencia respecto a la anterior. Esta situación no se presenta en otras redes, como por ejemplo la red en anillo (ver apartado 9.2.4).

9.2.4 Red en anillo

Se denomina red con topología en **anillo** a lo siguiente:

Red en anillo **Redes diseñadas de tal forma que cada equipo terminal está conectado a los dos que tiene adyacentes, hasta formar entre todos ellos un círculo.**

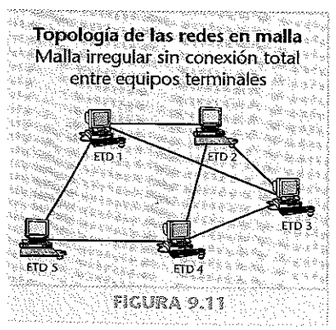


FIGURA 9.11

Este tipo de topología es muy utilizada en las denominadas **Redes de Área Local (LAN)**, donde las **estaciones de trabajo**[1] y los **servidores de archivos** se encuentran conectados en cualquier punto del anillo[2].

En este tipo de topología, si un nodo o elemento de la red se detiene, toda la red podría dejar de funcionar; sin embargo, se han diseñado técnicas para mejorar la confiabilidad de estas redes y existen implementaciones que solucionan este tipo de problema.

Otro inconveniente propio de la configuración de la **red en anillo**, radica en que puede quedar disminuida notablemente la velocidad de la red. Por ejemplo, como los datos tienen un sentido único de circulación, si éstos van hacia la derecha del nodo transmisor y el nodo receptor se encuentra inmediatamente a la izquierda de aquél, el mensaje deberá pasar por todos los nodos de la red antes de llegar al receptor.

[1] Workstation.
[2] File Server.

El mensaje que entra en una red en anillo debe contener la dirección donde se debe entregar el mensaje. La misma se denomina **dirección del destinatario**. El mensaje circulará de un terminal a otro hasta ser reconocida la dirección del destinatario a quien se le envía el mensaje. En ese caso este último almacenará su contenido.

Por otra parte, la estación que transmitió el mensaje es la que al recibirlo nuevamente (porque ha recorrido el anillo) lo retira del medio. A continuación, envía un mensaje denominado **token** hacia la estación vecina para posibilitar que esta u otra estación se apodere del mismo y proceda a transmitirlo.

Como se mencionó anteriormente, el fallo de una estación cualquiera provoca, en un principio, el fallo de toda la red al quedar cortada la circulación de los mensajes. Actualmente se han desarrollado mecanismos que pueden solucionar parcialmente este problema pasando por alto los nodos fuera de servicio; de esta forma, la vulnerabilidad del sistema disminuye notablemente.

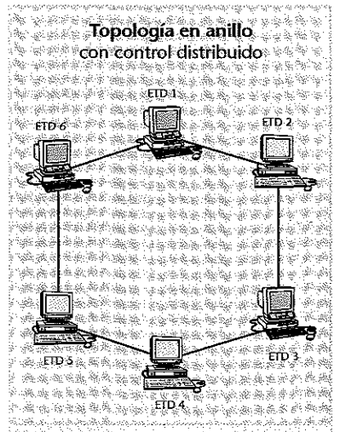


FIGURA 9.12

ANILLO CON CONTROL DISTRIBUIDO

Una red en anillo con control distribuido (figura 9.12) se organiza de forma tal que cada estación está conectada sólo a otras dos y los datos pasan de un nodo de la red al siguiente mediante repetidores conectados entre sí secuencialmente, con cables u otro medio físico de transmisión, hasta cerrar un círculo o anillo.

Se debe destacar que en esta topología el control en el anillo está **distribuido entre todas las estaciones**. Ninguna prevalece sobre el resto. Esto proporciona más flexibilidad y confiabilidad, siendo este tipo de control distribuido la tendencia actual de las formas de control de redes.

ANILLO CON CONTROL CENTRALIZADO (LAZO O BUCLE)

La topología de anillo con control centralizado (figura 9.13) se presenta cuando **uno de los nodos**, o estaciones de la red, posee **mayores atributos** que el resto; es decir, una mayor jerarquía y, por consiguiente, la responsabilidad de efectuar el control de las comunicaciones.

Todos los nodos están conectados cerrando un anillo, pero con una estación de control que es la que determina, en cada instante, qué nodo utilizará el medio de transmisión. También se podría llegar a considerar que un lazo o bucle es una variedad de la red en bus[1], si consideramos a esta última cerrada en sus extremos. La facilidad de control puede considerarse una ventaja o un inconveniente, dado que existe una cierta dependencia del elemento controlador. En definitiva, será el **modo de empleo de la red** el que determinará la necesidad de contar con control distribuido o centralizado.

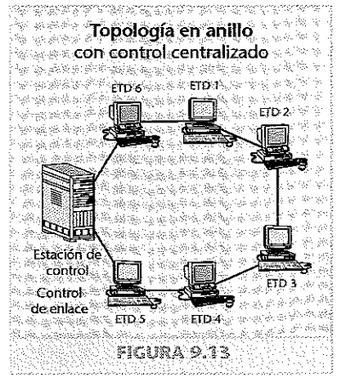


FIGURA 9.13

[1] Ver apartado 9.2.5 de esta obra.

9.2.5 Red en bus o barra

Se denomina red con topología en **bus o barra** a lo siguiente:

Red en bus o barra

Redes en las cuales cada equipo terminal está conectado a un bus o barra, por el que circula toda la información que tiene como destino un equipo de la red; la información se distribuye por el procedimiento de difusión.

Las redes en bus son las más utilizadas en las denominadas **Redes de Área Local (LAN)**, que utilizan la norma 802.3 de la IEEE, denominada comúnmente **Ethernet**.

Este tipo de topología (figura 9.14) responde al criterio de que el bus tiene un **carácter pasivo**. Esto se debe a que las placas de red no están intercaladas en el medio de transmisión, como en el caso de la topología en anillo, o como en el caso del nodo central en la topología en estrella. Los equipos conectados al bus **no toman decisiones sobre encaminamiento** o direccionamiento. La responsabilidad de la administración de la red recae en cada nodo, a través del **protocolo de comunicaciones empleado**.

Por otro lado, cada nodo de la red está conectado a un medio único y pasivo de comunicaciones, que puede ser un cable coaxial, un **cable de cobre del tipo UTP** o una **fibra óptica**. Un nodo no depende del siguiente para que el flujo de información continúe. Así, se diferencia de la topología en **anillo** en la que sí se requiere que cada nodo pase el mensaje al siguiente, y de la topología en **estrella** donde el nodo central **controla totalmente** las comunicaciones.

Este tipo de topología permite que los mensajes sean transmitidos a todos los nodos simultáneamente a través del **bus**. Cuando un nodo reconoce que un mensaje va dirigido a él, lo rescata del canal. Como consecuencia de esta independencia, aumenta notablemente la confiabilidad del sistema, dado que el medio es totalmente pasivo. Sin embargo, el precio que se debe pagar es que cada nodo debe **transmitir, recibir y resolver problemas relativos a la colisión** de mensajes. Una particularidad de este tipo de configuración, respecto a las anteriores, es que una estación no ofrece recursos a las demás, sino que usa los propios. Por lo tanto, tiene la ventaja de que se puede agregar o suprimir una estación en cualquier momento sin que esta modificación afecte al funcionamiento del resto de la red.

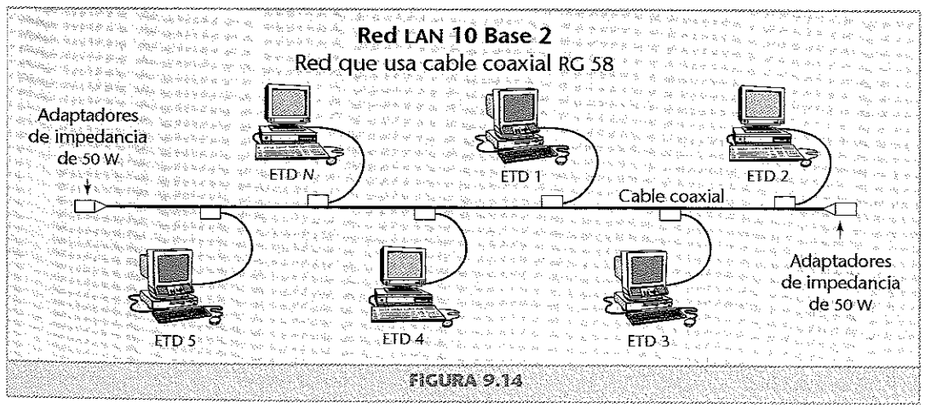


FIGURA 9.14

Al igual que la red en anillo con control distribuido, **el bus no tiene controlador central** pero cuenta con dispositivos transreceptores en cada punto de conexión a él, adoptando una configuración que se denomina **transmisión multipunto**.

Cabe destacar que estos transreceptores no actúan como regeneradores de la señal, como ocurre en la topología en anillo, por ello a medida que el mensaje recorre el medio alejándose de la estación transmisora, se produce una degradación de las señales eléctricas, y, en consecuencia, habrá una longitud máxima admisible dependiendo del medio de transmisión utilizado.

9.2.6 Redes con topologías híbridas

9.2.6.1 Aspectos generales

Las configuraciones híbridas surgen por **combinación** de una o más de las topologías llamadas básicas; es decir, **estrella, malla, anillo** y **bus**. Tienen por finalidad superar ciertas limitaciones propias de estas últimas, tales como:

- Incompatibilidad con el medio de transmisión.
- Limitación en el número de estaciones.
- Limitación en el alcance de las redes.
- Dificultades de operación y/o mantenimiento.
- Baja disponibilidad.

9.2.6.2 Redes estrella/malla

Las redes estrella/malla son aquellas que combinan las topologías **estrella** y **malla**, en una única estructura de red. Presentan características de ambas topologías.

Cuadro comparativo
Topologías básicas

Característica	Estrella	Bus	Anillo
Número de nodos	*Bajo/medio	Alto	Medio/alto
Confiabilidad	Baja	Alta	Baja
Facilidad de reconfiguración de la red	Baja	Alta	Media
Facilidad de localización de los fallos	Alta	Baja	Alta

* Depende de la capacidad del nodo central.

FIGURA 9.15

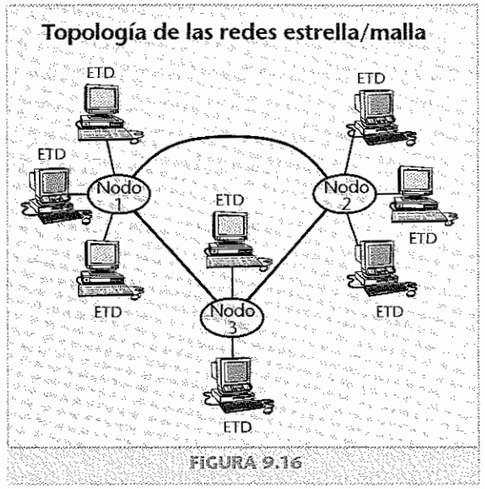


FIGURA 9.16

La red telefónica conmutada presenta este tipo de combinación de topologías. Las centrales de conmutación urbanas con los abonados constituyen una red estrella, pero, a su vez, están conectadas entre sí en malla irregular.

9.2.6.3 Red jerárquica (estrella/estrella)

Las redes jerárquicas son aquellas en las que **ciertos nodos son tributarios** de otros de **mayor jerarquía**.

Son típicas en el diseño de las redes telefónicas nacionales, como es el caso de la conexión de los **nodos de conmutación interurbanos**, que se conectan entre sí, usando esta topología y en algunas redes de computadores que trabajan en la modalidad de procesamiento distribuido. En rigor de la verdad, en muchos casos, y desde un punto de vista exclusivamente topológico, son redes de características mixtas.

En la figura 9.17 se muestra una red con topología jerárquica en la que podemos ver la estructura típica de las que son usadas en las redes telefónicas públicas nacionales.

Otra red con topología jerárquica se puede observar en la figura 9.20, en la que podemos ver la estructura típica de las redes usadas en transmisión de datos y construidas sobre la base de un **equipo de gran porte**, del cual dependen equipos de menor tamaño, y equipos terminales de datos.

9.2.6.4 Redes anillo/estrella

Las redes **anillo/estrella** combinan características de ambas. Se trata en realidad de una **topología lógica correspondiente a un anillo** y **disposición física de una estrella**.

Esta configuración es utilizada especialmente cuando el mantenimiento del anillo puede tornarse dificultoso, porque la existencia de muchos nodos

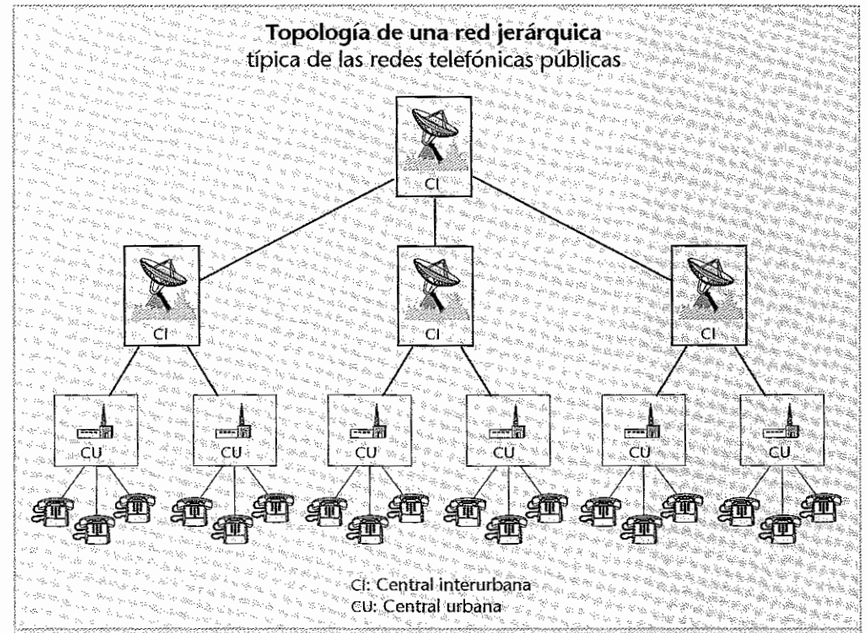


FIGURA 9.17

y/o el tendido del vínculo físico se torna complicado por lo irregular del área. En este caso, se recurre a un tendido de vínculos que conecta cada estación con un **centro de red**, normalmente denominado **hub**, que sólo proporciona conectividad pero que no posee funciones de conmutación.

Este tipo de redes con **centros de red**, con o sin conmutación, facilita las tareas de mantenimiento y detección de fallos, que pueden realizarse principalmente en ese punto. No obstante, la red conserva funcionalmente la topología del anillo.

En la figura 9.19 se muestra una red con configuración híbrida **anillo/estrella** en la que se puede observar que la longitud de los cables de conexión es mayor que para la topología en **anillo pura**. Éste es el precio que se debe pagar por tener un centro de red en el cual se puede verificar y controlar la misma.

9.2.6.5 Red bus/estrella

Las configuraciones híbridas **bus/estrella** tienen una conexión que desde el **punto de vista lógico es un bus**, pero los medios de transmisión están conectados **físicamente en una topología estrella**.

Una red híbrida con configuración **bus/estrella** se muestra en la figura 9.20. Estas redes son utilizadas, por ejemplo, cuando el medio de transmisión es fibra óptica. Este medio presenta dificultades para implementar un enlace tipo **punto a multipunto** típico de la topología en bus.

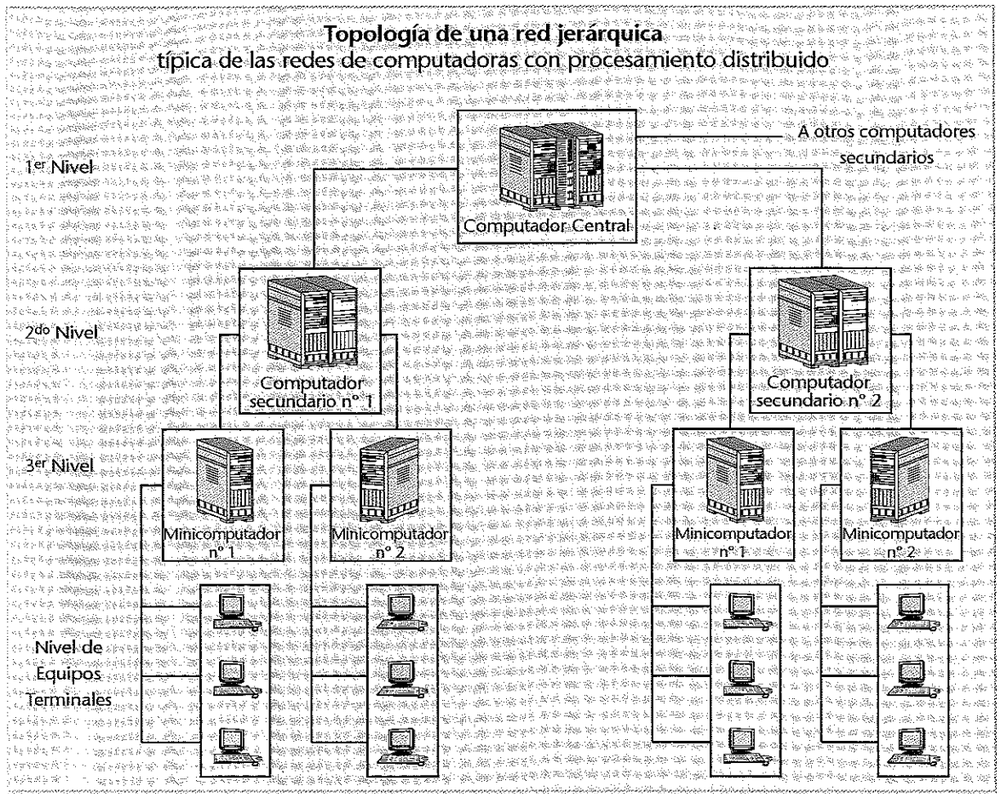


FIGURA 9.18

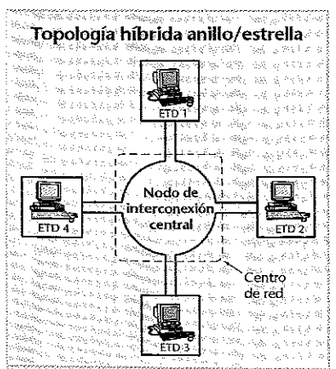


FIGURA 9.19

Precisamente, la solución está en configurar la red con topología híbrida bus/estrella, donde se utiliza un acoplador central para los cables ópticos, que permiten difundir la señal de transmisión óptica hacia cada una de las estaciones a través de sus respectivos cables de conexión. Se puede decir que esta topología soluciona el problema de incompatibilidad existente en el empleo de cable de fibra óptica en redes bus.

En la figura 9.20 se puede observar que la **estación** A transmite simultáneamente hacia las **estaciones** B y C, a través del acoplador óptico.

Sin embargo, por razones de una mayor eficiencia y a efectos de una mejor distribución del tráfico, actualmente se recurre a reemplazar este tipo de equipos por un **centro de red con conmutación** denominados **switch**. Éstos evitan que los paquetes deban recorrer todos los tramos de la red, en los que su presencia aumentaría significativamente el número de colisiones de forma innecesaria.

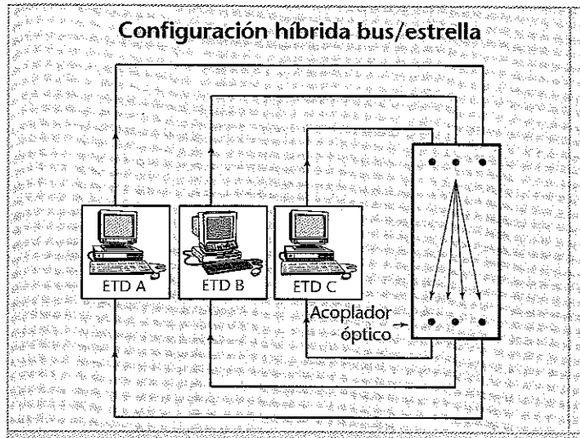


FIGURA 9.20

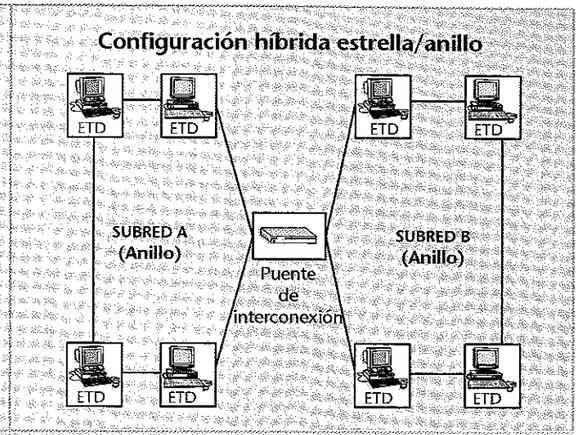


FIGURA 9.21

Red estrella/anillo 9.2.6.6

La configuración **estrella/anillo** permite conectar varias **subredes** entre sí, aumentando la confiabilidad del sistema ante posibles fallos de algunos nodos. Una red híbrida en configuración **estrella/anillo** se puede observar en la figura 9.21. La confiabilidad final, en estos casos, dependerá principalmente de la capacidad que posea el **puente de interconexión** que une ambas subredes.

La red telefónica pública conmutada 9.3

Conceptos básicos 9.3.1

Desarrollo de la red 9.3.1.1

Los sistemas que permiten las comunicaciones telefónicas fueron inventados hace ya más de un siglo y constituyen uno de los pilares en que se sustenta la vida y la economía mundial.

En particular, la que se conoce como Red **Telefónica Pública Conmutada** (RTPC) está funcionando en todos los países del mundo, con alrededor de 800 millones de abonados. Tiene equipamientos compatibles y proporciona servicios las veinticuatro horas del día, todos los días del año.

Esta red, que permite que los seres humanos se puedan comunicar a grandes distancias a través de la voz, ha significado una verdadera revolución en el concepto de **comunicaciones** que existía en el momento de su invención. Desde su inicio hasta nuestros días, la red se mantiene con las lógicas variantes que ha deparado el avance tecnológico y el constante aumento de las personas con posibilidades de conectarse a través de ella.

Así, las redes telefónicas fueron variando desde sistemas locales que permitían la intercomunicación en ámbitos exclusivamente urbanos y

usando medios de conmutación manuales, a redes que hoy interconectan a las ciudades de todo el planeta, usando sistemas de conmutación automática masivamente.

Si bien aún a fines del siglo XX subsisten en muy pocos países redes telefónicas que utilizan tecnologías de **conmutación manual** parcialmente, la amplia mayoría emplea sistemas automáticos, sin los cuales no podrían satisfacer la demanda de servicios actual. Basta decir que si en una ciudad como Buenos Aires se hubieran mantenido los sistemas de conmutación urbanos usando operadores, con el volumen actual de tráfico existente, no alcanzaría la población activa de la ciudad para realizar este trabajo.

Este proceso de automatización comenzó con las redes urbanas, siguió con las de naturaleza interurbana, y hoy, en la casi totalidad de los países, están totalmente automatizadas hasta las comunicaciones internacionales.

Por otra parte, la generalización del servicio telefónico en todo el mundo ha hecho de esta red uno de los medios más aptos, para ser usado en la transmisión de datos. De allí la importancia de su estudio en relación con las técnicas teleinformáticas.

Las razones por las cuales la red telefónica sigue hoy siendo el medio más usado para las comunicaciones de datos son múltiples y ya han sido expuestas en el apartado 9.1.3.2 de este capítulo.

9.3.1.2 La digitalización total de la red

Las redes telefónicas fueron construidas inicialmente en todo el mundo mediante tecnologías de características analógica; fundamentalmente debido a que la voz es un fenómeno típicamente analógico y, además, porque las técnicas digitales no se pudieron aplicar hasta que se fue consolidando el uso de los **elementos activos de estado sólido**: el **transistor** primero, los **circuitos integrados** luego y, finalmente, los **chips** con distintos grados de integración. Además, fue necesario que estos elementos pudieran gestionar los bits a velocidades realmente interesantes que justificaran el cambio y la inversión que significa la digitalización de las redes.

La tarea que hoy ocupa a los administradores de la red telefónica es el proceso de **digitalización total de la red**; proceso que, como veremos más adelante, se desarrolla siguiendo determinados pasos ordenados en todas las empresas que prestan este servicio.

La digitalización de la red tiene numerosas ventajas, tanto en el orden económico como en el tecnológico. Además, ha cambiado el concepto inicial por el que había sido construida la red: de ser una red preparada para transportar la voz, se ha pasado a una red con condiciones para transportar solamente **bits**, cualquiera que sea la naturaleza de la información.

De todas maneras, actualmente existe en todo el mundo la tendencia hacia la digitalización total de esta red. Dicha digitalización se está realizando a ritmos diferentes, dependiendo de la necesidad existente en muchos países de amortizar los equipamientos analógicos existentes.

9.3.1.3 Componentes de la red

La red telefónica está compuesta básicamente por los siguientes elementos constitutivos:

- **Nodos de conmutación.**
  Dentro de éstos existen dos tipos de nodos: los que se denominan **centrales locales**, también conocidos por su expresión **central office o local exchange**, a los que se conectan los usuarios de la red; y los que se denominan **centrales de tránsito**[1], también conocidos por **transit exchange o toll center** que son los encargados de encaminar las comunicaciones permitiéndoles que puedan llegar a los destinos solicitados. Estos últimos nodos no poseen usuarios conectados a ellos.
- **Enlaces** urbanos e interurbanos.
  Los enlaces que se usan en la red telefónica conmutada para interconectar las centrales locales entre sí, y con las centrales de tránsito, se suelen denominar **enlaces troncales** por la cantidad de canales de voz que suelen transportar. Estos enlaces constituyen lo que hemos denominado la **red soporte**, pues no sólo se utilizan para facilitar las comunicaciones en la misma red telefónica, sino que parte de ellos se suelen usar con fines variados. Uno de ellos, mediante el uso de canales digitales de distintas velocidades, para organizar las que se denominan **Redes Especiales de Transmisión de Datos**. Otro de los usos es para la provisión de **enlaces dedicados o arrendados** para distintos fines, que pueden tener características urbanas, interurbanas o internacionales.
- **Enlace de abonado.**
  Es el vínculo de comunicaciones que conecta al equipo, o los equipos terminales del usuario, con la central local, de la que será tributario. También es conocido como **par de abonado** o como **local loop**.
- **Equipos terminales.**
  Son los equipos que cada usuario podrá conectar a la red de acuerdo con las prestaciones que la misma pueda brindar. Lógicamente, el primero y más importante que debe considerarse en esta red es precisamente el **teléfono**. Sin embargo, actualmente también se pueden conectar a ella un amplio conjunto de equipos terminales que prestan servicios diversos, tales como facsímiles, computadoras, teletex, etc.

9.3.1.4 Características particulares de la red telefónica pública conmutada

La red telefónica pública conmutada presenta las siguientes características particulares:

- La red está siempre en casi todas partes.
  Resulta muy difícil que no se encuentre disponible un equipo terminal de la red telefónica conmutada en algún punto geográfico del

[1] También denominados **Centros Automáticos Interurbanos** (CAI) o **Centros Automáticos Internacionales** (CAIT). Los primeros se ocupan de encaminar el tránsito entre nodos interurbanos, y los segundos son los que manejan, en una Red Nacional, el tránsito con terceros países.

planeta. Esta característica hace que esta red sea muy interesante para establecer **puntos terminales de circuitos de transmisión de datos.** Si en algún punto geográfico la red no está presente, otras posibilidades serán igualmente complejas.

- Normalmente los costos son bajos o, al menos, razonables.
  Los costos de la red telefónica conmutada en casi todos los países son muy accesibles, en función de las condiciones económicas de cada uno. La UIT-T establece parámetros para el establecimiento de las tarifas de todos los servicios. Si estos parámetros son respetados por las administraciones de cada país, la afirmación anterior es válida. Sin embargo, en pocos casos, las tarifas son distorsionadas con impuestos o sobrecargas adicionales, no recomendados internacionalmente, y en ese caso, esta afirmación podría dejar de tener sentido práctico. En estas últimas situaciones, las variaciones tarifarias provocan distorsiones en el uso de las distintas posibilidades que se ofrecen a los usuarios. Éstas traen, posteriormente, deformaciones en la demanda que se traducen en necesidades de nuevas inversiones, que en la gran mayoría de los casos resultan económicamente ineficientes.
- El sistema telefónico es un sistema abierto.
  Esta condición permite que el uso de la red no necesite autorizaciones especiales, ni requerimientos adicionales ante las administraciones. Pueden existir casos especiales en los que se requiera algún tipo de autorización para el uso de la red; no obstante, la detección del uso temporal de la red telefónica para la transmisión de datos resulta muy difícil.
- La obtención del hardware necesario no presenta complicaciones técnicas importantes.
  Los equipos necesarios son de fácil obtención en el mercado teleinformático, tanto en el orden nacional como en el internacional.

9.3.2 Técnicas usadas en las redes telefónicas conmutadas

9.3.2.1 Aspectos generales

Las redes telefónicas públicas conmutadas están compuestas por tres tipos de hardware de características diferenciadas: **equipos terminales**, **sistemas de conmutación** y **sistemas de transmisión**.

En todos los casos se debe hacer la diferencia entre equipamientos analógicos y equipamientos digitales.

9.3.2.2 Equipos terminales

Los equipos terminales más comunes conectados a la red telefónica conmutada son los teléfonos, los equipos facsímil y las computadoras a través de módem de datos.

TELÉFONOS

Los terminales telefónicos se pueden clasificar en dos grandes grupos: los equipos **normalizados**, que pueden ser conectados directamente a la **Red Telefónica Pública Conmutada** y los equipos **propietarios** que solamente pueden ser conectados a las **centrales privadas** para las cuales han sido diseñados. Estos últimos, también pueden operar en la red pública pero a través de la central privada con la que son compatibles.

Los elementos constitutivos básicos de estos terminales son los mismos en ambos casos. Sin embargo, los equipos propietarios pueden tener partes adicionales que les permiten cumplir una gama de funciones especiales más amplia.

Elementos constitutivos básicos

Los elementos constitutivos básicos que conforman un teléfono son los siguientes:

- La base o soporte. Es la que contiene todos los elementos mecánicos y electrónicos que posee el aparato. Normalmente está construida en materiales plásticos, aunque hoy los hay de los más variados tipos y materiales.
- El microteléfono[1]. Es la parte del aparato que permite recibir y transmitir la voz. Están diseñados ergonómicamente para adaptarse a la cabeza del operador.
- El cable de conexión[2] a la red. Actualmente estos cables están dotados en ambos extremos de conectores normalizados **RJ 11** o **RJ 45**. Un extremo se conecta al teléfono y el otro a la red.
- Dial o conjunto para el marcado. Permite introducir los dígitos que son necesarios para establecer la comunicación o aportar elementos de señalización. Los hay de **disco giratorio**, más antiguos, y de **teclado digital**.
- Horquilla[3]. Es la parte del aparato que permite habilitar o deshabilitar el uso del microteléfono.
- Campanilla de llamada. Es el elemento que alerta la llegada de una llamada.

Funciones que cumplen

Los aparatos telefónicos tienen **funciones básicas** y **funciones especiales**.

Las funciones básicas que debe realizar todo aparato son:

- Recibir las señales eléctricas transmitidas por la red y transformarlas en señales acústicas que puedan ser escuchadas por el oído humano; y viceversa, transformar las señales acústicas generadas por la voz en señales eléctricas que puedan ser enviadas a la red.
- Permitir el envío de la información de señalización para establecer la comunicación. Esta información puede ser enviada en la modalidad de **pulsos** o **tonos**. Los aparatos conectados a las redes públicas permiten, en muchos casos, solamente estas dos funciones.

---

1 **Handset.**
2 **Handset cord.**
3 **Switchhook.**

Las funciones especiales que puede realizar un aparato son muy variadas. Algunas, las menos sofisticadas, pueden ser usadas en la red pública sin inconvenientes; sin embargo, otras son solamente de uso exclusivo en centrales privadas. En estos casos, los equipos telefónicos tienen características **propietarias**; es decir, sólo pueden ser usados conectados a las centrales para las que fueron diseñados. Las funciones especiales que permiten el uso en la red pública son, entre otras, las siguientes:

- Modalidad **manos libres**. Permite establecer la comunicación sin usar el microteléfono. Para ello, el teléfono debe poseer un altavoz y un micrófono fijo en el aparato.
- Rellamada del último número marcado.
- Retención de llamada. Permiten retener la llamada mientras se realiza una consulta privada para luego volver a establecer la comunicación.
- Almacenamiento de números telefónicos. En estos casos, el aparato posee una memoria que permite almacenar, dependiendo de su sofisticación, nombres de personas y sus correspondientes números telefónicos.
- Visores digitales. Indican algunas de las funciones que está realizando el teléfono.

Estas funciones especiales que tienen solamente los teléfonos propietarios son normalmente prestaciones especiales que tiene el equipo de conmutación al cual están conectados, y forman parte de los denominados **hiperservicios** que normalmente estas centrales pueden ofrecer.

Procedimientos de marcado

Para el establecimiento de la comunicación telefónica es necesario enviar hacia la central, de la cual es tributario el equipo terminal de datos desde el que se quiere establecer el enlace, las señales adecuadas de señalización. Estas señales pueden ser de dos tipos diferentes, por lo que en el caso de los modems que poseen la facilidad de marcado automático, deben ser tenidas en cuenta en el momento de adquirir este tipo de equipo (lo mismo ocurre cuando es necesario adquirir un equipo terminal telefónico):

- Señales de pulsos.
  Estas señales son las que se generan, en todos los casos, desde los teléfonos que tienen disco giratorio o desde algunos teléfonos modernos que poseen teclado digital. En estos casos las señales generadas por el dial son pulsos de corriente/no-corriente que tienen una duración estándar determinada, como se puede observar en la figura 9.22.
- Señales multifrecuentes.
  Estas señales son las que se generan, en todos los casos, desde los teléfonos que tienen teclado digital. Las señales generadas por cada tecla son tonos de distinta frecuencia, tal como se puede observar en la figura 9.23. Este sistema es más evolucionado que el anterior. Cuando, por ejemplo, se marca el número uno, se envían simultáneamente dos tonos: uno de 1209 Hz y otro de 697 Hz. Los tonos

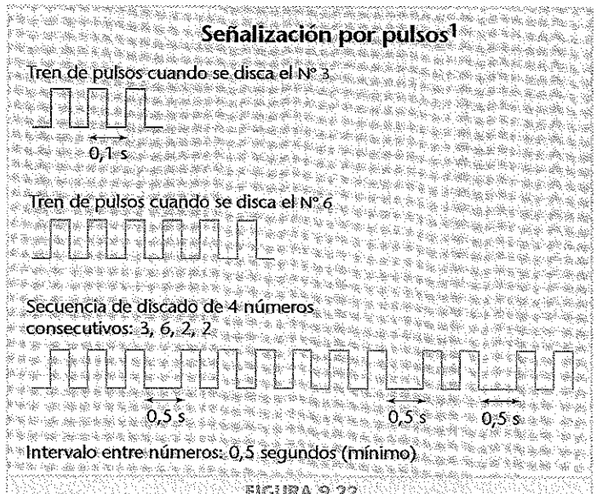


FIGURA 9.22

FIGURA 9.23

(frecuencias) han sido cuidadosamente seleccionados, a efectos de la normalización, a fin de obtener los mejores resultados.

FACSÍMILES

Aspectos generales

El facsímil es un equipo terminal que permite la transmisión a distancia de documentos, cuyo soporte de la información es el papel, mediante la conversión de su contenido en señales eléctricas. Su uso se ha generalizado en la última década gracias al desarrollo tecnológico del equipamiento que permitió trabajar a una velocidad de transmisión razonable y, además, logró una calidad aceptable en la información recibida.

Tipos y clases de equipos

Los equipos facsímiles han sido clasificados por la UIT-T en cuatro grupos, que se conocen como **Clases I a IV**. Las dos primeras clases están prácticamente fuera de uso.

Las máquinas del **Grupo I** usaban un tambor rotatorio y el proceso de envío de las señales para explorar el documento. Además tardaban unos seis minutos para una página normalizada **tamaño A4** y tenían serías complicaciones de orden práctico. La modulación empleada para la codificación de las señales y su envío a través de la red telefónica se hacía usando técnicas de **modulación en amplitud**.

Las máquinas del **Grupo II** permitieron reducir el tiempo de transmisión hasta los tres a cuatro minutos. Éstas, si bien fueron más populares que las anteriores, tampoco puede decirse que alcanzaron una difusión

[1] Denominada **Decádica**.
[2] Denominada **Multifrecuente**.

masiva. En este caso se logró mejorar la velocidad usando técnicas de **modulación en frecuencia**; sin embargo, no existía aún conciencia por parte de muchos fabricantes de emplear **normas internacionales** que facilitasen la comunicación en todos los casos. En muchos casos, sólo era posible la comunicación entre máquinas de un mismo fabricante.

Los equipos de **Grupo III** marcaron un punto de inflexión que popularizó este servicio y permitió que se generalizase su uso. Estas máquinas, actualmente muy difundidas, usan un módem de datos que transmite, normalmente, a velocidades no menores a 9600 bps con **modulación** QAM. De esta manera se obtienen tiempos de transmisión del orden del minuto, o aún menores, para una página de **tamaño A4**. La **Recomendación T.4 de la UIT-T** es la que describe las características de estas máquinas.

La mejora en la velocidad de los equipos módem de datos ha hecho que actualmente existan equipos que trabajan a 14 400 bps, siempre que el equipo corresponsal tenga un módem capaz de manejar esa velocidad, también normalizada por la UIT-T.

Actualmente, la disponibilidad de modems de la **Recomendación V.34** permitiría aumentar la velocidad de transmisión a 33 600 bps, y la UIT-T está trabajando en una nueva recomendación que admita tal estándar. Sin embargo, debe señalarse que la gran cantidad de equipos que operan a velocidades menores (9660 ó 14 400 bps) será seguramente una limitación para estos nuevos equipos, que estarán pronto en el mercado. Cuando se da el caso de una comunicación entre equipos que poseen distintos tipos de módem de datos, éstos fijan, en la etapa de negociación, la velocidad máxima de transmisión que sea compatible para ambos. Los equipos del **Grupo III** seguirán por bastante tiempo en servicio, pues son aptos para trabajar sobre líneas que tengan una terminación[1] analógica, en la **Red Telefónica Pública Conmutada**.

Los equipos del **Grupo IV** han sido normalizados en la **Recomendación T.6 de la UIT-T**, que describe las características de estas máquinas. Los equipos de este grupo trabajan sobre terminaciones de red **digitales** usando los **canales B**, que operan a 64 Kbps. Han sido diseñados para ser usados en las **Redes Digitales de Servicios Integrados**. Estos equipos, además de reducir su tiempo de transmisión para una página normalizada a unos pocos segundos, utilizan una mayor resolución que todos los grupos anteriores. Por lo expresado anteriormente, **no pueden trabajar sobre terminaciones analógicas**.

Si bien este tipo de equipos resultará de uso limitado hasta que no se cuente con **terminaciones digitales** en la red telefónica, muchas empresas que ya poseen sus **centrales privadas** (PABX) conectadas por vínculos digitales a la red utilizan este tipo de equipos. La condición de uso es que el corresponsal posea las mismas facilidades. Para grandes empresas con un alto volumen de tráfico, la reducción que significa tanto en el tiempo de comunicación como en el costo del servicio telefónico resulta muy importante.

[1] **Local loop**.

Forma de funcionamiento

El equipo actúa sobre el documento explorando su imagen mediante un **escáner** (exploración por barrido) y luego procede a digitalizarla creando un **mapa de caracteres o bitmap**.

El barrido se realiza en forma horizontal, es decir, primero explora una línea horizontal y luego comienza nuevamente por la inmediatamente inferior. Cada línea de barrido tiene una denominada **definición o resolución** que está dada por el número de **elementos de imagen o pixel**[1] por unidad de longitud. Cada pixel se representa, por ejemplo, por un **1** ó por un **0**, según el color que haya detectado sea blanco o negro. La definición horizontal usada[2] es de **203 pixel por pulgada**, que es aproximadamente igual a **8,05 pixel por milímetro** recorrido.

En sentido vertical, existen dos tipos de **definiciones** más comunes, que corresponden a valores de barrido de **98 ó 196 pixel por pulgada**, que es aproximadamente igual a **3,85 ó de 7,7 pixel por milímetro**.

Existe un tercer estándar, que se denomina **resolución superfina** y que corresponde a un valor de **391 pixel por pulgada**, o al valor de **15,5 pixel por milímetro**. Sin duda, este último valor corresponderá a la mejor definición.

En los equipos más modernos del **Grupo IV** se usan definiciones mucho más finas, de no menos de **400 pixel por pulgada**, ó **15,8 pixel por milímetro**, tanto en el sentido vertical como en el horizontal.

Si se tomara la menor resolución para transmitir una página **formato A4**, que tiene **211 mm por 297 mm**, se necesitaría transmitir aproximadamente del orden de los 1 933 000 bit. Esta cantidad de información, a las velocidades de transmisión del **Grupo III**, requerirían un tiempo del orden de los tres minutos.

Por esta razón, dicha información, antes de ser transmitida, es **comprimida** usando el procedimiento conocido como **codificación de Huffman (modificada)**, que permite obtener un **índice de compresión** del orden de entre **6 y 10**, cuando la página tiene un número importante de pixels blancos.

Otras características técnicas

Las máquinas facsímil poseen distintas técnicas de impresión. La más común es la de imprimir sobre **papel térmico** que se provee en rollos. Esta técnica, si bien es de bajo costo, tiene el inconveniente de que la impresión, además de ser de baja calidad, se pierde con el tiempo. Las máquinas más modernas poseen, o bien impresión por medio del procedimiento de **chorro de tinta**, o bien un tipo similar al usado en las **impresoras láser**. En estos casos se puede emplear papel común que se alimenta por hojas.

Otras opciones usadas para máquinas más importantes es el empleo de un microprocesador, con un disco rígido incorporado, que le permite reali-

[1] La palabra en inglés **pixel**, proviene de la contracción de las palabras **picture elements**.
[2] Para equipos facsímil del **Grupo III**.

zar funciones tales como recepción sobre el disco rígido, programación de las horas de transmisión de los documentos (previamente cargados en el disco), etc. Algunas de estas prestaciones pueden ser importantes, pues permiten programar el equipo para que trabaje a horas de las que las tarifas en la red son más reducidas o evitar la impresión inmediata de documentos.

9.3.2.3 Sistemas de conmutación

Estas técnicas son las que permiten reducir el número de enlaces troncales entre nodos de una red. Las técnicas de conmutación se pueden dividir en las tres categorías que se exponen a continuación.

TÉCNICAS ELECTROMECÁNICAS

Estas técnicas fueron usadas en las primeras etapas de la conmutación telefónica, y aún hoy existen algunas instalaciones que están en servicio. Consisten, básicamente, en sistemas donde el mando de la central que realiza la conmutación es un mecanismo que produce la apertura y cierre de relés electromecánicos, que permiten el paso de las señales telefónicas a través del conmutador en forma de señales analógicas, tal como llegan al nodo de conmutación.

Pertenecen a este grupo las tecnologías conocidas como:

- Paso a paso o **Sistema Strower**.
  Esta técnica, conocida como paso a paso o sistema de mando directo, consiste en un método de selección en serie, donde cada dígito que llega a la central va avanzando un paso, hasta llegar al selector final del abonado con el que se quiere conectar. Por esa razón también se lo denomina sistema en cascada.
- De barras cruzadas o **Sistema Crossbar**.
  Esta técnica, conocida como de barras cruzadas o sistema de mando indirecto, consiste en un método de selección en paralelo, donde todos los dígitos que llegan a la central se van acumulando en una memoria, produciéndose finalmente la conexión con el abonado deseado.

TÉCNICAS HÍBRIDAS

Estas técnicas fueron usadas en las primeras etapas en que empezaron a ser abandonadas las técnicas electromecánicas, por las que se llamaron de **conmutación semielectrónica**.

Consisten básicamente en un sistema de conmutación donde el mando de la central que realiza la conmutación es un computador de propósitos especiales y maneja a tal fin señales de tipo digital. Por este motivo, la técnica usada se denominó por **Control de Programa Almacenado** o SPC **(Store Program Control)**. Sin embargo, las señales telefónicas que pasan a través del conmutador (matrices de relevadores rápidos), lo hacen en forma de **señales analógicas**, tal como llegan al nodo de conmutación.

TÉCNICAS ELECTRÓNICAS

Estas técnicas son las que se usan actualmente en la totalidad de los casos. El mando de la central que produce la conmutación es similar, conceptualmente, al que usan las centrales de conmutación de técnicas híbridas. Se trata también de un computador de propósitos especiales, que maneja **señales digitales** para producir las funciones de conmutación, mediante un sistema de **Control de Programa Almacenado**.

La diferencia fundamental radica en que las señales telefónicas enviadas por los usuarios, que serán conmutadas, deben entrar al conmutador **previamente digitalizadas**.

Es evidente que, mientras el **par de abonado** y el **equipo terminal** sean de características **analógicas**, a la entrada de los **conmutadores electrónicos** debe haber **convertidores analógico/digitales**.

A la salida del nodo, después de la conmutación, pueden ocurrir dos situaciones diferentes. Si la señal conmutada es direccionada hacia un usuario analógico ubicado en el mismo nodo, ésta debe pasar por unos **convertidores digital/analógicos**, que le permitan recuperar la señal originariamente transmitida, para que pueda ser enviada a través del **par de abonado** hacia el **equipo terminal** del destinatario, ambos de características analógicas.

La segunda situación es que las señales ya digitalizadas y conmutadas deban ser encaminadas hacia otro nodo de la red, a través de un **enlace troncal**. Estos enlaces, en la mayoría de las redes, están ya digitalizados, por lo que serán encaminados en forma digital, tal como fueron conmutados.

OTRAS CONSIDERACIONES

La instalación de equipamientos de una u otra técnica de conmutación tiene suma importancia en el empleo de la red telefónica conmutada, para el uso de distintos **servicios de transmisión de datos**.

Las centrales que para la conmutación de líneas emplean tecnologías basadas en **relés electromecánicos** generan ruido, en especial el que hemos denominado impulsivo, disminuyendo la calidad de los circuitos de transmisión de datos que utilizan esta tecnología.

Por el contrario, las centrales electrónicas que utilizan sistemas de estado sólido (circuitos integrados de tecnología de silicio o similares), al no generar este tipo de ruido, permiten establecer circuitos de datos de mejor calidad.

Es por ello que el conocimiento del encaminamiento de los circuitos de transmisión de datos puede permitir deducir con mayor aproximación la calidad que presentarán dichos circuitos cuando se los emplea en ese servicio.

Las redes telefónicas que tienen mayoritariamente centrales electromecánicas presentan menor calidad para la transmisión de datos que aquellas que utilizan tecnología electrónica.

9.3.2.4 Sistemas de transmisión

Se denomina sistemas de transmisión a lo siguiente:

Sistemas de transmisión

Sistemas que permiten comunicar los distintos nodos de conmutación de la red mediante vínculos cuya capacidad está en relación directa con el tráfico de los nodos que conectan.

Los sistemas de transmisión están caracterizados por los siguientes elementos.

NIVEL JERÁRQUICO DENTRO DE LA RED

Según el carácter y la jerarquía que poseen dentro de la red telefónica pública conmutada, los sistemas de transmisión se pueden clasificar en:

- Urbanos.
  Se denominan **sistemas de transmisión urbanos** a aquellos que, instalados dentro de una zona o área común de servicios, conectan nodos de conmutación o de tránsito. En particular enlazan, por ejemplo, a los nodos de conmutación o de tránsito que están ubicados en una misma ciudad, o grupo de ellos que forman parte de una única área múltiple de servicios.
- Interurbanos.
  Se denominan **sistemas de transmisión interurbanos** a aquellos que, instalados dentro de un área geográfica importante, conectan nodos de conmutación de diferente jerarquía dentro de la red, o si son de igual jerarquía, éstos pertenecen a distintas áreas múltiples de servicios. En particular enlazan, por ejemplo, a los nodos de conmutación o de tránsito que están ubicados en ciudades diferentes y que pertenecen a dos áreas de servicios distintos.
- Internacionales.
  Se denominan **sistemas de transmisión** internacionales a aquellos que conectan nodos de tránsito que permiten la interconexión entre dos o más países diferentes y que están regulados por acuerdos internacionales.

CAPACIDAD DEL VÍNCULO

La capacidad del vínculo está determinada por el **ancho de banda** disponible para la transmisión de la información que pasa a su través. En algunos casos, se suele expresar también en función de la cantidad de **canales de voz** que el mismo puede transportar.

En el caso de vínculos **analógicos**, que actualmente cumplen un papel solamente residual, el **ancho de banda** se expresa básicamente en **hertz**, pero en la práctica se utilizan múltiplos más adecuados a la capacidad del mismo, o sea, en **kHz** o **MHz**. Se puede expresar el valor del ancho de banda de acuerdo al número de **canales de voz** que el mismo transporta, debe señalarse que cada canal es considerado con un ancho de banda de **4 kHz**.

En el caso de vínculos **digitales**, que son los que actualmente se instalan en todas las redes, el **ancho de banda** se expresa básicamente en **bps**, pero en la práctica se utilizan múltiplos más adecuados a la capacidad del mismo, o sea, en **Kbps**, **Mbps** o **Gbps**. También se puede indicar en función del número de **canales de voz** que el mismo transporta, debe señalarse que cada canal es considerado con un ancho de banda de **64 Kbps**.

Dejando de lado los sistemas denominados **monocanal**[1], la capacidad mínima de todo sistema analógico o digital empieza por la construcción de lo que se denomina **grupo básico**. Como ya se señaló en el capítulo 4, un grupo básico tiene las siguientes características:

- Vínculos analógicos.
  El **grupo básico**, de características analógicas, tiene una capacidad de **48 kHz** o **12 canales de voz** de 4 kHz cada uno.
- Vínculos digitales.
  El **grupo básico**, de características digitales, puede tener dos variantes según el tipo de norma que se use. Para la norma europea tiene una capacidad de **2,048 Mbps** o **30 canales de voz** de 64 kHz cada uno. Para la norma usada en los Estados Unidos tiene una capacidad de **1,544 Mbps** o **24 canales de voz** de 56 kHz cada uno.

MEDIOS DE COMUNICACIONES UTILIZADOS

Los medios de comunicaciones que pueden ser empleados para establecer los distintos sistemas de transmisión han sido considerados en el capítulo 7 del volumen II de esta obra. En particular, los más importantes son:

- Cables de cobre multipares.
  Esta tecnología está ya totalmente fuera de uso, aunque en muchas redes urbanas aún existen este tipo de soporte, que prestan servicios complementarios.
- Cables coaxiales.
  Si bien aún no están totalmente fuera de uso, ya no se realizan nuevas instalaciones empleando cables coaxiales. En algunos tramos de redes interurbanas aún existe este tipo de soporte, que presta servicios complementarios.
- Microondas.
  Los sistemas de microondas prestan servicio en todo tipo de redes: urbanas, interurbanas e incluso en vínculos internacionales, en especial, en los llamados **enlaces fronterizos** que se utilizan para unir localidades próximas de países limítrofes. Complementariamente, son elementos centrales en la conformación de los sistemas satelitales formando parte de su configuración.
- Fibras ópticas.
  Las fibras ópticas, por su gran capacidad, son hoy el medio por excelencia utilizado para establecer todo tipo de sistemas de transmisión. Son usadas en redes urbanas, interurbanas e internacionales. Tam-

[1] Se denominan sistemas monocanal a aquellos vínculos analógicos o digitales que transportan un solo canal de 4 kHz, en el primer caso, o de 64 Kbps, en el segundo. Se utilizan solamente en casos muy especiales, como, por ejemplo, para comunicar centrales muy pequeñas ubicadas en áreas rurales.

bién se emplean en los **cables submarinos**. En este último caso, cabe destacar que en los últimos tiempos se tiende a reemplazar los enlaces satelitales por los cables submarinos con fibra óptica.

- Satélites.
  Los sistemas satelitales tienen también una gran vigencia. Se utilizan especialmente para establecer **vínculos internacionales** cuando están vinculados a la red telefónica conmutada; y tienen un uso intenso en la difusión de **señales de televisión**. Su uso más reciente, mediante los denominados satélites de órbita baja, permiten brindar el **servicio de telefonía móvil**, con cobertura planetaria.

TECNOLOGÍA EMPLEADA

La tecnología usada actualmente en los sistemas de transmisión es únicamente del tipo **digital**, con **multiplexación por división de tiempo**.

En las dos normas usadas para la conformación de los grupos básicos se utiliza el procedimiento denominado **modulación por pulsos codificados** (PCM). Si bien las normas son diferentes, ambas utilizan tramas de 125 ms. La diferencia más importante es que la **norma 30 × 64** (30 canales por 64 Kbps cada uno) utiliza 8 bit por cada muestra y la **norma 24 × 56** (24 canales por 56 Kbps cada uno) solamente 7 bits por muestra.

Para las órdenes de multiplexación mayores se utiliza tanto la **Jerarquía Digital Plesiócrona** (PDH) como la **Jerarquía digital Sincrónica** (SDH), o su variante **Synchronous Optical Network** (SONET). Los detalles técnicos de su funcionamiento han sido desarrollados en el capítulo 4 del volumen I de esta obra.

9.3.3 Proceso de digitalización de la red telefónica

9.3.3.1 Aspectos generales del proceso de digitalización

La **Red Telefónica Pública Conmutada Mundial** (RTPCM) ha sido llamada por algunos autores la **máquina más grande construida por el hombre** desde el inicio de la civilización. Actualmente están conectados a ella unos 800 millones de abonados.

Tanto en el ámbito nacional como en el internacional, esta red se encuentra sufriendo un proceso de digitalización que prácticamente está ya en su última etapa y que culminará cuando los equipos terminales conectados a la red tengan todos también características digitales.

Este proceso de evolución hacia la digitalización total de la red puede dividirse, para su mejor comprensión, en 4 etapas. El orden que a continuación se expone de estas cuatro etapas no ha sido seguido necesariamente por la digitalización, sino que más bien corresponde desde un punto de vista didáctico a los pasos que se han ido dando.

Las distintas administraciones que operan en el ámbito de cada país están actualmente en distintos estados de digitalización, pero el último aquí mencionado es el que aún no ha sido abordado en su totalidad por ninguna administración a cargo de los servicios de telefonía pública.

9.3.3.2 Etapa inicial: totalmente analógica

En esta etapa totalmente analógica, tanto las **centrales urbanas** como las **centrales de tránsito** utilizan tecnología electromecánica, que es conocida normalmente, como del tipo EMD **(Division Multiplex Exchanges)**.

Las conexiones entre las centrales urbanas y las centrales de tránsito más próximas se realizaban con cables de cobre del tipo multipar, como los descritos en el capítulo 7 del volumen II de esta obra.

Por otro lado, la vinculación entre **centrales de tránsito** se realizaban generalmente mediante sistemas de transmisión de tecnología basada en **multiplexación de frecuencia** (FDM), con capacidades variables entre 300 y hasta poco más 11 000 canales de frecuencia de voz.

En la figura 9.24 se muestran las primitivas instalaciones de una red telefónica analógica.

9.3.3.3 Etapa mixta: centrales analógicas y sistemas de transmisión digital

En esta etapa, si bien las centrales se mantienen todavía con tecnología analógica, se comienzan a reemplazar los enlaces de **cables multipares**, que trabajan con canales de frecuencias de grado de voz, por los sistemas digitales de transmisión **Modulación por Pulsos Codificados**[1] (PCM).

Estos mismos sistemas también fueron reemplazando a los enlaces troncales que trabajaban utilizando la tecnología de multiplexación por división de frecuencia.

La digitalización de las redes comenzó por los sistemas de transmisión. Ello dio origen a la necesidad de emplear **convertidores analógico/digitales** a la entrada y a la salida de las centrales; de esta forma, se establecía una interfase entre los sistemas de transmisión digitales y las centrales analógicas. Los **convertidores analógico/digitales** facilitaban la conexión de las centrales analógicas con los sistemas de transmisión digitales.

Los sistemas de transmisión digitales, a medida que la necesidad de canales fue aumentando, comenzaron a usar la **Multiplexación por División de Tiempo** (TDM), primero usando la **Jerarquía Digital Plesiócrona** (PDH) y, actualmente, la **Jerarquía Digital Sincrónica** (SDH).

En la figura 9.25 se indica la modificación introducida en la red telefónica con el advenimiento de la transmisión digital.

9.3.3.4 Etapa de digitalización avanzada: incluye la totalidad de centrales y medios de transmisión

En esta etapa se reemplazan las centrales electromecánicas, sean éstas urbanas o de tránsito, por sistemas de **conmutación digitales**. Los canales de voz se normalizan al valor de 64 Kbps (norma europea) o 56 Kbps (normas americana y japonesa).

En la figura 9.26 se muestra la nueva estructura de la red. En esta etapa desaparecen los convertidores analógico/digitales que enlazan a centrales con vínculos digitales.

[1] Pulse Code Modulation.

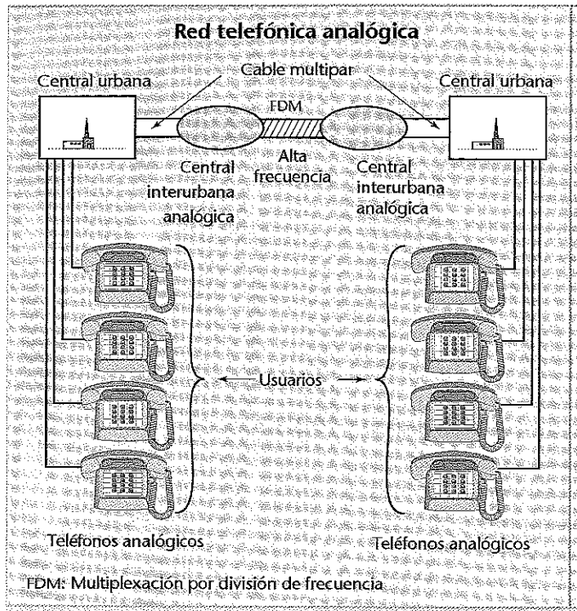


FIGURA 9.24

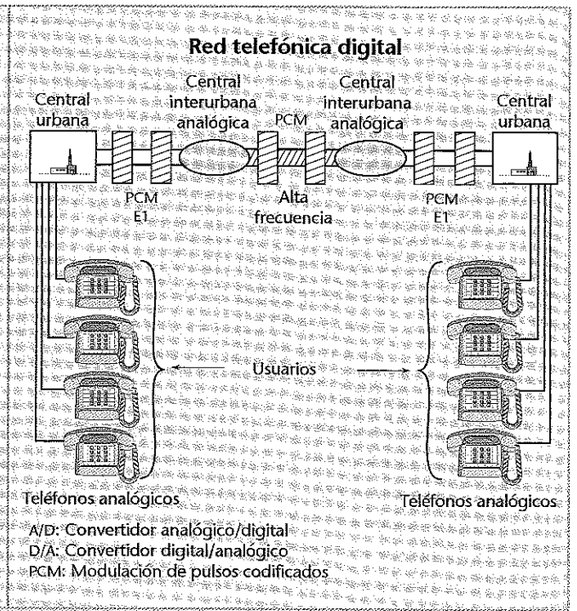


FIGURA 9.25

Sin embargo, el requerimiento de **convertidores analógico/digitales** subsiste a la entrada de las centrales urbanas de tecnología digital, dado que las señales provenientes de los usuarios a través de los **pares de abonado** son de tecnología analógica.

9.3.3.5 Etapa de digitalización total: hasta el abonado inclusive

En esta etapa final se deberá proceder a la digitalización de los **pares de abonado**, y al reemplazo de los teléfonos de características analógicas por otros de tecnología digital. De esta manera, a los usuarios llegarán canales digitales de 64 Kbps, denominados **Canales B**.

Cuando, además, las centrales de conmutación utilicen el denominado **Sistema de Señalización por Canal Común N° 7**, los usuarios estarán en condiciones de recibir los servicios que brinda la **Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)** de banda estrecha.

En este último caso, cada abonado recibe una **señal digital de 144 Kbps** que incluye **2 canales B de 64 Kbps** y **1 canal C de 16 Kbps**.

En los teléfonos digitales se lleva a cabo la conversión de las señales analógicas, generadas por la voz, en señales digitales. Este proceso, denominado **digitalización de señales analógicas**, ha sido desarrollado en el capítulo 4 de esta obra.

En la figura 9.27 se muestra el esquema de este tipo de redes. Se puede destacar, además, la presencia durante un período de transmisión de dos tipos de conexiones de usuario:

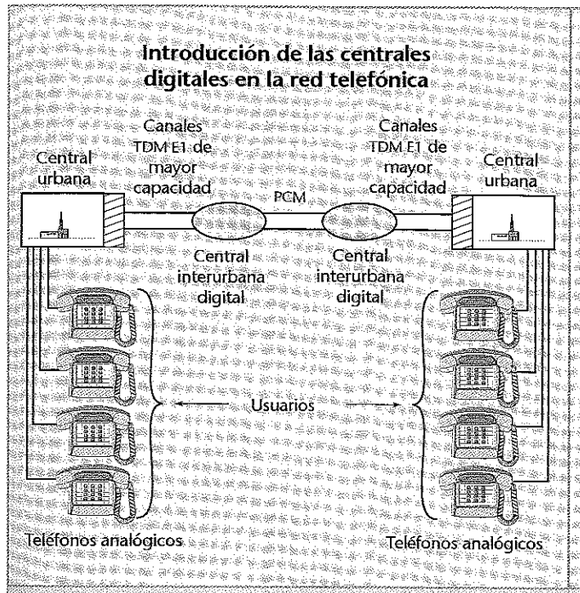


FIGURA 9.26

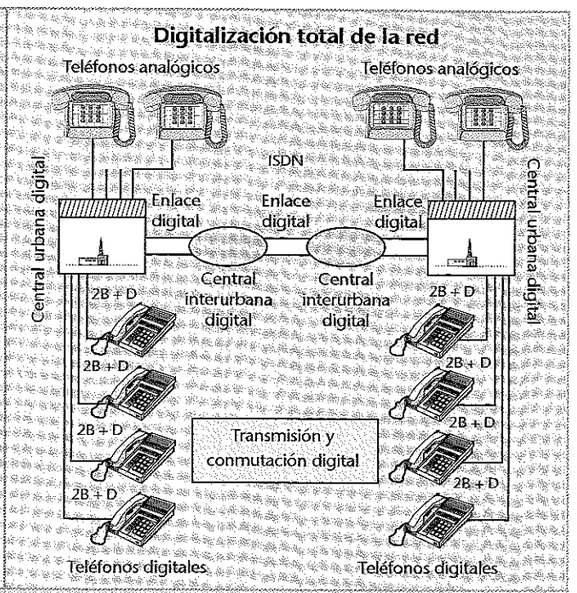


FIGURA 9.27

- La tradicional o convencional, que emplea teléfonos analógicos.
- A través de teléfonos digitales.

9.3.4 Funcionamiento de la red telefónica pública conmutada

9.3.4.1 Análisis de la red en el ámbito urbano

La red telefónica tiene una topología que hemos denominado **estrella/malla** y **estrella/estrella**. Los núcleos básicos de la red son las llamadas **centrales urbanas** que conectan a sus abonados, en una configuración en estrella, y pueden tener hasta 100 000 abonados. En ciudades o pueblos pequeños esta cantidad puede ser sustancialmente menor.

Los abonados están conectados a las centrales urbanas mediante **enlaces de usuario o local loop**, que en este tipo de redes se suelen denominar, más específicamente, **par de abonado**.

En la figura 9.28 se muestra una red telefónica urbana de tres centrales que están conectadas entre sí en topología de malla, por **enlaces troncales urbanos**, o también denominados en algunos casos **líneas de oficina**.

Las **líneas o pares de abonado** forman lo que se denomina **red de distribución** y sirven para conectar los aparatos de los abonados con la central de conmutación. Están conformadas fundamentalmente por cables multipares constituidos por pares de alambre de cobre aislados, de acuerdo con la tecnología desarrollada en el capítulo 7 del volumen II de esta obra.

Cabe señalar que los aspectos económicos y tecnológicos están haciendo pensar seriamente en construir estas redes en el futuro totalmente

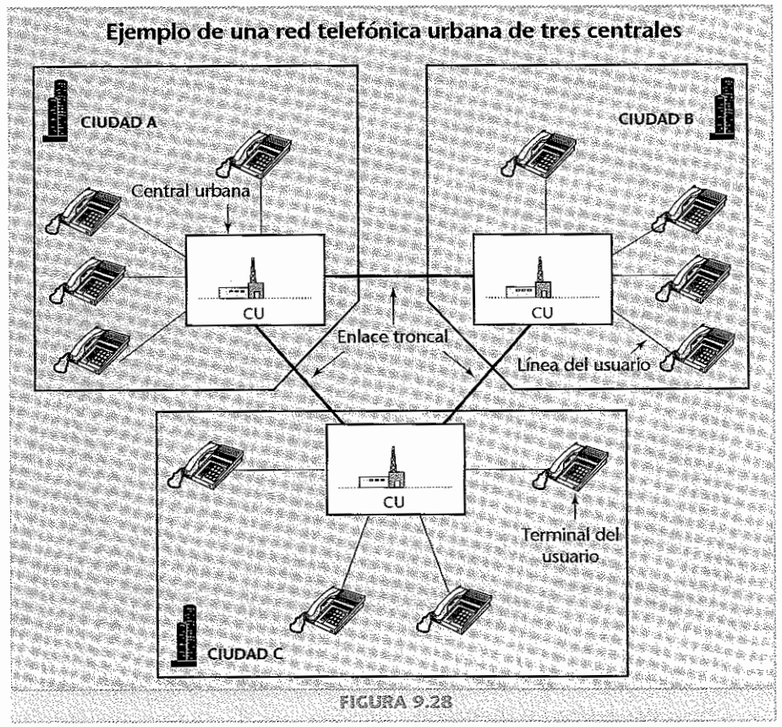


FIGURA 9.28

de cables de fibras ópticas. Esto permitirá en las redes digitales una mayor capacidad y calidad. De hecho, en algunos lugares, este cambio ya ha comenzado a operarse con resultados altamente satisfactorios.

En el ejemplo de la figura 9.28, las centrales están conectadas todas entre sí. Cuando en una ciudad el número de centrales urbanas es muy grande, la construcción de enlaces troncales urbanos se hace muy costoso y complicado, dado que se tendría que enlazar a todas ellas entre sí. Entonces, resulta conveniente la instalación de otro tipo de nodos de conmutación, que se denominan **nodos o centrales de tránsito**. Estos tienen la finalidad de simplificar la topología de la red y hacer más económico su desarrollo.

En la figura 9.29 se muestran cuatro centrales urbanas, ubicadas en distintas zonas de una misma ciudad, enlazadas entre sí por medio de una **central de tránsito urbana**.

En el ejemplo de la figura 9.29, las centrales están conectadas a una central de tránsito. A diferencia de la red que se mostraba en la figura 9.28, se puede observar que la red así construida es mucho más simple. Cuando en una ciudad el número de centrales urbanas es muy grande, este esquema disminuye la necesidad de muchos enlaces troncales urbanos y el costo de la red es mucho menor.

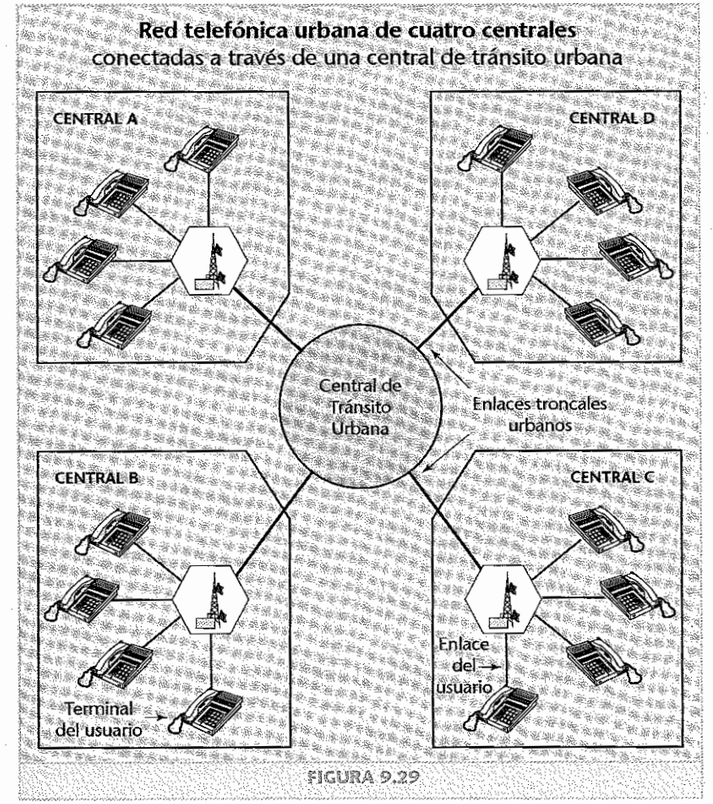


FIGURA 9.29

Los enlaces troncales, inicialmente construidos con cables de cobre multipares, hoy han sido reemplazados, en su casi totalidad, por cables de fibra óptica o enlaces radioeléctricos de microondas de alta capacidad de características digitales.

Análisis de la red en el ámbito interurbano e internacional 9.3.4.2

Las redes urbanas están interconectadas entre sí por medio de sistemas de transmisión interurbanos, que en muchos casos poseen características similares a las usadas en los enlaces troncales urbanos.

La conmutación entre las distintas áreas de explotación o **Áreas Múltiples** que generalmente están ubicadas en ciudades diferentes, se establece a través de **nodos de tránsito interurbanos**, denominados también **Centros Automáticos Interurbanos** (CAI).

Cuando un abonado de una ciudad se quiere conectar con otro situado en una ciudad diferente, su central urbana lo debe conectar con la central de tránsito interurbana, que direcciona la llamada hacia la ciudad en que está ubicado el corresponsal buscado.

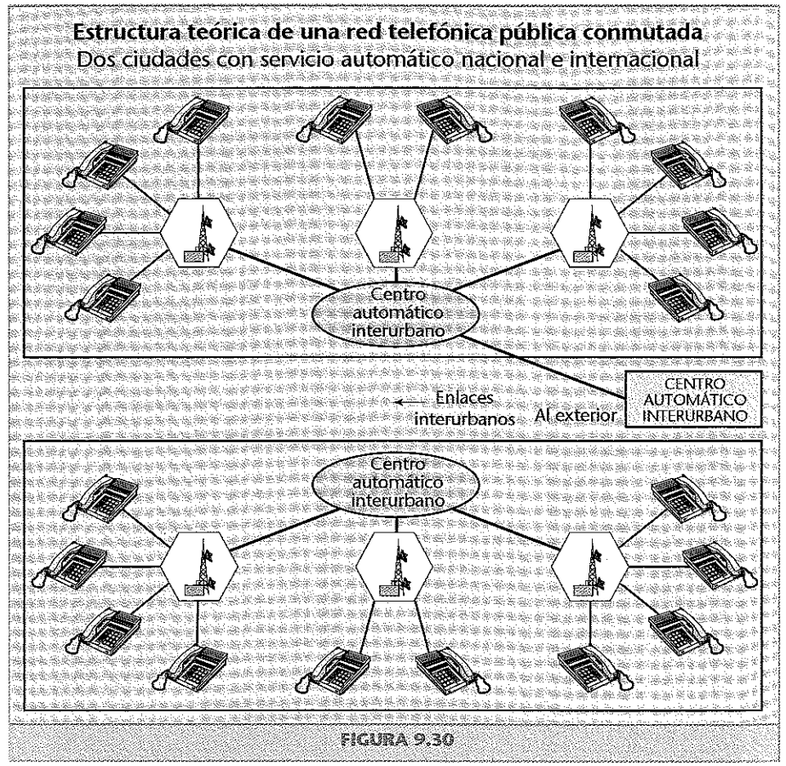


FIGURA 9.30

En la figura 9.30 se muestra la estructura de una red nacional construida, en teoría, sobre la base de dos ciudades conectadas entre sí a través de sus respectivos **centros automáticos interurbanos**, uno de los cuales tiene salida hacia un **centro automático internacional**. Este último, precisamente, es el que proporciona a la red la conectividad internacional.

En el ejemplo se puede observar la distinta jerarquía de los dos nodos interurbanos que, si bien están conectados entre sí, uno de ellos tiene salida directa al nodo internacional, mientras que el otro la tiene solamente a través del primero.

9.3.4.3 Análisis de la topología jerárquica de la red

La **Red Telefónica Pública Conmutada Mundial** (RTPCM), considerada en su conjunto, tiene una topología de tipo jerárquica. Si bien las conexiones entre los usuarios y los nodos de la red, y entre estos últimos entre sí, se establece parcialmente una topología del tipo **estrella/malla** y **malla/malla**, no todos los nodos tienen la misma jerarquía.

El objeto que se persigue con una **topología jerárquica** de red es, fundamentalmente, usar para cada enlace conmutado que se desea establecer el menor **ancho de banda/kilómetro recorrido** en los enlaces que deban ser usados. Para ello, tanto en el ámbito internacional, mediante acuerdos que se celebran en la UIT, como en el ámbito nacional, a través de los Organismos Nacionales competentes, se establece lo que se denomina **Plan de Encaminamiento**. En este plan se determina con precisión el camino o los caminos que debe recorrer una comunicación, conocidos sus extremos, en las dos puntas del enlace.

El **Plan de Encaminamiento** establece las rutas y sus alternativas para cada uno de los enlaces posibles dentro de las redes nacional e internacional. En la mayoría de los casos, da lugar a un **Plan de Numeración**. Este está construido sobre la base del orden jerárquico, que precisamente se desprende de la topología de la red. El **Plan de Numeración** usado en los Estados Unidos tiene características y particularidades que lo hacen diferente de los del resto de los países.

La estructura de una **Red Nacional** típica tiene una topología similar a la que se muestra en la figura 9.31. En ella podemos observar los siguientes aspectos de interés:

- Los usuarios, a través de sus equipos terminales, están siempre conectados a una **Central Urbana** (CU) o **Nodo de Conmutación**.
- Cada **Central Urbana** (CU) está siempre conectada a un **Centro Automático Interurbano** (CAI) o **Nodo de Tránsito**.
- Un **Centro Automático Interurbano** (CAI) está siempre conectado a otro similar, pero de mayor jerarquía.
- Los **Centros Automáticos Interurbanos** (CAI) de nivel cuaternario forman el máximo nivel de la red, y si fueran más de uno, estarían conectados entre sí y con centro de menor nivel.
- Cada **Centro Automático Interurbano** (CAI) podrá tener, cualquiera que sea su nivel, una o varias **Centrales Urbanas** (CU) que le sean tributarias.

En lo que concierne a los enlaces internacionales, cada país podrá tener uno o varios **Centros Automáticos Internacionales** (CAINT). Normalmente, estos centros están conectados a los **Centros Automáticos Interurbanos** (CAI) de nivel cuaternario o preferentemente de alto nivel.

En muchos casos, entre dos países con vínculos terrestres o marítimos próximos, se establecen los denominados **enlaces fronterizos**. Estos vínculos unen a dos o más ciudades separadas por una frontera común. Éstas reciben un tratamiento especial, tanto en cuanto al encaminamiento, que es directo entre ellas, como a las tarifas, que son preferenciales.

Para el establecimiento de comunicaciones internacionales existen dos posibilidades:

- La primera es mediante un acuerdo directo entre los dos países en el que se fijan las condiciones técnicas, económicas y los vínculos que se usarán para enlazar sus **Centros Automáticos Internacionales** (CAINT). En ese caso, cuando desde un país se cursa una comunicación al otro, un vínculo de comunicaciones directo, que será en la

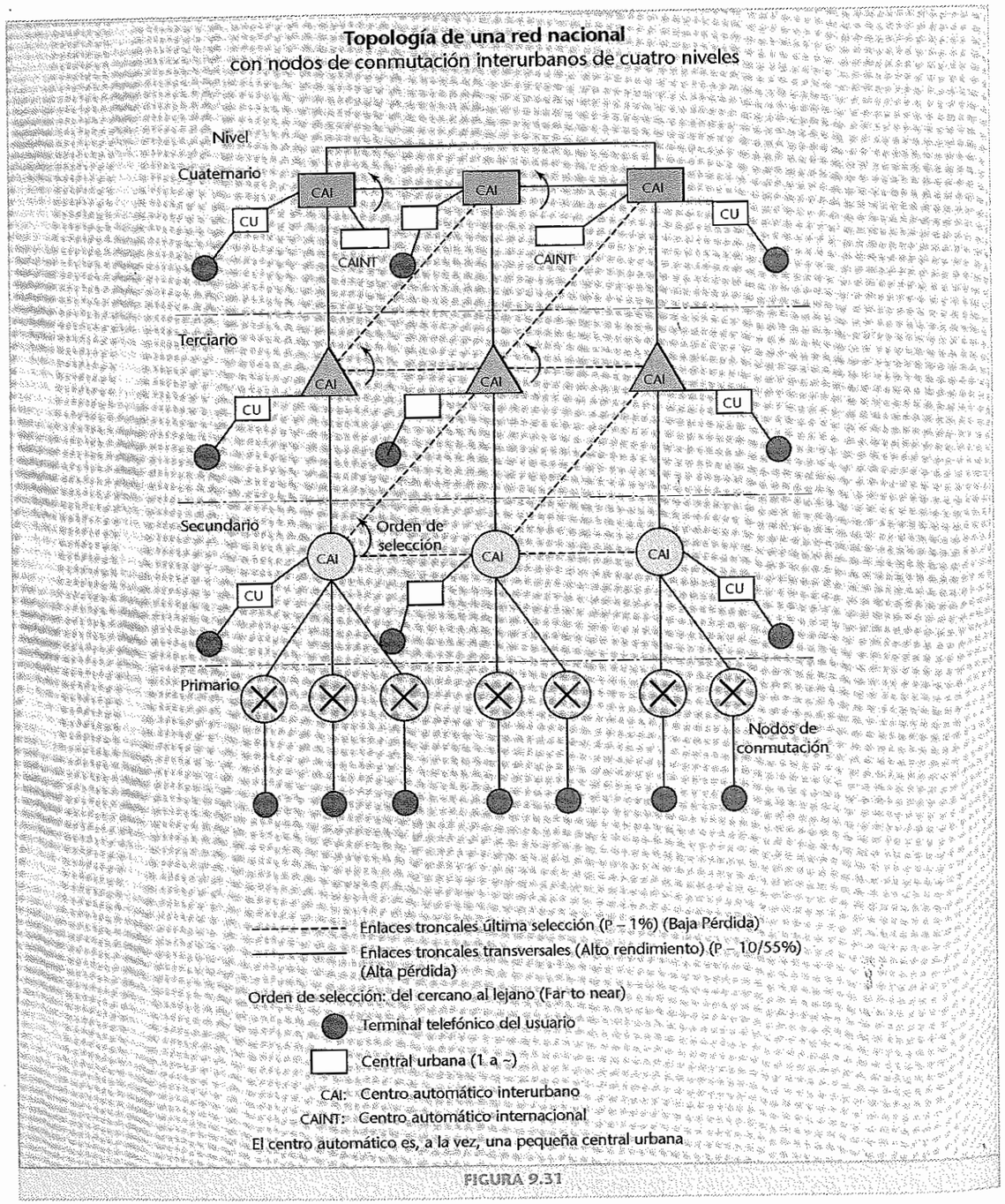


FIGURA 9.31

mayoría de los casos un cable submarino de fibra óptica, o un satélite, permitirá establecer el enlace de forma directa.

- La segunda, resuelve la situación de países que no tienen acuerdos directos. En ese caso, la comunicación se efectúa a través de la denominada **Red Intercontinental de Tránsito** que tiene cinco **Nodos Internacionales de Tránsito** fijados por la UIT, que son:
  - New York, Estados Unidos.
  - Londres, Inglaterra.
  - Moscú, Rusia.
  - Tokio, Japón.
  - Sydney, Australia.

Cada país debe estar conectado **al menos a uno de los cinco nodos** para poder tener comunicaciones completas con todos los países o regiones del planeta. En muchos casos, se puede estar conectado a más de uno, para que el encaminamiento de las comunicaciones internacionales sea más económico.

Análisis del Plan de Numeración Telefónico 9.3.4.4

La Unión Internacional de Telecomunicaciones es la que establece y mantiene el **Plan Mundial de Numeración** para la **Red Telefónica Pública Conmutada** (RTPC).

Dicho plan establece que todo número telefónico deberá estar compuesto por las siguientes partes:

- Código de país:
  Este número puede constar hasta de tres cifras. La primera de ellas debe ser el dígito que corresponde a la región del planeta, al que pertenece el país. El número de país puede tener uno, dos o tres dígitos. En la figura 9.32 se indican los distintos **Códigos de País** de los países iberoamericanos y los americanos de habla inglesa, francesa y holandesa. Las regiones en las que ha sido dividida la **Red de Telecomunicaciones Internacional** es la siguiente:
  - Región Nº 1: América del Norte, excepto México y parte del Caribe[1].
  - Región Nº 2: África.[2]
  - Región Nº 3 y 4: Europa Occidental y Groenlandia.
  - Región Nº 5: Resto de América y parte del Caribe.
  - Región Nº 6: Oceanía y la parte sur de Asia.
  - Región Nº 7: Europa Oriental, Rusia y los países ex miembros de la Unión Soviética.
  - Región Nº 8: Asia.
  - Región Nº 9: Medio Oriente y el subcontinente Indio.

[1] Algunos países del Caribe forman parte de la **Red Nacional de los Estados Unidos de América** y, por lo tanto, si bien no pertenecen a la Región Nº 1, llevan el prefijo de ese país.
[2] País africano de habla española.

Códigos de país

Países iberoamericanos y americanos de lengua inglesa

País	Código	Región	País	Código	Región
Anguila	1	5	Guayana Francesa	594	5
Antigua	1	5	Guinea Ecuatorial[2]	240	2
Antillas Holandesas	599	5	Guyana	592	5
Argentina	54	5	Haití	509	5
Argentina (Islas Malvinas)	500	5	Honduras	504	5
Aruba	297	5	Islas Caimán	1	5
Bahamas	1	5	Islas Saint Kitts	1	5
Barbados	1	5	Islas San Pedro y Michelon	508	5
Belice	501	5	Islas Turcos y Caicos	1	5
Bolivia	591	5	Islas Vírgenes Británicas	1	5
Brasil	55	5	Jamaica	1	5
Canadá	1	1	Martinica	596	5
Chile	56	5	México	52	5
Colombia	57	5	Montserrat	1	5
Costa Rica	506	5	Nicaragua	505	5
Cuba	53	5	Panamá	507	5
Dominica	1	5	Perú	51	5
Ecuador	593	5	Portugal	351	3
El Salvador	503	5	San Vicente	1	5
España	34	3	Santa Lucía	1	5
Estados Unidos	1	1	Surinam	597	5
Granada	1	5	Trinidad & Tobago	1	5
Guadalupe	590	5	Uruguay	598	5
Guatemala	502	5	Venezuela	58	5

FIGURA 9.32

- Código Nacional de Área:
  Este código puede tener hasta cuatro dígitos. En los Estados Unidos todos los códigos de área tienen siempre tres dígitos. La cantidad de dígitos del código de área da una idea del nivel que tiene, en la estructura jerárquica de la red telefónica, el **Centro Automático Interurbano** (CAI) que él mismo identifica.
- Código de Central Urbana:
  Los códigos que corresponden a las **Centrales Urbanas** (CU) tienen de uno a tres dígitos. Actualmente existe una tendencia a incorporar un cuarto dígito, como es el caso de Francia y Argentina, para fines especiales. Uno de estos fines podría ser identificar en una ciudad a distintos operadores de la red. Este concepto nuevo ha surgido a causa de la tendencia mundial hacia la **desregulación** de los servicios.
- Número del abonado en su Central Urbana:
  El número de abonado puede tener hasta cuatro dígitos.

En forma independiente del número completo que posee cada abonado a la red telefónica, se deben considerar los denominados **Códigos de Acceso**.

Los denominados **Códigos de Acceso** son números que, antepuestos al número telefónico del abonado con el que se quiere establecer una comunicación, permiten:

- El acceso a un **Centro Automático Interurbano** (CAI) para establecer una comunicación con un abonado que esté ubicado en otra ciudad o área del mismo país. En este caso, el número se denomina **Código de Acceso Interurbano**.
- El acceso a un **Centro Automático Internacional** (CAINT) para establecer una comunicación con un abonado de otro país. En este caso, el número se denomina **Código de Acceso Internacional**.

Estos códigos varían de país en país. En general, en la mayoría de países se utiliza:

- Como **Código de Acceso Interurbano** el número **0**.
- Como **Código de Acceso Internacional** los números **00**.

Como una variante de estos últimos puede señalarse que en Francia se utiliza el número **19**, en los Estados Unidos el **011**, etc.

ejemplo 9.2

Se desea hacer una llamada desde la ciudad de Mar del Plata, en la República Argentina, a la Universidad Politécnica de Madrid, en España, cuyo número local es 336 6000. ¿Cuál es el número que habría que marcar desde Mar del Plata para poder establecer la comunicación?

Como en la República Argentina el **Código de Acceso Internacional** es **00**, se debe marcar:

00 - 34 - (91) - 336 - 6000

- Las primeras dos cifras, **00**, indican a la **Red Nacional Argentina** que se desea hacer una llamada internacional.
- Las dos segundas, **34**, indican a la misma red que la comunicación deseada es con España.
- La siguiente cifra, **91**, indica a la **Red Nacional Española** que la comunicación deseada es con la ciudad de Madrid.
- Las cifras **336** permiten a la red de destino localizar la **Central Urbana** con la que se desea establecer la comunicación.
- Por último, las cifras **3600** indican el abonado con el que se desea establecer la comunicación; es decir, la Universidad Politécnica de Madrid.

Uso de la red telefónica para la transmisión de datos 9.4

Consideraciones generales 9.4.1

La **Red Telefónica Pública Conmutada Mundial** (RTPCM), considerada en su conjunto, es una de las alternativas más interesantes que existen actualmente para la transmisión de datos. Esta afirmación se basa, entre otras, en las siguientes características:

- Es una red de cobertura universal. Este hecho facilita una comunicación con cualquier lugar geográfico de una manera muy simple.
- Las tarifas son razonables, en función de las prestaciones que ofrece.
- La velocidad de transmisión que se puede obtener es aceptable en muchas de las aplicaciones de mayor uso.
- No requiere equipos especiales que tengan un costo elevado.
- Es una red que está absolutamente normalizada, en todo el mundo.

Por lo tanto, el estudio de las posibilidades que la misma ofrece es del mayor interés.

9.4.2 Formas de usar la red telefónica para transmisión de datos

El uso de la red telefónica para la transmisión de datos puede hacerse de dos formas diferentes:

- Mediante el uso de los denominados **circuitos conmutados** o **dial up**.
- Mediante el uso de **circuitos arrendados**, seleccionados dentro de la red.

Cada una de estas dos posibilidades tienen distintas variantes y deben ser seleccionadas mediante consideraciones técnicas adecuadas.

9.4.3 Los circuitos conmutados

9.4.3.1 Aspectos generales

El empleo de circuitos conmutados sobre la red telefónica representa uno de los usos más extendidos para hacer efectiva una comunicación de datos. En la figura 9.33 se muestra la estructura de un circuito de conmutación utilizado para transmisión de datos en la red telefónica.

Precisamente, la flexibilidad de la red telefónica radica en la posibilidad de establecer, a partir de un punto sobre la red en donde está instalado un **Equipo Terminal de Datos (ETD)**, en este caso denominado A, circuitos diferentes con otros equipos, que en la figura se denomina B y C.

9.4.3.2 Forma de iniciar una comunicación de datos

La comunicación se establece de la siguiente manera:

- La comunicación se establecerá a partir del equipo terminal de datos que hemos denominado A, **origen**, desde donde se debe proceder a iniciar la comunicación.
- Todos los modems de datos tienen incorporado el hardware que se corresponde con la **Recomendación V.25 de la UIT-T**, que les permite tanto iniciar automáticamente una llamada de datos, como atender, de la misma manera, una comunicación entrante.
- El módem conecta internamente la línea telefónica al teléfono. Cuando se quiere transmitir datos se deshabilita la conexión al teléfono y se toma la línea con ese fin.
- Este último, mediante el adecuado **software de comunicaciones** normalmente incluido en el sistema operativo del computador, efectúa la llamada correspondiente.

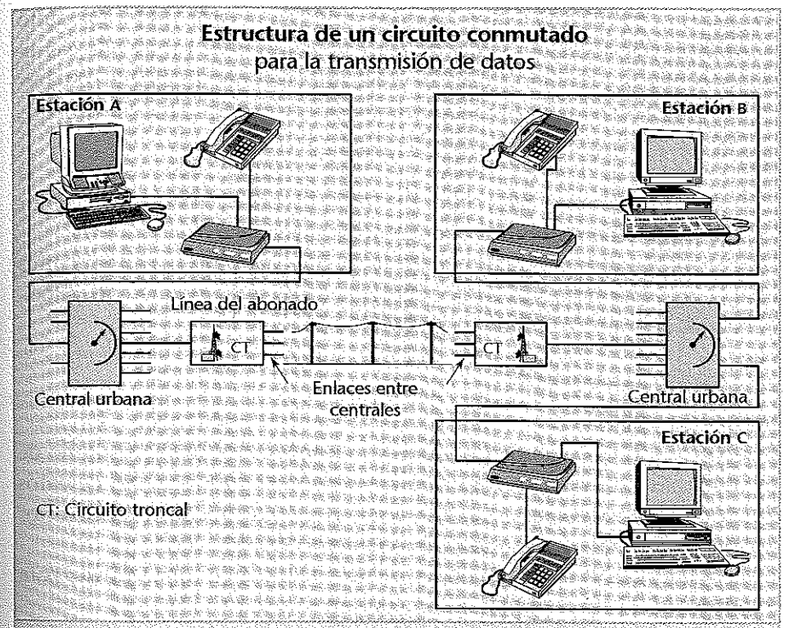


FIGURA 9.33

9.4.3.3 Características especiales de los circuitos conmutados

Por las características del encaminamiento que toma cada circuito que se debe establecer y según tecnología en cada red telefónica conmutada que se aplica, estos circuitos tienen las siguientes particularidades:

- La transmisión no puede estar precondicionada ya que los circuitos que se usan y su encaminamiento pueden cambiar en cada comunicación que se establezca (se ignora el camino que seguirá).
- En los casos en que la comunicación sea muy deficiente, convendrá volver a efectuar la llamada, buscando la posibilidad de un encaminamiento diferente con el fin de tratar de mejorar la calidad del circuito.
- El enlace se desconecta una vez que se termina la comunicación, pasando automáticamente la línea al teléfono.
- La tarifa a abonar estará relacionada con el tiempo que dure la comunicación y con los costos establecidos entre los puntos origen y destino de la comunicación.
- Las líneas llegan hasta los abonados a dos hilos, por lo que en su recorrido puede haber bobinas híbridas intercaladas. Este hecho, como se verá más adelante, es una de las razones por las cuales estos circuitos tienen poca calidad, en comparación con los circuitos arrendados a cuatro hilos.

- En estos circuitos existe a menudo ruido impulsivo. Éste será tanto mayor cuando mayor sea el número de centrales de tecnología eletromecánica que estén incluidas en el encaminamiento del circuito establecido. En la actualidad, este problema se puede presentar muy raramente, ya que, en la mayoría de los casos, la red está digitalizada.
- Los sistemas de señalización de estos circuitos están dentro de la banda de transmisión, por lo que los equipos usados para transmitir datos no deben producir interferencias con ellos.
- La velocidad de modulación que se puede alcanzar en estos circuitos puede llegar hasta los 2400 baudios, que se corresponde con velocidades de transmisión de hasta 33 600 bps.

9.4.4 Los circuitos arrendados

9.4.4.1 Aspectos generales

El uso de circuitos arrendados sobre la red telefónica representa uno de los usos más extendidos para hacer efectiva una comunicación de datos entre dos puntos geográficos fijos. En estos casos, se puede obtener mejor calidad de transmisión que sobre los circuitos conmutados.

En la figura 9.34 se muestra la estructura de un circuito arrendado para la comunicación de datos, usando la red telefónica conmutada.

En dicha figura se puede observar cómo una **estación** A puede establecer una comunicación de datos con una **estación** B, a condición de que los usuarios estén en puntos en los que existan facilidades de la red telefónica conmutada. Los equipos módem instalados junto al equipo terminal de datos, conforman las estaciones origen y destino de los datos.

9.4.4.2 Forma de iniciar una comunicación de datos

La comunicación, en este caso, se establece de forma automática al encender los equipos informáticos y los correspondientes modems de datos ubicados en ambos extremos, ya que el servicio está a disposición de los usuarios las 24 horas del día, los 365 días del año.

9.4.4.3 Características especiales de los circuitos arrendados punto a punto

Estos circuitos poseen un encaminamiento que es elegido de una manera específica por el usuario al ser contratados a la empresa telefónica local, de forma que se puedan obtener las mejores condiciones técnicas. Este hecho otorga a los circuitos arrendados las siguientes particularidades:

- Los ETD están conectados a través de las centrales urbanas a las que tributan las líneas de abonado de las estaciones que están conectadas entre sí, pero no pasan por sus dispositivos de conmutación. Por esta razón, no están afectados nunca por ruido impulsivo, como en el caso de las líneas conmutadas.
- En muchos casos, poseen dispositivos especiales que disminuyen las perturbaciones y la distorsión. Los dispositivos que en particular corrigen la distorsión de frecuencia reciben el nombre de **ecualizadores**.

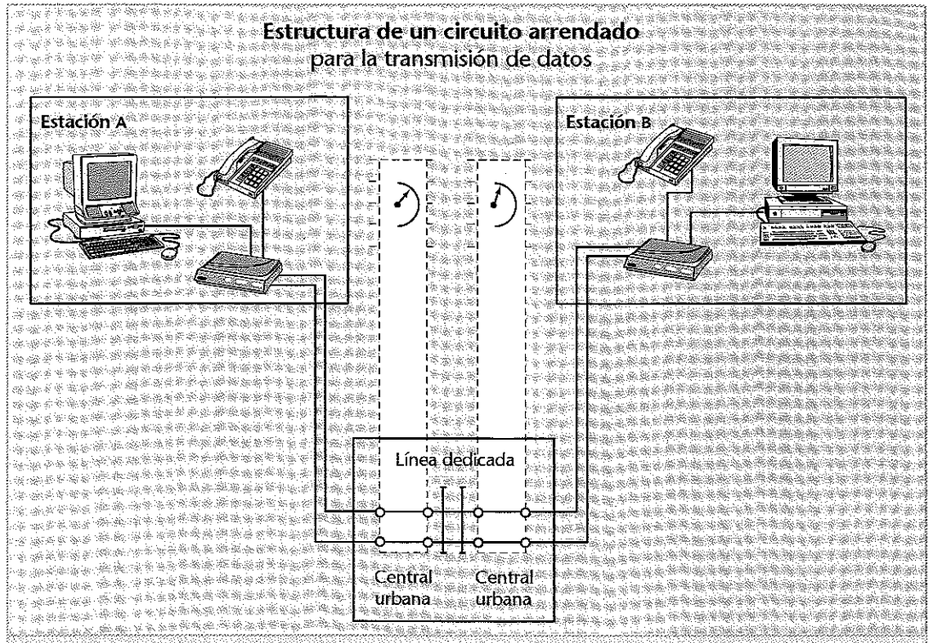


FIGURA 9.34

- Al seleccionar el encaminamiento, se intenta obtener las menores pérdidas seleccionando el mejor par de abonado y/o troncal entre los disponibles. Con los circuitos interurbanos (si fuera el caso), se procede de la misma manera.
- Se puede trabajar con mayores velocidades de modulación que en los circuitos conmutados.

9.4.4.4 Circuitos de dos y de cuatro hilos

Los circuitos arrendados se pueden establecer con dos o cuatro hilos.

Diferencias entre los circuitos con dos y cuatro hilos

Los circuitos telefónicos funcionan básicamente a dos hilos. Sin embargo, al multiplexar los circuitos en los enlaces troncales, urbanos, interurbanos o internacionales, los sistemas de transmisión utilizan técnicas que funcionan a cuatro hilos: dos hilos para transmitir y dos hilos para recibir.

Los circuitos de cuatro hilos permiten usar regeneradores repetitivos, uno para el circuito de transmisión y otro para el circuito de recepción. Luego, para los casos de circuitos telefónicos que deben conectarse a equipos donde la señal será multiplexada, es necesario un dispositivo que transforme los circuitos de dos hilos en circuitos de cuatro hilos y viceversa. Este dispositivo recibe el nombre de **bobina híbrida**.

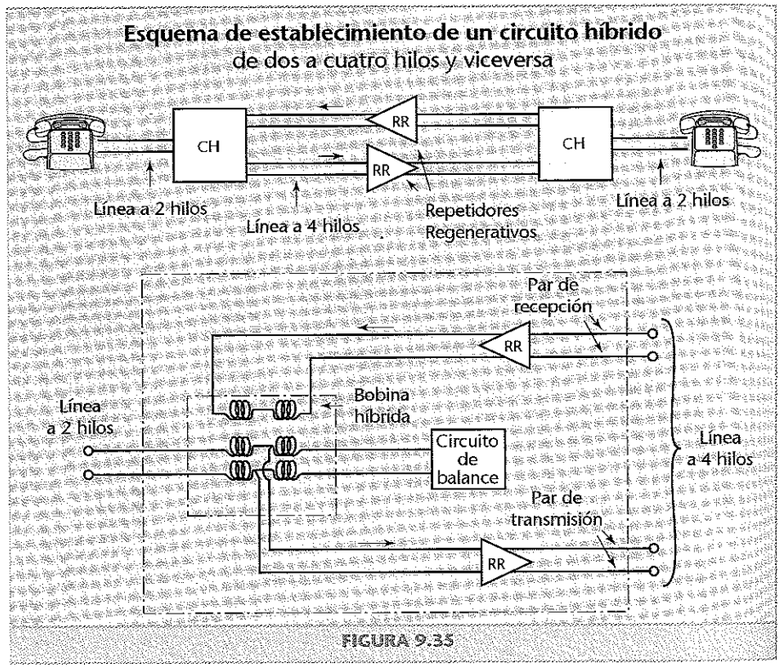


FIGURA 9.35

En la figura 9.35 se muestra un circuito híbrido que permite la transformación de un circuito de dos a cuatro hilos. En dicha figura se puede observar, especialmente:

- La bobina híbrida.
- Los regeneradores del circuito de recepción y del circuito de transmisión.
- La transformación de dos hilos en cuatro.
- Particularidades de los circuitos a dos hilos.

Los circuitos a dos hilos (figura 9.36) presentan las siguientes particularidades:

- Estos circuitos pueden manejar velocidades de modulación de hasta 2400 baudios, aunque el máximo recomendado por la práctica es de 1800 baudios.
- Los circuitos a dos hilos siempre presentan la posibilidad de la existencia de oscilaciones que tienen efectos nocivos para la transmisión.
- Permiten obtener niveles de calidad compatibles con la norma de calidad M.1140 de la UIT-T.
- Se denominan también circuitos a dos alambres.

Los circuitos a cuatro hilos (figura 9.37) presentan las siguientes particularidades:

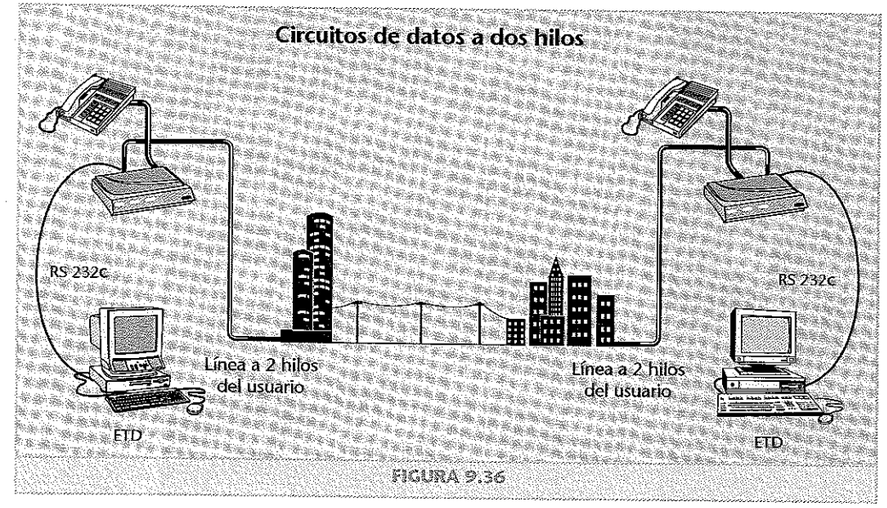


FIGURA 9.36

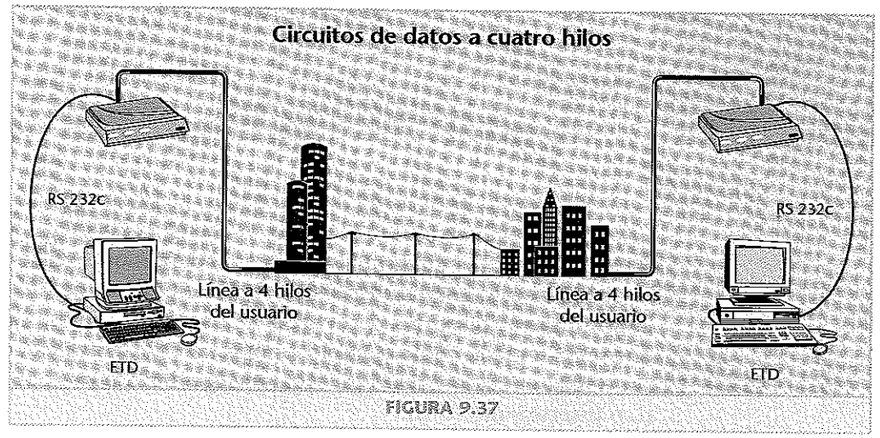


FIGURA 9.37

- Son especialmente aptos para las comunicaciones dúplex completo (**full dúplex**).
- Se obtienen velocidades de modulación de 2400 baudios, con tasas de errores razonables.
- Permiten obtener niveles de calidad compatibles con la norma M.1120 de la UIT-T.
- No requieren el uso de **bobinas híbridas**.
- Necesitan, desde la central urbana de la que son tributarios hasta las estaciones receptora y transmisora de datos, dos pares de abonado para cada circuito.

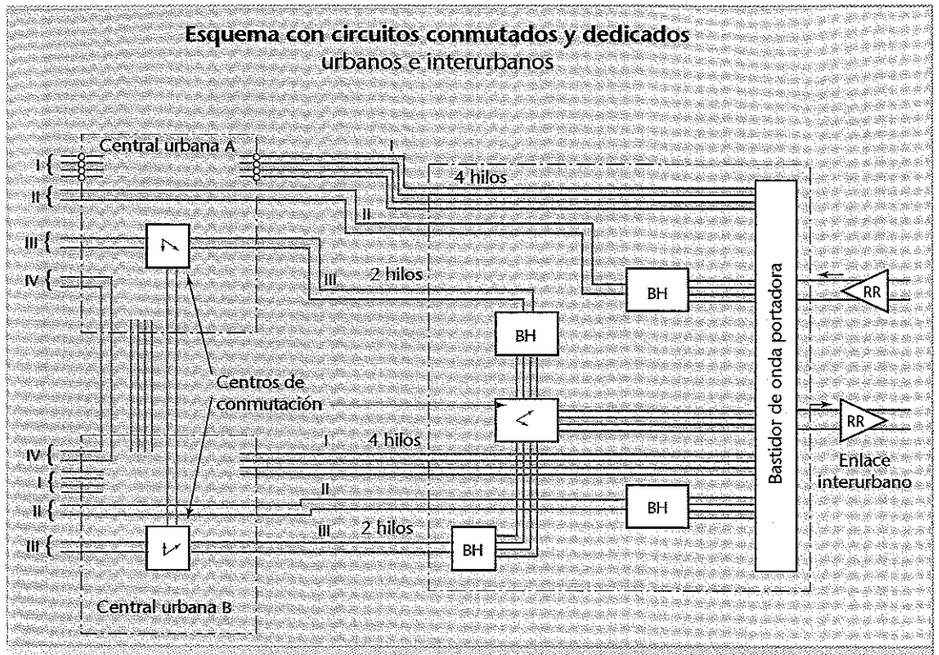


FIGURA 9.38

En la figura 9.38 se muestra las distintas variantes que pueden usarse para la transmisión de datos a través de la red telefónica, mediante **circuitos conmutados** y **circuitos dedicados**, a dos y cuatro hilos. En el esquema que se ha tomado como ejemplo se muestra dos **Centrales Urbanas** (CU) conectadas entre sí y, a su vez, cada una de ellas con un **Centro Automático Interurbano** (CAI).

Entre las dos **Centrales Urbanas** (CU) se puede observar:

- Un circuito conmutado directo entre ambas centrales.
- Un circuito dedicado a dos hilos.
- Un circuito dedicado a cuatro hilos.

Entre las dos **Centrales Urbanas** (CU) y el **Centro Automático Interurbano** (CAI), se puede observar un **circuito conmutado** que fue transformado de dos a cuatro hilos, y luego fue devuelto nuevamente a la otra central, a dos hilos. Entre cada una de las dos **Centrales Urbanas** (CU) individualmente con el **Centro Automático Interurbano** (CAI), se pueden observar dos **circuitos dedicados**. Uno, establecido a dos hilos, y un segundo, a cuatro hilos. En todos los casos en que fue necesaria la conversión, se encuentra como interfase entre ambos extremos, una **bobina híbrida**.

Ingeniería de tráfico 9.5

Consideraciones generales 9.5.1

Definiciones 9.5.1.1

En todas las redes de telecomunicaciones, el establecimiento de las **dimensiones** más convenientes, tanto de la **capacidad** de un **vínculo troncal** que une dos nodos entre sí, como de la que debe tener un **nodo** para aceptar las múltiples llamadas que generan los usuarios, plantea un problema que es resuelto por la **Ingeniería de Tráfico**.

Si un determinado número de usuarios tributarios de un nodo de conmutación quisieran establecer en un momento dado un conjunto de llamadas, que el nodo no puede atender simultáneamente, algunas de ellas **se perderían** y no podrían ser establecidas.

De la misma manera, si el nodo las aceptara y pretendiera encaminarlas por un determinado vínculo, éste se encontraría saturado y ocurriría otro tanto.

Las llamadas se realizan para transmitir o intercambiar mensajes a través de la red. Por **mensajes** se entiende lo siguiente:

Información que es intercambiada entre dos estaciones terminales, que actúan como fuente o sumidero, o simultáneamente de forma indistinta, mediante señales de voz, datos, textos o imágenes. | *mensajes*

Los distintos mensajes son generados en los equipos terminales, direccionados por los nodos de conmutación o de tránsito y enviados de unos a otros a través de los vínculos que conforman la red de telecomunicaciones.

Denominaremos **tráfico**, en una red de telecomunicaciones, a lo siguiente:

Carga de mensajes que es transportada por una red de telecomunicaciones. | *tráfico*

La expresión **tráfico** puede, por lo tanto, estar relacionada con la carga de mensajes sobre un nodo, sobre un vínculo en particular, o expresar directamente el volumen de carga de toda una red.

Si en un nodo, o sobre un enlace troncal, el **tráfico** solicitado por los usuarios fuera mucho mayor que la capacidad que éstos poseen para gestionarlos, una parte de los ellos no podrían ser transmitidos; por el contrario, si la capacidad fuera mucho mayor que la cantidad de mensajes a transmitir, habría un sobredimensionamiento de la red o de algunas de sus partes y, por lo tanto, capacidad ociosa.

Estas dos situaciones límites plantean graves problemas a las empresas de telecomunicaciones. En el primer caso, porque, a la vez que brindan un mal servicio, pierden dinero al no poder cursar todas las llamadas; en el segundo, porque se ha hecho una inversión poco eficiente, ya que no

está relacionada con el tráfico cursado a través de la red y, por lo tanto, con los ingresos que genera y, además, los gastos de operación son mayores que los necesarios.

Precisamente, este tipo de problemas son los que resuelve la denominada **ingeniería de tráfico**, que podemos definirla como sigue:

Ingeniería de tráfico

Especialidad que mediante el auxilio de la teoría de colas y otras herramientas del cálculo matemático y oportunas mediciones de tráfico, permite determinar y planificar la capacidad que deben tener los distintos elementos que componen una red de telecomunicaciones con el objeto de optimizar su funcionamiento.

Las técnicas de la **ingeniería de tráfico**, se aplican tanto a centrales de **conmutación** como de **tránsito**, así como a los **enlaces troncales** establecidos entre dos nodos.

Complementariamente, se pueden definir dos conceptos relacionados con el **tráfico**:

- **Tráfico ofrecido.**
- **Tráfico cursado.**

El primero está relacionado con la **capacidad disponible** y el segundo, con la **capacidad utilizada**.

Una **situación óptima** sería cuando ambos valores resultan iguales, pero, como se verá, esta situación sólo es una posibilidad teórica, que podría darse a determinadas horas del día, en el mejor de los casos.

Por lo tanto, y en forma complementaria, una vez determinados los valores más convenientes de diseño para cada caso, se podrá establecer un determinado grado de **calidad de servicio**. Este valor estará relacionado con la eficiencia con que se comportarán, en la práctica, los elementos que componen una red de telecomunicaciones.

Como el comportamiento de la red en cada momento será un **valor aleatorio**, la calidad de servicio deberá ser determinada en términos de **probabilidad** de comportamiento de la red.

9.5.1.2 Ejecución de las tareas de ingeniería de tráfico

La ejecución de las tareas realizadas por los ingenieros a cargo de los trabajos de dimensionamiento de centrales y enlaces troncales ha ido cambiando. En una primera época, dependían mucho del conocimiento que cada uno tenía del funcionamiento de la red, y a la vez de una tarea casi artesanal. Actualmente, las decisiones son el resultado de mediciones que los propios programas de software que manejan las distintas partes de la red ejecutan, mediante una preprogramación planificada. De las conclusiones que el mismo software obtiene de las lecturas automáticas surgen las decisiones más recomendables que deben ser tomadas.

Actualmente, es habitual que un usuario de la red telefónica reciba, sin haberlo solicitarlo, un aviso de su proveedor de servicios telefónicos

que le indica que su empresa ha perdido, en determinados intervalos horarios, un número preciso de llamadas. Consecuentemente, le hará llegar una sugerencia para que contrate más líneas, haciéndole ver que sus clientes, al no poder comunicarse, pueden elegir otros proveedores. Este informe tiene una precisión matemática. Le indica al abonado cuántos intentos de comunicarse con su empresa hubo en un intervalo horario determinado, cuántos resultaron satisfactorios por estar disponible sus líneas y cuántos resultaron fallidos. Y todo esto es realizado de forma automática por la central telefónica mediante su programa de **ingeniería de tráfico** asociado a su software de control.

9.5.2 Medida del tráfico

9.5.2.1 Definiciones y parámetros utilizados

El tráfico es de naturaleza **aleatoria** y, por lo tanto, su estudio entra en el campo de la teoría de la probabilidad; sin embargo, presenta ciertas regularidades o consistencias durante períodos de tiempo en los que aumenta, incluso hasta **valores pico**, o disminuye, hasta alcanzar **mínimos**.

Cada usuario de un servicio de comunicaciones intenta un número de llamadas por unidad de tiempo; y estás, en cada caso, tienen diferentes duraciones.

Denominaremos, **intensidad de tráfico** a lo siguiente:

Intensidad de tráfico

Razón entre el número de llamadas efectuadas respecto a la unidad de tiempo, calculadas sobre un mismo nodo o vínculo de comunicaciones.

A su vez, definiremos el **tiempo de retención**, como sigue:

Tiempo de retención

Tiempo medio que dura cada llamada sobre un mismo nodo o vínculo de comunicaciones.

9.5.2.2 Concepto de hora pico o punta

Tanto la **intensidad de tráfico** como el **tiempo de retención**, por ser valores probabilísticos, presentan diferencias dentro de un mismo día, y a su vez, los distintos días de la semana pueden tener valores diferentes. Hay incluso semanas con variaciones más pronunciadas que otras. Sin embargo, tal como se expresó, las variaciones presentan **regularidades o consistencias** que permiten dimensionar la red según valores de tráfico perfectamente definidos.

En la figura 9.39, se muestra un gráfico, en el que se representa la **intensidad de tráfico** a distintas horas de un día típico de trabajo. En este caso se pueden observar tres picos: uno al medio día; un segundo, al terminar la tarde; y un tercero, que normalmente coincide con la hora en que las empresas de servicio telefónico reducen la tarifa de las comunicaciones.

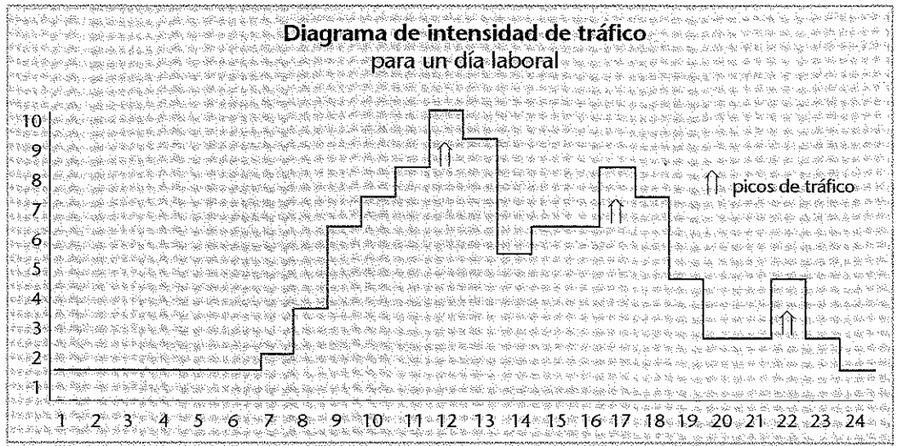


FIGURA 9.39

En nuestro ejemplo, el primer máximo se presenta a la hora en que el comercio y la bolsa están en el punto de mayor demanda de los medios de comunicaciones.

La hora de la comida produce una pequeña disminución, que se va incrementando durante la tarde, hasta alcanzar un segundo pico a la hora en que terminan las actividades.

Alrededor de las cinco de la tarde se produce un nuevo aumento del tráfico, que está relacionado con las actividades sociales finales del día.

Finalmente, en el gráfico se ha supuesto que a las diez de la noche las tarifas telefónicas disminuyen y se produce por lo tanto el último máximo de la demanda de tráfico en la red.

Es evidente que este gráfico no es igual para todos los países, ya que depende de las costumbres de sus habitantes, las condiciones climáticas, etc.

Resumiendo, se puede observar dos momentos importantes: las horas de **menor** tráfico y las de **mayor tráfico**. En particular, ésta última, que coincide con el periodo más activo, obliga a diseñar la red de tal manera que en esos momentos en que más se la necesita, la red no se colapse.

Es por ello que tiene mucha importancia la definición de **hora pico o punta**. La UIT-T, en su **Recomendación** Q.80, define la hora pico como sigue:

hora pico **Valor medio correspondiente a las horas pico de los 30 días del año que presentan los valores más elevados.**

A su vez, también se puede dar otra definición considerando exclusivamente los llamados **días excepcionales de tráfico**. A tal fin, la **Recomendación** Q.80 define la **hora pico** con esas consideraciones como:

hora pico **Valor medio correspondiente a las horas pico de los 5 días del año que presentan los valores más elevados.**

Entre ambas definiciones, cada **Administración de Telecomunicaciones** podrá tomar un valor extremo, o valores intermedios para dimensionar su red.

Cuanto menor sea la cantidad de días de mayor tráfico que se consideren, mayor será la calidad de la red, pero también mayor será el costo de las instalaciones y, seguramente, menor será también el retorno de la inversión utilizada para su instalación.

El **dimensionamiento**, tanto de los nodos como de los enlaces troncales, debe ser efectuado para que la operación en la **hora pico** sea normal.

Unidades de medida del flujo de tráfico 9.5.2.3

Denominaremos **flujo de tráfico** en un nodo, o en un vínculo de comunicaciones, al producto de la **intensidad de tráfico** por el **tiempo de retención**.

$$A = C \times T_R \qquad (9.3)$$

donde:

A = Flujo de tráfico medido en **Erlang**[1].
C = Intensidad de tráfico, que representa el número de llamadas en una hora.
T_R = Tiempo de retención medido en horas.

Se puede observar que se tiene un **flujo de tráfico** de un **Erlang** cuando en una hora, se produce una sola llamada cuya duración es de una hora. El **Erlang** es una unidad de medida adimensional.

Luego podremos concluir, que un **Erlang**, significará que el circuito estará totalmente ocupado; o dicho de otra manera, **permanentemente ocupado**. Un primer corolario sería: un solo circuito no podrá manejar más tráfico que un **Erlang**. El segundo: si un vínculo tiene disponibles N circuitos, no podrá manejar más tráfico que N **Erlang**.

ejemplo 9.3

¿Cuál es el Flujo de Tráfico en la hora pico en un vínculo de comunicaciones E1, si se sabe que es usado en telefonía digital para unir dos Centrales Telefónicas Privadas (PABX), y que en la hora pico se cursa un promedio de 364 llamadas con un tiempo de retención de cuatro minutos? Determinar, además, el Flujo de Tráfico por cada circuito.

[1] La unidad de flujo de tráfico se conoce con este nombre en honor del matemático danés *A. K. Erlang*. Mientras trabajaba para la Compañía Telefónica de Copenhague, Dinamarca, este investigador desarrolló, a principios del siglo XX, una teoría de cola aplicada al tráfico telefónico diferente de la **Teoría de Poisson**. La misma está compuesta de varios modelos siendo los más conocidos los denominados **Erlang B**, **Erlang B-Extendido**, **Erlang C** y **Erlang B Extendido a colas equivalentes**.

El **Flujo de Tráfico** será igual a:

$$A = C \times T_R \quad \text{[Erlang]}$$

Para el problema planteado, resultará:

$C = 364$ llamadas/hora.
$T_R = 4$ minutos por llamada.

Si expresamos este último valor en términos de horas, tendremos

$T_R = 4/60$ horas por llamada.

Reemplazando, obtendremos:

$$A = 364 \times (4/60) \text{ [Erlang]}$$
$$A = 24{,}27 \text{ [Erlang]}$$

Sabiendo que un vínculo E1 tiene 30 circuitos, el **Flujo de Tráfico** por circuito será igual a

$$A = 24{,}27/30 \quad \text{[Erlang]}$$
$$A = 0{,}80 \quad \text{[Erlang]}$$

Otra manera de medir el **Flujo de Tráfico** es mediante una unidad denominada **Centi Call Seconds** (CCS). Para ello, la misma supone que llegan **cien llamadas en cada segundo** de tráfico.

Si consideramos un período de una hora, se habrá cursado un tráfico de 3600 llamadas, número que resulta de considerar la cantidad de segundos que tiene una hora. Luego, resultará que el **Erlang** será igual a 36 CCS, valor que resulta de dividir 3600 por 100.

Con una u otra unidad, se está midiendo lo mismo, es decir, el **Flujo de Tráfico**, y se podría hacer conversiones entre uno y otro valor.

ejemplo 9.4

Con los datos obtenidos en el ejemplo 9.2, expresar los valores en CCS.

En el caso del **Flujo de Tráfico** en la **hora pico** en un vínculo de comunicaciones E1, para el que habíamos obtenido de **A = 24,27 Erlang**, y teniendo en cuenta que por cada **Erlang** corresponderán 36 CCS, el valor del flujo resultará de resolver la expresión:

$$A = 24{,}27 \times 36 \quad \text{[CCS]}$$
$$A = 873{,}72 \quad \text{[CCS]}$$

Y para cada circuito del vínculo E1, será igual a

$$A = 0{,}80 \times 36 \quad \text{[CCS]}$$
$$A = 28{,}8 \quad \text{[CCS]}$$

Congestionamiento y grado de servicio 9.5.3

Concepto de congestionamiento 9.5.3.1

Los nodos de conmutación se pueden clasificar en **congestionables (o blocking)** y **no congestionables (o nonblocking)**.

En las redes públicas con conmutación, los nodos de conmutación instalados como centrales telefónicas están dimensionados para atender a un número de abonados N, del total M que están conectados a ella.

Esto significa que, cuando se empiezan a establecer conexiones sobre una central, los abonados hasta el número **N** obtendrán tono de marcar, pero el abonado **N + 1** que quiera establecer una comunicación, recibirá el **tono de ocupado**, y su llamada se considerará **llamada perdida**. Cuando se llega a esa situación, podremos decir que la central está **congestionada** o **bloqueada**.

La razón de que este suceso pueda ocurrir proviene del concepto establecido de que desarrollar una central pública en la que no exista la posibilidad de bloqueo resulta antieconómica y, por lo tanto, es siempre descartada. Sin embargo, para su diseño, sí se deberá considerar el **flujo de tráfico** en la **hora pico**, por lo que el equipo **no debería bloquearse en tal situación**.

En las redes públicas se utilizan diseños de **bajo, medio, alto y hasta de muy alto tráfico**, dependiendo del lugar geográfico en donde el equipo deba operar y el tipo de central a instalarse.

Solamente la conjunción de estudios de **Ingeniería de Tráfico** muy bien planificados y equipos con **diseños cuidadosamente seleccionados** evitan redes telefónicas de muy mala calidad; aspecto éste que el usuario detecta rápidamente.

Por el contrario en el caso de las centrales privadas, conocidas por su acrónimo PABX[1], es muy común que se construyan **centrales no congestionables**; es decir, sin posibilidad de **congestión**.

En este caso las razones son diferentes. En primer lugar, son equipos, por lo general, de menor porte; pero, además, como se presume un intenso uso comercial en las horas de trabajo, se prefiere invertir en *hardware*, antes que encontrarse en una situación de congestionamiento como la antes descrita.

Grado de servicio 9.5.3.2

El **grado de servicio** que obtiene un usuario en la red telefónica está directamente relacionado con la posibilidad de que el equipo conmutador del cual es tributario **pueda bloquearse**.

Para interpretar correctamente el **grado de servicio**, se deberá definir con mayor precisión el concepto de **llamada perdida**.

Llamada que al primer intento de obtener una conexión no obtiene el tono de marcar. *Llamada perdida*

[1] Private Address Branch Exchange.

Luego, denominaremos **grado de servicio (GoS)** de una central telefónica, a lo siguiente:

Grado de servicio

Cociente entre el número total de llamadas perdidas y el número total de llamadas solicitadas (establecidas más las perdidas), medidas en la hora pico.

$$\text{GoS} = \frac{\text{Llamadas perdidas}}{\text{Llamadas solicitadas}} \qquad (9.4)$$

El grado de servicio mide la **probabilidad de congestionamiento en la hora pico**. Dado, por ejemplo, un grado de servicio de 0,04, deberíamos interpretarlo de la siguiente manera:

- Es probable que de cada cien intentos de establecer una comunicación en la **hora pico**, cuatro resulten llamadas perdidas al primer intento.
- Fuera de la **hora pico**, debería esperarse una calidad de servicio mucho mejor a cuatro llamadas perdidas.

En el caso de la red telefónica general conmutada, en muchas oportunidades puede suceder que la situación de congestionamiento se presente de dos maneras diferentes:

- No se puede obtener el tono de marcar.
- Se recibe el denominado **tono de ocupado**; a pesar de que en realidad el abonado llamado tiene su equipo terminal libre, disponible para recibir llamadas.

ejemplo 9.5

En una central telefónica se realizaron medidas durante un período de un mes, en la hora pico, para determinar el Grado de Servicio (GoS). Según esas mediciones, se pierden 3 llamadas de cada cien solicitadas. ¿Cuál es el GoS de la misma?

$$\text{GoS} = \frac{3 \text{ llamadas pérdidas}}{100 \text{ llamadas solicitadas}}$$

$$\text{GoS} = 0{,}03$$

9.5.3.3 Determinación del grado de servicio

El **grado de servicio** que obtiene un usuario en la red telefónica está directamente relacionado con la posibilidad de que el equipo conmutador del cual es tributario **pueda bloquearse** en la **hora pico**. A su vez, la **hora pico** está relacionada con el valor del **flujo de tráfico** correspondiente a dicha hora.

Conocidos estos dos valores, pueden construirse distintos modelos para determinar, por ejemplo, cómo varía el grado de servicio en función del número de líneas troncales necesarias para cursar el tráfico recibido sobre una ruta determinada.

Los modelos más utilizados se basan en las siguientes distribuciones del tráfico:

- **Distribución de Poisson**, utilizado principalmente en los Estados Unidos.
  - El tráfico se origina en un número infinito de fuentes o mediante tráfico aleatorio.
  - El número de circuitos es limitado.
- **Distribución de Erlang**, que es la más utilizada fuera de los Estados Unidos. Se pueden considerar cuatro variantes de este modelo, a saber:
  - **Erlang-B**, es el modelo más utilizado de los cuatro. La UIT lo ha estandarizado en la **Recomendación** Q.87. Las suposiciones principales que se aceptan para esta distribución son las siguientes:
    - El tráfico se origina en un número infinito de fuentes.
    - Si una llamada no puede ser establecida, el sistema intentará automáticamente encaminarla por otro camino, aunque éste último sea de mayor costo.
    - El número de circuitos es limitado.
    - El sistema **no pone en cola** (en lista de espera) las llamadas perdidas y considera su duración de valor nulo.
  - **Erlang-B Extendida.**
    - El sistema **no pone en cola** las llamadas perdidas y considera su duración de valor nulo.
    - Si la llamada se pierde, el abonado deberá colgar e intentar la llamada más tarde.
  - **Erlang-C**
    - El sistema **pone en cola** las llamadas perdidas, bien de forma automática, bien por medio de operadores.
    - Las **colas** pueden tener dimensiones infinitas.
  - **Erlang-B extendida con cola equivalente**
    - El sistema pone en cola las llamadas perdidas, por un tiempo determinando.
    - Si el circuito que se trata de establecer permanece ocupado, el sistema buscará encaminar la llamada de forma automática por otro camino, aunque éste último sea de mayor costo.
    - Si la llamada permanece sin ser establecida, el abonado deberá intentar la llamada más tarde.

Cada una de estas variantes impone condiciones de contorno diferentes y supone distintas situaciones. El estudio en detalle de cada una de estas variantes excede el alcance de esta obra.

9.6 Centrales telefónicas privadas

9.6.1 Consideraciones generales

9.6.1.1 Definición

Las redes de telecomunicaciones públicas ofrecen la posibilidad de que los usuarios se conecten a ella de forma **individual** o mediante **centrales privadas**, que permiten formar **subredes de telecomunicaciones** dentro de las empresas, organizaciones públicas y privadas.

Por **centrales privadas**, también conocidas por su acrónimo PABX, entenderemos lo siguiente:

Centrales privadas

Conmutadores instalados por usuarios corporativos de la red telefónica conmutada, que permiten conectar por medio de líneas locales a los miembros de la organización a la que presta sus servicios, facilitando las comunicaciones entre ellos sin salir a la red pública y cursando el tráfico hacia el exterior a través de enlaces troncales.

Actualmente este concepto ha experimentado un cambio en cuanto al tipo de usuario y tamaño de estos equipos. Así, su uso se ha extendido a las **Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES)** y a los usuarios particulares.

Las razones de este cambio han sido varias, pero entre las más importantes podemos señalar las siguientes:

- La tecnología usada en centrales privadas de más de cien líneas, se ha ido aplicando a módulos cada vez menores. Hoy es posible tener un equipo compatible con centrales de gran porte, de similares características y prestaciones, con tamaños de sólo 10 ó 20 líneas.
- El costo de una central privada de pequeño porte resulta mucho más accesible, por lo que su uso se ha extendido a los hogares. En este último caso, el tráfico hacia el exterior no se cursa a través de enlaces troncales, sino por medio de una o dos líneas conectadas a la red pública.

9.6.1.2 Las subredes de telecomunicaciones

La formación de **subredes de telecomunicaciones** persigue varios objetivos. Todos ellos están básicamente orientados a **disminuir costos** en los servicios de telecomunicaciones y, complementariamente, a aumentar la **eficiencia de los sistemas de comunicaciones** usados para el manejo interno de las organizaciones.

Por **subred de telecomunicaciones** se entiende lo siguiente:

Subred de telecomunicaciones

Red privada, sin correspondencia pública, que una organización crea para satisfacer sus necesidades de telecomunicaciones internas y externas, con acceso a la red pública de telecomunicaciones.

[1] Cuando los conmutadores son de pequeño porte, o de construcción muy antigua, la conexión a la red pública se suele hacer mediante varias líneas, generalmente conectadas en forma **rotativa**; es decir, usando un solo número se puede acceder al conmutador por varios enlaces diferentes de la red pública.

La definición contiene los siguientes conceptos:

- Las subredes son sin **correspondencia pública**; es decir, solamente podrán pertenecer a ella los miembros de la organización a la que presta sus servicios.
- Deberán facilitar las comunicaciones internas, sin salida a la red pública. Las mismas podrán prestarse a través de medios propios o usando algunos medios contratados en exclusividad a proveedores de los servicios de telecomunicaciones.
- Deben permitir el acceso a la red pública, con las limitaciones que la propia subred establezca a cada usuario de la misma y, simultáneamente, permitir el acceso desde el exterior, en las mismas condiciones antes señaladas.
- En algunos casos habrá usuarios que tendrán la posibilidad de acceder de forma directa a la red pública urbana, interurbana e internacional; en otros, esta posibilidad se puede ir limitando cada vez más, en pasos sucesivos, hasta permitir sólo el uso de la red interna.

Las **subredes de telecomunicaciones** pueden estar constituidas por un solo conmutador ubicado en un único lugar físico o por varios conmutadores unidos por vínculos troncales y situados en lugares geográficos diferentes.

En la figura 9.40 se muestra el primer caso señalado. Como se puede observar, dos usuarios corporativos cuentan con una central privada cada uno, ambas conectadas a una central de la **Red Telefónica Conmutada con Correspondencia Pública**.

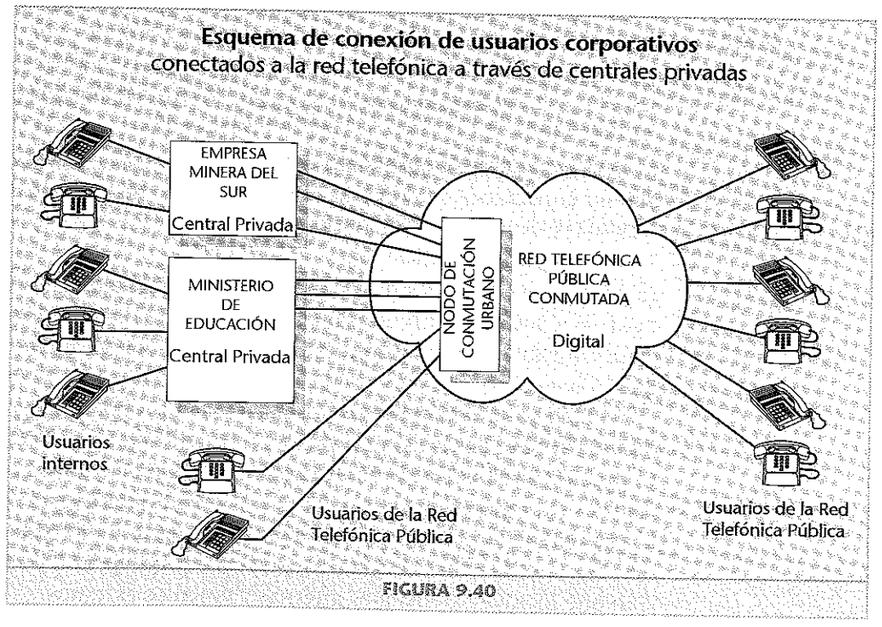


FIGURA 9.40

Esta última modalidad está tomando cada día más relevancia, porque permite una interconexión de las distintas partes de una organización, con costos de comunicaciones que pueden ser acotados con mucha mayor precisión.

En particular, en organizaciones que tienen una distribución geográfica extendida, el uso de una **subred de telecomunicaciones** que una todas sus localizaciones permitirá establecer llamadas entre sus miembros como si fuesen **llamadas internas**.

Los costos de los enlaces interurbanos o internacionales, que unen los distintos nodos de la subred, representarán en estos casos un **costo fijo**. Las condiciones de contratación de estos enlaces pueden ser negociadas con los prestadores de los servicios de telecomunicaciones en condiciones mucho más ventajosas, y los costos, en la mayoría de los casos, son menores que si se efectuaran llamadas en forma aislada desde cada equipo terminal usando la red pública.

Lógicamente, la **cantidad y capacidad** de cada uno de los enlaces a contratar debe ser el resultado de un trabajo de cálculo muy bien planificado, para evitar pagar sobredimensionamientos.

Por otra parte, los sistemas así organizados, que hasta hace unos pocos años satisfacían solamente los requerimientos de transmisión de voz, hoy han evolucionado a nodos que pueden conmutar **servicios de voz, datos, textos** e **imágenes**. Precisamente, la tecnología denominada de **Redes Digital de Servicios Integrados** (ISDN) posibilita estas prestaciones.

9.6.2 Componentes de una central privada

9.6.2.1 Capacidad de una central privada

Una central privada normalmente queda definida por su capacidad de operación. Por **capacidad** de una central se entiende lo siguiente:

Capacidad de una central

Cantidad de equipos terminales y de líneas o enlaces troncales, que pueden ser conectados a la central; donde cada una de las conexiones recibe el nombre de puerto del equipo.

Si bien existen centrales privadas analógicas y digitales, el estudio se centrará exclusivamente en estas últimas. En la actualidad es absolutamente desaconsejable la instalación de centrales analógicas, incluso las de pequeño porte.

Para elaborar presupuestos, los costos de un equipo de conmutación digital para uso en telecomunicaciones, se calculan en función del número total de puertos que se necesitarán. En el caso de equipos pequeños, se utilizan expresiones tales como **4 por 12**, para referirse una central con cuatro extensiones a la red pública y doce internas; pero para centrales de mayor porte, se habla directamente de **un equipo de 200 puertos**, expresión que incluye extensiones internas y vínculos externos.

La capacidad de una central debe especificarse siempre en un **valor inicial** y en un **valor final**. El primero está relacionado con la cantidad de puertos necesarios en el momento de la contratación; el segundo, con la cantidad de puertos que se pueden añadir sin necesidad de introducir cambios sustanciales en el equipamiento.

Los puertos para las extensiones internas pueden ser especificados con las siguientes variantes:

- Puertos digitales de 64 000 bps (o de 56 000 bps).
  Estos puertos permiten conectar solamente un equipo telefónico digital o algún otro equipo terminal de la misma capacidad.
- Puertos digitales **2 B + D**.
  Estos puertos son típicos de los equipos que funcionan con la tecnología usada en las **Redes Digitales de Servicios Integrados**. Proporcionan una capacidad total de 144 000 bps, dividida en dos **canales B**, de 64 000 bps cada uno; y un **canal D**, de 16 000 bps.
  En ellos se pueden conectar, por ejemplo, un teléfono digital y una computadora o un facsímil digital del grupo cuatro.
- Puertos analógicos.
  Estos puertos permiten conectar solamente un equipo telefónico analógico. Debe destacarse que la conexión de teléfonos analógicos a centrales digitales es una situación normal, que se suele realizar para abaratar el costo del equipamiento telefónico de la red interna. La razón por la que en muchas instalaciones se utilizan parcialmente teléfonos analógicos reside en que los precios de estos equipos respecto a sus similares digitales es aún mucho menor; aunque cada día esa distancia también es cada vez menor.
  La diferencia entre unos y otros reside en dos aspectos fundamentales:
  - La calidad de la voz.
  - La posibilidad de que los equipos posean características que permitan el uso de hiperfunciones por medio de teclas y visores, que indiquen el estado de operación del aparato.

  Sin duda, los equipos digitales presentan una calidad superior a los analógicos.

Los puertos para la conexión a la red pública pueden ser especificados, con las siguientes variantes:

- Puertos analógicos.
  Estos puertos permiten conectar un número exacto de líneas a la red pública, en función de lo que en cada caso se necesite. En general, cuando la red lo permita, deben evitarse conexiones analógicas. Sin embargo, cuando el número de puertos destinados a esa conexión es pequeño, muchas veces resulta inevitable hacerlo.
- Puertos digitales.
  Estos puertos permiten conectar un número exacto de líneas a la red pública, en función de lo que en cada caso se necesite. En general,

cuando la red lo permita, deben usarse cuando se utilice un número pequeño de puertos.

- Puertos para enlaces multiplexados.
  Estos puertos permiten la conexión de vínculos **multiplexados por división de tiempo** que van de una capacidad de 30 canales digitales, denominados **E1-2,048 Mbps** o **T1-1,544 Mbps**, hasta valores mayores. En los casos de instalaciones de equipos de porte mediano o grande, es la solución más aconsejable. En los casos de equipos utilizados por **Proveedores de Servicios Internet**, esta solución es la única que permite el empleo de los **modems asimétricos de 56 K**.

Una especificación típica, para una central privada de mediana capacidad podría ser la siguiente:

- Capacidad inicial.

Enlaces Digitales de 2 Mbps c/ la red Pública[1]	*1 (uno)*
Enlaces Digitales de 2 Mbps c/ otras PABX	*1 (uno)*
Extensiones Internas Analógicas (sólo para facsímil)	*15 (quince)*
Extensiones Internas Digitales (2 B + D)	*150 (ciento cincuenta)*

- Capacidad final.

Enlaces Digitales de 2 Mbps c/ la red Pública[2]	*2 (dos)*
Enlaces Digitales de 2 Mbps c/ otras PABX	*1 (uno)*
Extensiones Internas Analógicas (sólo para facsímil)	*15 (quince)*
Extensiones Internas Digitales (2 B + D)	*200 (doscientos)*

9.6.2.2 Elementos constitutivos de una red privada de una sola central

Los elementos que componen la instalación de una red privada constituida por una sola central son los siguientes:

- El conmutador y sus elementos asociados.
- Los equipos terminales.
- El cableado interno y el distribuidor general de líneas.
- Los sistemas de alimentación ininterrumpida de potencia.
- Los enlaces troncales a la red pública.

9.6.2.3 El conmutador o **switch**[2] y sus elementos asociados

El conmutador es el elemento fundamental de una red privada con conmutación. Su función primaria es la de permitir la **conmutación de líneas**. Las características principales que debe tener un conmutador son las que se exponen a continuación.

[1] Deberá permitir la conexión a un Acceso Telefónico Troncal Digital (para líneas entrantes).
[2] Uno deberá permitir la conexión a un Acceso Telefónico Troncal Digital (para líneas entrantes) y dos podrían ser usados como enlaces E1 para líneas salientes.
[3] La expresión **switch** es de uso muy común por parte de los proveedores de estos equipos.

EL PROCESADOR Y SU ESTRUCTURA DE CONTROL

La tecnología debería ser totalmente digital, con una estructura de control por programa almacenado[1] y una arquitectura de conmutación temporal; el sistema de control, debe ser de procesamiento centralizado.

Esta parte del equipo tiene la responsabilidad de **encaminar las llamadas** hacia el destino solicitado. Su funcionamiento requiere de un **software de aplicación**, que es provisto por el fabricante del equipo.

Los procesadores están asociados para su trabajo con memorias ROM y RAM. En equipos de pequeño porte, el software suele ser residente en las memorias ROM; mientras que en equipos más importantes se almacena en discos rígidos.

Esta última variante, a la vez que otorga más **flexibilidad**, permite **actualizar** y **reprogramar** el equipo según las necesidades del usuario o los efectos de adaptar el equipamiento a nuevos estándares de funcionamiento.

Es normal que los fabricantes desarrollen permanentemente nuevas versiones del software a fin de ir mejorando el funcionamiento del conmutador.

Es recomendable exigir al proveedor que el equipamiento ofrecido cumpla con las normas y protocolos recomendados por la UIT-T para centrales privadas.

OTROS ASPECTOS RELACIONADOS CON EL PROCESADOR

El conmutador deberá permitir la elaboración de un **plan de numeración** flexible. Incluso, si fuera necesario, contar en la red interna con más de una central, que el mismo pudiera ser común a todas ellas.

Todo el equipamiento de la central deberá estar contenido en **gabinetes** para proteger al equipamiento y sus componentes del polvo, la humedad y de las descargas eléctricas y electrostáticas.

Cuando se especifica la **capacidad inicial** y la **capacidad final** es con el fin de que al efectuar una ampliación sólo se añadan las tarjetas con la electrónica adicional necesaria para ello. Se debe evitar contratar equipamiento cuyos requerimientos a la hora de realizar ampliaciones pasen por reemplazar partes del equipo existente y en uso.

Los conmutadores posibilitan comprobar el estado de cualquier línea telefónica desde las extensiones que son habilitadas para estas funciones.

Los conmutadores deben ofrecer la posibilidad de elegir los **enlaces troncales** de entre los varios tipos que ofrecen los prestadores de servicios de las redes públicas.

9.6.2.4 Los equipos terminales

Los equipos terminales que pueden ser conectados a un conmutador digital cumplen distintas funciones. En especial, son de interés los equipos telefónicos y los equipos facsímiles.

Los primeros pueden ser de dos tipos: **propietarios** o **estándares**. Los de tipo propietario son desarrollados por los fabricantes del conmutador,

[1] Conocidos como **Sistemas SPC**.

y sólo pueden ser usados conectados a él. Los estándares son similares a los usados en las redes públicas y cumplen especificaciones generales.

Las características de los teléfonos **propietarios** son: mayor costo, más simples de usar (en especial cuando se utilizan los hiperservicios) y mayores prestaciones.

Los teléfonos **estándares** son más económicos, y normalmente, para realizar operaciones relacionadas con los hiperservicios que posee el conmutador utilizan las teclas * ó # seguidas de varios dígitos.

Así, por ejemplo, mientras en un teléfono **propietario** la captura de una comunicación se realiza presionando **una sola tecla**, en un teléfono **estándar** hay que accionar una sucesión de teclas, cuyo código significará la misma operación.

Así, en la contratación de una central telefónica podemos encontrarnos con alguna de las siguientes opciones:

- Equipos terminales telefónicos digitales o analógicos **estándar** de bajo costo. Son equipos telefónicos digitales o analógicos que permiten ejecutar hiperfunciones mediante el uso de un teclado. Normalmente no poseen teclas especiales para la ejecución de estas operaciones.
- Equipos terminales telefónicos digitales **propietarios** con hiperfunciones. Son equipos telefónicos digitales que permiten ejecutar distintas funciones mediante el uso de teclas especiales para cada una de ellas o grupos de ellas. Las teclas permiten programar las funciones más importantes y poseen indicadores luminosos alfanuméricos de una o más líneas. Normalmente facilitan la operación denominada **manos libres**, mediante la incorporación de un micrófono y un altavoz. Éstos reciben el nombre de propietarios porque tienen características especiales que dependen del fabricante y, consecuentemente, no se pueden usar más que para el nodo de conmutación para el que han sido diseñados.
- Equipos terminales telefónicos digitales **propietarios** para el uso de operadoras. Son similares a los indicados en el caso anterior; pero se les agrega un teclado alfabético, que incluye todas las letras del alfabeto latino básico de 26 símbolos, con el fin de que se puedan introducir datos alfabéticos al sistema.
- Equipos Telefónicos Inalámbricos. Son equipos telefónicos con conexión al conmutador y que funcionan de forma **inalámbrica**. Se deben solicitar preferentemente equipos que trabajen en la banda de UHF y en frecuencias del orden de los 900 MHz, con alcance no menor a 1 km.

En cuanto a los facsímiles a instalar en un conmutador digital, podremos encontrarnos con las siguientes posibilidades:

- Facsímil del Grupo 3.
  En toda red interna se deben contar con equipos terminales que funcionen con la norma denominada del **Grupo 3**. Es conveniente que éstos cumplan, además con las siguientes condiciones:

  - Cumplir normas de la UIT-T para equipos de dicho grupo.
  - Trabajar con papel común, formato IRAM A4.
  - Módem interno que permita velocidades de transmisión de datos no menores a 14 400 bps, con repliegue automático a velocidades menores, como, por ejemplo, 9600 bps.
- Facsímil del Grupo 4.
  Si bien este tipo de equipos, conocidos como del **Grupo 4**, no están muy difundidos ya que requieren una conexión a **puertos digitales de 64 000 bps**, son de mucha utilidad en los casos de redes internas compuestas por varias centrales ubicadas en puntos geográficos remotos. En esos casos, a través de ellos, se puede cursar tráfico interno de documentos a muy alta velocidad. También son de utilidad cuando se opera con otras empresas u organizaciones que poseen **conexiones digitales** a la red telefónica conmutada y, por lo tanto, pueden operar con estos equipos. Su uso reduce significativamente el tiempo de transmisión y, consecuentemente, abarata los costos, sobre todo en las comunicaciones interurbanas e internacionales. Es conveniente que cumplan con las siguientes condiciones:
  - Cumplir normas de la UIT-T para equipos de dicho grupo.
  - Trabajar con papel común formato IRAM A4.

El cableado interno y el distribuidor general de líneas 9.6.2.5

Para su interconexión a los equipos terminales, los conmutadores requieren una **red interna**. Si bien la misma puede tener características exclusivamente **telefónicas**, en la actualidad es aconsejable realizar las instalaciones denominadas de **cableado estructurado**.

En las instalaciones exclusivamente **telefónicas** se utilizan cables multipares de cobre de **grado de voz**, pudiéndose necesitar **uno o dos pares** por equipo terminal telefónico. En los equipamientos más modernos es necesario un solo par por terminal. Sin embargo, actualmente es mucho más razonable la construcción de redes de **voz**, **datos** y **energía eléctrica**, basadas en las normas EIA para instalaciones con **cableado estructurado**. Estas redes se construyen con cables del tipo UTP, en lugar de los multipares antes señalados.

Actualmente, no parece razonable pensar en instalaciones **exclusivamente telefónicas**. Las reglas del arte, sugieren que una misma red, provea simultáneamente conexiones para datos y ofrezca, cerca de los puestos de trabajo, la cantidad de bocas que faciliten la conexión de la totalidad del equipamiento informático, ofreciendo una mayor seguridad[1].

La construcción de la red interna, independientemente de sus características, impone la necesidad de contar con un **distribuidor general de**

[1] Las redes con cableado estructurado y que contemplan la provisión de energía ofrecen cuatro tomas de 220 volt (ó 110 volt) por puesto de trabajo. Ello permite eliminar los alargues y tomacorrientes o enchufes múltiples, tan comunes en muchas instalaciones actuales y tan peligrosos.

líneas. Estos distribuidores reciben la totalidad de las conexiones que unen a los usuarios con el conmutador, y a éste con los enlaces troncales. Siempre deberán ser instalados en las proximidades del conmutador.

Cuando se instala una red de cableado estructurado, éste finaliza en un **gabinete** especial desde donde se instalan cables multipares hasta los distribuidores generales de líneas.

Un lado del distribuidor general de líneas se utiliza para la terminación del cableado de la red interna y externa; y el otro, para el cableado de la central propiamente dicha. Cada bloque de conexión debe poseer terminales por inserción, con contactos por desplazamiento del aislamiento en regletas del tipo **Siemon**, o similar.

Las líneas externas y de enlace que llegan de la red pública deben instalarse en dicho distribuidor y deben ser conectadas a **bloques con protección**, normalmente de estado sólido, para evitar sobretensiones y sobrecorrientes indeseadas provenientes de la red eléctrica.

El distribuidor debe permitir la intercalación de equipos de pruebas y mediciones sin modificar la instalación existente.

Los cables de conexión desde el distribuidor general y hacia la central telefónica deben estar convenientemente protegidos ante el eventual manipuleo, o accidentes involuntarios, que puedan afectar a las instalaciones expuestas.

En las empresas u organizaciones que tienen una **sala especial** para la instalación del computador o los computadores de gran porte[1], o simplemente de los servidores e impresoras de uso común, resulta muy conveniente la integración física de estos equipos informáticos con el conmutador y el **distribuidor general de líneas**.

Se trata, en ambos casos, de operar computadores del complejo **c & c**[2]; los primeros, para resolver problemas informáticos; y los segundos, problemas de comunicaciones. Si fuera necesario acondicionar el local, con suelos especiales, instalaciones de aire acondicionado o deshumidificadores, la obra civil será más simple y económica.

Además, es muy conveniente integrar en **un solo gabinete** las llegadas de todos los cables UTP (que facilitarán las conexiones que posibilitan el **tráfico de voz y datos**), los equipos **hub's** y el equipo **router**. Éstos últimos permiten conectar el tráfico entre redes de la propia empresa u organización, así como también, mediante interfases de comunicación del tipo WAN, con otras redes corporativas o extremas.

9.6.2.6 Los sistemas de alimentación ininterrumpida

Las centrales privadas, incluso las de pequeño porte, deben contar con un sistema de alimentación ininterrumpida, que podrá variar según la potencia que deberá suministrar en caso de un fallo de la red pública de potencia.

[1] **Mainframes**.
[2] Computación y Comunicaciones.

Los sistemas que se instalen deberían incluir las siguientes consideraciones:

- En las centrales de pequeño porte, la instalación de una **fuente ininterrumpible de potencia** (UPS)[1], de una capacidad de potencia tal que permita alimentar al conmutador y a todos sus equipos asociados, con una capacidad de almacenar energía que le permita operar por un lapso no menor de una hora[2].
- En los conmutadores de gran porte, el sistema de alimentación debe estar constituido por **baterías** y sus correspondientes **rectificadores/cargador**. Estos últimos deben ser del tipo **autorregulado por control electrónico** y estar dimensionados para permitir la carga al valor máximo permisible de las baterías mientras se alimenta a los distintos sistemas.

  Es conveniente que todo este equipamiento pueda funcionar correctamente con variaciones de la tensión de la línea hasta un 20% del valor nominal. También se deberá tener en cuenta el **máximo nivel de ruido** provocado por el sistema rectificador/cargador.

Enlaces troncales a la red pública o a otras centrales de la red privada 9.6.2.7

Las centrales privadas se pueden conectar por medio de vínculos individuales o troncales. Siempre que por la capacidad y la disposición de la red pública lo permitan, las centrales privadas deben conectarse a través de vínculos troncales.

El uso de **anillos urbanos**, que funcionan a muy alta velocidad, diseñados con fibras ópticas y usando los métodos de multiplexación correspondientes a la **Jerarquía Digital Sincrónica** (SDH), han permitido a las empresas que prestan el servicio telefónico público proveer vínculos multiplexados de velocidades importantes. Estos vínculos empiezan en las empresas que corresponden a la formación de los llamados **Grupos Básicos**, y pueden alcanzar velocidades medias y altas, incluyendo en cada uno de ellos, un importante número de canales de 64 000 bps ó 56 000 bps, según la tecnología usada.

Facilidades que pueden prestar las centrales privadas 9.6.3

Las centrales privadas pueden prestar, entre otras, las siguientes facilidades:

- Facilitar la conexión de terminales de datos que respondan a las interfases V.24 (y complementarias), X.21 (protocolo del nivel físico, de la Interfase X.25) y V.35, según normas de la UIT-T.
- Permitir transmitir datos a la Red Telefónica Conmutada por medio de **Equipos Terminales del Circuito de Datos (modems de datos**

[1] **Uninterruptible Power Supplier** (UPS).
[2] El lapso de una hora es un valor bastante razonable en función del tamaño y costo de los equipos que cumplen esta función. Podrá haber instalaciones que requieran tiempos mayores por el tipo de servicio que se prestan.

de la Recomendación V.34, V.90 o mejores), a través de los puertos especificados internamente como analógicos.

- Permitir acceder a conexiones a **redes de transmisión de datos por conmutación de paquetes**, a velocidades de transmisión de hasta 64 Kbps sincrónicas, y no inferiores a 9600 bps asincrónicas, cumpliendo con la norma X.25 de la UIT-T.
- Posibilidad de aceptar la conexión a **líneas urbanas analógicas**, para su uso en el **Servicio Facsímil del Grupo 3**, y tráfico para **Servicios de Transmisión de Datos**, tanto entrante como saliente, preferentemente a través de un **pool** de modems que deberán cumplir con las recomendaciones de la **Serie V. de la UIT-T**.
- Enlaces digitales según recomendaciones de la UIT-T; y, simultáneamente, según las normas y protocolos definidos por los **Planes Fundamentales de Señalización** establecidos para cada país; y los necesarios para la interconexión del sistema con la red digital.
- Conexión a otras **Redes Digitales de Servicios Integrados** públicas y otras privadas.
- Sistema de **control de gastos** y de facturación de todos los abonados internos.
- Guía telefónica electrónica integrada de abonados internos, sin necesidad del uso de operadora.
- Sistema de gestión de la central.
- Utilización de servidores integrados de facsímiles. Éstos permiten manejar de forma más eficiente el tráfico de este servicio, permitiendo que los envíos que no revisten urgencia sean realizados en horas en que las tarifas sean más económicas.
- Utilización de una red de teléfonos inalámbricos. Estas redes deben formar parte del sistema integrado de comunicaciones. Se utilizan para facilitar las actividades del personal de seguridad de las empresas, o del personal de dirección, cuando se desplaza dentro de la organización por lugares sin extensiones internas.
- Facilitar la conexión con concentradores y/o unidades remotas, y permitir la disposición de facilidades de selección de rutas, añadiendo y quitando prefijos, a fin de constituir un **plan de marcación único** para toda la red privada de la organización cuando ésta disponga de más de un conmutador.

9.6.4 Hiperservicios que pueden prestar las centrales privadas

Habitualmente, las centrales privadas prestan un importante conjunto de **hiperservicios** telefónicos, que dependerán del grado de sofisticación del software que opera asociado al conmutador. Por **hiperservicios** telefónicos, se entiende:

hiperservicios telefónicos | **Prestaciones que puede ejecutar un conmutador, a través de su software de operación, y que exceden las que corresponden al servicio telefónico básico.**

Actualmente, las redes públicas también suelen prestar muchos de estos hiperservicios, dada la capacidad que poseen los conmutadores digitales de estas redes. En las centrales públicas, el uso de hiperservicios es generalmente facturado de forma diferenciada a las tarifas básicas del servicio.

Los **hiperservicios** más importantes son los siguientes.

- El acceso directo a un abonado interno de la red, sin uso de operadora.
- Comunicaciones en conferencias con tres o más corresponsales; es decir, **multipuntos telefónicos**.
- Operaciones de transferencias desde un abonado interno hacia otro.
- Captura de llamadas en grupo.
- Llamadas de consulta.
- Rellamadas, sobre un abonado interno o uno externo ocupado.
- Acceso a un listado general de números abreviados preprogramados, internos y externos; y facilidad de marcación abreviada.
- Acceso a extensiones del mismo grupo mediante marcación abreviada, accediendo al listado particular de números abreviados internos y externos.
- Almacenar el último número marcado, permitiendo la rellamada, tanto interna como externa.
- Servicio de **no molestar**.
- Aviso de llamada en espera.
- Bloqueo de un equipo terminal, mediante un código personal.
- Rellamada automática, en caso de libre y ocupado.
- Solicitar automáticamente reserva de línea externa.
- Realizar repetición de marcación.
- Comunicación alternativa.
- Conformación de grupos **Jefe/Secretaria**, que cumplan funciones similares a los **equipos intercomunicadores**.
- Posibilidad de contar con teclas que permitan activar facilidades desde la pantalla o *display* del teléfono, sin recurrir a códigos.
- Visualización de mensajes en el *display*.
- Indicaciones de ayuda y estado de la línea por medio de un *display*. En particular: fecha y hora, marcación efectuada, número del usuario que llama, duración de la comunicación establecida, etc.
- Visualización de los costos de la comunicación mantenida.
- Marcación con microteléfono colgado.
- Contestación directa. Intercomunicador.
- Teclas para llamadas directas.
- Sistema de manos libres incorporado.
- Posibilidad de conectar el terminal a una **computadora personal**, pudiendo transmitir voz y datos en forma simultánea y sincrónica, hasta 64 Kbps por canal.

9.6.5 Condiciones ambientales

Las centrales privadas actuales pueden trabajar en condiciones ambientales casi normales. Sin embargo, debe señalarse que para un correcto funciona-

miento, la mayoría de los equipos requieren las siguientes condiciones ambientales:

- Temperatura: entre 15 y 40 grados centígrados.
- Humedad relativa ambiente: entre 20 y 80%.

Estos valores deben ser aceptados como los valores extremos para equipos que funcionen por convección natural y no requieran ventilación forzada dentro del sistema.

Cuando se prevén condiciones ambientales diferentes deberá adecuarse el acondicionamiento de los locales donde se instalará todo el equipamiento.

9.6.6 Capacidad de tráfico

La mayoría de las centrales privadas son del tipo **no congestionables**, o, en su defecto, de **muy alto tráfico**.

En cada adquisición, conviene especificar:

- La cantidad de extensiones que podrán tener acceso simultáneo.
- La capacidad de tráfico por extensión. Esta capacidad siempre se estima en valores no inferiores **0,8 Erlang**.

9.6.7 Procesos de registro y de determinación de costos

Las centrales privadas poseen sistemas que permiten realizar procesos de registro de las comunicaciones realizadas, y además permiten determinar los costos totales y por abonado interno.

Para ello normalmente se utilizan equipos terminales e impresoras que facilitan dichos sistemas.

- Los sistemas más desarrollados permiten el registro y la tasación de los siguientes servicios, con indicación del número discado, duración y costo de la llamada.
  - Registro y tasación de cada línea general urbana conectada a la central privada, con indicación del interno que la utilizó.
  - Registro y tasación de cada extensión interna, y por usuario, en el caso de existir códigos personales de acceso.
- La información registrada es almacenada normalmente en las siguientes condiciones:
  - Registro y tasación de cada línea general urbana y de cada extensión interna.
  - Registro por fecha, hora, duración de la llamada, extensión, número marcado y costo de la llamada.
  - Registro y tasación por grupo de troncales, de extensiones internas, de usuarios y de los centros de costo, si se establecieran.
- Generación de información sobre el uso del sistema:
  La información necesaria que se debe generar sobre el uso del sistema debe abarcar las siguientes variables, discriminadas ya sea por interno, por grupo de costos (que incluyan a varios internos), por línea urbana o por grupos de ellas conectadas a la central:

  - Duración de las llamadas.
  - Pulsos consumidos.
  - Costo de cada llamada, total mensual, o entre determinadas fechas, que se introducen de forma externa.
  - Resumen del total de llamadas diferenciadas en locales, nacionales e internacionales.
  - Informe para cada línea urbana.
    Detallando para cada llamada urbana, interurbana e internacional cursada su clasificación por fecha y hora; indicación del interno que la realizó y número marcado.
  - Informe por grupo de líneas urbanas.
    Detallando por cada interno, o por grupo de internos **organizados por centros de costos**: costo totalizado para las llamadas urbanas, interurbanas e internacionales, agrupado por interno.
- La información se obtiene normalmente a través de un terminal informático o de una impresora.
- La gestión de la tasación permite obtener informes de todos los registros.
- Los sistemas más desarrollados permiten la gestión "on-line" de las consultas de los distintos registros.
- Los datos de registro y facturación son almacenados en soportes magnéticos u ópticos removibles.

9.6.8 Gestión, Administración, Supervisión y Mantenimiento

La gestión de una red involucra la administración de sus recursos, monitoreo, control, supervisión y mantenimiento (correctivo y preventivo).

Las centrales privadas pueden disponer de subsistemas de **autodiagnóstico de fallos**, que de forma periódica y rutinaria verifican el correcto funcionamiento de sus partes.

Los sistemas de **detección de fallos** deben permitir el registro de los fallos producidos y la fecha y hora en que se produjo. El resultado de los diagnósticos se registra en listados de fallos, que se clasifican según su importancia y gravedad. Las actividades de **detección de fallos** son realizadas mediante programas de **software de aplicación**, orientados a las tareas de **gestión, administración, supervisión y mantenimiento**.

Los sistemas permiten acceder, entre otras, a la información particular de cada extensión interna que está señalada en la figura 4.41.

El terminal de gestión empleado en los subsistemas de gestión, administración, supervisión y mantenimiento tiene acceso a la lista de usuarios que conforman el sistema con todos los datos que los definan.

Los sistemas operativos de la propia central deben prever la generación de **copias de seguridad o backup** en discos, tanto del sistema operativo de la central como de los sistemas de gestión, administración, mantenimiento y de tasación.

Información de gestión para cada extensión proporcionada por una central privada

Tipo de aparato	Disponibilidad
Clase de servicio	Cada troncal
Ubicación en los distribuidores de líneas	Líneas entrantes
Si pertenece a un centro de costo	Líneas salientes
Tráfico cursado	Servicio nocturno
Línea dedicada	Por grupos de líneas generales
Línea de Marcación Directa Internacional	Por grupos de extensiones internas
Tráfico total	Por grupo de posiciones de operadora
Carga de procesadores	En cola de espera
Plan de numeración	Tabla de tarifación
Tabla de restricciones	Situación de servicio

FIGURA 9.41

9.7 Redes digitales privadas

9.7.1 Consideraciones generales

En la actualidad los problemas derivados de la necesidad de comunicaciones seguras, eficientes y económicas ha dado lugar a la organización de redes digitales privadas. El objeto de las mismas es obtener un manejo unificado de las comunicaciones de voz y datos, y de los costos previsibles en las comunicaciones internas de la organización con independencia del tráfico cursado entre sus distintas dependencias.

Por **Red Digital Privada**[1] de una organización, se entiende:

Red digital privada

Red de características privadas constituida por dos o más nodos de conmutación (con sus equipos terminales asociados), interconectados por medio de enlaces troncales, generalmente contratados a la Red Telefónica Pública Conmutada, y con acceso directo a ella a través de uno o varios de sus nodos de conmutación y, eventualmente, con acceso a usuarios remotos conectados mediante enlaces arrendados punto a punto.

Las redes digitales privadas son especialmente útiles cuando una organización funciona en varios lugares geográficos, ya sea, por ejemplo, en edificios distintos dentro de una misma ciudad o en ciudades diferentes.

9.7.2 Características particulares

Las redes privadas tienen las siguientes características particulares, que deben ser analizadas en función de los costos fijos que generan y las oportunidades que su operación brinda a la organización.

[1] Si bien las redes privadas no deben ser necesariamente digitales, se prefiere usar esta denominación con el objetivo de inducir al lector a que observe la necesidad de que cualquier red privada a construirse debería tener características digitales, por lo menos en lo que respecta a los nodos de conmutación y a sus enlaces troncales.

NUMERACIÓN ÚNICA E INDEPENDIENTE DEL NÚMERO DE NODOS QUE LA CONSTITUYEN

En estos casos es conveniente usar una numeración interna única para cada una de sus extensiones internas, con absoluta independencia de su ubicación geográfica. En muchos casos el primer dígito que identifica a una extensión es utilizado para facilitar, o bien la ubicación de la dependencia en la que se encuentra el destinatario, o bien para conocer el nodo de conmutación al que está vinculado.

La confección de la guía de extensiones y destinatarios de la organización debe ser realizada teniendo en cuenta alguna de las premisas señaladas, u otras, que faciliten la rápida ubicación del lugar físico o la dependencia con la que se desea entablar una comunicación.

COSTOS PARA SUS COMUNICACIONES INTERNAS FIJOS E INDEPENDIENTES DEL TRÁFICO CURSADO

Los costos internos serán siempre fijos e independientes del tráfico cursado. Éstos dependerán fundamentalmente del costo de los enlaces troncales que sean contratados a la **Red Soporte** que se esté utilizando, normalmente la **Red Telefónica Pública Conmutada**, o a alguna otra empresa que preste **servicios de transporte de red**, generalmente conocidas como **empresas carrier**.

Precisamente, el fenómeno de desregulación de las telecomunicaciones que se está dando en todo el mundo ha hecho que se organicen en el mundo entero empresas de este último tipo que prestan servicios de transporte de señales de datos, normalmente con vínculos interurbanos o dedicados.

SEGURIDAD Y CONFIDENCIALIDAD EN EL TRÁFICO INTERNO

Estas redes permiten establecer condiciones de seguridad y confiabilidad en el manejo de su tráfico interno.

Los aspectos referentes a la **seguridad** deben ser prestados por el personal que hace funcionar los equipos dentro de cada una de las organizaciones que administran este tipo de redes y por sus elementos de **hardware** y **software asociados**.

La **confidencialidad** estará dada en la medida en que se tomen recaudos en los vínculos troncales contratados. Así, por ejemplo, si dos nodos están unidos por un **enlace arrendado de capacidad** E1, será posible colocar en ambos extremos del enlace equipos criptográficos que aseguren una total confidencialidad en el paso de la información que es cursada a través de dicho vínculo.

COSTOS INTERURBANOS O INTERNACIONALES FIJOS

En muchos casos, las redes privadas están constituidas por varios nodos, algunos de ellos instalados en lugares que implican comunicaciones interurbanas o internacionales. El establecimiento de una red privada li-

mita esos costos al costo fijo de contratar los enlaces necesarios entre dichos puntos.

Así, la organización puede efectuar comunicaciones internas de características interurbanas o internacionales a costo fijo. En la figura 9.42 se muestra una red organizada en base a tres nodos de conmutación.

La red que se muestra en la figura podría funcionar como una red digital privada, donde dos nodos están ubicados, por ejemplo, en la ciudad de Buenos Aires, unidos por un enlace digital de capacidad E1 privado, que la organización podría haber construido usando microondas digitales.

El tercer nodo, ubicado, por ejemplo, en la ciudad de Barcelona, estaría conectado por un enlace digital de las mismas características, tomado de la **Red Soporte**, en este caso la **Red Telefónica Conmutada Internacional**.

Las comunicaciones entre un interno de cualquiera de las centrales ubicadas en la ciudad de Buenos Aires, que deseara comunicarse con otro interno situado en una central privada instalada en la ciudad de Barcelona, lo haría a través de una llamada interna.

Si el enlace internacional tuviera a la entrada de ambas centrales un equipo criptográfico, que debería ser seleccionado para la capacidad del enlace señalado, la confidencialidad de las comunicaciones sería muy alta (prácticamente totales)[1].

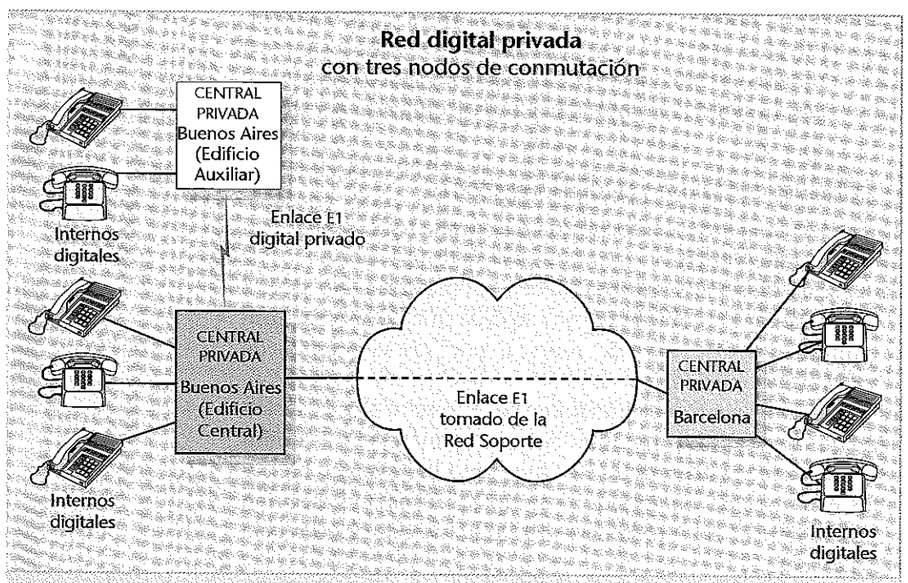


FIGURA 9.42

[1] En el caso de equipos criptográficos digitales de alta calidad, la posibilidad de interceptación requiere de computadores ultrarápidos. La venta de dichos equipos de tan alta tecnología está reservada a muy pocos países y a usuarios especiales.

Obsérvese también que la red podría estar programada para que desde cualquier teléfono interno situado en la ciudad de Barcelona se pudiese obtener tono de marcación de alguna de las centrales situadas en la ciudad de Buenos Aires y, de esta manera, establecer una comunicación internacional al costo de una llamada local de la ciudad de destino de la comunicación; en este caso, de la ciudad de Buenos Aires.

UTILIZACIÓN DE LOS ENLACES PARA EL TRÁFICO DE DATOS

Como es sabido, un enlace E1 permite disponer de 30 canales de 64 Kbps cada uno. Siguiendo el ejemplo anterior, se podrían destinar uno o dos canales de 64 Kbps para conectarlos a sendos equipos **router**, que proporcionarán conectividad de comunicación de datos a las **Redes de Área local (LAN)**, que seguramente estarán instaladas en cada uno de los edificios de la organización.

De esta manera, la red podría permitir la conexión simultánea de las redes de voz y datos en cada uno de los destinos finales.

ejemplo 9.6

Una empresa manufacturera tiene su Planta de Fabricación y su Administración Central en una ciudad, y, a su vez, tiene una Red de Oficinas de Comercialización ubicadas en diferentes ciudades. Por las características de la empresa, el tráfico entre las distintas dependencias es importante y se ha decidido construir una Red Digital Privada.
¿Cuál sería una solución basada en colocar dos centrales privadas interconectadas y enlaces arrendados con sus Oficinas de Comercialización?

La solución, sin entrar en detalles del tráfico y la determinación para cada enlace a establecer del **punto de equilibrio**, cuyas características fueron descritas en el apartado 9.1.3.2 de este capítulo, podría ser sintetizada, a modo de ejemplo global, en las siguientes consideraciones:

- Organizar una **Red Digital Privada** con dos centrales digitales privadas.
- Un enlace E1 entre ellas tomado de la **Red Soporte** mediante una línea arrendada de una capacidad de 2,048 Mbps.

  Este vínculo deberá unir ambas centrales privadas a través de la **Red Telefónica Pública Conmutada**. La primera central con la red y, a través de ella, con la segunda central.
- Un enlace para establecer una **salida única** de las dos centrales a la **Red Telefónica Pública Conmutada**, con numeración de acceso en base a un **único número**. Dicho enlace, para este ejemplo, sería de dos vínculos E1, es decir 60 canales de 64 Kbps cada uno, correspondientes a un ancho de banda de 4,096 Mbps. De los 60 canales, cuatro serán usados para unir a las Oficinas de Comercialización ubicadas en distintas ciudades, por medio de enlaces interurbanos directos a la central principal.
- En el presente ejemplo, las comunicaciones con las distintas Oficinas de Comercialización y la Administración Central, así como con la Planta de Manufactura, serán comunicaciones internas.
- Desde las Oficinas de Comercialización se podrá obtener tono local a través de la Central Privada conectada a la Red Pública; es decir, la ubicada

en la ciudad en donde se encuentra la Administración Central de la Empresa. ■

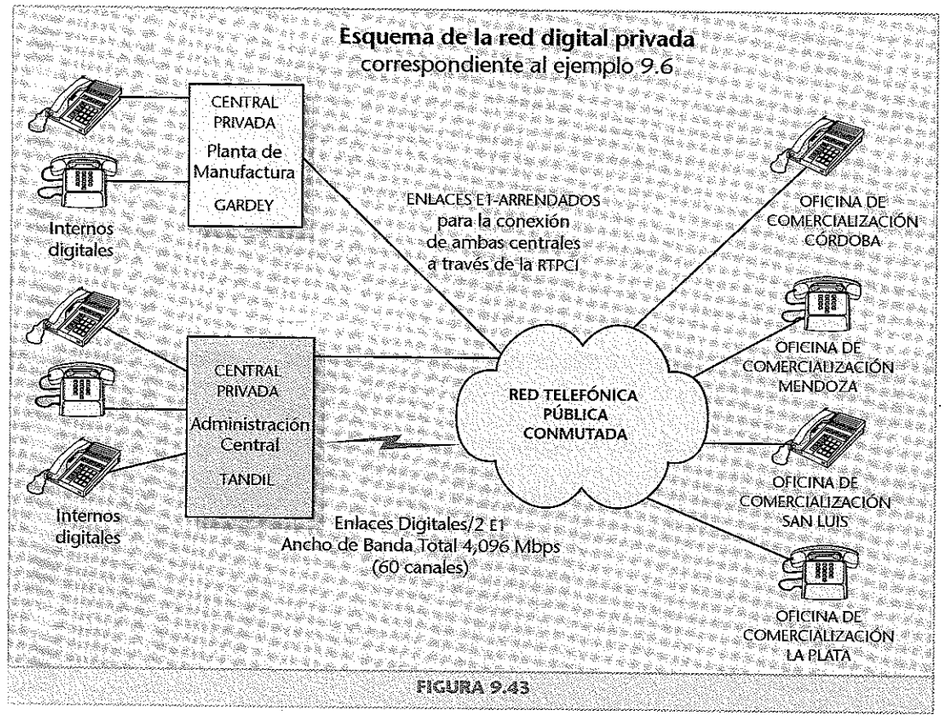


FIGURA 9.43

Ejercicios planteados del capítulo 9

A. Problemas a resolver

1. Indicar las principales diferencias entre una línea arrendada y una conmutada. ¿Qué se entiende por punto de equilibrio?
2. Representar gráficamente la topología de los enlaces multipunto en las configuraciones unión concatenada y caídas múltiples.
3. ¿Cómo se clasifican las redes telefónicas públicas teniendo en cuenta el área de cobertura geográfica?
4. ¿Cómo se clasifican las redes de computadores, teniendo en consideración el área de cobertura y la tecnología empleada para la implementación de las mismas?
5. Representar la topología de una red de comunicaciones telefónicas e indicar sus principales componentes.
6. Una red tiene 100 nodos ubicados en un área geográfica limitada y se desea comunicarlos según una topología malla regular. Calcular la cantidad total de enlaces que resultan necesarios implementar.
7. Indicar qué tipo de topología permite la transmisión en el modo difusión.
8. Dar un ejemplo de topología híbrida en la cual se combinen las topologías bus y estrella.
9. ¿Qué diferencias existen entre las topologías lógica y física? Citar ejemplos.
10. Indicar la señal de señalización que se genera en una red telefónica basada en la técnica de transmisión de pulsos cuando se marca el número 624 1111.
11. Resuelva el ejemplo anterior pero utilizando señalización por tonos.
12. Defina las características principales de los facsímiles del grupo III y compárelas con los equipos del grupo IV.
13. ¿Cuáles son los medios físicos más utilizados en la red telefónica y en qué parte de la red se emplean más frecuentemente?
14. Describa las cuatro etapas de digitalización de la red telefónica e indique las características principales de cada una de ellas.
15. Dibuje un esquema que represente la estructura básica de la red telefónica conmutada que incluya enlaces internacionales. ¿Qué tipo de topología se utiliza?
16. Describir el plan de numeración de la red telefónica e indicar qué números habría que marcar si se quisiera establecer una comunicación desde Buenos Aires con el abonado 336 6006 de la ciudad de Madrid, España.
17. Suponiendo que se desea transmitir datos a través de la red telefónica, indicar las diferentes posibilidades que existen, teniendo en cuenta el tipo de línea a utilizar.
18. ¿Qué diferencias existen entre un circuito a dos hilos y otro a cuatro hilos? ¿Cuál presenta mejor rendimiento para la transmisión de datos?
19. Definir qué se entiende por flujo de tráfico sobre un vínculo de comunicaciones.
20. Calcular el Flujo de Tráfico en la hora pico en un vínculo de comunicaciones T1 si se sabe que es usado en telefonía digital y que se cursa un promedio de 420 llamadas en la hora pico, con un tiempo de retención de 3 minutos. Calcular el Flujo de Tráfico por cada circuito.
21. ¿Cómo se clasifican los nodos de conmutación teniendo en cuenta el congestionamiento de los mismos? ¿En qué consiste el proceso de congestionamiento?
22. Suponiendo que se efectuaron mediciones en una Central Telefónica durante un periodo de un mes, en la hora pico, y se obtuvieron 4 llamadas perdidas de un total de 160 llamadas solicitadas, ¿de qué grado de servicio se dispone en dicha central?
23. Representar gráficamente el esquema de conexión de usuarios corporativos conectados a la red telefónica conmutada a través de centrales privadas.
24. Indicar cuáles son las especificaciones típicas para una central privada de mediana capacidad.
25. Detallar los principales hiperservicios que puede prestar una central privada e indicar qué capacidad de tráfico poseen.
26. Indicar las características particulares más importantes de las centrales privadas en lo relativo al plan de numeración y costos.
27. Construir el esquema de una red digital privada con cuatro nodos de conmutación que utiliza la red telefónica pública.

B. Temas a desarrollar por el lector

1. Investigue, en detalle, las características de la infraestructura interurbana de la red telefónica conmutada de su país.
2. Confeccione un estado de situación del estado de digitalización de la red telefónica conmutada de su país.
3. Determine la estructura de los nodos interurbanos y la topología de la red telefónica conmutada de su país y, en particular, la topología de la red urbana de la ciudad en la que vive.
4. Siguiendo la metodología del ejemplo 9.1, elija dos ciudades de su región o de su país que cursen tráfico interurbano y determine el punto de equilibrio que existe entre ellas. ■

10

Equipos de telecomunicaciones y de comunicación de datos

10.1 Multiplexores 690
10.1.1 Introducción 690
10.1.2 Definición de multiplexor 690
10.1.3 Objeto y funciones de los multiplexores 691
10.1.4 Multiplexores por división de frecuencia 692
10.1.5 Multiplexores por división de tiempo (TDM) 695
10.1.6 Comparación de las características de los sistemas FDM y TDM 697
10.1.7 Multiplexores estadísticos (STDM) 697

10.2 Concentradores 701
10.2.1 Introducción 701
10.2.2 Definición de concentrador 702
10.2.3 Concentradores de líneas 704
10.2.4 Concentrador de mensajes 704

10.3 Procesadores de comunicaciones delanteros 705
10.3.1 Introducción 705
10.3.2 Características de los procesadores de comunicaciones delanteros no programables 706
10.3.3 Características de los procesadores de comunicaciones delanteros programables 707

10.4 Modificadores del número de puertos de un computador 709
10.4.1 Puertos de un computador 709
10.4.2 Dispositivo para compartir puertos 710
10.4.3 Divisor de líneas 711

10.5 Conversores de protocolos 711
10.5.1 Definición 711
10.5.2 Conexión de equipos conversores de protocolos 712
10.5.3 Utilización de un conversor de protocolos 712

10.6 Equipos terminales 713
10.6.1 Definición 713
10.6.2 Categorías básicas de terminales 713
10.6.3 Características generales de un equipo terminal 713

10.7 Computadores personales 716
10.7.1 Aspectos generales 716
10.7.2 Placas madre o base 719
10.7.3 Microprocesador 722
10.7.4 Memoria de acceso aleatorio (RAM) 726
10.7.5 Dispositivos de almacenamiento secundario 727
10.7.6 Placas de Red 731
10.7.7 Placas o tarjetas de vídeo y monitores 732
10.7.8 Teclados 732
10.7.9 Otros periféricos 734

10.8 Nuevas tendencias: los computadores de red 734

10.9 Terminales de entrada/salida de datos especiales 736
10.9.1 Terminales de entrada 736
10.9.2 Terminales de salida 736
10.9.3 Breve descripción de algunas de sus características 736

10.10 Terminales de entrada remota de trabajos 738

10.11 Terminales sensores 739

10.12 Impresoras 739
10.12.1 Impresoras de impacto 739
10.12.2 Impresoras de no impacto 740
10.12.3 Impresoras a chorro de tinta 740
10.12.4 Impresoras láser blanco y negro 741
10.12.5 Impresoras láser color 743
10.12.6 Impresoras especiales de gran porte 743
10.12.7 Diferentes tipos de medidas de papeles para uso en impresoras 744

10.1 Multiplexores

10.1.1 Introducción

La mejor utilización del ancho de banda disponible y, por lo tanto, una **óptima racionalización** de los canales de comunicaciones, especialmente en los de banda ancha, se logra mediante las técnicas de multiplexación que han sido descritas en el capítulo 4 de esta obra.

Los equipos de comunicaciones que realizan estas tareas son precisamente los denominados **multiplexores,** que, para realizar las funciones de multiplexación y demultiplexación, utilizan tres técnicas básicas:

- Multiplexado por división de frecuencia, FDM **(Frequency Division Multiplexing)**.
- Multiplexado por división de tiempo, TDM **(Time Division Multiplexing)**.
- Multiplexado estadístico, STDM **(Statistical Time Division Multiplexing)**.

El funcionamiento de estos equipos y las ventajas y desventajas de cada una de las técnicas señaladas serán el tema del presente capítulo.

10.1.2 Definición de multiplexor

Multiplexor

Dispositivo de hardware de comunicaciones que divide, según una ley fija en el tiempo, un único canal de comunicaciones, de capacidad C, en *n* subcanales de entrada, cuya suma de velocidades no puede superar el valor de C.

Esta definición puede expresarse mediante la siguiente desigualdad

$$\boxed{C \geq \sum_{i=1}^{i=n} C_i} \qquad (10.1)$$

donde:

C = Capacidad del canal de comunicaciones.
C_i = Capacidad del canal i-ésimo.

En la desigualdad 10.1, el signo *mayor o igual que* es sólo teórico, pues en realidad el valor de C será siempre *mayor que* la suma de las capacidades individuales de los canales multiplexados porque es necesario contar con intervalos de frecuencia en los que no se transmitirá información.

En el caso de la multiplexación por división de frecuencia, será necesario contar con intervalos de frecuencia para separar unos canales de otros; o bien, en el caso de la multiplexación por división de tiempo, se deberán usar intervalos de tiempo para enviar información de control y sincronización.

En la figura 10.1 se puede observar el esquema de conexiones de dos multiplexores en un **enlace dedicado punto a punto** sobre un canal de frecuencia de voz. Si los multiplexores utilizan la técnica de **división del**

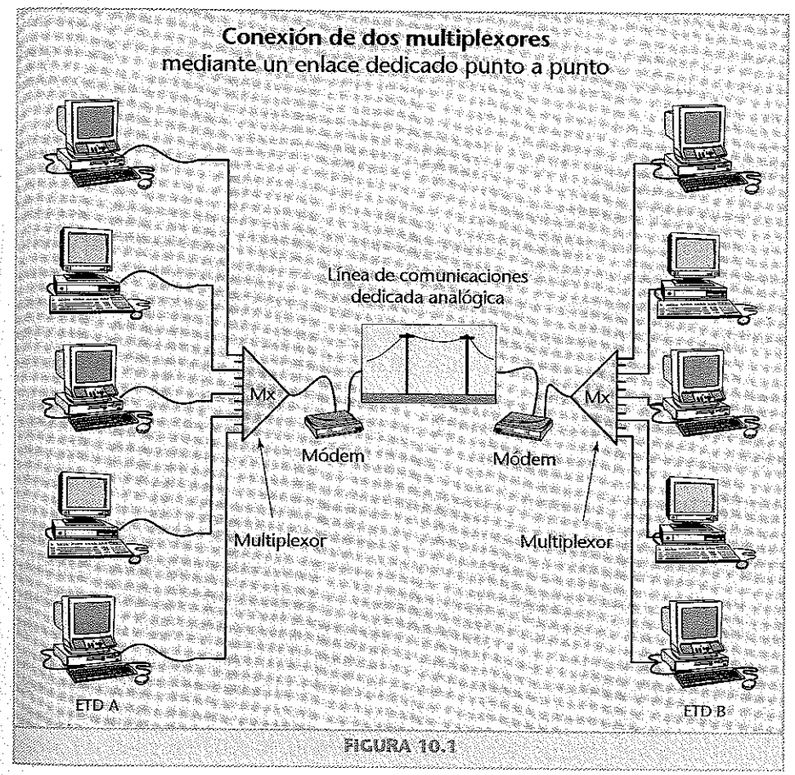


FIGURA 10.1

tiempo, será necesario el empleo de equipos módems de datos para adaptarlos a la línea analógica. En cambio, si se basan en la técnica de **división de frecuencia**, no será necesario el empleo de módem. ??

siempre E cuando los Mx también efectuen la modulación/demodulación

10.1.3 Objetivo y funciones de los multiplexores

El objetivo de los multiplexores es fundamentalmente el de utilizar un circuito de alta velocidad para transportar varias comunicaciones simultáneas de velocidad menor a fin de reducir el costo del alquiler de líneas.

Si no se dispusiera de estos equipos, se deberían utilizar varios circuitos para transportar cada comunicación que trabajara con señales de baja velocidad.

El equipo multiplexor realiza una doble función:

- Multiplexar los datos enviados por los terminales, para enviarlos a la línea.
- Demultiplexar los datos recibidos de la línea, para enviarlos a los terminales.

De este modo, cada terminal opera como si tuviese un circuito especial exclusivamente para él, cuando en realidad existe un circuito único que transportará la totalidad de las señales, sin que unas interfieran sobre las otras.

10.1.4 Multiplexores por división de frecuencia

10.1.4.1 Consideraciones generales

La técnica de multiplexación por división de frecuencia consiste en dividir el ancho de banda disponible en el canal de comunicaciones que será usado para la transmisión en varios subcanales, de manera que por cada uno de ellos se pueda enviar una señal diferente.

Los distintos subcanales deben estar separados por bandas de seguridad para disminuir la generación de ruido de intermodulación. Este tipo de multiplexores está actualmente en desuso porque es de características analógicas.

10.1.4.2 Arquitectura y características técnicas

La arquitectura de un equipo multiplexor por división de frecuencias FDM está constituida por una parte básica compartida por todos los canales, un circuito electrónico común (que en estos equipos es sencillo y económico) y dispositivos electrónicos de conexión a la línea para cada canal.

En la figura 10.2 se muestra la arquitectura general de un multiplexor por división de frecuencia. Estos dispositivos se construyen físicamente,

Arquitectura de los multiplexores FDM

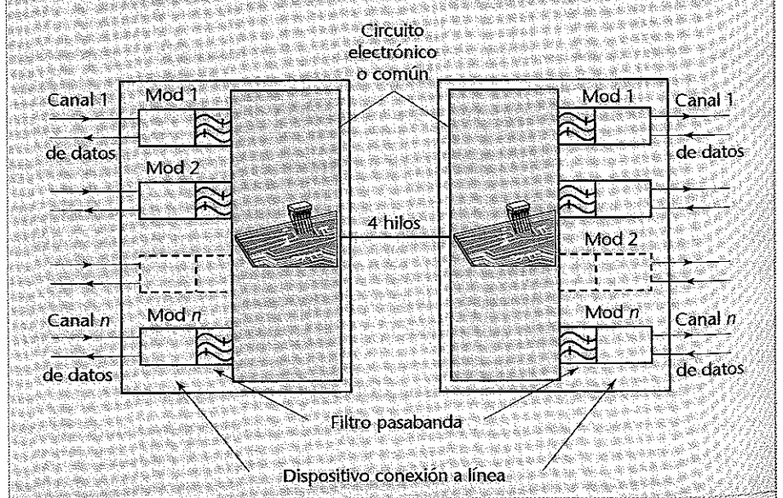


FIGURA 10.2

en la mayoría de los casos, con una sola tarjeta por subcanal que contiene los siguientes elementos:

- La interfase V.24.
- El módem para cada subcanal.
- Los filtros pasa banda, sintonizados a la frecuencia central de cada subcanal.

Sólo se instalan en cada multiplexor las tarjetas de los subcanales en servicio; para ampliar el sistema basta agregar nuevas tarjetas.

El circuito electrónico común, conocido también como **hardware de multiplexado**, MUX o DEMUX, realiza las funciones propias del multiplexado y también asegura la adaptación eléctrica con la línea o canal de alta velocidad.

Por otro lado, los dispositivos electrónicos de conexión a la línea transforman en señales analógicas de diferentes frecuencias la señal binaria recibida en cada subcanal, y todo ello dependiendo de si se ha recibido un **uno** o un **cero**.

En la figura 10.3 se muestra las características técnicas de un multiplexor por división de frecuencia usado para la transmisión de señales digitales a través de canales analógicos. En esta figura se puede observar las características técnicas de cada Recomendación de la UIT-T.

Los equipos multiplexores por división de frecuencia utilizan generalmente la transmisión dúplex a cuatro hilos. En algunos casos, se emplean conexiones dúplex a dos hilos, casos en los que se deben implementar dos subcanales de frecuencia para configurar un canal dúplex de transmisión. En la figura 10.4 se muestra la distribución en frecuencia de los distintos subcanales usados en un multiplexor de estas características.

En la figura 10.5 se muestra la disposición de un multiplexor por división de frecuencia que opera sobre cuatro subcanales digitales para multi-

Características técnicas de los multiplexores por división de frecuencia de señales digitales

Recomendación del CCITT	Velocidad por canal		Número de subcanales	Excursión de frecuencia Δf	Eficacia	Velocidad equivalente del canal compuesto
	Modulación en baudios	Binaria bps	N°	Hz	%	bps
R 35	50	75	24	30	26	1800
R 37	110	150	12	60	20	1800
R 38A	200	300	6	120	20	1800

FIGURA 10.3

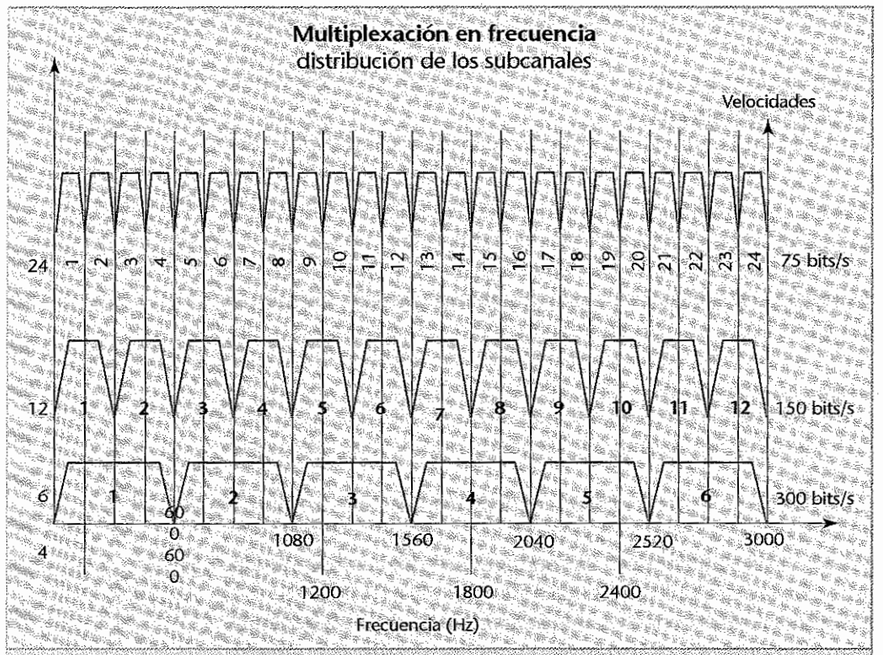


FIGURA 10.4

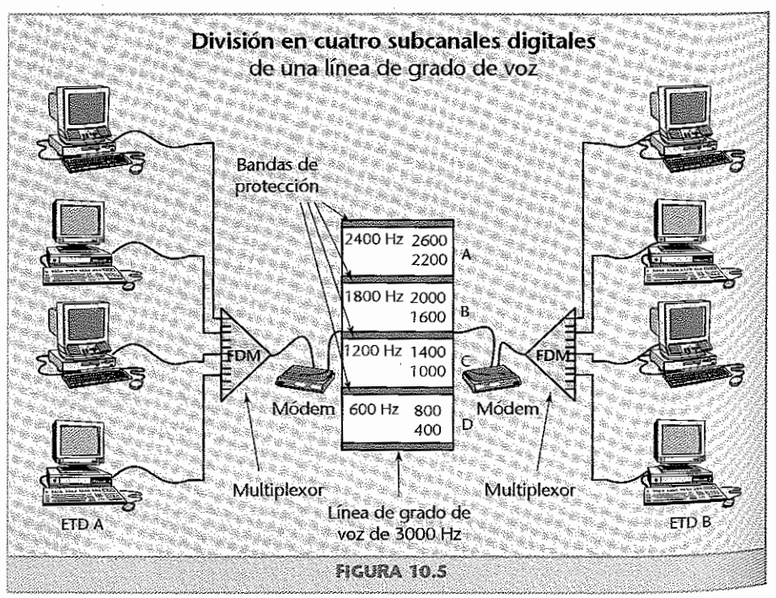


FIGURA 10.5

plexarlos y convertir sus señales en analógicas, de forma que puedan ser transmitidas por un canal de frecuencia de voz.

Los equipos módem están generalmente incorporados al equipo multiplexor e integrados con él, aunque en la figura se los haya dibujado como equipos distintos.

Ventajas y desventajas más importantes 10.1.4.3

Entre las ventajas y desventajas más importantes de esta tecnología se pueden citar:

- El sistema FDM no reduce el número de puertos de entrada al computador. Se necesitan tantos puertos como terminales se quieran conectar. ??
- La capacidad de utilización del canal de frecuencia de voz es pequeña: 1800 bps. El rendimiento que se puede obtener usando esta técnica es de aproximadamente 1 bps cada 1,5 Hz. De ahí que el ancho de banda necesario para cada canal depende de la velocidad que se quiere obtener. esto es simplemente Shannon!
- En ciertas configuraciones de teleproceso, cuando se necesita un número limitado de canales de baja velocidad, la simplicidad de los sistemas FDM puede dar un precio menor por canal, comparado con otras tecnologías. Una de las razones por las que esto es así, es que no se requieren modems entre los dos FDM, ya que estos multiplexores hacen por sí mismos la conversión digital/analógica necesaria para poder usar un canal con frecuencia de voz.
- No es necesario que todos los subcanales terminen en el mismo punto físico. El multiplexor de tecnología FDM, cuando se conecta en redes de puntos de caída múltiples, permite dejar cada subcanal en cada estación de operación y continúa con las frecuencias restantes, hasta las estaciones más remotas. también para los digitales! modulos dmp-OUT (TAD-645)

Multiplexores por división de tiempo (TDM) 10.1.5

Consideraciones Generales 10.1.5.1

La técnica de multiplexación por división de tiempo consiste en dividir el tiempo de transmisión de una secuencia de datos, transmitida por un único canal de comunicaciones, en subcanales de comunicaciones independientes entre sí, donde a cada subcanal se le asigna un segmento de dicho tiempo.

Usando un canal de transmisión se crean **ranuras de tiempo** o señales de entrada, que el multiplexor adjudica a cada uno de los subcanales, de una manera determinada. Este tipo de multiplexores está actualmente en uso, porque es de características digitales.

Arquitectura y características técnicas 10.1.5.2

La arquitectura de un multiplexor TDM se puede descomponer en las siguientes unidades, que son descritas en la figura 10.6.

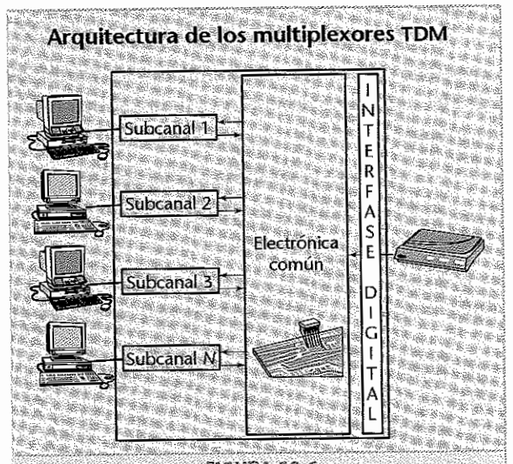


FIGURA 10.6

- Una interfase digital de unión al módem, si el vínculo al que se conectará es analógico.
- Un sector común a todos los canales que se encarga, entre otras, de las siguientes funciones:
  - Armado y desarmado de tramas.
  - Control de tiempos y sincronismo.
  - Funciones correspondientes a la electrónica común del equipo (conmutadores electrónicos, fuentes, etc.).
- Tarjetas de canal, a razón de una por terminal conectada al multiplexor y cuyas funciones más importantes son:
  - Almacenamiento de señales (bits o bytes).
  - Serialización o deserialización de cada carácter.
  - Interfase con el terminal.

Cada uno de dichos subcanales de comunicaciones recibe la señal de datos de un equipo terminal de datos diferente (A, B, C, etc.), y se arma una **trama** con todos los datos aportados por los diferentes subcanales.

El tamaño de cada trama se puede medir en función del tiempo y su dimensión dependerá de la velocidad del canal que se use.

Cada trama, después de recorrer el circuito correspondiente, se separa nuevamente para que cada equipo terminal de datos, en el otro extremo del enlace (A, B, C, etc.), reciba la señal de datos de su equipo corresponsal.

En los multiplexores por división de tiempo, un conmutador rotativo electrónico del transmisor toma secuencialmente muestras de cada señal, correspondiente a cada subcanal. En el receptor existe otro conmutador rotativo similar, sincronizado con el del transmisor.

Ventajas y desventajas más importantes 10.1.5.3

Entre las ventajas y desventajas más importantes de esta tecnología se pueden citar:

- Los multiplexores TDM tienen mayor eficacia que los FDM, especialmente sobre canales telefónicos y para un gran número de terminales.
- Permite combinar terminales de distintas velocidades y de diferentes modelos.
- Son menos aptos en redes de larga distancia, donde cada terminal está ubicado en un lugar geográficamente distinto. Esto es así porque la electrónica de cada multiplexor debe ser prácticamente la misma, con independencia del número de terminales que maneje en un punto dado.
- Son transparentes para los equipos terminales de datos (ETD).
- La desventaja más importante en estos equipos es que ambos deben mantener un estricto sincronismo para poder recuperar adecuadamente las señales en cada subcanal.

Comparación de las características de los sistemas FDM y TDM 10.1.6

Si bien, actualmente sólo se instalan multiplexores TDM, como ya se dijo, se pueden hacer algunas comparaciones entre ambas tecnologías. En la figura 10.7 se indican esquemáticamente las características de los multiplexores FDM y TDM.

Multiplexores estadísticos (STDM) 10.1.7

Introducción 10.1.7.1

Los multiplexores estadísticos, conocidos como **Statistical Time Division Multiplexing** (STDM), son una variante de los **Multiplexores por División de Tiempo** (TDM), que tratan de aprovechar los tiempos muertos de transmisión de las líneas de comunicaciones.

El multiplexor por división de tiempo (TDM) desperdicia tiempo de transmisión cuando algún terminal está inactivo, pues esa parte de la trama está vacía de información. Este inconveniente es resuelto eficazmente por los multiplexores estadísticos, dado que en los tiempos libres de transmisión por inactividad de algún terminal, envía los caracteres de otros terminales que sí se encuentran activos.

Si bien la teoría de los procedimientos que permitían efectuar esta multiplexación se conocía desde hace tiempo, no se pudo producir este tipo de equipos hasta la aparición en el mercado del microprocesador. Es por ello que también son denominados **multiplexores inteligentes**.

La capacidad de procesamiento de estos equipos les permite ejecutar una cantidad importante de funciones adicionales. También se suele denominar **multiplexores asíncronos**, pues van asignando los espacios de tiempo disponibles en las tramas en **función a la demanda** y en forma **dinámica**.

Comparación de características
Multiplexores FDM y TDM

MULTIPLEXORES	
SISTEMA FDM	SISTEMA TDM
Sobre canales telefónicos de 3 kHz de ancho de banda	
Se puede alcanzar una velocidad total de hasta 1800 bps	Se puede alcanzar una velocidad total de hasta 28800 bps
Es eficiente cuando multiplexa a velocidades de modulación	
Hasta de 300 baudios	Más de 300 baudios
Tecnología y costo	
Más simples y menos costosos, en especial hasta 12 terminales	Más complejos tecnológicamente y más caros, en particular cuando se trabaja con menos de 12 terminales
Calidad del servicio que brindan	
Puede variar de un canal a otro a causa del estado del canal que se usa	Es uniforme en todos los canales, pues usan todo el ancho de banda disponible
Los fallos del equipamiento, si existen, afectan al servicio	
En la mayoría de los casos a uno o varios canales, pero no a todo el equipo	Los fallos afectan a todos los canales, dado que todos ellos están interrelacionados
Los equipos módem	
Están incorporados en las funciones del mismo multiplexor (por lo tanto no necesita de ellos)	Necesita equipos módem que trabajen a altas velocidades de transmisión
Ubicación geográfica de las terminales	
Ideal para interconectar terminales ubicados en varias ciudades	Es muy eficiente cuando todos los equipos terminales están en una única ciudad
Compatibilidad entre distintas marcas	
Existe total compatibilidad entre distintos fabricantes	No existe compatibilidad porque la sincronización no es estándar
Los terminales que se pueden conectar	
Deben ser solamente sincrónicos	Acepta todo tipo de terminales sincrónicos y asincrónicos
Diagnóstico de fallos	
Poseen muy pocas facilidades para el audiodiagnóstico y la detección de fallos	Tiene facilidades para la detección de fallos y permite el autodiagnóstico
Ancho de banda del canal telefónico	
No puede usar todo el ancho de banda del canal debido a la necesidad de establecer las bandas de seguridad	Usa todo el ancho de banda del canal telefónico
Evolución futura de estos equipos	
Escasa. Se pueden esperar sólo mejoras en la calidad de transmisión	Muy importante. En especial en lo que respecta a prestaciones y funciones básicas

FIGURA 10.7

Funcionamiento de los multiplexores estadísticos 10.1.7.2

El nombre de este tipo de equipos está relacionado con su funcionamiento. Precisamente, se denominan **estadísticos** porque asignan a los terminales un **régimen de tiempo** de transmisión según una **base estadística**, y no, como en el caso de los **multiplexores por división de tiempo**, de igual valor temporal para cada equipo terminal. Esa base estadística se determina en función de la actividad que en cada momento tienen los equipos terminales.

Este equipo, como cualquier otro multiplexor, está conectado, por un lado, a la línea de comunicaciones que quedará multiplexada, y, por el otro, a un número n de líneas con las que el multiplexor se conectará con cada uno de los equipos terminales a los que presta sus servicios. Estas últimas líneas se conectan a través de una interfase digital serie al multiplexor, en cuya entrada cada una de ellas tendrá asociada una memoria **buffer**.

Si denominamos "s" al número de ranuras de tiempo que el multiplexor estadístico tiene en la trama que enviará a su corresponsal, se observará que siempre resultará $s < n$; es decir, que si todos los equipos terminales quisieran enviar simultáneamente datos, algunos deberán quedar en espera. El procedimiento de funcionamiento es el siguiente:

- Los equipos terminales, cuando desean enviar datos, deben almacenarlos en memorias **buffer** correspondientes a cada uno de ellos, ubicadas en el multiplexor.
- El multiplexor, para armar la trama que enviará a su equipo corresponsal, sondea las memorias **buffer** y arma la trama con los datos almacenados en ellas.
- Si la cantidad de memorias con datos a enviar fuese menor que el número de ranuras en la trama, todos los datos que están en ellas serían transmitidos. Si la cantidad en memorias fuera mayor que el número de ranuras, tomaría los datos de ellas hasta que la trama estuviera completa, y el resto quedaría para armar la siguiente trama.

La velocidad de la trama que saldrá del multiplexor será **mayor** que la de cada equipo terminal conectado a él; pero si se compara con la suma de todas las velocidades de los equipos terminales, entonces resultará **menor**.

La eficiencia de estos equipos se basa en que no todos los equipos terminales transmitirán al mismo tiempo y, por lo tanto, no habrá tiempos muertos de transmisión durante las pausas que aquellos necesariamente realizan.

En los multiplexores por división de tiempo, las tramas son rígidas y siempre iguales, y se asignan segmentos de tiempo de transmisión a cada terminal en todas las tramas, aunque no haya actividad en alguna de ellas.

En los multiplexores estadísticos se pueden aprovechar todos los segmentos de transmisión y, además, se obtiene una reducción apreciable del número de caracteres de sincronismo a través de la utilización de tramas suficientemente largas (hasta varias veces las tramas convencionales de un multiplexor por división de tiempo).

Como ya se comentó, los multiplexores estadísticos también se denominan **multiplexores asincrónicos** (ATDM), debido a que las tramas se envían a la línea de transmisión asincrónicamente, en lugar de enviarse con una periodicidad fija, como en el caso de los multiplexores por división de tiempo.

No obstante, no debe confundirse el hecho de que las tramas se envíen en cualquier instante con un tipo de transmisión a nivel de bits, transmisión que debe ser necesariamente sincrónica.

10.1.7.3 Eficiencia de los multiplexores estadísticos

La **eficiencia de un multiplexor estadístico**, se define como sigue:

Eficiencia de un multiplexor estadístico

Número máximo de terminales que se pueden conectar a un multiplexor estadístico, para una actividad de transmisión dada, sin ocasionar pérdidas de información.

En la figura 10.8 se representan gráficamente las curvas para diferentes porcentajes de errores; se puede determinar la actividad del canal en función del número de canales multiplexados.

Es importante destacar que al incrementarse la probabilidad de error en una línea, el tiempo requerido para la transmisión aumenta debido a que se incrementa el número de retransmisiones por la existencia de bloques erróneos.

10.1.7.4 Características de los multiplexores estadísticos

Estos equipos multiplexores presentan una gran flexibilidad de operación, funciones adicionales e importantes ventajas.

Estas características se deben a que en sus diseños se utilizan microprocesadores que les proporcionan la capacidad de incluir funciones adicionales muy difíciles de conseguir de otro modo.

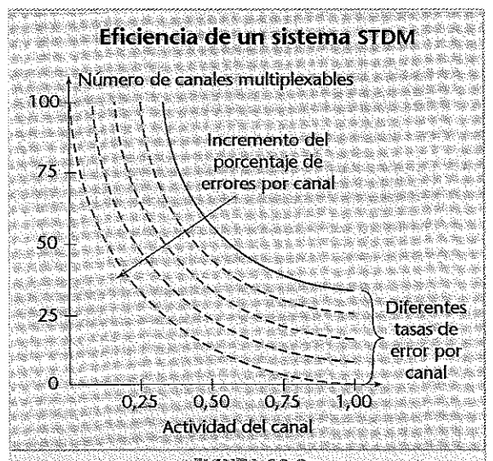


FIGURA 10.8

Las características más sobresalientes son:

- Optimización de la línea de transmisión.
  Esta característica es común a todos los multiplexores por división de tiempo, sean o no estadísticos.
- Detección de errores y corrección por retransmisión.
- Utilización de códigos especiales.
  Por ejemplo, el denominado **Código de Huffman**, usado en equipos facsímiles, que emplea técnicas de compresión de datos con el fin de aumentar la eficiencia de transmisión.
- Transparencia.
  Esta característica, básica de todos los multiplexores estadísticos, consiste en la independencia total del software de comunicaciones de los terminales respecto al multiplexor.
- Detección automática de la velocidad del terminal.
  Esto es de mucha utilidad para el acceso de los terminales al multiplexor, a través de la red telefónica conmutada.
- Conversión de protocolos.
  Permite adaptar un terminal a un computador con diferentes protocolos de comunicaciones.
- Sondeo de terminales[1], con la finalidad de determinar la necesidad o no de comunicarse.
- Jerarquización de los terminales que permite establecer un orden de prioridades en el momento de producirse saturación en las comunicaciones.
- Posibilidad de armar bucles automáticos y diagnósticos de fallos mediante el envío de secuencias de prueba prefijadas.
- Emisión de informes escritos en una impresora acoplada a una salida auxiliar para tasaciones, estadísticas, etc.

Concentradores 10.2

Introducción 10.2.1

El elevado costo de los enlaces de comunicaciones lleva a estudiar técnicas especiales que busquen optimizar el uso de los vínculos. En algunos casos, esta condición de bajar sensiblemente los costos de operación puede disminuir la calidad del servicio que se brinda. La finalidad de los equipos concentradores va de acuerdo a este objetivo.

En muchos casos, cuando existe una fuerte demanda en un punto geográfico determinado y la frecuencia de operación de los equipos terminales lo permite, es posible que **un canal de comunicaciones sea compartido** por un conjunto de éstos.

[1] En inglés se conoce por la expresión **polling**.

El ancho de banda total del canal de salida para todos los equipos terminales conectados a él será entonces menor que la suma de los anchos de banda de cada uno de los equipos terminales conectados al concentrador. La diferencia entre uno y otro valor es el **ahorro** que se obtiene mediante el uso de los concentradores.

Siempre existirá la posibilidad de que el ancho de banda requerido por los equipos terminales, en un momento dado del tiempo, sea mayor que el disponible; en ese caso, algunos equipos no podrán iniciar su comunicación y recibirán en consecuencia, una señal de **canal ocupado**. Esa será, en algunas ocasiones, la consecuencia que se deberá pagar para obtener el ahorro deseado en comunicaciones.

10.2.2 Definición de concentrador

Concentrador — **Dispositivo de hardware de comunicaciones que reparte, según una ley fija en el tiempo, un único canal de comunicaciones de capacidad C_c, en *n* subcanales de entrada, cuya suma de velocidades es siempre mayor que el valor de C_c.**

Esta definición puede expresarse mediante la siguiente desigualdad

$$\boxed{C_c < \sum_{i=1}^{i=n} C_i} \qquad (10.2)$$

donde:

C_c = Capacidad del canal de comunicaciones.
C_i = Capacidad del canal enésimo.

Se puede observar que cuanto menor sea el primer miembro de la desigualdad 10.2, **mayor** será **el ahorro** que se obtendrá, aunque también resultará **menor la calidad de servicio** del sistema.

Conociendo la frecuencia de operación de los equipos conectados al concentrador, se puede determinar un valor de compromiso que, sin disminuir la calidad del servicio, permita un ahorro importante en el esquema de comunicaciones.

No son transparentes

Ver pág. 764 !!

Los concentradores son transparentes tanto en lo que respecta a los datos que encauzan como con los códigos y procedimientos utilizados por los equipos terminales que vincula.

La técnica usada en el diseño de concentradores se basa en la idea de ahorrar costos en el uso de circuitos de transmisión, **empleando los recursos con más eficiencia**. De esta forma, se pueden operar varios canales de comunicaciones usando un número menor de circuitos de transmisión.

Un concentrador también puede definirse como sigue:

Concentrador — **Dispositivo que permite a un cierto número de equipos informáticos de entrada compartir dinámicamente los canales de salida según el valor de demanda de tráfico existente en el sistema.**

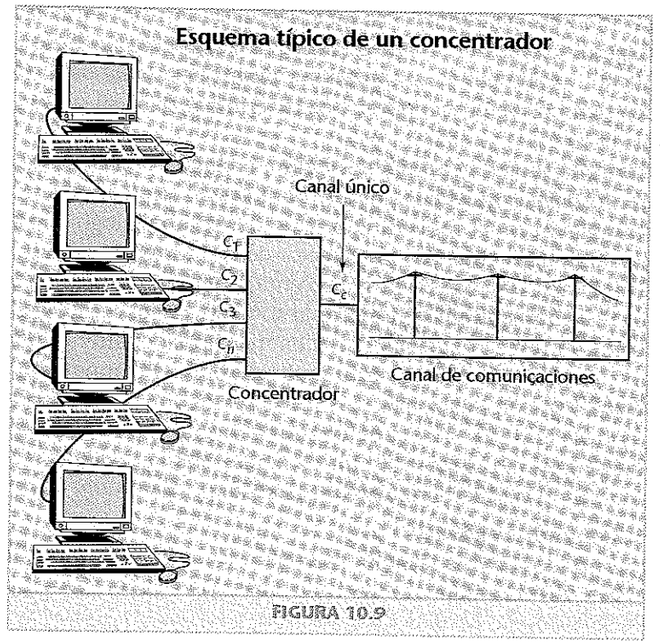


FIGURA 10.9

En la figura 10.9 se muestra el esquema de un concentrador. Puede suceder que las velocidades instantáneas de entrada sean mayores que las de salida. Cuando esto sucede, la información que no puede ser cursada, se almacena en **memorias intermedias**, formándose así **colas de espera**. Esta situación podría llegar a generar ciertos retrasos, mientras se mantiene la situación descrita.

Este caso es muy difícil que se dé si el equipo concentrador está bien dimensionado; y el problema que se presenta es que la **capacidad total de entrada** exceda la **capacidad de salida**.

En la figura 10.10 se indican las conexiones de un concentrador. Asimismo, se puede apreciar que en estos casos desaparece la necesidad de otro equipo en el extremo opuesto, como ocurría en el caso de los multiplexores, donde obligatoriamente debía existir un par de equipos, uno multiplexor y otro demultiplexor.

En el proceso de concentración existe **contienda**, que se produce entre todos los terminales que intentan transmitir por los canales de salida disponibles. ??

Debe señalarse que el ahorro en las comunicaciones se produce porque la **velocidad de transmisión de salida** del concentrador es menor que la suma de todas las velocidades de los equipos terminales y, por lo tanto, la **capacidad de los vínculos de salida** es menor que si se tomara como referencia la suma de las capacidades de todos los terminales del sistema.

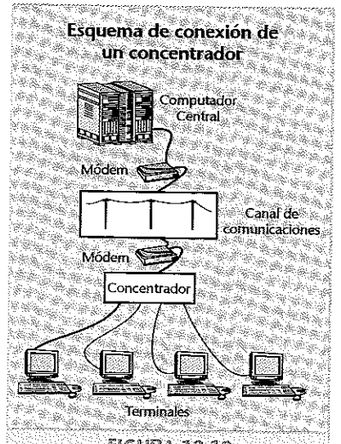


FIGURA 10.10

Como ya se ha mencionado, la multiplexación requiere una pareja de equipos, pero tiene la ventaja de ofrecer una **transparencia total** respecto al software usado en el computador y en los terminales. Además, no introduce tiempos de espera porque cada terminal tiene su propio canal para transmitir.

Los concentradores, como ya se expresó, incluyen capacidad de **almacenamiento transitorio de los datos**, por lo tanto, los equipos terminales se comunican con el concentrador y no tienen un diálogo directo con el computador, que actuará como colector de la información a transmitir.

De esta forma desaparece la gran ventaja de los multiplexores, que consiste en su **transparencia** respecto al software de los terminales y del computador. Al respecto, y como ya se ha mencionado anteriormente en el presente capítulo, cuando se usan multiplexores, el computador dialoga directamente con sus terminales, como si no hubiera ningún otro equipo entre ellos. Esto no ocurre con los concentradores, los cuales no son transparentes ni para los terminales ni para el computador.

Existen dos tipos diferentes de concentrador:

- Concentrador de líneas.
- Concentrador de mensajes.

10.2.3 Concentradores de líneas

Este tipo de concentrador se define de la siguiente manera:

Concentrador de líneas | **Dispositivo que permite a un cierto número de canales de entrada compartir dinámicamente un número menor de canales de salida.**

En la figura 10.11 se representa gráficamente el conexionado de un concentrador de líneas.

Cada terminal intenta acceder al computador a través de una de las puertas de entrada. Si existe alguna disponible, el concentrador se la asigna; en caso contrario, deberá esperar su turno según la cola de espera, que a tal efecto establece el concentrador.

Actualmente, estos equipos permiten conectar diferentes clases de líneas de entradas y salidas, adaptando convenientemente las velocidades, códigos y procedimientos.

10.2.4 Concentrador de mensajes

Este tipo de concentradores se define como sigue:

Concentrador de mensajes | **Dispositivo que concentra los mensajes provenientes de varias fuentes (terminales), en un único circuito que tiene una densidad de mensajes mucho mayor que la correspondiente a cada fuente tomada de forma individual.**

En la figura 10.12 se muestra el esquema de un concentrador por conmutación de mensajes. Es importante destacar que los circuitos de co-

nexión con los terminales en este tipo de equipos son de baja densidad de mensajes, mientras que el que se comunica con el computador es de alta capacidad y, además, de elevada densidad de mensajes.

10.3 Procesadores de comunicaciones delanteros

10.3.1 Introducción

En los sistemas distribuidos, donde un computador central puede tener conectado un gran número de equipos terminales, se presentan simultáneamente los siguientes problemas, que deben ser resueltos por el procesador central:

- El procesamiento de los datos de la aplicación que ejecuta dicho procesador.
- Manejo de las comunicaciones de datos entre el procesador y los equipos terminales conectados al mismo.

Algunos computadores, denominados de **configuración aislada**, están especialmente diseñados para manejar ambos problemas de forma simultánea y, por lo tanto, pueden trabajar con ambos procesos en tiempo real.

En estos casos, el hardware necesario para manejar simultáneamente los programas de procesamiento de datos y las comunicaciones está incorporado al equipo, según se observa en la figura 10.13. El computador central

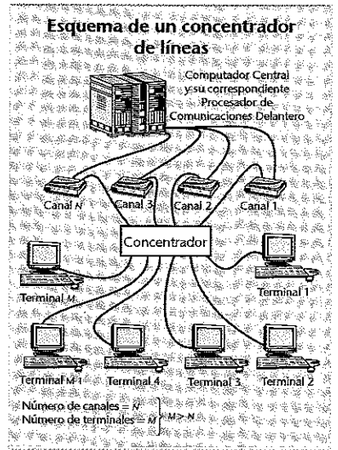


FIGURA 10.11

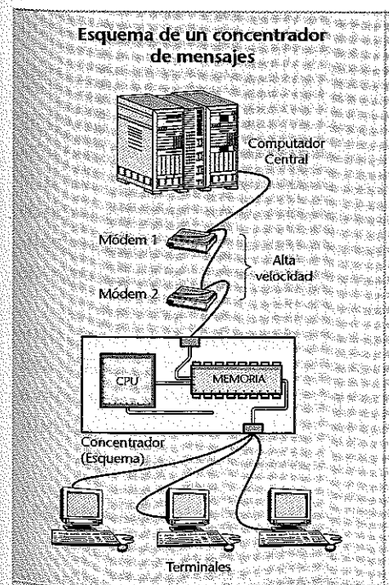


FIGURA 10.12

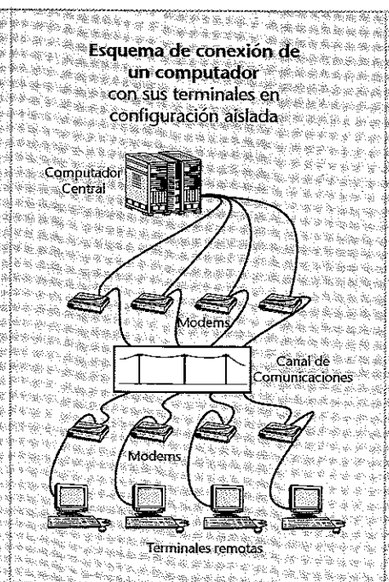


FIGURA 10.13

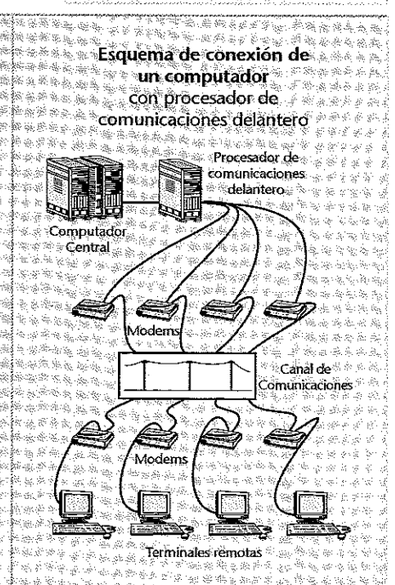


FIGURA 10.14

deberá tener la posibilidad de operar con todos los protocolos de comunicaciones necesarios para mantener el enlace con los equipos terminales.

Estos equipos informáticos se emplean en aplicaciones donde se asigna mayor énfasis a las comunicaciones que al procesamiento de datos; así, se suelen usar en el control de procesos industriales, consultas a bases de datos, control de inventarios, etc.

Otros computadores, denominados de **configuración delantera**, tienen las funciones de procesamiento de datos y de comunicaciones separadas.

Precisamente, se llaman así porque poseen un equipamiento auxiliar denominado **procesador de comunicaciones delantero**, con el que trabajan en línea y en tiempo real.

En la figura 10.14 se detalla el esquema de un computador con procesador de comunicaciones delantero, trabajando en una red mixta, local y remota a la vez, con procesamiento distribuido.

En los sistemas organizados de esta manera existe una clara diferencia entre el procesamiento de datos por un lado y el manejo de las comunicaciones por el otro. El computador estará así capacitado para procesar simultáneamente procesos por lotes y atender un gran número de terminales que realizan procesos en línea.

Los procesadores de comunicaciones delanteros pueden ser de dos tipos diferentes:

- **No programables o no inteligentes**
- **Programables o inteligentes**

Los primeros son de diseño sencillo y muy aptos cuando las aplicaciones que deben ser procesadas no requieren una gran flexibilidad de operación del equipo, por su carácter repetitivo.

Los procesadores **no programables o no inteligentes**, son convenientes cuando las comunicaciones de datos son siempre las mismas y no se requieren modificaciones, sean éstas de **encaminamiento**, de trabajo con **distintos protocolos de comunicaciones** o con equipos terminales que trabajan a **distintas velocidades**. Consecuentemente, son **muy poco flexibles** y no aptos en los casos en que el computador central debe realizar trabajos de tipo muy variado y con diferentes equipos terminales de datos.

Por el contrario, los procesadores de comunicaciones delanteros **programables** pueden manejar todas las funciones de entrada y salida del computador y, además, algún tipo de procesamiento específico relativo a las comunicaciones. Estas características les confieren una gran flexibilidad ante las diferentes situaciones que se le puedan presentar.

10.3.2 Características de los procesadores de comunicaciones delanteros no programables

Estos equipos se conocen también como unidades de control de comunicaciones o como controladores de comunicaciones.

Su misión es la de controlar la transmisión de datos entre el computador central y los equipos periféricos remotos. Están capacitados para realizar la máxima cantidad posible de funciones relacionadas con las comunicaciones, con el fin de que la unidad central de proceso del equipo principal tenga una carga de trabajo menor.

Los fabricantes de grandes computadores, ante la aparición de gran cantidad de equipos de pequeño porte y de diferentes características técnicas, han optado definitivamente por los modelos programables en razón de su mayor flexibilidad. Sin embargo, en muchos casos y para operaciones determinadas, los equipos **no programables** resultan más rápidos que los programables, siendo ésta su característica más importante.

10.3.3 Características de los procesadores de comunicaciones delanteros programables

10.3.3.1 Características generales

Los procesadores de comunicaciones delanteros programables son **computadores para propósitos especiales**, en muchos casos minicomputadores, que se pueden comprar con diversas opciones según las necesidades del usuario.

Por ser programables, estos equipos son mucho más poderosos que los no programables pues ofrecen un conjunto de facilidades muy amplio y, además, pueden adecuarse fácilmente a los cambios que sea necesario introducir en la configuración de cualquier sistema.

En los casos en que se use un minicomputador como procesador de comunicaciones programable, es posible conectarle periféricos que mejoren su rendimiento, o que permitan algún tipo de impresión de datos, que en general se usan para el control de las comunicaciones.

En la figura 10.15 se muestra el esquema de un computador de comunicaciones delantero programable.

10.3.3.2 Características particulares

Algunas de sus características particulares son las siguientes:

- Conecta al computador central desde una hasta centenares de líneas de comunicaciones. Para redes muy grandes, muchas veces se necesitan dos equipos por la cantidad de terminales conectados. En otros, se duplica para tenerlo como **back-up**.
- Actúa como interfase entre la computadora y las líneas de comunicaciones.
- Acepta todos los modos de transmisión: asincrónico, sincrónico, tanto serie como paralelo, y los adapta al modo en que opera el computador central y/o los terminales.
- Pueden cambiar un formato serie en paralelo, pues los terminales remotos trasmiten al procesador de comunicaciones en modo serie y éste al computador en modo paralelo y viceversa. Estas operaciones, como se ha visto en el capítulo 3, se conocen con el nombre de **seria-**

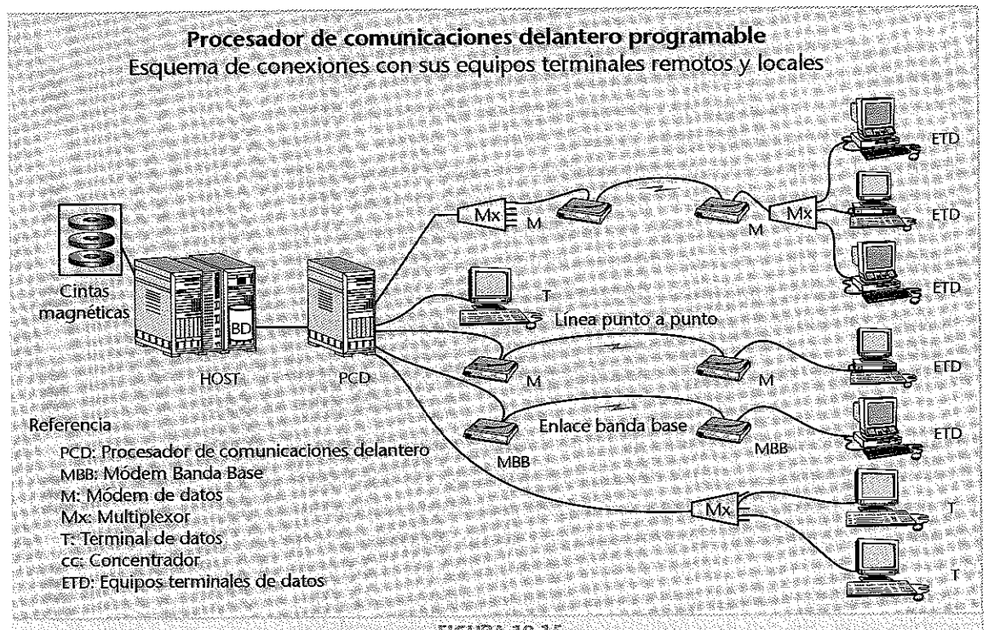


FIGURA 10.15

lización (modo paralelo al modo serie) y **deserialización** (modo serie al paralelo).

- Sondea las líneas a las que están conectados los terminales, para comprobar si tiene un mensaje para transmitir al computador o para saber si están en condiciones de recibir uno de éste.
- Como estos dispositivos son programables, se puede seguir un orden de atención de terminales fijo, o alterarlo según las necesidades (hora del día, picos de tráfico, etc.).
- Responde llamadas en forma automática provenientes de la red telefónica pública y conecta los terminales al sistema.
- Puede traducir códigos de distintos terminales para adaptarlos al código del computador y viceversa.
- Tiene la posibilidad de efectuar la conmutación de circuitos (conectar terminales entre sí).
- Puede almacenar y luego retransmitir si un terminal estuviese ocupado.
- Opera con diferentes velocidades de transmisión.
- Proporciona detección y corrección de errores.
- Ordena la retransmisión de los mensajes con errores o bien envía hasta un terminal de corrección cuando recibe mensajes con direccionamientos inexistentes, a efectos de determinar, si fuera posible, el origen de los mismos.
- Entrega al computador la información lista para ser procesada.

Para ello quita los mensajes de entrada y las claves de control, como, por ejemplo, el carácter de fin de bloque, el carácter de fin de transmisión, etc.

- Lleva el registro del tráfico de mensajes, con fines de control y seguridad (caso de pérdida de uno de ellos por **caída** del sistema).
- Direcciona grupos de usuarios.
- Asigna hora, fecha y número de serie a los mensajes y es responsable de manejar el llamado **tiempo agotado**. Esto significa que si un terminal es sondeado y éste no responde dentro de un determinado tiempo, pasa al siguiente y vuelve a él más tarde para intentarlo nuevamente.
- Puede asignar prioridades a los diferentes terminales.
- Limita la entrada y salida de mensajes cuando el computador está sobrecargado y hay posibilidades que se **caiga** el sistema, debido al intenso tráfico.
- Avisa al operador del computador de anormalidades que puedan existir y enciende alarmas remotas cuando se exceden determinados parámetros.

Modificadores del número de puertos de un computador 10.4

Puertos de un computador 10.4.1

Definición 10.4.1.1

Se denominan puertos de un computador, o simplemente por su expresión en inglés **port**, a lo siguiente:

Puertos de un computador

Circuitos de un computador, procesador de comunicaciones delantero o simplemente de un equipo terminal de comunicaciones, al que se conectan las líneas de comunicaciones de los usuarios remotos o los equipos terminales de datos de los usuarios locales.

Características de los puertos de un computador 10.4.1.2

Los computadores que pueden trabajar con equipos terminales de datos distintos de los periféricos que se utilizan para el trabajo en modo local, disponen de una cantidad de interfases digitales para ser conectadas a **Equipos Terminales del Circuito de Datos** (ETCD), o, en el caso de que se trate de equipos que trabajen en modo local, directamente a ellos.

A cada puerto de un computador se pueden conectar uno o a veces más equipos, según los tipos de redes que se utilicen. En la figura 10.16 se muestra un ejemplo de una unidad central de proceso de un computador con sus puertos asignados para diferentes situaciones. Sin embargo, por diseño, todos los computadores o procesadores de comunicaciones tienen una **capacidad máxima de circuitos a conectar.**

Cuando se excede esta capacidad y no se quiere adquirir otro equipo adicional, se puede conectar un **dispositivo para compartir puertos.**

10.4.2 Dispositivo para compartir puertos

10.4.2.1 Definición

Dispositivo para compartir puertos

Equipo que trata varias líneas de entrada como si fueran una sola línea de puntos múltiples.

10.4.2.2 Características de los dispositivos para compartir puertos

Estos dispositivos permiten que un solo terminal por vez transmita a la computadora, evitando la colisión de la entrada de datos a esta última. En general, no constituyen una solución a largo plazo, pero puede ser considerada una **demora estratégica** a corto plazo, hasta que resulte conveniente colocar otro procesador de comunicaciones con mayor capacidad para el manejo de líneas de comunicación.

En la figura 10.17 se muestra un esquema típico de conexión donde se usa un dispositivo para compartir puertos.

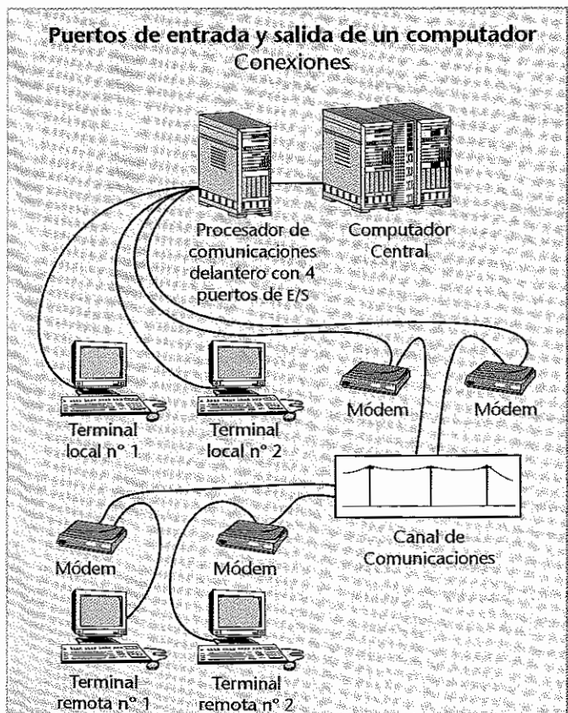


FIGURA 10.16

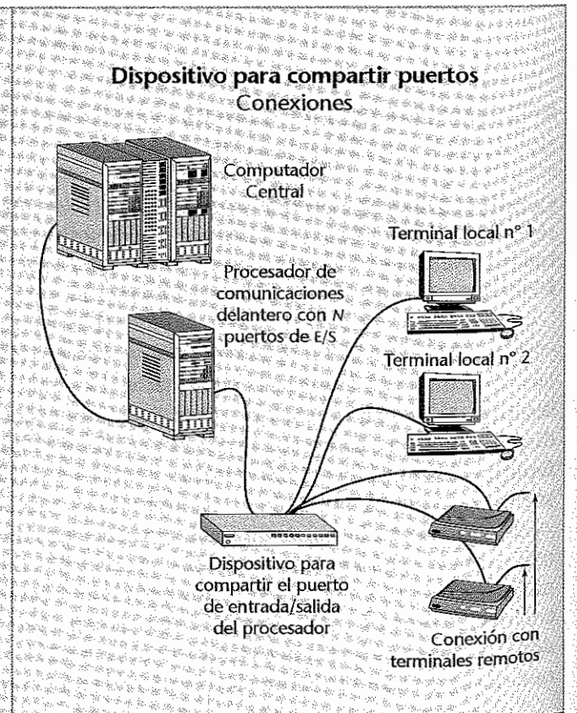


FIGURA 10.17

10.4.3 Divisor de líneas

10.4.3.1 Definición

Divisores de líneas

Dispositivo que se instala en un extremo remoto de una línea, para que puedan operar a través de ella varios equipos terminales (es similar a un dispositivo para compartir puertos, pero conectado en el otro extremo de la línea).

10.4.3.2 Características de los divisores de líneas

Los divisores de líneas tratan varios terminales como si fueran una línea de puntos múltiples, funcionando como un interruptor que conecta de una terminal a la vez. El divisor de líneas permite que se comparta la capacidad total del canal en uso. En la figura 10.18 se muestra un esquema típico de conexión donde se emplea un divisor de líneas.

10.5 Conversores de protocolos

10.5.1 Definición

Conversores de protocolo

Dispositivo que permite el diálogo entre terminales de datos que utilizan protocolos diferentes.

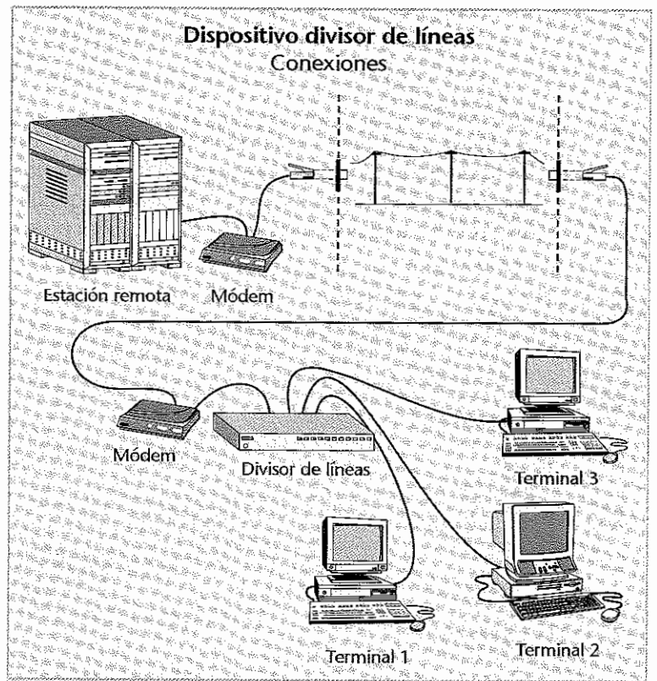


FIGURA 10.18

En muchos casos se trata de tarjetas inteligentes que se incorporan al hardware de uno de los equipos terminales, facilitando la comunicación entre ellos. De esta forma se logra que equipos terminales de datos como, por ejemplo, los llamados **PC-compatibles**, funcionen como terminales de datos de otros equipos de mayor capacidad (**mainframe, grandes computadoras**), emulando terminales de éstos últimos.

10.5.2 Conexión de equipos conversores de protocolos

En la figura 10.19 se muestra un esquema de conexión de un conversor de protocolos entre un equipo terminal asincrónico, del tipo **PC-compatible**, con un equipo mayor que posee un computador de comunicaciones delantero.

10.5.3 Utilización de un conversor de protocolos

La creciente utilización de equipos pequeños, como es el caso descrito de los computadores personales, hace de ellos elementos importantes de la oficina moderna. Estos equipos permiten trabajos en modo local de forma independiente, a un costo razonable. Por otra parte, puesto que algunas empresas disponen de grandes computadores, a menudo es necesario realizar diferentes operaciones desde los puestos de trabajo remotos:

- Consulta a bases de datos.
- Carga de información.
- Operaciones complejas (que no pueden ser realizadas en equipos más pequeños).
- Otros casos.

A efectos de evitar la adquisición de equipos terminales específicos, generalmente costosos, los conversores de protocolos permiten la emulación de estos equipos con un costo adicional pequeño, que compensa el doble uso que se le puede dar a los computadores personales.

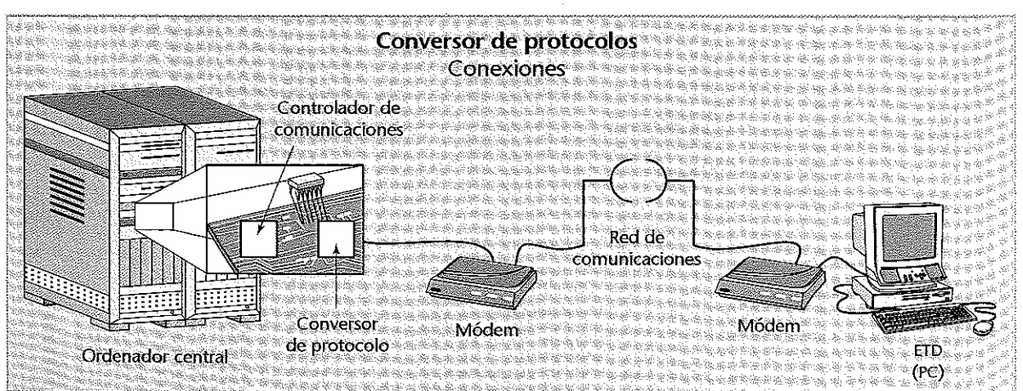


FIGURA 10.19

Equipos terminales 10.6

Definición 10.6.1

Los equipos terminales son máquinas o dispositivos, atendidos o no por un operador, que, teniendo o no capacidad de procesamiento, permiten comunicaciones en un sentido o de forma bidireccional.

Equipos terminales

En particular:

- Se denomina **estación terminal** a aquellos equipos que presentan un solo punto de conexión a una línea de comunicaciones.
- Un computador personal puede ser estación terminal de otra computadora personal o de una de mayor porte.
- Cada terminal está asociado a una unidad de control que provee al canal de comunicaciones la conexión lógica de uno o más componentes.
- El diálogo se establece a través de protocolos de comunicaciones adecuados (ver capítulos 3 y 12 de esta obra).

Categorías básicas de terminales 10.6.2

Existe una gran variedad de equipos terminales. Dependiendo de sus características, se pueden clasificar en las cinco categorías básicas que se indican en la figura 10.20.

Las categorías indicadas en la figura 10.20 abarcan la mayoría de los terminales, pero no la totalidad, dado que hay una evolución constante para adaptarlos más eficientemente a los sistemas en que se utilizan.

Actualmente se calcula en más de 700 los modelos diferentes de terminales de datos existentes en el mercado, y en más de 200 la cantidad de fabricantes.

Por ello, la selección de este tipo de hardware es complicada, si se desean evaluar todas las condiciones de calidad, rendimiento y precio disponibles en el mercado.

Características generales de un equipo terminal 10.6.3

En general, las características o especificaciones de un terminal se pueden definir según los siguientes parámetros.

Categorías básicas de terminales
Computadores personales
Terminales de entrada y salida de datos especiales
Terminales de entrada remota de datos
Terminales sensores
Impresoras

FIGURA 10.20

10.6.3.1 Modo de transmisión

Por su modo de transmisión los equipos terminales se pueden clasificar en:

- Paralelo.
- Serie.

Y el modo serie, a su vez, en sincrónico y asincrónico.

10.6.3.2 Tipo de comunicación

Pueden trabajar en uno o varios de los siguientes tipos de transmisión:

- Simplex.
- Semidúplex.
- Dúplex (full-dúplex).

10.6.3.3 Velocidad de transmisión/recepción

Se clasifican de acuerdo con su velocidad en:

- Baja velocidad (menor de 300 bps).
- Media velocidad (600–2400 bps).
- Alta velocidad (entre 2400 y 33 600 bps).
- Muy alta velocidad (mayor que 33 600 bps).

10.6.3.4 Códigos de transmisión/recepción

Pueden trabajar con diferentes tipos de códigos, como, por ejemplo: BCD, CCITT Nº 5, EBCDIC, etc.

10.6.3.5 Tipo de explotación

Pueden tener la capacidad de trabajar en modo local, en línea o en ambos.

10.6.3.6 Memoria

La memoria de los equipos terminales puede ser del tipo RAM **(Random Access Memory)**[1] o ROM **(Read Only Memory)**[2].

10.6.3.7 Control de errores

Pueden tener o no métodos de detección y/o corrección de errores.

10.6.3.8 Control de la línea de transmisión para la interrogación y selección

Esta posibilidad se refiere a equipos que puedan manejar el control de la línea de transmisión a través de algún protocolo de comunicaciones.

10.6.3.9 Interfase con el equipo módem

La interfase que más se utiliza es la denominada RS 232 C o D (V.24).

10.6.3.10 Alimentación

La alimentación puede ser de dos tipos diferentes:

- Por la red eléctrica general.
  En este caso existe la posibilidad de emplear la tensión usada mayoritariamente por los países europeos: 220 V y 50 Hz. Por otro lado, la tensión usada en los Estados Unidos, Canadá, Brasil y otros países americanos es 110 V y 60 Hz.
- Por medio de baterías o pilas.
  Las baterías son recargables y para ello se necesita de un dispositivo cargador de baterías, que puede operar **a flote** o no, para conectar a la red eléctrica. Las pilas son elementos descartables, es decir, cuando se agotan deben ser reemplazadas.

[1] Memoria de acceso aleatorio.
[2] Memoria de lectura solamente.

10.6.3.11 Características ergonómicas

Se pueden evaluar los siguientes elementos:

- Teclado (su disposición para la tarea a realizar).
- Forma y disposición de la pantalla, protección para la visión del operador, colores que utiliza, tipos de letras, tarjetas gráficas, etc.

10.6.3.12 Tareas fundamentales de los terminales

Las tareas fundamentales que realizan los equipos terminales son, entre otras, las siguientes:

- Recepción y/o envío de datos desde y hacia un centro de procesamiento.
- Procesamiento de datos.
- Recolección de datos obtenidos de diferente forma (vía operador, leídos de un soporte magnético, etc.).
- Edición para la preparación de los datos.
- Detección y corrección de errores.
- Presentación de los datos recibidos al operador de la forma más apropiada.

10.6.3.13 Capacidad de procesamiento del terminal

Se refiere a la capacidad del terminal de procesar diferentes tipos de software. En particular, si el terminal tiene esta capacidad, hay que tener en cuenta el sistema o los sistemas operativos que utiliza.

10.6.3.14 Tipo de aplicación que ejecuta

De propósito general, como las interactivas usadas en computadores personales, o de propósitos específicos, como, por ejemplo, los terminales bancarios.

10.6.3.15 Tipo de unidad de control

Se refiere a la capacidad de disponer de mayor o menor cantidad de funciones en la unidad de control (ver apartado 10.6.4.3).

10.6.3.16 Formato de pantalla y juego de caracteres

La pantalla queda definida por las siguientes características principales:

- Tamaño de pantalla, indicada normalmente por la longitud de la diagonal de la pantalla medida en pulgadas. Una medida típica es 14 pulgadas, aunque hoy en día también es común usar monitores de 15 y de 17 pulgadas.

- Cantidad de líneas verticales y de caracteres horizontales que pueden ser presentados.
- Juego de caracteres que pueden ser exhibidos en pantalla (está relacionado con el tipo de código usado. Ver apartado 10.6.3.4).

10.6.3.17 Otras facilidades

Dentro de este concepto general se pueden mencionar las siguientes:

- Protección de memoria.
- Inversión de vídeo.
- Acople con otros dispositivos auxiliares (por ejemplo, impresora), comandos de operación, etc.

10.7 Computadores personales

10.7.1 Aspectos generales

La introducción de las Redes de Área Local como una forma cooperativa de trabajo basada en el procesamiento repartido se inició primero en las grandes corporaciones internacionales, luego en la industria y grandes comercios, y, finalmente, en el numeroso grupo de las empresas conocidas genéricamente como PYMES, (Pequeñas y Medianas Empresas[1]).

Esta situación ha hecho que los equipos que se conocían genéricamente como **Equipos Terminales de Datos** hayan sido casi totalmente reemplazados por los denominados **Computadores personales** o, simplemente, **Equipos PC**.

El mercado de los PC tiene una antigüedad de poco más de una década, y experimenta un avance tecnológico de carácter exponencial, típico de la revolución de las nuevas tecnologías[2], por lo que las configuraciones actuales, que podríamos señalar como modernas, serán llamadas obsoletas en un período no mayor a los dos años.

Estos equipos pueden conectarse entre sí, usando sistemas operativos adecuados, o a servidores de datos o de aplicaciones, ya sea en la misma red local o de forma remota. En este último caso, mediante el uso de **Redes de Área Extendida**, más conocidas como **Redes WAN**[3].

Los computadores personales pueden ser de distinto tipo, según la arquitectura del microprocesador y su sistema operativo. Los más utilizados son los que se basan en microprocesadores de la firma INTEL y utilizan sistemas operativos de la empresa MICROSOFT; o los microprocesadores de la serie denominada 68 000 fabricados por MOTOROLA, usados en los equipos Macintosh de la empresa APPLE.

[1] Este concepto varía de país en país. Para los EE.UU., una empresa de este sector es en tamaño y volumen de ventas equivalente a lo que, en países como los latinoamericanos, es considerada una empresa de envergadura.
[2] Como oportunamente fue señalado en el capítulo 1 de esta obra, por pensadores como *Fermín Bernasconi*, *Bruno Lussato* y otros.
[3] WAN **(Wide Area Network)**.

Sin embargo, existen otras empresas que también producen microprocesadores de alto rendimiento, como el denominado **PowerPC®**, construido en forma conjunta por las empresas IBM, MOTOROLA y APPLE, y el denominado **Alpha** desarrollado por la empresa DIGITAL.

Menos utilizadas aún, aunque muchas veces más poderosas, son las estaciones de trabajo con procesadores denominados **Reduced Instruction Set Computer (RISC)**. Estos equipos, en su mayoría, usan el sistema operativo UNIX, desarrollado por los **Bell Laboratories** en los comienzos de la década de 1970; con las distintas variantes propietarias de éste, tales como los sistemas operativos SOLARIS®, SCO®, XENIX®, AIX® o también el conocido como LINUX, que curiosamente se encuentra en el dominio público.

Los procesadores RISC están diseñados con un pequeño número de instrucciones de lenguaje de máquina, cada uno de los cuales se ejecuta con mucha rapidez. El microprocesador antes señalado, **PowerPC**, funciona usando esta forma de trabajo, pero aún más conocido es el **SPARCstation** de la empresa SUN®.

Los equipos que usan este tipo de microprocesadores son comúnmente denominados microcomputadores, y se caracterizan por tener mayor capacidad y velocidad de procesamiento que los equipos PC, a pesar de que esta diferencia sea cada vez más difícil de establecer.

Puesto que el equipo PC es de uso más extendido y de menor costo, nos extenderemos en su descripción.

Las partes principales de un computador personal son:

- La **placa madre o base (motherboard)**.

Es la parte del equipo que contiene el microprocesador, la memoria o las memorias (no en todos los casos) y los demás componentes activos[1] y pasivos[2]. Estos elementos están instalados sobre un circuito impreso. En algunos casos, contienen otras partes tales como los puertos para la impresora, el módem, la placa o tarjeta de vídeo, etc.

Placa madre o base

- El **microprocesador**.

Es un circuito integrado que contiene la unidad central de proceso (comúnmente denominada CPU), construida en un chip de silicio, dotado con elementos tales como el fósforo o compuestos tales como el arseniuro de galio y otros. Es el que se ocupa del procesamiento de la información.

Microprocesador

[1] Por componentes activos se entiende los transistores que forman parte de un circuito impreso.
[2] Por elementos pasivos se entiende las resistencias eléctricas, las inductancias y las capacitancias.

- La **memoria de acceso aleatorio**, o **memoria RAM**[1].

Memoria de acceso aleatorio

Es el lugar donde se almacenan temporalmente los programas en ejecución y sus datos. Se activa en el momento de encender el computador y queda nuevamente vacía cuando éste se apaga.

- Los **discos rígidos o duros** y sus correspondientes **controladores**.

Discos rígidos y controladores

Son los dispositivos para el almacenamiento magnético de los datos. Se construyen con óxidos de hierro. Poseen una cabeza lectora/grabadora que se desplaza a través del disco; entre ambos existe una delgada capa de aire que los separa en todo momento. Su funcionamiento está siempre dirigido por una placa, denominada controladora, que actúa de interfase entre éste y el computador.

- El **monitor**.

Monitor

Es el dispositivo que acepta las señales de vídeo enviadas por el computador y las presenta en forma visual sobre una pantalla. No realiza ningún procesamiento de la información y requiere una placa adicional para su funcionamiento.

- El **teclado**.

Teclado

Es el dispositivo primario que se usa para entrar los datos al computador de forma alfanumérica.

- El **ratón o mouse**.

Ratón o mouse

Es un dispositivo de apuntamiento y entrada de datos que en las interfases gráficas permite al usuario interaccionar con la pantalla del monitor.

- La **placa o tarjeta de vídeo**.

Placa o tarjeta de vídeo

Es un elemento de hardware, construido con elementos activos, pasivos y dotado generalmente de memoria RAM, que actúa como interfase entre un computador (placa madre) y el monitor, permitiéndole a éste último presentar la información en sus distintos modos (textos, gráficos, etc.) en la pantalla.

- La **placa o tarjeta de sonido**.

Placa o tarjeta de sonido

Es un elemento de hardware que permite grabar, reproducir y amplificar sonidos mediante la conversión de las señales de audiofrecuencia en señales digitales y viceversa[2].

[1] RAM (Random Access Memory).
[2] Mediante la conversión del tipo **Analógico a Digital** y **Digital a Analógico**.

- La **placa o tarjeta de red**.

Placa o tarjeta de red

Es un elemento de hardware, construido con elementos activos y pasivos, que permite conectar un computador a una Red de Área Local, actuando como interfase entre ambos. Trabaja con el sistema operativo de la red y permite el control del flujo de información entre ambos.

- La **unidad de cinta** y su **controladora**.

Unidad de cinta y su controladora

Es un dispositivo que permite leer y grabar información en modo digital, sobre una cinta magnética contenida en un cartucho o cartridge. Su funcionamiento está siempre dirigido por una placa, denominada controladora, que actúa de interfase entre éste y el computador.

- La **disquetera**.

Disquetera

Es un dispositivo que permite leer y grabar información digital sobre discos flexibles, comúnmente denominados disquetes. Éstos están construidos en materiales plásticos recubiertos con una delgada capa de óxido de hierro.

- La **lectora y lectograbadora de CD-ROM**.

Lectora y lectograbadora de CD-ROM

Son dispositivos que permiten leer, o leer y grabar información en modo digital sobre discos compactos de almacenamiento óptico, comúnmente conocidos como CD-ROM[1]**. Su funcionamiento está siempre dirigido por una placa, denominada controladora, que actúa de interfase entre éste y el computador.**

Existen también otros dispositivos como escaners o rastreadores de imágenes, grabadores de CD-ROM, unidades de DVD, etcétera.

Placas madre o base 10.7.2

La placa madre o base contiene la electrónica integrada principal de la computadora. En los PC modernos, esto consiste en un conjunto pequeño de circuitos integrados donde está toda la lógica de administración del bus de periféricos y el bus de la memoria.

Esta separación de los buses es relativamente nueva. Cuando aparecieron los PC basados en el procesador Intel 8088, a principio de la década de 1980, tenían un único bus de 8 bits al que se conectaba el procesador, y en los slots de ese bus se instalaban las plaquetas controladoras de los periféricos o plaquetas con memoria.

[1] Compact Disk-Read Only Memory.

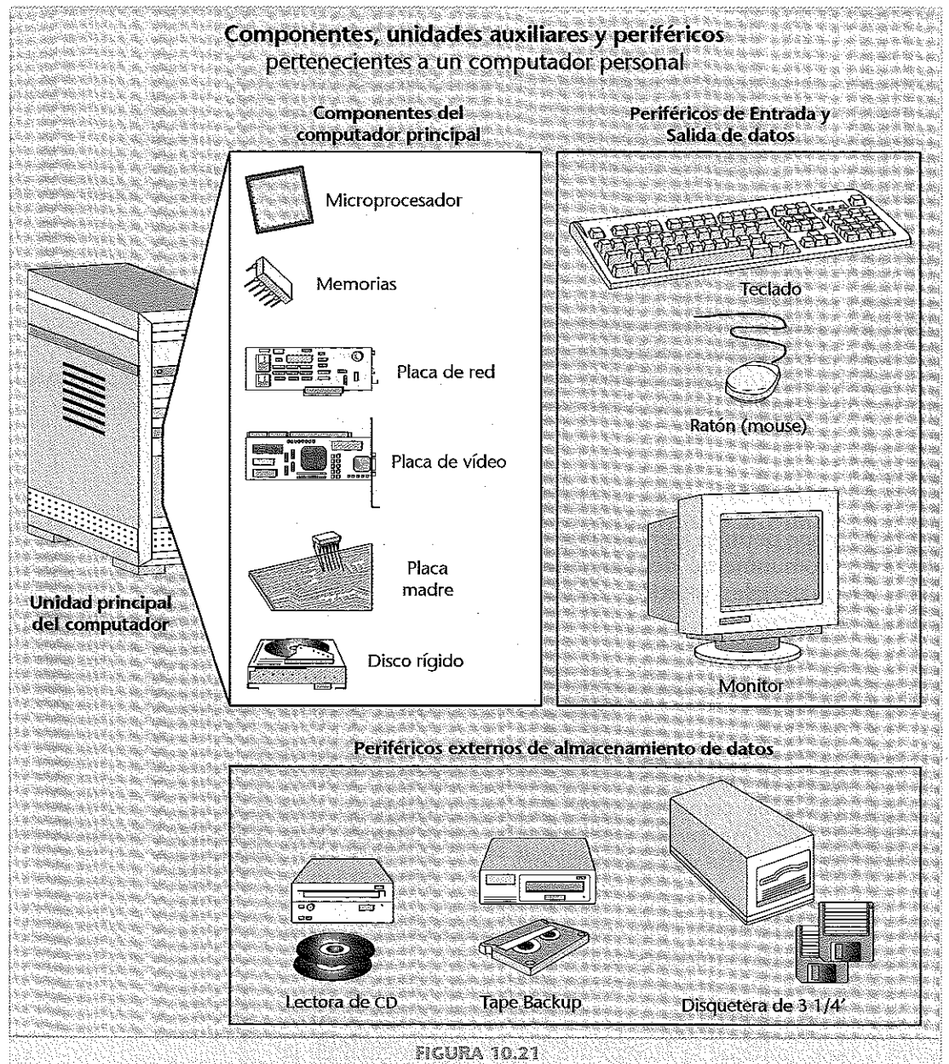


FIGURA 10.21

Con los PC basados en el Intel 80286, se extendió este mismo bus para permitir conectar plaquetas y memorias de 16 bits. La extensión se hizo de modo que se pudieran seguir conectando las viejas plaquetas controladoras de 8 bits.

Años más tarde, cuando aparecieron los PC basados en el Intel i386, se generó una controversia. Por un lado IBM creó un bus nuevo de 32 bits,

con posibilidad de autoconfiguración[1] y bus-mastering[2], pero incompatible con las plaquetas antiguas. Este bus se llamó **MicroChannel** o Micro Canal. Los fabricantes de computadoras que desearan utilizar este bus debían pagar **royalties** por el uso de la patente del diseño. Oponiéndose a esto, un grupo grande de fabricantes, encabezados por Compaq y Hewlett Packard, diseñó otro bus de 32 bits, con posibilidad de autoconfiguración y **bus-mastering**, pero que permitía la instalación de las viejas plaquetas de 16 bits. A este nuevo **bus** lo denominaron EISA **(Enhanced Industry Standard Architecture)**[3], y sobre la base de este nombre se bautizó al antiguo bus de 16 bits (que hasta el momento no tenía nombre) como ISA **(Industry Standard Architecture)**[4].

Con el tiempo, el costo de desarrollo y prueba de nuevas plaquetas, junto al pago de regalías a IBM, hizo que el **MicroChannel** fuera abandonado, incluso por la propia IBM, por los computadores basados en microprocesadores de INTEL[5].

Ya con la aparición de la segunda generación de equipos basados en el **i386**, los fabricantes comenzaron a utilizar arquitecturas que separaban el bus de memoria del bus de periféricos, con el objeto de permitir una mayor velocidad de comunicación entre aquella y el procesador.

A medida que fue avanzando la velocidad de los microprocesadores, junto con la necesidad de que determinados controladores funcionaran a la mayor velocidad posible, se generaron nuevas arquitecturas.

Dado que los estándares EISA y **MicroChannel** eran bastante complicados y el costo de fabricar controladores para ellos era muy alto, mientras el **MicroChannel** era abandonado, el bus EISA se mantuvo sólo para servidores o estaciones de trabajo de muy alto rendimiento.

Para poder utilizar plaquetas de vídeo con aceleradores gráficos que se conectaran a alta velocidad con el microprocesador sin requerir altos costos de fabricación, se creó una nueva arquitectura denominada VESA[6]**-Local Bus**, de 32 bits, que podía coexistir con un bus ISA estándar. Esta arquitectura fue la favorita para los PC basados en el microprocesador **i486**.

Con el advenimiento del **Pentium** y su bus de datos de 64 bits, Intel creó un bus llamado PCI **(Peripheral Component Interface)**[7] de 64 bits, que soporta **bus-mastering** y autoconfiguración, aunque en una forma más simple. Estos hechos permitieron abaratar los costos de producción y

---

1 Esto permite que la plaqueta tenga un programa de configuración en memoria ROM que se ejecuta automáticamente cuando se desea configurarla.
2 **Bus mastering** permite que una plaqueta conectada al bus tome el control de todo el bus durante un tiempo, para trabajar a máxima velocidad. Esto lo suelen utilizar algunas controladoras de disco, vídeo y red.
3 Arquitectura Estándar Mejorada de la Industria.
4 Arquitectura Estándar de la Industria.
5 Sin embargo, el **MicroChannel** se sigue utilizando en equipos más grandes basados en procesadores RISC.
6 **Video Electronics Standards Association**.
7 Interfase para Componentes Periféricos.

obtener una solución que podía coexistir sin inconvenientes con un bus ISA o EISA; es por ello que éste es el bus preferido hoy en día[1].

Otro aspecto a tener en cuenta de las placas madre nuevas es que soporten la especificación de manejo avanzado de energía denominada APM **(Advanced Power Management)**[2], que permite apagar o poner en modo de bajo consumo partes del computador cuando no se están utilizando. También debe considerarse que la placa madre sea compatible con la especificación denominada **Plug & Play**[3], que permite la autoconfiguración de periféricos.

10.7.3 Microprocesador

El microprocesador es la unidad central de procesamiento del computador. La gran mayoría de los computadores actuales están basados en la tecnología de Intel llamada colectivamente **iX86**.

El primero de estos microprocesadores fue el **INTEL 8086** (basado en el **INTEL 8008** y su posterior competidor el **ZILOG Z 80**). A partir de este microprocesador de 16 bits se creó una versión que, si bien internamente seguía siendo de 16 bits, su interfase era de 8 bits, lo que permitía conectar los periféricos más baratos que ya existían para el mencionado Z 80.

Esta versión se llamó **INTEL 8088** y fue el procesador elegido por IBM para su primer PC. Estos microprocesadores podían utilizar opcionalmente un coprocesador matemático, llamado **INTEL 8087**, que tenía instrucciones para hacer operaciones aritméticas de coma flotante. La velocidad del reloj de estos microprocesadores era de 4,77 MHz.

La versión siguiente de este microprocesador fue la menos conocida, llamada **INTEL 80186**, que se utilizó principalmente para microcontroladoras. A esta versión le siguió el **INTEL 80286**, que fue el microprocesador de la segunda generación de computadores personales, encabezado por el computador de IBM conocido como **PC AT**. Éste fue el primer procesador de la familia que tenía algún rudimentario control para administración de memoria por hardware, y podía trabajar en el modo de multitarea. El coprocesador matemático de esta familia fue el **INTEL 80287**. Los primeros 80286 funcionaban a 6 MHz, aunque poco después aparecieron modelos más veloces que trabajaban a 8 MHz.

Sin embargo, el primer microprocesador de esta serie que daba buenas facilidades para el diseño de sistemas operativos multitareas fue el denominado **INTEL 80386**, luego rebautizado en forma genérica como **i386 DX**, de 32 bits, con una velocidad de reloj de 16 MHz.

La primera empresa en usarlo en el mundo de los PC fue Compaq, en su modelo denominado **Deskpro 386**[4], y poco tiempo después lo hizo

[1] Téngase en cuenta que este libro fue escrito en 1998/1999 y que la historia reciente nos muestra que lo que se prefiere **hoy en día** es la **tecnología casi obsoleta** de mañana.
[2] Administración Avanzada de Potencia.
[3] Expresión en inglés que significa lista para ser conectada y empezar a operar.
[4] Utilizaba un bus ISA.

IBM, en el modelo PS/2, que utilizaba un bus de tipo **MicroChannel**; consecuentemente, Intel lanzó el coprocesador matemático **i387 DX** para realizar operaciones de coma flotante.

El éxito obtenido con estos primeros microprocesadores invitó a otras empresas a fabricar, usando procedimientos conocidos como de **ingeniería inversa**, a sacar productos compatibles con similares especificaciones técnicas. Así fue como empresas como AMD, Cyrix y Texas Instruments produjeron microprocesadores compatibles con el 80286, generalmente a menor costo y con mayor velocidad.

Intel reaccionó inmediatamente incorporando al mercado el 80286 y reemplazándolo por el **i386 SX**, que era una versión del **i386 DX** con una interfase de 16 bits. Este microprocesador permitía ser instalado en una arquitectura preparada para un 80286 sin modificaciones; acompañándolo con el coprocesador **i387 SX**, para su uso en cálculos aritméticos complejos.

Un nuevo avance fue el microprocesador **INTEL i486 DX** de 32 bits, que por primera vez incluyó en su estructura un coprocesador matemático y **memoria caché** en el mismo chip. La primera versión de este microprocesador fue a 25 MHz, seguido inmediatamente por otro de 33 MHz.

Como la batalla con los fabricantes seguía adelante, Intel creó el **i486 SX** que, a diferencia del **i386 SX**, era de 32 bits, tanto interna como externamente; pero también a diferencia del modelo DX, no poseía coprocesador matemático interno y tenía un precio mucho más competitivo.

Desde su aparición corrió el rumor de que los primeros **INTEL i486 SX** eran en realidad **INTEL i486 DX** en los que había fallado el coprocesador y se lo había anulado, o que simplemente se lo había quemado. El coprocesador llamado **Overdrive i487 SX** era en realidad un **INTEL i486 DX** que desactivaba el **INTEL i486 SX**.

Posteriormente se lanzó la línea **INTEL i486 DX 2**, y luego el **INTEL i486 SX 2** con la velocidad de reloj duplicada; funcionaba a 66 MHz internamente, pero su interconexión con la placa madre era a 33 MHz. La línea de microprocesadores de esta serie con la velocidad de reloj triplicada se llamó **DX 4**.

Ante la imposibilidad de registrar como marca un número (como 486 o 586), Intel bautizó a su siguiente generación de microprocesadores de la familia **iX86** como **Pentium**. Esta línea, que empezó con inconvenientes[1], trabajaba a una velocidad de 60 MHz. Estos microprocesadores de 64 bits tenían también una memoria caché interna y agregaron características de los procesadores **RISC**, como **pipelines**[2] y varias unidades de procesamiento lo que, junto con compiladores especiales, permiten en algunos casos, la ejecución de dos o tres instrucciones simultáneamente.

[1] Al poco tiempo de aparecer en el mercado, se encontró un fallo en los circuitos de coma flotante que producía errores en las operaciones de muy alta precisión. Intel debió cambiar sin costo los microprocesadores defectuosos por unidades nuevas con el fallo corregido.
[2] Se denomina con ese nombre a la arquitectura de microprocesadores que busca y decodifica instrucciones que aseguran que el procesamiento nunca necesitará esperar, de manera tal, que tan pronto como una instrucción es ejecutada la siguiente estará lista.

Poco tiempo después, INTEL lanzó la línea **Pentium Pro**, también de 64 bits y orientada exclusivamente a servidores de red. Estos trabajan a velocidades de 166 MHz, 180 MHz y 200 MHz y tienen circuitos que permiten conectar varios de ellos entre sí con mayor facilidad, para permitir multiprocesamiento simétrico. También pueden utilizar dos *buses* independientes que les permiten tener acceso a la memoria con mayor velocidad.

INTEL también lanzó la línea **Mobile Pentium** con menor consumo de energía, menor disipación de calor, soporte para apagados parciales del microprocesador y otros componentes; está especialmente diseñado para su uso en computadoras portátiles. En 1997, lanzó además la tecnología MMX que da funcionalidad multimedia a sus microprocesadores; a los nombres de **Pentium** y **Mobile Pentium** les añade simplemente la frase **con tecnología** MMX. El **Pentium Pro** está siendo reemplazado por el **Pentium** II, que incluye esa tecnología.

En la Figura 10.22 se muestra la línea de procesadores que produjo INTEL desde 1997 en adelante.

Los microprocesadores **Pentium® II**, están basados en los microprocesadores Intel, que incluyen la tecnología MMX®, y los adelantos de los microprocesadores **Pentium® Pro**. Hasta el lanzamiento del **Pentium III®**, esta familia era la de más alto funcionamiento de la empresa Intel, preparada para un eficiente desempeño en aplicaciones multimedia y para comunicaciones en Internet. Constituyen una numerosa familia que trabaja a partir de los 233 MHz y con posibilidad de aumentar la velocidad a los siguientes valores: 266 MHz, 300 MHz, 333 MHz, 350 MHz, 400 MHz y 450 MHz. Prácticamente ha reemplazado a todas las líneas anteriores y sólo ha sido superada a comienzos del año 1999 por los denominados **Pentium® II-Xeon** y la nueva línea **Pentium® III**. También se ofrecen en el mercado la línea de microprocesadores **Celeron**, aunque con menores prestaciones que las anteriormente señaladas.

La línea **Pentium® II** tiene las siguientes características generales distintivas:

- Arquitectura de doble bus independiente (DIB[1]).
- Tecnología Intel MMX®.

Familia de microprocesadores INTEL

Microprocesador	Velocidades
Mobile Pentium	133 y 150 MHz
Mobile Pentium with MMX Technology	133, 150, 166, 200 y 233 MHz
Pentium with MMX Technology	166, 200 y 233 MHz
Pentium II	233, 266, 300, 333, 350, 400 y 450 MHz
Pentium II-Xeon	450 MHz
Pentium III	450 y 500 MHz

FIGURA 10.22

[1] Dual Independent Bus.

- Micro arquitectura de ejecución dinámica.
- Cartucho de contacto por borde simple (SEC[1]).

La tecnología de Doble Bus Independiente permite un alto desempeño y permite disponer de un amplio ancho de banda que se adecue a su elevado poder de procesamiento. Además, posee incorporada una memoria caché de 512 KB dedicada, de nivel dos e incluye 32 KB de memoria caché L1, de los cuales 16 K se usan para datos y otros 16 K para instrucciones. Estos valores representan el doble de los usados por el microprocesador Pentium Pro.

Otras características de esta línea de productos son:

- La Arquitectura *Dual Independent Bus* que permite un desempeño que combina ambos; es decir, un bus caché L2 dedicado de alta velocidad, más un bus del sistema que hace posible múltiples transacciones simultáneas.
- La tecnología MMX® que permite ofrecer un alto rendimiento para aplicaciones multimedia y de comunicaciones.
- Ejecución dinámica especial para acelerar el funcionamiento del software.

Esta familia de procesadores **Pentium® II** es compatible con las generaciones precedentes de procesadores de Arquitectura Intel y permite su uso en sistemas operativos avanzados tales como Windows® 98, Windows® NT y UNIX. Dentro de este mismo tipo de microprocesadores y especialmente diseñado para su uso en servidores de alta potencia se incluye el denominado **Pentium® II Xeon®**.

Éstos están especialmente diseñados para equipos que requieren una memoria caché, tanto de nivel uno como de nivel dos, de muy alto valor, tal como sucede en el caso de los servidores que deben procesar una gran cantidad de datos.

Los **Pentium® II Xeon®** poseen como características más sobresalientes:

- Velocidad de reloj de 400 y 450 MHz.
- Protección térmica.
- Alta confiabilidad, especialmente para uso en actividades críticas.
- Verificación y corrección de errores.
- Redundancia funcional.
- Memoria caché de segundo nivel que comienza con 512 KB y que puede ser incrementada a 1 MB y hasta 2 MB.

Por último, a comienzos de 1999, Intel lanzó una nueva familia denominada **Pentium® III**. Su desarrollo se ha basado en la arquitectura de la familia **Pentium II**, con un bus de 100 MHz y tecnología MMX®. Sin embargo, éste último modelo ofrece una mejora en su microarquitectura incluyendo lo que se ha denominado *Extensiones SIMD*[2]. Este sistema incluye 70 nuevas instrucciones que permiten a una amplia gama de apli-

[1] Single Edge Contact.
[2] Single Instruction Multiple Data.

caciones un procesamiento mucho más eficiente acelerando el *throughput*[1] hacia la memoria caché.

De esta manera se obtienen mucho mejores resultados en aplicaciones tales como las tecnologías basadas en:

- Gráficos en tres dimensiones.
- Video en tiempo real.
- Audio de alta calidad.
- Reconocimiento y adecuado empleo de aplicaciones de voz.
- Manejo de imágenes complejas.
- Generación de dibujos y gráficos más realistas.

Las características técnicas más importantes de este nuevo microprocesador son las siguientes:

- Velocidades de hasta 500 MHz en su primera versión.
- Arquitectura de doble bus independinete trabajando a 100 MHz.
- Compatibilidad con miembros más antiguos de la familia INTEL.
- Optimización para aplicaciones o sistemas operativos de 23 bits.
- Caché de nivel 1, de 16 KB para su uso en instrucciones y 16 KB para datos. Caché de nivel 2 integrado de 512 KB.
- Tecnología Intel MMX®.
- Micro arquitectura de ejecución dinámica.
- Cartucho de contacto por borde simple (SEC[2]).
- Corrección de errores de código a través del Sistema de Bus de Datos.

10.7.4 Memoria de acceso aleatorio (RAM)

La memoria principal, o Memoria de Acceso Aleatorio o Directo (**Random Access Memory** (RAM)) del computador es donde residen los programas en ejecución junto con sus datos.

Los PC modernos utilizan chips de memoria RAM organizados en módulos que se llaman SIMM (**Single In-line Memory Module**)[3], de 72 contactos, y los más nuevos se denomina DIMM (**Dual In-line Memory Module**)[4] de 128 contactos. La velocidad de acceso a estas memorias es de 70 ns o de 60 ns las más rápidas.

Todos los PC con procesadores Pentium organizan su memoria en bancos. Un banco puede consistir en dos SIMM o en un DIMM. Cuando se utilizan SIMM, los dos slots de un banco deben ser ocupados simultáneamente por módulos del mismo tipo y tamaño.

Para mejorar la velocidad de acceso se utiliza una metodología llamada EDO (**Extended Data Output**)[5] y, para corregir posibles errores, se utiliza un procedimiento de control denominado ECC (**Error Checking and Correcting**)[6].

[1] Velocidad de Transferencia de Datos.
[2] Single Edge Contact.
[3] Módulo Simple de Memoria en Línea.
[4] Módulo Dual de Memoria en Línea.
[5] Salida de Datos Extendida.
[6] Detección y Corrección de Errores.

10.7.5 Dispositivos de almacenamiento secundario

10.7.5.1 Aspectos generales

La inclusión de los CD-ROM en esta categoría, tal como se hace en muchos libros, no resulta del todo afortunada ya que no se debería considerar como unidad de almacenamiento secundario a aquellas en las que no se puede grabar y regrabar siempre que se desea.

Otro tanto ocurre cuando se considera como dispositivo de almacenamiento masivo a un disquete de sólo 1,44 Mb de capacidad (en el mejor de los casos), cuando la memoria principal de una computadora sin grandes sofisticaciones, supera el valor de 16 Mb y normalmente para muchísimas aplicaciones es necesario contar con 32 Mb.

Sin embargo, nos referiremos en esta sección a diversas tecnologías de almacenamiento entre las que se encuentran las dos recientemente nombradas.

10.7.5.2 Unidades controladoras

Las unidades de almacenamiento masivo necesitan controladoras que regulen su funcionamiento. Los tipos de controladoras más conocidos que cumplen con las funciones señaladas son las denominadas IDE (**Integrated Device Electronics**)[1], EIDE (**Extended Interface Device Electronics**)[2] (también llamadas ATA (**Fast AT Attachment**) y las denominadas SCSI (**Small Computer System Interface**)[3].

Las IDE, más antiguas, tienen la mayor parte de su electrónica dentro del propio disco rígido o duro para el que están especialmente diseñadas, permitiendo ahorrar espacio físico; las EIDE, más modernas, han reemplazado a las primeras, permitiendo un mayor número de sectores por pista. Estas controladoras son las más utilizadas en computadores personales debido a su eficiencia y bajo costo.

Los servidores y las estaciones de trabajo avanzadas utilizan, en general, las controladoras SCSI debido a que, al poseer mayor capacidad de procesamiento, requieren menos recursos del procesador principal.

La norma SCSI define un bus que conecta un controlador de este tipo (habitualmente en una plaqueta o en la placa madre del computador) hasta con siete dispositivos. La conexión es en modo **daisy chain**[4], es decir, uno detrás del otro.

Los términos SCSI, SCSI-2 y SCSI-3 se refieren a tres especificaciones distintas. Cada especificación tiene una determinada cantidad de opciones. Muchas de estas opciones son independientes de las otras, lo que normalmente produce bastantes confusiones. Las opciones principales se pueden clasificar en las siguientes categorías:

[1] En inglés, **Equipo Electrónico Integrado**.
[2] Interfase Extendida para Equipos Electrónicos.
[3] Interfases de los Sistemas para Pequeñas Computadoras.
[4] En cadena.

- **Lógica:**
  Se refiere a los comandos que comprenden las controladoras. Poco tiempo después de que apareciera por primera vez el estándar **SCSI**, los fabricantes se pusieron de acuerdo en un conjunto de comandos común llamado **CCS**. Este conjunto **CCS** se convirtió en un requerimiento del estándar SCSI-2. Se puede usar un disco SCSI, con un controlador SCSI-2, y viceversa, siempre y cuando ambos soporten el conjunto CCS.
- **Tamaño interno del bus de datos:**
  El ancho normal del bus de datos es de 8 bits (más uno de paridad). Existe una opción denominada **Wide**[1] que es de 16 bits (más dos de paridad). Por último, también existe una tercera opción que se conoce como **Ultra-Wide**[2] y es de 32 bits (más cuatro de paridad). Las tres opciones están disponibles tanto en SCSI-2 como SCSI-3. El estándar original SCSI sólo definía un ancho de 8 bits. Hoy en día las controladoras y discos más comunes son de 8 y 16 bits.
- **Coordinación (Handshake):**
  Asincrónica: cada palabra (de 8, 16 ó 32 bits) transferida debe ser reconocida (*acknowledged*).
  Sincrónica: se pueden hacer transferencias de múltiples palabras entre reconocimientos. El modo sincrónico es más rápido. Este modo es coordinado entre la controladora y el dispositivo. Se puede trabajar en modo sincrónico y asincrónico sobre el mismo cable con distintos dispositivos. Esta opción es independiente del conjunto de comandos o del ancho de datos.
- **Velocidad Sincrónica (no se aplica a la opción asincrónica):**
  Normal: hasta 5 Megatransferencias/s (5 Mbps para 8 bits, o más, si es mayor el ancho de datos).
  Fast[3]: hasta 10 Megatransferencias/s (10 Mbps para 8 bits, o más, si es mayor el ancho de datos).
  Wide: hasta 20 Megatransferencias/s (5 Mbps en un ancho de datos de 16 ó 32 bits).
  Fast Wide, Fast-20: La opción Fast sólo está definida en SCSI-2 y SCSI-3. Esta opción define parámetros de control de tiempo más rápidos. La opción Wide tiene el mismo reloj de bus que Fast pero utiliza un ancho de datos mayor.

  Los parámetros de transferencia sincrónicos son negociados entre cada par de dispositivos, por lo que en un mismo bus puede haber diferentes velocidades de transferencia. SCSI-3 es un superset de SCSI-2, en el cual la opción Fast Wide es obligatoria.

10.7.5.3 Las unidades de discos flexibles

Las unidades lectograbadoras de discos flexibles son conocidas como **disqueteras** o **disk driver** y cada computador personal tiene siempre una

[1] En inglés, **grande**.
[2] En inglés, **ultra grande**.
[3] Rápida.

como mínimo, y a veces dos, para el trabajo con discos flexibles de 3,5 pulgadas o de 5,25 pulgadas de diámetro.

En la figura 10.23 se muestra la estructura de un disco flexible, donde se detalla la disposición de las pistas y los sectores; el número de pista es principalmente una medida de la distancia del registro o archivo al eje del disco, siendo las pistas anillos concéntricos sobre el disco. Debido a que cada pista puede contener una gran cantidad de información, las pistas se dividen en sectores. Tal como ocurre con los discos de música, las pistas son similares a los surcos y los sectores a los trozos de surco; así, encontrar una pista particular es similar a seleccionar una canción en un disco y hallar un sector es lo mismo que buscar uno o dos compases de música dentro de una pista.

Los discos flexibles permiten copiar cantidades pequeñas de datos en un medio portátil y barato. Hoy en día, los más difundidos son los disquetes de 3,5 pulgadas de diámetro y 1,44 Mb de capacidad y los de 5,25 pulgadas y de 1,2 Mb. Sin embargo, de estos primeros existen los que tienen capacidad doble, de 2,88 Mb, con el mismo formato físico.

Los discos flexibles están construidos con materiales plásticos recubiertos de una delgada capa de óxido de hierro. La información es grabada en ellos mediante la magnetización del óxido de hierro exterior, en lugares especialmente determinados.

Las unidades lectograbadoras poseen una cabeza que recorre la superficie del disco detectando los campos magnéticos existentes o bien generándolos sobre la superficie a efectos de leer o grabar la información.

Existen también discos flexibles, pero de características **propietarias**, es decir, no normalizadas, con bastante difusión, como el denominado

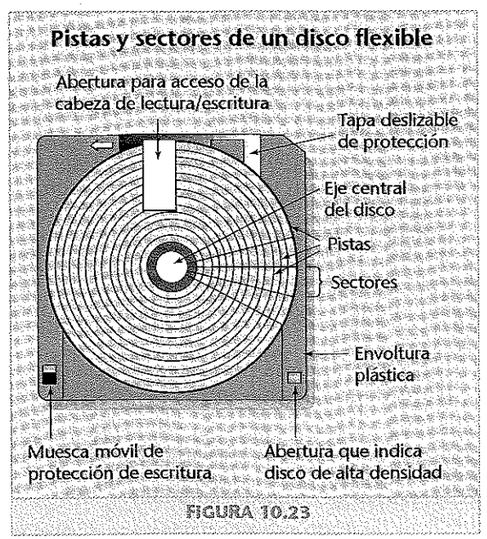


FIGURA 10.23

ZIP[1] que posee una capacidad de 25 ó 100 MB y el denominado JAZ, del mismo origen, que tiene una capacidad de 1 GB. Estos discos son muy utilizados en aplicaciones en las que debe transportarse archivos muy grandes, como los archivos gráficos o de sonido.

10.7.5.4 Los discos rígidos o duros

Los **discos rígidos** son las unidades de almacenamiento más utilizadas en los computadores personales. Deben conectarse a una interfase IDE, EIDE o SCSI, según sea el caso.

Las capacidades más utilizadas hoy en día van desde los 2 GB a los 8 GB. Las velocidades de transferencia van entre los 10 y los 40 Mb/s, los tiempos medios de búsqueda oscilan entre 6 y 15 ms y los tiempos de latencia entre 3 y 7 ms.

10.7.5.5 Las unidades lectoras y lectoras/grabadoras de discos compactos

Los discos compactos, más conocidos por la expresión CD-ROM, son discos físicamente idénticos a los discos compactos usados para la reproducción de audio (música, palabra, etc.). Se utilizan para almacenar datos en forma permanente. Su capacidad es de 650 Mb, su formato corriente está determinado por la norma ISO 9660; originalmente no se podían grabar, salvo en un equipo industrial.

La norma ISO 9660 está siendo reemplazada en algunas aplicaciones por la denominada CD-ROM XA[2], que posibilita administrar un conjunto mayor al que posee el formato ISO. De esa manera se pueden mezclar con los datos, sonidos y, además, vídeo.

Actualmente el CD-ROM ha desplazado a los discos flexibles como medio de distribución de software, ya que el tamaño de los programas utilizados requiere, literalmente, docenas de disquetes para instalarse.

Las unidades lectoras de CD-ROM se conectan a controladores del tipo IDE o SCSI (según el tipo) y según su velocidad se las suele denominar de NNX, donde NN es el número de veces que la velocidad a la que gira el disco es mayor con relación a uno compacto de audio. Las velocidades más comunes oscilan entre 12X y 24X.

Desde hace algunos años apareció una tecnología llamada CD/R-**Recordable** que permite grabar un tipo de disco compacto de características especiales, que luego puede ser utilizado en una unidad lectora de CD-ROM estándar. Las unidades lectograbadoras de CD-ROM, en la mayoría de los casos, se conectan a una controladora SCSI, aunque existen algunos modelos EIDE e incluso algunos externos que se conectan a un puerto paralelo de alta velocidad.

Últimamente ha aparecido una nueva tecnología denominada **Digital Versatile Disk** (DVD)[3], muy similar al CD-ROM en su aspecto, pero que

[1] Estos equipos son fabricados por la empresa **Iomega Corporation** situada en la ciudad de Roy, Estado de Utah, Estados Unidos.
[2] CD-ROM, arquitectura extendida **Extended Architecture**.
[3] Disco Digital Versátil.

permite grabar hasta valores de 4,7 Gb u 8,5 Gb por cara. Las primeras lectoras DVD-ROM permiten, además, la lectura de DVD de vídeo, discos compactos de audio y de datos.

10.7.6 Placas de Red

Las placas de red o NIC **(Network Interface Card)** permiten la conexión de una estación de trabajo (o servidor) a una **Red de Área Local** (LAN). Sin embargo, las interfases de un computador a **Redes Digitales de Servicios Integrados** (RDSI)[1] se suelen denominar de la misma manera, aunque la tecnología de unas y otras es totalmente diferente y no va a tratarse en este capítulo.

Las placas son de diferentes tipos, ya que deben tener en cuenta la norma según la red local que se utilice. La más común es la que se usa para la norma IEEE 802.3, más conocida por Ethernet. En esta placa, se pueden usar cables coaxiales, UTP **(Unshielded Twisted Pair**, denominados **pares trenzados sin blindaje**) y fibras ópticas. En cada caso, los conectores serán diferentes.

La placa de red o NIC se conecta al *bus* de la computadora. Además, viene provista de una boca denominada AUI[2], que es una interfase adaptadora universal, dado que la misma se puede conectar a diferentes adaptadores, como son, AUI-RJ 45, AUI-FO; AUI-Coaxil RG 58, etc. No obstante, dado que dichas aptitudes tienen un costo considerable, las tarjetas de red ya vienen provistas del conector necesario según el cable al cual se van a conectar. Por ejemplo, estarán provistas con sólo un *jack* RJ 45 si deben conectarse a un cable UTP.

En la práctica, lo más recomendable es instalar plaquetas que sólo tengan conector UTP ya que todos los cableados nuevos se hacen con par trenzado. Estas plaquetas son las más modernas y de menor costo.

Las plaquetas pueden ser de 16 bits para conectarse a un **Bus ISA**; de 32 bits para un **Bus EISA** (éstas son las menos utilizadas); y de 64 bits para un **Bus PCI**. Estas últimas no son mucho más caras que las primeras y poseen un mejor rendimiento y son más fáciles de configurar, especialmente si siguen la norma denominada **Plug & Play** (conecte y ejecute)[3].

También existen plaquetas de red con *transceivers* **10BaseFL** para fibra óptica multimodo. Éstas cada día tienen un mayor uso debido a que sus costos han bajado y porque el uso de las fibras ópticas en el tendido de cableado estructurado se ha demostrado práctico. Por otra parte, son muy recomendables cuando existe un entorno de alta interferencia radiomagnética (por ejemplo, un taller con grandes motores eléctricos cerca de los cables), o cuando se tiene que recorrer tramos exteriores donde pueda existir el peligro de rayos generados por tormentas eléctricas.

[1] **Integrated Services Digital Networks** (ISDN).
[2] **Attachment Unit Interface**, que posee un zócalo de 15 patas.
[3] Esta norma permite que un periférico se pueda conectar, aunque el resto del equipo esté funcionando, y que el equipo pueda reconocer de inmediato que el mismo se ha conectado, y por lo tanto, se encuentra listo para operar.

Por otra parte, ya existe equipamiento de placas de red (además de hubs, switches, etc.) que trabajan a 100 Mbps utilizando el estándar llamado **Fast Ethernet**. Este estándar no funciona sobre cables coaxiales y lo hace fundamentalmente sobre cableado UTP **de categoría 5** o sobre fibra óptica multimodo de 62,5/125 μm.

10.7.7 Placas o tarjetas de vídeo y monitores

Las modernas tarjetas de vídeo son extensiones del original VGA **(Video Graphics Array)** que hizo su aparición poco antes que la del modelo PS/2 de la empresa IBM.

El modo básico del VGA estándar original era de 640 × 480 pixels[1] con 4 bits por pixel, lo que daba un total de 16 colores distintos. Estos colores provienen de un conjunto básico, pero se pueden configurar por medio de las paletas de colores. La memoria de vídeo que tenían estas plaquetas era de 256 Kb.

Actualmente, las placas de vídeo modernas tienen una memoria que va desde los 2 a los 4 y 8 MB, y aún más; además suelen tener circuitos especiales dedicados a acelerar la representación gráfica de datos.

Algunas tienen circuitos de aceleración por hardware, para ver vídeo a pantalla completa. Todas las placas modernas utilizan el **Bus PCI a 64 bits** y son autoconfigurables por medio de la norma **Plug & Play**.

La mayoría de estas placas utilizan varias resoluciones estándar y distintas profundidades de colores[2]. Como ya se ha mencionado, se incorporan a los monitores denominados VDU **(Visual Display Unit)**, que pueden presentar en su pantalla caracteres alfanuméricos o información gráfica; en este último caso se pueden representar objetos en dos o tres dimensiones.

En la figura 10.24 se muestran las distintas configuraciones posibles y la cantidad de memoria necesaria para cada una de ellas.

10.7.8 Teclados

Básicamente, los teclados son dispositivos que posibilitan la introducción en el sistema de todos aquellos datos alfanuméricos.

Existen muchos tipos de teclados en cuanto a la disposición de los distintos caracteres disponibles. Casi todos ellos tienen un teclado numérico independiente, situado a la derecha de la parte principal. Los primeros teclados usaban la disposición denominada APL, **High Level Computer Language**. Basándose en este tipo de teclados, actualmente se utilizan otros con mayor cantidad de caracteres disponibles. En general, los más comunes son los teclados denominados de 101 teclas, donde algunas de ellas tienen la posibilidad de representar hasta tres caracteres. En la figura 10.25 se muestra un teclado típico de 101 teclas.

[1] **Pixel, Picture Element.** Elemento de Imagen.
[2] Bit por pixel.

Tarjetas de vídeo y monitores

Resolución (pixels)	Monitor recomendado (diagonal)	Profundidad (bits)	Cantidad de colores	Memoria necesaria
640 × 480	14"/15"	8	256	1 Mb
640 × 480	14"/15"	16	65 536	1 Mb
640 × 480	14"/15"	24	16 777 216	1 Mb
640 × 480	14"/15"	32	16 777 216[1]	2 Mb
800 × 600	15"/17"	8	256	1 Mb
800 × 600	15"/17"	16	65 536	1 Mb
800 × 600	15"/17"	24	16 777 216	2 Mb
800 × 600	15"/17"	32	16 777 216	2 Mb
1024 × 768	15"/17"/19"	8	256	1 Mb
1024 × 768	15"/17"/19"	16	65 536	2 Mb
1024 × 768	15"/17"/19"	24	16 777 216	4 Mb
1024 × 768	15"/17"/19"	32	16 777 216	4 Mb
1152 × 864	17"/19"/20"/21"	8	256	1 Mb
1152 × 864	17"/19"/20"/21"	16	65 536	2 Mb
1152 × 864	17"/19"/20"/21"	24	16 777 216	4 Mb
1152 × 864	17"/19"/20"/21"	32	16 777 216	4 Mb
1280 × 1024	17"/19"/20"/21"	8	256	2 Mb
1280 × 1024	17"/19"/20"/21"	16	65 536	4 Mb
1280 × 1024	17"/19"/20"/21"	24	16 777 216	4 Mb
1280 × 1024	17"/19"/20"/21"	32	16 777 216	8 Mb
1600 × 1200	19"/20"/21"	8	256	2 Mb
1600 × 1200	19"/20"/21"	16	65 536	4 Mb
1600 × 1200	19"/20"/21"	24	16 777 216	8 Mb
1600 × 1200	19"/20"/21"	32	16 777 216	8 Mb

FIGURA 10.24

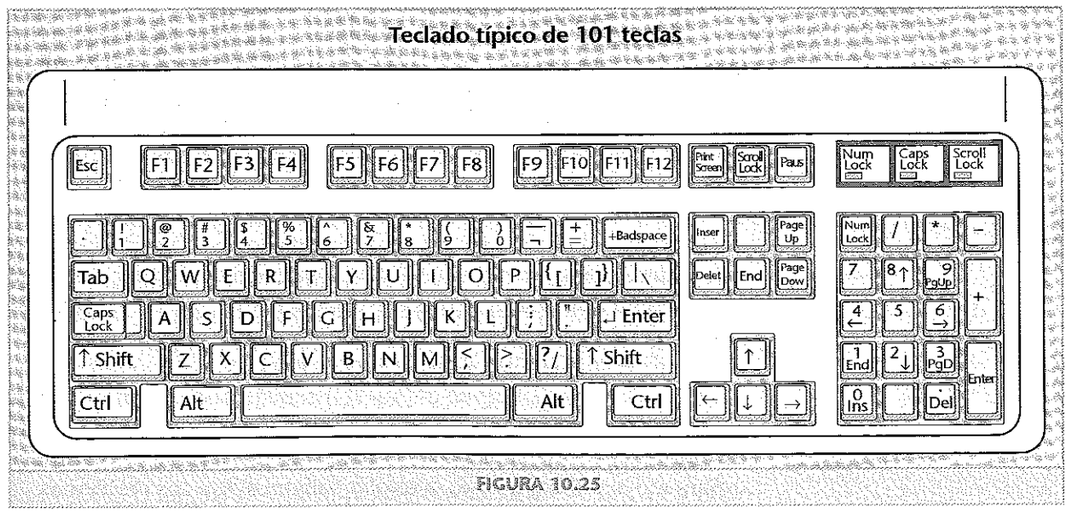


FIGURA 10.25

[1] La profundidad de 32 bits se utiliza sólo por eficiencia. Para la presentación en el monitor se utilizan 24 bits, pero, como el ancho de palabra del microprocesador es de 32 bits, es más eficiente operar con esta cantidad de bits.

También se fabrican teclados que responden a las características de cada idioma o grupo de ellos (teclados en inglés, español/portugués, alemán, francés, etc.).

La función de un teclado es convertir el carácter que indica la tecla en una serie de bits que el computador puede interpretar. Cada carácter es representado por una sucesión de 7 u 8 bits codificados en código USASCII o EBCDIC.

La velocidad de tecleado del operador es notoriamente inferior a la de transmisión, por ello en el terminal existe capacidad de almacenamiento que permite compatibilizar estas velocidades tan disímiles.

10.7.9 Otros periféricos

Al especificar otro tipo de periféricos, ya sea una placa de audio, un escáner, un módem u otro, en general debe averiguarse si existen versiones para **Bus** PCI y, si fuera así, utilizarlas, así como exigir que los mismos soporten la norma **Plug & Play**.

10.8 Nuevas tendencias: los computadores de red

Los nuevos PC que utilizan el sistema operativo Windows 98 son equipos varias veces más poderosos que los primeros que aparecieron a comienzos de la década de 1980; sin embargo, parte del éxito comercial de estos nuevos equipos se debe a que mantienen un alto nivel de compatibilidad con aquellos, tanto en hardware como en software.

Si bien esto ayuda a la comercialización, ya que se pueden reutilizar programas y periféricos más antiguos, también trae problemas de configuración de los equipos, tanto desde el punto de vista del hardware como del software.

Aun sin estos inconvenientes, la configuración del hardware para que determinado software se ejecute correctamente, es a veces difícil. Por otra parte, las grandes organizaciones que utilizan una gran cantidad de este tipo de equipamiento tienen cada vez un costo más alto de personal que se dedica a configurar los PC. Este personal se ocupa de que todos los puestos de trabajo tengan instalado y bien configurado el software que precisa para cumplir sus funciones. También debería ocuparse de efectuar las actualizaciones del software y de evitar la utilización de software ilegal y la aparición de virus.

Hacia 1995, y a partir de un nuevo lenguaje de programación llamado **Java**, creado por la empresa Sun Microsystems a mitad de la década de los noventa, se comenzó a generar un nuevo paradigma de computación orientado, entre otras cosas, a resolver algunos de estos problemas.

El lenguaje **Java**, basado en el lenguaje C++[1], está especialmente orientado a una ejecución en red en un entorno de máquina virtual.

[1] Este lenguaje fue desarrollado por *Bjarne Stroustrup*, en los Laboratorios Bell en la década de los años 80. Es sucesor del lenguaje C.

A partir de ese año, la mayoría de los navegadores (*browsers*) para **WWW (World Wide Web)** comenzaron a incorporar la **Máquina Virtual Java**, con lo cual, un programa escrito en **Java** se puede ejecutar, a través de la red o localmente, en cualquier navegador, ya sea **Netscape Navigator** ejecutado en una estación de trabajo **Unix**, o en **MS Internet Explorer** en un PC.

Al ejecutarse el programa en un entorno de máquina virtual, no se precisan generar distintas versiones para distinto tipo de equipamiento. Por otra parte, si se mantienen los programas y las aplicaciones de la organización en servidores de red, en lugar de localmente, el costo de distribución se reduce notablemente, incrementando, en cierta medida, el consumo de ancho de banda.

Sobre la base de esta máquina virtual, varias empresas, entre ellas Sun, IBM y Corel, crearon máquinas reales que implementan esa máquina virtual en forma eficiente. A esto se llamó *Network Computer* o computador de red. En principio, una computadora de red consta de un procesador, memoria, tarjeta gráfica, monitor, teclado, ratón y tarjeta de red. En general contiene memoria **Flash**[1], con un pequeño sistema operativo y un navegador que implementa la Máquina Virtual Java[2].

Si se tiene un disco rígido, éste es sólo utilizable como una memoria caché importante. Un computador de red, en general, no tiene ningún tipo de medio de almacenamiento removible, de manera que el usuario no puede instalar programas ni sacar datos en un disquete sin la intervención del administrador de la red. Cuando se enciende, el computador de red arranca directamente desde un servidor, a través de su placa de red.

El principal objetivo de la computadora de red es reemplazar las computadoras que ejecutan sistemas de tipo administrativo, que en las grandes organizaciones suelen ser generalmente mayoría. Una vez migrados los sistemas a **Java**, se pueden ir reemplazando las computadoras personales por computadoras de red, cuyo costo de adquisición es del mismo orden, pero cuyo costo de administración es varias veces menor.

La corporación Microsoft lanzó simultáneamente una iniciativa para su producto Windows, llamada **Administración cero (Zero Administration)**, que se supone va a permitir la administración centralizada de computadores que utilicen este sistema operativo. Ello originó un nuevo tipo de equipo denominado **NetPC** que se supone va a contar con las ventajas de las computadoras personales y las computadoras de red.

A comienzos de 1999, si bien ya existen productos de hardware y software relacionados con la computadora de red y la **NetPC**, no se ha verificado la evolución que estaba prevista y en consecuencia no existe la certeza sobre si alguna de estas iniciativas finalmente se llegará a impo-

[1] La memoria Flash es un tipo de memoria semipermanente que se está utilizando en lugar de la ROM que es memoria permanente. La ventaja de la memoria Flash es que se puede grabar, aunque la velocidad de grabado es bastante más lenta que la de acceso.

[2] **JVM (Java Virtual Machine)**.

ner. Habrá que tener en cuenta que ambas no son mutuamente excluyentes, con lo que podría tener éxito cualquiera de ellas, ambas o ninguna.

10.9 Terminales de entrada/salida de datos especiales

Existe una gran variedad de terminales de entrada/salida especiales. A continuación abordaremos las más importantes, algunos de los cuales han dejado de utilizarse.

10.9.1 Terminales de entrada

Como equipos que pueden ser usados para la introducción de datos cuando se desempeñan como terminales podemos citar los siguientes:

- Tarjetas perforadas.
- Cinta de papel.
- Medios magnéticos (discos magnéticos rígidos, flexibles, cintas abiertas, cassettes, tarjetas, etc.).
- Marcadores ópticos.
- Digitalizador de imágenes.

10.9.2 Terminales de salida

Como equipos que pueden ser empleados para la salida de datos cuando se desempeñan como equipos terminales podemos citar los siguientes:

- Tarjetas perforadas.
- Cinta de papel.
- Medios magnéticos (discos magnéticos rígidos, flexibles, cintas abiertas, cassettes, tarjetas, etc.).
- Impresoras de no-impacto (térmicas, magnéticas, electrostáticas, electrónicas, láser, etc.).
- Impresoras de impacto.
- Monitores.
- Ploteadores o plotters.

10.9.3 Breve descripción de algunas de sus características

10.9.3.1 Tarjetas perforadas

Constituye un medio de entrada/salida actualmente en desuso que emplea tarjetas en las cuales la información se codifica mediante perforaciones que son leídas generalmente por medios ópticos.

10.9.3.2 Cintas de papel

Este medio es sumamente económico y ha dejado de utilizarse excepto en el caso de los teletipos; además, tiene el inconveniente de que las cintas deben enrollarse luego de ser leídas y de que las roturas son frecuentes.

10.9.3.3 Cinta magnética

Es un medio que ofrece alta densidad de almacenamiento, bajo costo, fácil transporte y diferentes tipos de montaje, como los siguientes:

- Cinta abierta.
- Cassette.
- Cartridge.

El almacenamiento de datos se obtiene mediante el grabado secuencial de pequeños campos magnéticos sobre cada pista (*track*) de la cinta, tal como se indica en la figura 10.26.

Las cintas magnéticas abiertas se utilizan generalmente en centros de cómputos o en **mainframe** de cierta potencia de procesamiento. Una cinta normalizada tiene una longitud aproximada de 800 metros, de 1 a 2 cm de ancho y permite registrar de 7 a 9 pistas, lo cual posibilita una densidad de grabación de 200 a 1600 bpp (bits por pulgada).

Los **cassettes** son utilizados en sistemas simples de bajo costo y tienen una capacidad de almacenamiento inferior a las cintas abiertas por poseer longitud menor (90 metros) y ancho de cinta de aproximadamente 3 a 5 mm. El grabado se efectúa en forma seriada en una o dos pistas ubicadas a lo ancho de la cinta.

10.9.3.4 Discos magnéticos

Básicamente existen tres tipos de accesos diferentes a los discos magnéticos:

- Discos con cabeza móvil.
- Discos con cabeza fija.
- Discos flexibles.

Los de cabeza móvil constituyen los **disk pack** formados por un conjunto de discos montados sobre un eje común sobre el que rotan. Las cabezas magnéticas están montadas sobre brazos que se mueven radialmente respecto a los discos que giran a altas velocidades.

En la figura 10.27 se muestra la disposición de este sistema, y también la de uno de cabeza fija.

Los sistemas de cabeza móvil tienen mayor capacidad de almacenamiento y la conveniencia de ser desmontables; por otro lado, los de cabeza fija poseen tiempos de acceso menores y mayor confiabilidad desde el punto de vista mecánico.

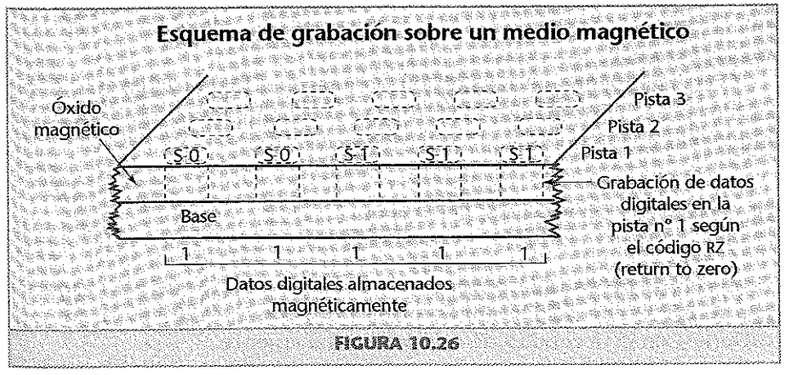


FIGURA 10.26

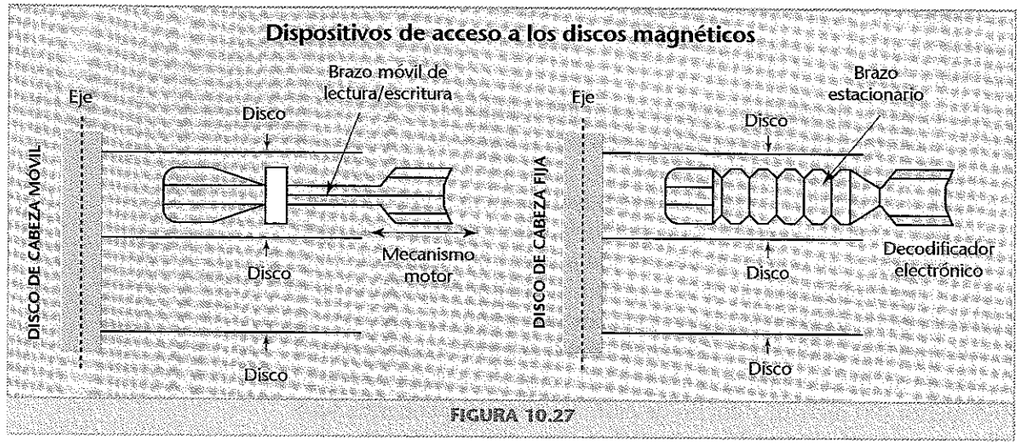


FIGURA 10.27

El disco flexible o **disquete**, conocido comúnmente como **floppy disk**, es el medio de almacenamiento más popular y económico que existe actualmente en el mercado, del que ya hemos hablado en este capítulo.

10.9.3.5 Tarjetas magnéticas

Son tarjetas rectangulares, de poco espesor, que poseen una banda magnética a lo largo de la cual se graban los datos. En la figura 10.28 se indican las especificaciones típicas de las tarjetas existentes en el mercado actualmente.

10.9.3.6 Lectora óptica de códigos de barras

Constituye un medio de entrada de datos muy utilizado especialmente en el comercio, control de stock, depósito, etc.

Consiste básicamente en la lectura mediante un sistema óptico de barras convenientemente codificadas o a través de caracteres especiales.

10.9.3.7 Digitalizador de imágenes

Otro importante medio de adquisición de datos lo constituyen los digitalizadores de imágenes, que generalmente están asociados a computadores que procesan la imagen digitalizada para obtener diferentes presentaciones de la misma.

Comercialmente, la transmisión de imágenes digitalizadas más conocida es la que corresponde a la transmisión de televisión usando redes digitales y también la transmisión de fotos por cable.

10.10 Terminales de entrada remota de trabajos

terminales de entrada remota de trabajos

Un terminal de entrada remota de trabajos es aquel que está especialmente preparado para recibir información a través de líneas de comunicaciones, sin la necesidad de operarlo manualmente.

Una estación de entrada remota de trabajos está formada normalmente por alguno de los siguientes elementos:

- Una unidad de control.
- Una lectora de tarjetas perforadas.
- Una impresora de líneas.
- Discos o cintas magnéticas.
- Una consola de operaciones, con una terminal de presentación visual.

Por lo general, están conectadas mediante líneas de grado de voz y transmiten a velocidades superiores a los 2400 bps. A menudo se emplean minicomputadoras que, de modo local, intentan realizar el trabajo necesario y transfieren, vía telecomunicaciones, aquellas tareas que las sobrepasan en volumen. En la figura 10.28 se muestra un esquema típico de un terminal de entrada remota de trabajos.

Especificaciones de las tarjetas magnéticas

Número de pistas (*tracks*)	50/64
Capacidad (caracteres/líneas)	100/160
Densidad (bits/pulgadas)	250/222

FIGURA 10.28

10.11 Terminales sensores

Un terminal basado en el uso de sensores es un dispositivo adaptado especialmente para recibir información, que generalmente es analógica, a través de un sensor y convertirla en digital para luego transferirla a una computadora.

terminal sensor

Un ejemplo muy difundido de estos terminales son los que se encuentran en los accesos de personal. Estos terminales utilizan generalmente tarjetas magnéticas codificadas que al ser leídas por el terminal transfieren un código al computador central para permitir la entrada o no del personal. Otros sistemas más sofisticados utilizan transductores que verifican continuamente un proceso y reciben de la computadora datos de respuesta que pueden modificar dicho proceso.

10.12 Impresoras

10.12.1 Impresoras de impacto

Estas impresoras forman sus imágenes o símbolos mediante el impacto sobre el papel de caracteres recubiertos de tinta. Existen cuatro tipos diferentes:

- Serie.
- Cadena.
- Tambor.
- Matriz de puntos.

El tipo serie emplea un conjunto de caracteres montados sobre una esfera, rueda o margarita. Cuando el carácter seleccionado pasa delante del elemento percutor o **martillo impresor**, éste actúa golpeándolo con una

determinada fuerza que depende del tipo de carácter, de tal manera que la presión sobre el papel sea uniforme.

Las impresoras tipo cadena utilizan un conjunto de caracteres montados en una correa o cadena que se mueve delante de los martillos impresores, los cuales son activados cuando el carácter deseado pasa delante de estos.

Las impresoras de cilindro son similares a las de cadena, excepto en el hecho de que los caracteres están distribuidos, en este último caso, sobre la superficie de un cilindro.

Por último, en las impresoras con matriz de puntos se utiliza un conjunto de contactos o agujas de la matriz para formar cada carácter y las agujas se mueven hacia el papel impulsadas por solenoides comandados electrónicamente.

10.12.2 Impresoras de no impacto

Las impresoras de este tipo forman su imagen mediante la adhesión de cierto material de contraste sobre el papel. La posición donde se deposita el material de contraste está controlada electrónicamente. En la figura 10.29 se detallan las principales tecnologías utilizadas con este tipo de impresoras.

10.12.3 Impresoras a chorro de tinta

Este tipo de impresoras, denominadas en inglés **ink-jet** o **bubble-jet**, funcionan con un cabezal que consiste en una finísima malla de pequeños agujeros por los cuales salen pequeñas gotitas de tinta que luego se secan sobre el papel. Los primeros modelos trabajaban con un papel satinado especial que evitaba que las gotas se desparramaran sobre el papel mientras se secaban. Los nuevos modelos, en general, trabajan bien con papel común, pero siempre ofrecen un rendimiento muy superior con papeles especiales.

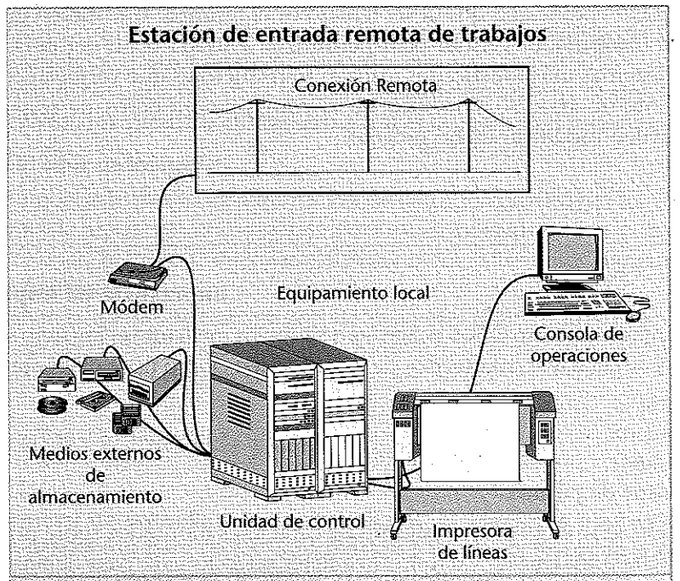


FIGURA 10.29

Esta tecnología es de relativo bajo costo, y hoy en día han mejorado notablemente su definición y algo su velocidad. En los últimos años también se les ha añadido la posibilidad de imprimir en colores, manteniendo los costos relativamente bajos. Los modelos actuales de estas impresoras tienen resoluciones desde 300 hasta 1400 puntos por pulgada[1], y trabajan en velocidades desde 1a 8 páginas por minuto.

Las impresoras de chorro de tinta color usan un cartucho de tinta negro y uno con tinta de tres colores (cian, magenta y amarillo). Existen dos tipos, en el más económico hay que sacar el cartucho negro para poner el de color, lo cual, aparte de la incomodidad de tener que realizar el cambio, no permite que una página con colores tenga partes en color negro de buena calidad; en general, las partes negras salen de un color marrón a gris muy oscuro. Por esta razón es recomendable elegir una impresora que pueda utilizar ambos cartuchos simultáneamente.

Esta tecnología está siendo usada hoy en día también para trazadores o plotters para impresión en papeles de grandes dimensiones. En algunos de estos trazadores se utilizan cuatro cartuchos de tinta, uno negro y uno de cada uno de los tres colores, lo que permite su aprovechamiento más eficiente de la tinta.

En resumen, hoy en día la impresora de chorro de tinta es la mejor elección cuando se busca buena calidad a un bajo costo inicial, siempre y cuando los volúmenes de impresión sean bajos a moderados. Por otra parte, es prácticamente la única opción para imprimir a colores con buena calidad a un costo razonable.

No hay que olvidar que para un volumen alto de impresión en blanco y negro, si bien el costo inicial de una impresora de chorro de tinta es bajo, en general, el costo de impresión por hoja es más alto que el de una láser blanco y negro.

10.12.4 Impresoras láser blanco y negro

Las impresoras láser funcionan de la siguiente forma: distribuyen en forma pareja tóner en polvo sobre la hoja y utilizan un rayo láser de alta precisión para fundir ese tóner en los puntos donde corresponde imprimir.

Estas impresoras, al igual que las de chorro de tinta, utilizan un lenguaje de descripción de página denominado PDL (**Page Description Language**), lo que permite disponer de más capacidad de procesamiento en la impresora y aliviar el procesamiento por parte de la computadora.

La mayoría de las impresoras láser tienen potentes procesadores llamados RIP[2] y bastante memoria RAM para procesar los trabajos de impresión.

[1] No siempre es igual la resolución vertical que la horizontal.
[2] **Raster Image Processor** o Procesador de Imágenes por Rastreo.

Por otra parte, a diferencia de otros tipos de impresoras, las impresoras láser deben formar una imagen de la hoja completa en memoria antes de comenzar a imprimir, por lo cual, a mayor tamaño de hoja a imprimir o a mayor resolución deseada, debe incrementarse la memoria de la impresora, sin contar la memoria necesaria para el procesamiento en sí.

La mayoría de las impresoras láser pueden mantener en su memoria en forma transitoria (o incluso en un disco rígido interno, en forma semipermantente, o en memoria ROM o **Flash** en forma permanente) juegos completos de las tipografías más utilizadas, o incluso algunas imágenes, como pueden ser logotipos, etc.

Las resoluciones más utilizadas en impresoras láser son 300, 400 y 600 puntos por pulgada; sin embargo, las nuevas impresoras utilizan un método que consiste en hacer algunos puntos mayor y otros más pequeños, lo que da una apariencia de una resolución mucho mayor; este método suele llamarse de **resolución mejorada**.

Los lenguajes del tipo PDL más utilizados son el de la empresa HEWLETT PACKARD (cuyas versiones actuales son **PCL 5e** y **PCL 6**) y el PostScript, de la empresa Adobe, cuya versión actual es **PostScript 2**.

El primer lenguaje utilizado en impresoras láser fue el PostScript, que es un lenguaje muy potente que maneja todos los gráficos (incluidas las tipografías) como curvas de Bèzier, lo que hace que el procesamiento sea muy intensivo. La calidad final es excelente y, por otra parte, independiente de la resolución de la impresora.

Se puede decir que cualquier gráfico en PostScript, como no es un mapa de bits sino una especificación matemática de curvas, se va a imprimir con el mismo tamaño y la misma forma, tanto a 300 puntos por pulgada en una impresora doméstica como a 1600 puntos por pulgada en un equipo de producción gráfica, obviamente, con mejor calidad en este último, pero siempre con el mismo tamaño y proporción.

Por otra parte, el PCL es un lenguaje más simple, aunque también bastante potente, que en sus últimas versiones también utiliza tipografías algorítmicas escalables (además de las originales con mapa de bits). Al ser un lenguaje más simple, su procesamiento es, en general, más rápido y consume menos memoria.

En general, las impresoras usadas en industrias gráficas o en aplicaciones gráficas intensivas utilizan PostScript, ya que éste es el estándar de la industria gráfica y las imprentas digitales lo utilizan.

Para aplicaciones de oficina o personales, en general se utiliza PCL por su mayor velocidad para trabajos simples y también por su menor costo, porque para utilizar el intérprete PostScript el fabricante debe abonar a la empresa Adobe un cánon por uso de la licencia[1].

[1] El lenguaje **PostScript** está patentado por la empresa Adobe. Esta empresa cobra una licencia por su utilización. Existen también **clones** de **PostScript**, que son intérpretes diseñados para ser compatibles con él, aunque su calidad no es exactamente igual a la del PostScript original.

Las velocidades de impresión van desde 4 ó 6 páginas por minuto para las más pequeñas y económicas, hasta 20 a 30 páginas por minuto para impresoras conectadas a una red. Cuando las impresoras son de medianas a grandes, en general, permiten (ya sea en forma estándar o por medio de una ampliación) conectarse a una red de datos, ya sea Ethernet, Token-Ring o AppleTalk. Esto permite que la impresora sea compartida por un grupo de trabajo (o todo un departamento), sin tener que estar conectada a un servidor o a una estación de trabajo, lo que hace más eficiente y más confiable su funcionamiento.

Impresoras láser color 10.12.5

En los últimos años han aparecido impresoras láser color que utilizan el mismo método que las impresoras en blanco y negro, pero utilizan tóner de cuatro colores (negro, cian, magenta y amarillo) en cartuchos separados. En general, la hoja pasa cuatro veces por el motor, imprimiendo cada vez un color, motivo por el cual la impresión en color es bastante más lenta que en blanco y negro.

Las impresoras color de menor costo (que es equivalente o superior al de una impresora láser blanco y negro de muy alto rendimiento) imprimen alrededor de 3 páginas a color por minuto y 12 páginas en blanco y negro por minuto. En general, utilizan las mismas resoluciones que las impresoras láser blanco y negro y la mayoría de ellas utilizan el lenguaje PostScript (aunque algunas utilizan PCL o ambos). Prácticamente, la totalidad de las impresoras láser color permiten conectarse a redes de datos, ya sea en forma estándar o por medio de una ampliación.

Impresoras especiales de gran porte 10.12.6

Son impresoras láser para altísimos volúmenes de impresión, que van de las 40 a las 150 páginas por minuto. Existen de tres tipos: blanco y negro, color resaltado y *full color*.

Las impresoras de color resaltado son impresoras que utilizan dos tóner diferentes, uno negro y uno de otro color (en general se puede elegir entre varios colores) que no se combinan, es decir, se puede imprimir una parte en negro y otra, por ejemplo, en rojo, pero no se puede utilizar una mezcla de ambos en el mismo punto para lograr un rojo oscuro.

Las impresoras *full color* funcionan como las impresoras láser color antes descritas, pero con velocidades superiores.

Las impresoras de gran porte en blanco y negro o color resaltado se utilizan principalmente para tareas que requieran de grandes volúmenes de impresión, como recibos de sueldos de grandes corporaciones con decenas de miles de empleados, resúmenes de cuentas bancarias, facturación de servicios, etc. También se utilizan para las llamadas **imprentas por demanda** donde se imprimen libros o manuales con tiradas que no justifican enviarlo a una imprenta (por ejemplo, un libro de trescientas páginas de la que se quieren sólo quinientos ejemplares). Este tipo de trabajos permite, por otra parte, tener las impresiones listas al poco tiempo de terminar de escribir o modificar un documento.

La mayoría de estas impresoras utilizan un servidor dedicado que se ocupa de manejar las colas y trabajos de impresión y, en algunos casos, preprocesan el trabajo de impresión a fin de mejorar la velocidad final.

10.12.7 Diferentes tipos de medidas de papeles para uso en impresoras

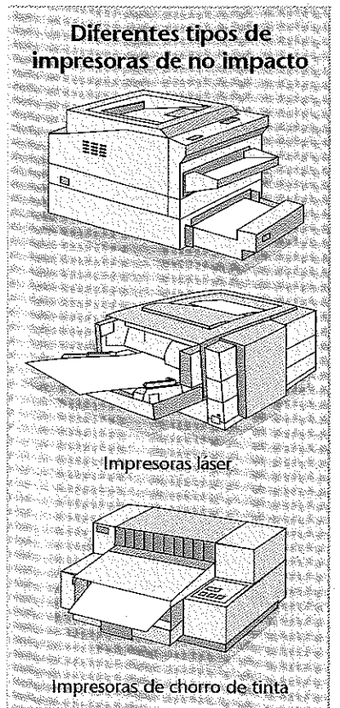


FIGURA 10.30

Las impresoras usan medidas de papeles que cumplen dos tipos de normas: las normas ISO y las normas estadounidenses.

Las primeras, por ser estándares internacionales, son usadas en casi la totalidad de los países; las segundas se utilizan en los Estados Unidos y en algunos países americanos.

Las normas ISO conforman un estándar de diferentes tipos de medidas divididas en dos conjuntos denominados A y B. Las medidas de estos dos conjuntos se pueden observar en la figura 10.30. En los dos casos, la relación entre el **largo** y el **ancho** es exactamente de **1,414:1**.

Para las medidas denominadas A, se parte de una denominada **Medida Base** A0, que tiene una superficie total de 1 m^2. Las demás medidas se van obteniendo dividiendo el largo por la mitad y tomando el mismo radio antes señalado.

Para las medidas denominadas B, se parte de una denominada **Medida Base** B0, que tiene un ancho del papel de 1 metro, manteniendo el largo la misma relación. En este último caso, el ancho de una medida anterior pasa a ser el largo de la siguiente, siempre completando la otra medida con la misma relación **1,414:1**.

En los Estados Unidos se usan dos tipo de medidas diferentes, denominadas LEGAL SIZE y **letter size**.

El tipo denominado LEGAL SIZE o **medida legal** es aquella que se usa para los documentos legales en los Estados Unidos. El tipo denominado **letter size** se emplea en dicho país para el uso de las empresas. Las medidas de dichos papeles son la que se indica en la figura 10.31.

Tamaños de los papeles según normas ISO

Tipo	Ancho	largo	Ancho	Largo
	Milímetros exactos		Pulgadas aproximadas	
A0	841	1189	33,1	46,8
A1	594	841	23,4	33,1
A2	420	594	16,5	23,4
A3	297	420	11,7	16,5
A4	210	297	8,3	11,7
A5	148	210	5,8	8,3
A6	105	148	4,1	5,8
B0	1000	1414	39,4	55,7
B1	707	1000	27,8	38,4
B2	500	707	19,7	27,8
B3	353	500	13,9	19,7
B4	250	353	9,8	13,9
B5	176	250	6,9	9,8

FIGURA 10.31

En algunos países americanos, que usan estas medidas y simultáneamente el sistema métrico decimal, los papeles se suelen cortar a los valores más próximos exactos en milímetros, o en centímetros. Por ejemplo, se toma un ancho de 215 mm. ■

Tamaños de los papeles según normas USA

Tipo	Ancho	Largo	Ancho	largo
	Milímetros aproximados		Pulgadas exactas	
LEGAL	21,59	27,94	8,5	11
LETTER	21,59	35,56	8,5	14

FIGURA 10.32

Ejercicios planteados del capítulo 10

A. Problemas a resolver

1. ¿Qué tipo de señales, analógicas o digitales, se obtienen de un proceso de multiplexación por **División de Frecuencia** (FDM)? ¿Y de uno por **División de tiempo** (TDM)?
2. Haga un cuadro comparativo de multiplexores en sus distintas variantes, FDM, TDM, STDM, y el concentrador.
3. Plantear la desigualdad que mejor describiría la característica de asignación dinámica en un multiplexor del tipo STDM. ¿Pueden las velocidades de transmisión máximas entrantes al mismo, ser mayores que la velocidad de transmisión saliente de él?
4. Imaginar un multiplexor del tipo STDM con cuatro entradas que permiten una velocidad de 9600 bps, y una salida de 19 200 bps. Si se emplea el **Modelo Estocástico de Bernoulli**, que responde a la distribución discreta binomial, calcular las probabilidades de que las líneas estén activas y sacar conclusiones de los resultados. Calcular en que porcentaje del tiempo habrá demoras.
   La expresión para efectuar el cálculo es la siguiente:
   $$P(n) = C\ m,n \times p_n \times (1 - p)\ (m - n)$$
   Donde:
   $P(n)$ = Probabilidad de que n dispositivos estén activos simultáneamente.
   m = Cantidad de líneas entrantes al multiplexor.
   p_n = Probabilidad de que una línea tenga datos para transmitir. Se tomará para al cálculo, un valor de $p_n = 0{,}25$.
5. Realice el esquema de una red donde se empleen los siguientes equipos de hardware de comunicaciones, más los equipos informáticos que crea conveniente:
   - Procesador de comunicaciones delantero.
   - Dispositivo para compartir puertas.
   - Divisor de líneas (switch).
   - Multiplexor.
   - Concentrador.
6. Construir una red que permita la transmisión de datos y voz, que no siendo de tecnología de redes ISDN, conecte tres localidades ubicadas a 700 km entre sí y emplee vínculos satelitales. Se requiere obtener cuatro canales de voz y tres de datos, estos últimos a 9600 bps.
7. Indicar las principales ventajas de la multiplexación por división de tiempo comparándola con la multiplexación por división de frecuencia.
8. Construir una red que utilice dos concentradores de líneas y dos multiplexores estadísticos e indicar su ubicación más conveniente.
9. Detallar las diferencias que existen entre un bus ISA, EISA y **MicroChannel**.
10. Indicar las principales diferencias entre las controladoras IDE, EIDE y SCSI.

11. ¿Qué tipo de tarjetas de red conoce y cuáles son las interfases más utilizadas? ¿Por qué?
12. ¿Cuáles son las formas mediante las cuales, se puede compartir una impresora de red?
13. ¿Cuáles son las principales características técnicas que utilizaría para compartir dos impresoras de red?
14. ¿Cuáles son las categorías básicas de las terminales?
15. ¿Dónde se podría emplear un conversor de protocolos?
16. ¿En qué consiste un banco de memorias RAM de 72 contactos o pins?

B. Temas a desarrollar por el lector

1. Estudiar la estructura interna de un multiplexor estadístico.
2. Analizar el principio de funcionamiento de un concentrador de mensajes y evaluar cómo se determina su capacidad de almacenamiento máxima.
3. Analizar y evaluar los diferentes algoritmos de compresión de voz utilizados en los multiplexores que se emplean en los enlaces satelitales. ■

Glosario de términos teleinformáticos

Este glosario contiene los términos y expresiones más frecuentemente empleados en el campo de la Teleinformática. La mayoría de las definiciones se han extraído de las publicaciones de la UIT-T, aunque en algunos casos se han simplificado. Asimismo se han incorporado términos provenientes de otras obras editadas en idioma inglés, español, alemán, francés y portugués, así como de folletos técnicos de fabricantes de equipos teleinformáticos.

Se ha evitado el uso de términos en idiomas diferentes al español. Sin embargo, no se ha podido omitir el uso de palabras en idioma inglés, cuya traducción, aunque posible, carecería de sentido práctico, dado el uso exclusivo que se hace de la palabra original.

Al final de las definiciones de términos escritos en español se añade la expresión correspondiente en inglés cuando se considera que puede ser útil para interpretar la bibliografía en ese idioma.

En otros casos, se han traducido algunas expresiones, pero pueden ser buscadas en el glosario en su idioma original.

Acceso de usuario ■ Medio por el cual un usuario se conecta a una red de telecomunicaciones a fin de utilizar los servicios y/o facilidades de esa red.

Acceso multipunto ■ Acceso de usuario en el cual más de un equipo terminal es soportado por una sola terminación de red.

ACK Reconocimiento de recepción. Esta expresión se usa para confirmar la recepción correcta de una información transmitida. ***Acknowledgment***.

Acoplamiento acústico (a la línea telefónica) Método para acoplar un equipo terminal de datos, o un dispositivo similar, a la línea telefónica por medio de transductores que transforman energía acústica en energía eléctrica.

Adaptador de interfases Unidad requerida entre el terminal de datos y el canal digital, que proporciona la recepción del sincronismo, la indicación de la pérdida de alineación de trama y, en caso necesario, la conversión de las señales de sincronismo y la velocidad binaria.

Aleatorizador Dispositivo que convierte una señal digital en una señal digital seudoaleatoria que tiene el mismo significado y la misma velocidad de transmisión.

Alfabeto Tabla de correspondencia entre un conjunto convencional de caracteres y las señales o secuencias de símbolos que los representan.

Alfabeto internacional N° 5 Alfabeto que utiliza un código bivalente (de dos estados) de ocho unidades con siete elementos primarios de información y un elemento de control de paridad; este alfabeto comprende en particular caracteres de mayúsculas y de minúsculas, signos diacríticos y diversas funciones de control.

Alfabeto telegráfico internacional N° 2 Alfabeto que utiliza un código bivalente (de dos estados) de cinco unidades; en telegrafía armónica se emplea generalmente para teleimpresores.

Ancho de banda Medida de la capacidad de transmisión de una línea expresada en hertz. Indica el intervalo de frecuencias en el cual se concentra la mayor parte de la energía de la señal.

ARCnet Red LAN que utiliza el método de acceso al medio denominado *Token Passing* y opera a 2,5 Mbps. Esta red permite conectar hasta 255 computadores personales. ***Attached Resources Computing Network***.

ARQ Técnica utilizada para la corrección de errores. Si durante la transmisión ocurre un error, el dispositivo receptor solicita al emisor la retransmisión del mensaje.

AS/400 Serie de minicomputadoras de IBM que se presentó en 1988 como reemplazo de los sistemas 36 y 38.

ASCII Código de 8 bits para el intercambio de información entre dos dispositivos como, por ejemplo, un monitor y una impresora. ***American Standard Code for Information Interchange***.

Asincrónico Modo de transmisión de datos en el que el instante de emisión de cada carácter o bloque de caracteres se fija arbitrariamente; no es necesario mantener permanentemente sincronizados los relojes de los dispositivos conectados.

AT Conjunto estándar de instrucciones utilizadas para activar las funciones de un módem. El código AT es la forma abreviada de *ATention* y precede a la mayoría de los comandos del módem.

ATM Protocolo orientado a conexión que posibilita la transmisión de señales isócronas. Es una solución para la integración de redes WAN y LAN que operan a muy altas velocidades. ***Asynchronous Transfer Mode***.

AUI Interfase universal que emplea un conector de 15 contactos. ***Attachment Unit Interface***.

AWG Sistema americano de medida que clasifica los cables de cobre por su grosor; a medida que el diámetro del cable se incrementa, el número AWG disminuye. ***American Wire Gauge***.

Banda base Transmisión de una señal de datos sin modulación alguna. Cada dígito binario, 1 ó 0, es convertido en niveles de tensión diferentes y éstos son transmitidos directamente a la línea.

Base de datos Conjunto de objetos relacionados, que pueden incluir tablas, informes, consultas, etc., creados por un sistema conjunto de facilidades de información y/o de transacción a las cuales pueden tener acceso los usuarios.

Baudio Unidad de velocidad de modulación. El número de baudios es igual a la inversa de la duración, expresada en segundos, del elemento de señal más corto. También se puede interpretar como el número de variaciones por segundo de la señal en la línea de transmisión.

BCD Codificación en 4 bits de una cifra decimal, por ejemplo mediante una notación ponderada 8421. ***Binary Coded Decimal***.

Ber Tasa de error en un canal de comunicaciones que relaciona la cantidad de bits erróneos recibidos respecto del total transmitido. ***Bit Error Rate***.

BIOS En un PC, conjunto de instrucciones que permite la comunicación entre el sistema operativo y los dispositivos periféricos. ***Basic input/output System***.

BISDN Red digital de servicios integrados de banda ancha. ***Broadband Integrated Service Digital Network***.

Bit Contracción de las palabras inglesas *binary* y *digit*.

Bit de paridad Bit asociado a un carácter o a un bloque para controlar la ausencia de errores dentro de este carácter o de ese bloque.

Bit de sincronismo Bit utilizado para mantener el sincronismo en una transmisión de datos.

Bit erróneo Bit no conforme con el que hubiera debido recibirse.

Bits de información Son los bits producidos por la fuente de datos y que corresponden exclusivamente a la información que se desea transmitir.

Bits suplementarios Todos los bits que no sean de información.

Blackout Corte de la energía eléctrica de una instalación.

Bloque Grupo de bits transmitidos formando un todo, al que generalmente se aplica un método de codificación con fines de protección contra errores.

BNC Conector para cables coaxiales.

BPS Bits por segundo.

Bridge Dispositivo que se utiliza para conectar dos o más redes LAN. *Véase también* Puente.

Broadcast Envío de un mensaje a todos los usuarios.

BROWSER Programa que se utiliza en Internet para explorar los recursos efectuando un recorrido entre los diferentes nodos de la red.

Brouter Dispositivo de red que combina las funciones de un *router* y de un *bridge* (puente).

BSC Comunicación sincrónica binaria; método desarrollado por la Empresa IBM que consiste en la transmisión de datos sincrónica mediante el empleo de tra-

mas enviadas con un procedimiento de parada y espera de confirmación de recepción. ***Binary Synchronous Communication.***

Buffer Memoria intermedia reservada para el almacenamiento temporal.

Bus Trayecto común dentro de un equipo por el cual pasan las señales procedentes de varios canales en diferentes instantes. También se denomina bus a una topología de red utilizada en redes locales de computadores (LAN).

Byte Conjunto de caracteres binarios (bits) sobre los que se opera como una unidad, generalmente contienen 8 bits.

Cabecera Parte inicial de un mensaje (o de un paquete) que normalmente contiene los bits de servicio utilizados, por ejemplo, para indicar la dirección, el número de secuencia, etc. ***Header.***

Cable coaxial Medio de transmisión constituido por un conductor central rodeado de un conductor exterior; ambos conductores están separados por un material dieléctrico. Se utiliza para altas velocidades de transmisión.

Cache memory Sección pequeña de memoria muy rápida (generalmente RAM estática) reservada para almacenamiento temporal de datos.

Canal Cualquier ruta de conexión que transporta información de un dispositivo emisor a otro receptor.

Canal analógico Medio de transmisión por el cual se transmiten señales analógicas.

Canal de comunicaciones Circuito por el cual se transporta la señal de comunicaciones; incluye los equipos electrónicos situados en ambos extremos y el medio físico que los une.

Canal de datos Trayecto de transmisión empleado para la transmisión de los datos; incluye los equipos terminales en ambos extremos.

Canal de ida Canal de transmisión de datos cuyo sentido de transmisión coincide con el sentido de transferencia de la información.

Canal de retorno Canal de transmisión de datos utilizado para las señales de supervisión y/o para las señales de protección contra errores, pero cuyo sentido de transmisión es el opuesto al de la transferencia de información.

Canal digital Canal de comunicaciones que transporta exclusivamente señales digitales.

Carácter Grupo de bits que representa a un símbolo, que puede ser una letra, un número, o un signo de puntuación o de control.

Carrier signal *Véase* Señal portadora.

CCITT Organización mundial con sede en Ginebra que crea estándares de comunicaciones. ***Comité Consultatif Internationale de Téléphonie et de Télégraphie.***

CD ROM Disco compacto solamente de lectura en el cual el almacenamiento es óptico y de gran capacidad.

Celda Paquete de longitud fija. ***Cell.***

Central Conjunto de dispositivos de transporte de tráfico, de etapas de conmutación, de medios de control, señalización y de otras unidades funcionales en un nodo de la red, que permite la interconexión de líneas de abonados, circuitos de telecomunicación u otras unidades funcionales según lo requieren los usuarios individuales.

Central digital Central que conmuta señales digitales por medio de conmutación también digital.

Central internacional Central (situada en uno de los extremos de un circuito telefónico internacional) que conmuta una comunicación procedente de otro país o destinada a él.

Central urbana Central en la que terminan las líneas de los abonados.

Centro de servicio videotex Computador utilizado para autorizar el acceso al servicio videotex. El centro de servicio puede incluir otras funciones como la asistencia a los usuarios para la selección de la base de datos, u otros servicios de gestión, por ejemplo para tarifación, recopilación de datos estadísticos, etc.

Centro de tránsito Central que permite establecer conexiones entre otras centrales.

Centronics Interfase estándar de 36 conectores utilizada para conectar a un PC un dispositivo con salida paralelo como, por ejemplo, una impresora.

Circuito de cuatro hilos (4H) Circuito de comunicación que tiene 4 conductores o alambres, dos en cada dirección de transmisión.

Circuito de datos Conjunto de dos vías de transmisión de datos asociadas para transmitir datos en ambos sentidos entre dos puntos.

Circuito de dos hilos (2H) Circuito de comunicación que tiene 2 conductores o alambres aislados y separados el uno del otro. Para transmisión *Full-duplex* se deben usar dos frecuencias diferentes, una para transmisión y otra para recepción.

Circuito de telecomunicación Combinación de dos canales de transmisión que permiten la transmisión bidireccional de señales entre dos puntos.

Circuito telefónico Conexión eléctrica permanente que permite una comunicación telefónica en ambos sentidos entre dos centrales.

Circuito virtual Servicio ofrecido en una red de conmutación de paquetes. La red envía los paquetes de los usuarios como si existiera un circuito directo entre el usuario emisor y el destinatario. Se puede afirmar que, en forma virtual, al usuario le parece que existe un circuito real.

Cluster controller Dispositivo ubicado entre un grupo de terminales y el *Mainframe* cuya función es controlar la comunicación entre ellos. Generalmente utilizan el protocolo SDLC.

Codec Combinación de un codificador y un decodificador que funcionan en el mismo equipo y con sentidos de transmisión opuestos.

Código Grupo de bits asignados a un conjunto de símbolos, que pueden ser letras, números o caracteres de control.

Código Baudot Código de cinco niveles utilizado en algunos modelos de Teletipo.

Código corrector de errores Código detector de errores que permite además la corrección automática de cierta proporción de los errores detectados sin utilizar un canal de retorno.

Código M de N Código en el que cada carácter se representa por N bits y en el que las únicas configuraciones válidas son aquellas en que M bits son iguales a 1.

Código Morse Código telegráfico bivalente en el que los caracteres se representan mediante grupos de puntos y rayas; estos grupos están separados por espacios.

Código redundante Código que utiliza mayor cantidad de bits que los estrictamente necesarios para representar los símbolos.

Computador central Equipo de datos que en la organización a la que pertenece tiene una relación jerárquica superior respecto a otros computadores vinculados a él.

Computador principal Computador central de una organización que tiene asociado un gran número de periféricos y terminales; soporta el mayor peso del procesamiento electrónico de datos de la organización. ***Host*** o ***Mainframe***.

Comunicación de datos Transferencia de datos entre una fuente y un colector mediante uno o varios enlaces y según un protocolo de comunicaciones determinado.

Comunicación multipunto Servicio que ofrece varios puntos de acceso. ***Multicast***.

Comunicación punto a punto Comunicación entre dos estaciones o puntos de acceso vinculados por un único canal de comunicaciones.

Concentrador Dispositivo que permite almacenar temporalmente datos procedentes de canales de baja velocidad y su retransmisión por canales de alta velocidad, y viceversa.

Concentrador de líneas Equipo que permite conectar varios terminales de datos a un número menor de líneas de comunicaciones.

Conmutación de circuitos Proceso que conecta, bajo demanda, dos o varios ETD y requiere la utilización exclusiva de un circuito de datos durante la comunicación. Dicho circuito no podrá ser utilizado por otro abonado hasta que se libere.

Conmutación de mensajes Proceso de transferencia de mensajes mediante su recepción, almacenamiento y retransmisión a través de los nodos de una red de datos.

Conmutación de paquetes Proceso de transferencia de datos por medio de paquetes provistos de direcciones, en el que el canal está ocupado solamente durante la transmisión del paquete, estando luego disponible para la transferencia de paquetes provenientes de otros usuarios.

Conmutador de datos Nodo de una red capaz de transferir datos desde una línea de transmisión a otra mediante conmutación de circuitos, de mensajes, o de paquetes.

Control por bucle Método para controlar la exactitud de la transmisión de los datos mediante el cual los datos recibidos se devuelven al extremo emisor para compararlos con los datos originales conservados a tal fin en la memoria.

Control por programa almacenado (CPA) Control de una central telefónica por medio de un conjunto de instrucciones almacenadas en memoria, que pueden modificarse.

Controlador de comunicaciones Dispositivo que se encarga de la gestión de las comunicaciones de datos a través de la red. (*front-end processor*) Procesador de Comunicaciones Delantero.

Convertidor paralelo/serie Dispositivo que convierte un grupo de elementos de señal que se presentan al mismo tiempo (paralelo) en una secuencia correspondiente de elementos de señal consecutivos (serie).

Convertidor serie/paralelo Dispositivo que convierte una secuencia de elementos de señal consecutivos (serie) en un grupo correspondiente de elementos de señal que se presentan al mismo tiempo (paralelo).

Cuadribits Grupo de cuatro bits que se transmiten de forma conjunta (transmisión multinivel).

Cuantificación En la digitalización de señales analógicas, es el proceso que le sigue al de muestreo. Consiste en asignar niveles discretos preestablecidos a los pulsos modulados en amplitud obtenidos del proceso de muestreo.

Datagrama Servicio ofrecido en una red de conmutación por paquetes mediante el cual un mensaje que puede estar contenido en un solo paquete, se envía al destinatario identificado en el campo de dirección de ese paquete.

dBm Nivel absoluto de potencia expresado en decibeles y relativo a 1 mW.

DDD Servicio de conmutación de líneas telefónicas que permite llamar a otros usuarios localizados fuera del área local sin asistencia de la operadora. ***Direct Distance Dialing***.

Decibel Unidad que relaciona el nivel de una señal respecto de otra, tomada como señal de referencia.

Demodulación Procedimiento que permite reconstruir el mensaje original a partir de una señal portadora modulada por dicho mensaje.

Demultiplexación Procedimiento aplicado a una señal multiplexada para recuperar las señales que se combinaron para formarla y restituirlas a los canales individuales correspondientes.

Diafonía Ruido debido a la transferencia de una parte de la energía de la señal transmitida desde un circuito a otro.

Dibit Grupo de dos bits que se transmiten de forma conjunta (transmisión multinivel).

Dígito binario (bit) Cada uno de los símbolos con que se representan los números en un sistema binario.

DIN Conector que se ajusta a las especificaciones del *Deutsche Industrie Norm*.

Dip switch Interruptor que se utiliza para seleccionar el modo operativo de un dispositivo y está montado como un paquete dual en línea.

Dirección Conjunto de bits que indican el destino de una comunicación o de un conjunto de datos (mensaje, trama, paquete, etc.).

Directory caching Característica de seguridad de redes que posibilita copiar en la memoria del servidor de la red la tabla de asignación de archivos FAT (***File Allocation Table***) y la tabla de entradas del directorio.

Directory hashing Indexación de las localizaciones de los archivos en el disco para acelerar el tiempo de acceso.

Disaster recovery Proceso de restauración de dispositivos tras una interrupción en computación o comunicaciones.

Disco duro o rígido Disco duro de un PC. ***Hard disk***.

Disk duplexing Método utilizado para protección de la información que consiste en grabar esta última simultáneamente en dos discos diferentes, mediante el empleo de dos controladores diferentes, a efectos de obtener mayor redundancia. (Duplicación de discos).

Disk mirroring Método utilizado para protección de la información que consiste en grabar esta última simultáneamente en dos discos diferentes o en dos particiones del mismo disco, mediante el mismo controlador de disco. (Espejado de discos).

Disk striping Técnica que permite combinar un conjunto de particiones, localizadas en diferentes discos duros, en un solo volumen lógico.

Disponibilidad Probabilidad de que durante el tiempo de utilización de un sistema, éste sea capaz de cumplir los objetivos para los que se ha concebido.

Distancia de Hamming La distancia de Hamming entre dos palabras binarias, de igual longitud, es el número de bits en que difieren dichas palabras.

Distorsión Deformación sufrida por la señal en un sistema de transmisión.

DLL Módulo de programa que contiene código ejecutable y datos que pueden utilizar las aplicaciones u otros ***DLL. Dynamic Link Library.***

DMA Método de transferir información directamente a memoria desde un dispositivo de almacenamiento masivo, sin que tenga que pasar por el procesador. ***Direct Memory Access.***

DNS Protocolo de la familia TCP/IP que permite convertir el nombre de dominio en direcciones IP. ***Domain Naming System.***

Dominio En Internet, un dominio es parte del sistema de nombre de dominios ***DNS.***

Drop Punto de conexión en una línea multipunto donde se inserta una derivación para posibilitar la conexión de un dispositivo nuevo.

DSU Dispositivo que conecta un ETD a líneas de comunicaciones digitales. ***Data Service Unit.***

DTE En el contexto de X.25, DTE hace referencia a los equipos computacionales. (Por ejemplo: computador central, front-end, concentrador, terminal inteligente, etc.) ***Data Terminal Equipment.***

Dúplex Modo de explotación en el cual la transmisión se efectúa simultáneamente en ambos sentidos y utilizando dos alambres.

EBCDIC Código desarrollado por IBM que utiliza las 256 combinaciones posibles en una estructura de 8 bits. Proviene del nombre en inglés ***Extender Binary Coded Decimal Information Code.***

Eco Onda eléctrica, acústica o electromagnética que llega a un punto dado, tras haber sufrido reflexión o propagación indirecta, con una intensidad y un retardo suficientes como para ser percibida en ese punto como una onda distinta de la onda directa.

Ecualizador Dispositivo que permite compensar en parte la distorsión sufrida por una señal.

EIA Asociación de Industrias Electrónicas de Estados Unidos. ***Elecronic Industries Association.***

EISA Bus estándar para PC que permite que más de un procesador comparta el bus. ***Extended Industry Standard Arquitecture.***

Emulador Dispositivo que puede operar como otro dispositivo, equipo, programas o una combinación de ambos.

Encaminamiento alternativo Elección de un segundo camino, cuando no está disponible el primero.

Encaminamiento de llamada Acción que realiza una central para seleccionar una ruta de llamada determinada, entre una serie de rutas de tráfico.

Enlace Es un circuito físico entre dos puntos, o bien un circuito lógico o conceptual entre dos usuarios de una red de conmutación de paquetes u otro tipo de red de comunicaciones, que les permite comunicarse entre sí (aunque se utilicen diferentes recorridos físicos).

Enlace de datos Conjunto de instalaciones terminales y red de interconexión que funciona en un modo particular a fin de permitir el intercambio de información entre instalaciones terminales. Trayecto de transmisión bidireccional para datos, constituido por dos canales de datos en sentidos opuestos que funcionan juntos a la misma velocidad binaria.

Ensamblado de paquetes Servicio ofrecido por la red de datos que permite a los terminales que no trabajan en modo paquete emitir datos para su transferencia en modo paquete.

Equipo de terminación del circuito de datos (ETCD) En una estación de datos, equipo que proporciona la conversión de señales y la codificación entre el equipo terminal de datos (ETD) y la línea (módem).

Equipo múltiplex MIC Equipo que permite obtener una señal digital única, a partir de dos o más canales de frecuencia vocal, mediante una combinación de modulación por impulsos codificados y multiplexación por división de tiempo.

Erlang Unidad que permite cuantificar la intensidad de tráfico cursado.

Error digital Discrepancia entre un dígito de la señal emitida y el dígito correspondiente de la señal recibida.

Error simple Bit erróneo precedido y seguido de por lo menos un bit no erróneo.

Estación de control En un enlace multipunto o punto a punto, estación de datos que designa la estación maestra y que dirige operaciones tales como la invitación para recibir datos y el procedimiento de rearranque.

Estación de datos Conjunto de unidades funcionales compuesto por el terminal, el equipo terminal del circuito de datos y su conexión común.

Estación de trabajo Los computadores personales de una red usados para ejecutar aplicaciones y entrar datos; también se referencia a los nodos que envían datos al *file server* para guardarlos. A diferencia de los minicomputadores, las estaciones de trabajo en una LAN son computadores personales completos con memoria y dispositivo de discos locales, con la capacidad de trabajar independientemente de la red. ***Workstation.***

Estación de trabajo sin disco Un PC utilizado en una red, pero sin unidades de disco. La estación de trabajo (*workstation*) carga el sistema operativo para arrancar desde el servidor de la red.

Estación esclava Estación de datos invitada por una estación maestra para recibir datos.

Estación maestra Estación de datos que acepta la invitación de realizar una transferencia de datos hacia una o varias estaciones esclavas.

Estación subordinada En un enlace multipunto, cualquier estación de datos que no sea la de control.

Ethernet Protocolo de acceso al medio de transmisión de redes LAN, que tienen el mismo nombre, y que fue desarrollado originariamente por la Empresa Xerox en 1976.

Fax Abreviatura de facsímil. Transmisión electrónica de documento, para su reproducción en lugares remotos.

FDDI Corresponde a la especificación ANSI X3T9.5 para redes de fibras ópticas que transmiten a velocidades de hasta 100 Mbps a través de una tecnología *Token Ring*. ***Fiber Distributed Data Interface***.

FEC Técnica utilizada para controlar errores que inserta bits extras para detectar y corregir errores. ***Forward Error Correction***.

Female connector Conector hembra.

Fiabilidad Aptitud de un elemento para realizar una función requerida en condiciones determinadas durante un cierto intervalo de tiempo.

FIRMWARE Software almacenado en memoria de tipo EPROM que mantiene su contenido aun cuando se elimina la corriente.

Flujo máximo Cantidad máxima de información que puede ser enviada por unidad de tiempo entre equipos terminales de datos. ***Throughput***. Está vinculada a la ***Velocidad de transferencia de datos***.

Frame Trama.

FSK (Frequency Shift Keying) Es un método de modulación de frecuencia en el cual se varía la frecuencia en instantes determinados.

FTP Protocolo TCP/IP que se utiliza para ingresar a una red, listar archivos y directorios y transferir archivos. ***File Transfer Protocol***.

Fuente de datos Parte de un terminal que introduce los datos en un enlace de datos.

Full-dúplex (FDX) Modalidad de transmisión simultánea en dos sentidos usando 4 alambres.

Gateway Dispositivo mixto de hardware y software que permite enlazar dos redes de datos con estructuras físicas y/o protocolos diferentes; permitiendo la adaptación y conversión de la información cursada entre ambas. Dispositivo que opera por encima del nivel cuatro del modelo OSI. ***Pasarela***.

Gauge Medida del tamaño físico de un cable según los estándares del *American Wire Gauge (AWG)*.

Gopher Aplicación cliente-servidor que representa los recursos de Internet como una serie de menú.

Grupo 2 Terminales facsímiles que permiten obtener un tiempo de transmisión por la red telefónica pública de tres minutos para un documento de formato A4 y responden a la Recomendación T.3 del CCITT.

Grupo 3 Terminales facsímil que permiten obtener un tiempo de transmisión por la red telefónica pública de un minuto, aproximadamente, para un documento de formato A4 y responden a la Recomendación T.4 del CCITT.

Grupo 4 Terminales facsímil destinados principalmente a la explotación por redes públicas de datos, pero que pueden igualmente utilizarse en la red telefónica pública y responden a la Recomendación T.5 del CCITT.

Grupo primario Conjunto de 12 canales telefónicos que ocupan bandas de frecuencias adyacentes y que se modulan y demodulan en forma conjunta.

GUI Interfase gráfica de usuario. ***Graphical User Interface***.

Hacker Se define como aquel individuo que persigue el conocimiento de los sistemas de computación para su propio beneficio. (Pirata Informático).

Handshaking Intercambio de códigos de control para coordinar el intercambio de datos entre dispositivos de transmisión de datos.

HDLC Procedimiento de control de línea orientado al bit para transmisiones sincrónicas, especificado por la Organización Internacional de Estandarización (ISO). HDLC define ciertos campos de control que deben ser agregados a ambos extremos de un paquete de datos, resultando un mensaje de transmisión llamado *frame*. Protocolo del nivel de enlace, orientado al bit. ***High Level Data Link Control***.

HOST Computador principal al cual están conectados los terminales.

HTML Lenguaje estándar de hipertexto que se utiliza para crear páginas world wide web. ***Hypertext Markup Language***.

HTTP Protocolo que se utiliza para gobernar los encadenamientos entre un documento de hipertexto y otro. ***Hypertext Transport Protocol***.

HUB El punto central de una red conectada con topología de estrella. El componente de hardware en que se conectan las estaciones de trabajo (*workstation*) y el servidor de archivos (*file server*).

Huffman coding Método de compresión de datos.

Hypertexto Método de representar la información en forma no secuencial, sin importar cómo están organizados originalmente los temas.

ICMP Protocolo de la familia TCP/IP correspondiente a la capa de red. ***Internet Control Message Protocol***.

Impedancia Propiedad eléctrica de un cable que tiene en cuenta su capacidad, inductancia y resistividad.

Instrucción Especificación completa de una función que el sistema debe realizar. Consta de un código de instrucción seguido en general (pero no necesariamente) por uno o más bloques de parámetros.

Interconexión de sistemas abiertos (ISO) Concepto en virtud del cual las relaciones entre una red y los servicios que ésta puede soportar están representadas por una jerarquía de capas de protocolo. Cada capa contiene una o más funciones, circunscritas entre una frontera lógica superior y una inferior. Cada capa emplea los servicios de las capas inferiores junto con sus propias funciones para crear nuevos servicios, los cuales, a su vez, se ponen a disposición de las capas superiores.

Interconexión EIA RS-232C Es una conexión múltiple entre un módem y el equipo de datos. Esta conexión ha sido normalizada por la organización denominada EIA (Electronic Industries Association) o sea la Asociación de Industrias de Electrónica de los EE.UU.

Interfase Zona limítrofe compartida por dos sistemas o dispositivos y definida por características funcionales, físicas y eléctricas. Punto en el cual se efectúa la conexión entre dos dispositivos, un usuario y un dispositivo, entre dos programas o aplicaciones, o entre un programa y un usuario.

Interfase ETD/ETCD Conjunto de reglas aplicadas a la frontera entre el equipo terminal de datos (ETD) y el equipo de terminación del circuito de datos (ETCD).

Internet Red de computadores de alcance mundial que opera básicamente con el protocolo TCP/IP. También se denomina *Internet* a la abreviatura de *Internetwork*.

Internetwork Dos o más redes que utilizan diferentes protocolos de red, conectadas por medio de un *router*.

Interrupción Señal dirigida al procesador generada por un dispositivo bajo su control, que interrumpe el procesamiento normal.

IRQ Solicitud de interrupción. (Interrupt Request). Las IRQ utilizadas en los IBM PC/AT y MCA son los siguientes:

IRQ	Dispositivo
0	Contador de tiempo
1	Teclado
2	Cascada
3	COM 2
4	COM 1
5	Disco duro
6	Disquete
7	LPT1
8	Reloj
9	Red
10	Sin uso
11	Sin uso
12	Sin uso
13	Coprocesador
14	Disco duro
15	Sin uso

ISA Bus de 16 bits de los PC existentes en 1984. ***Industry Standard Architecture.***

ISDN Protocolo que regula el funcionamiento de redes digitales de servicios integrados. ***Integrated Services Digital Network.***

Jamming Señal introducida en el circuito de red para indicar error de usuario o mal funcionamiento del hardware.

Jitter Distorsión de una señal producida por la variación inesperada de una de sus características (por ejemplo, la fase).

Job En un ambiente de *Mainframe* constituye una unidad de trabajo realizada por el computador.

Jumper Conector (puente) que permite configurar, según su ubicación, un circuito que constituye una de las varias opciones definibles por el usuario.

Kermit Protocolo que se utiliza para transferir archivos entre un PC y un *Mainframe* mediante líneas telefónicas.

Kernel Núcleo central del sistema operativo, permanece siempre residente en memoria.

Keyboard Teclado utilizado como entrada de datos, en la operación de PC y otros dispositivos.

Keystroke Acción de presionar y liberar una tecla.

Keyword Palabra clave que se utiliza para autorizar la entrada de un usuario o cuenta en un sistema.

Kilo Prefijo que indica 1000 en el sistema métrico.

LAN Redes de PC y servidores ubicadas en un área pequeña que pueden operar con protocolos no ruteables, como los IEEE 802.X.

LAN manager Sistema operativo de red desarrollado por Microsoft y 3Com que funciona en computadores 80386 y 80486.

Lanalyzer Dispositivo que se utiliza para encontrar errores y monitorear el rendimiento de redes LAN.

LANtastic Sistema operativo *peer to peer* desarrollado por Artisoft Inc.

LAP Protocolo a nivel de enlace. Procedimiento inicial de acceso a la línea de comunicaciones (*link*), especificado por la Recomendación X.25 en 1976. ***Link Access Procedure.***

Láser Dispositivo especialmente diseñado que transmite un haz coherente de energía electromagnética extremadamente estrecho, tanto si el espectro es visible como si no.

LCD monitor Monitor de pantalla constituida por cristal líquido.

Leased line Línea de comunicaciones reservada para uso exclusivo de un usuario.

LED Diodo emisor de luz. Es un pequeño dispositivo de estado sólido, que emite luz cuando se le aplica corriente eléctrica. ***Light Emitting Diode.***

Legacy systems Sistemas que se han utilizado desde hace tiempo y por lo tanto se encuentran normalizados o estandarizados por la industria.

Ley de codificación Ley que define los valores relativos de los intervalos utilizados en el proceso de cuantificación.

Liberación Suceso que marca el fin de un estado de ocupación en una comunicación.

Line driver Dispositivo que permite ampliar el alcance de una comunicación entre dos computadores.

Línea de grado de voz Circuito de transmisión analógico con un intervalo aproximado de 3000 Hz.

Llamada Proceso que consiste en emitir las señales de dirección para poder establecer un enlace entre estaciones de datos.

Load sharing Capacidad de los puentes para compartir su carga en configuraciones paralelas. De esta forma, si un puente falla, el tráfico se puede encaminar al siguiente puente que se encuentre en paralelo.

Loopback Mecanismo de búsqueda de errores en el cual se transmite una señal desde una fuente a un destino y luego de nuevo a la fuente para evaluar la calidad de la transmisión.

LPT Para el sistema DOS nombre de dispositivo que se utiliza para denominar al puerto paralelo de comunicaciones.

LSI Integración en gran escala; consiste en el proceso de integrar muchos circuitos electrónicos, incluyendo transistores (resistencias, diodos, etc.). ***Large Scale Integration.***

Mainframe *Ver* Computador central.

MAN Término genérico que designa a cualquier red (pública o privada) que cubre un área geográfica limitada a una ciudad o área metropolitana. También designa a una red (pública o privada) que tiene un tamaño intermedio entre una Red de Área Local (LAN) y una Red de Área extendida (WAN) y que sirve de nexo entre ambas. ***Metropolitan Area Network.***

Memoria intermedia o buffer Memoria utilizada para registrar temporalmente bloques de datos, por ejemplo, en los sistemas correctores de errores, en modo diferido, o para compensar una diferencia de velocidad cuando las informaciones se transmiten desde un órgano a otro.

Mensaje Grupo de caracteres de información y sucesión de elementos binarios de control transferidos como un todo desde una fuente de datos hacia un colector de datos, siendo distribuidos los datos por la fuente.

MICROONDAS Sistema de comunicaciones que utiliza antenas especiales, las cuales deben estar a la vista. Estos sistemas emplean ondas electromagnéticas de muy alta frecuencia, generalmente superior a los 900 MHz.

Módem Equipo terminal del circuito de datos que tiene como funciones principales la de modular y demodular para adaptar la señal al canal de comunicaciones.

Modo diferido Modo de utilizar una red de datos en la que los paquetes o los mensajes son retenidos antes de ser enviados.

Modulación de amplitud Modulación en la cual el parámetro que se hace variar es la amplitud de una señal portadora.

Modulación de fase Modulación en la cual el parámetro que se hace variar es el ángulo de fase de una portadora.

Modulación de frecuencia Modulación en la cual el parámetro que se hace variar es la frecuencia de una señal portadora.

Modulación delta Forma de modulación por impulsos codificados diferencial (MICD) en la que sólo el signo de la diferencia entre cada muestra y su valor previsto es detectado y codificado por un solo bit.

Modulación diferencial Método de modulación en el que el estado significativo atribuido a un elemento de señal depende del estudio del elemento de señal precedente.

Modulación por impulsos codificados (MIC) Proceso en el cual se muestrea una señal, y la amplitud de cada muestra se cuantifica independientemente de otras muestras y se convierte por codificación en una señal digital.

Modulación por impulsos codificados diferencial (MICD) Proceso en el cual se muestrea una señal, y la diferencia entre las muestras de esta señal y sus valores estimados se cuantifica y convierte por codificación en una señal digital.

Muestra Valor de una señal en un instante determinado.

Muestreo Proceso que consiste en tomar muestras, normalmente a intervalos de tiempo iguales (muestreo uniforme).

Multiplexor Dispositivo que divide un canal de transmisión común en varios canales separados, cada uno de los cuales puede transmitir señales independientemente.

Multiplexación por división de frecuencia (MDF) Método según el cual se asigna a cada canal afluente, una banda diferente de frecuencia, en el canal común.

Multiplexación por división de tiempo Método en el cual se entrelazan en el tiempo dos o más canales para su transmisión por un canal común, en forma alternada.

Multiplexación Procedimiento para combinar señales independientes procedentes de varios canales afluentes para su transmisión en el mismo sentido por un canal común.

Multiplexado homogéneo Estructura de multiplexado en la que todos los canales portadores de información tienen la misma velocidad de transmisión.

Multipunto centralizado Facilidad que permite a un ETD central transmitir datos simultáneamente a dos o más ETD distantes, y recibir los datos transmitidos por esos ETD distantes de uno por vez.

NAK Abreviatura de reconocimiento negativo en una transmisión. ***Negative Acknowledgement.***

Narrowband Canal de comunicaciones de ancho de banda estrecho (2400 bps o menor).

NDIS Interfase desarrollada por Microsoft y 3Com que permite independizar el driver de red de los protocolos utilizados para el funcionamiento de la red. ***Network Driver Interface.***

NETBEUI Protocolo propietario de Microsoft que permite operar en redes LAN. ***Netbios Extended User Interface.***

Nodo de conmutación Punto interior de una red en el que se efectúa la interconexión de las entradas y salidas a un centro de conmutación.

Nodo de tránsito Central de tránsito de una red de telecomunicaciones.

Nodo En una red de datos, es el punto donde una o varias unidades funcionales se conectan a líneas de transmisión de datos. Centro de conmutación o de tránsito de una red de telecomunicaciones. Punto de conexión física de dispositivos en una LAN.

Núcleo La región central de una fibra óptica, a través de la cual se transmite la mayor parte de la potencia óptica.

Null modem Cable que conecta dos PC sin la necesidad de la presencia de modems. El cable se conecta en los puertos serie de los dos computadores y ciertas líneas deben encontrarse cruzadas para el correcto funcionamiento.

OCR Reconocimiento óptico de caracteres impresos por parte de un computador. ***Optical Character Recognition.***

Octeto Grupo de ocho dígitos binarios manejados como una unidad, generalmente denominado byte.

Orange book Estándar 5200.28 del Departamento de Defensa de los EE.UU. en el cual se especifica los niveles de seguridad de los sistemas informáticos.

Orientado a objeto Cualquier sistema que admite el uso de objetos.

OS/2 Sistema operativo de 32 bits para procesadores Intel.

OSI Modelo para la interconexión de sistemas abiertos. ***Open System Interconnection.***

OSPF Protocolo de encaminamiento utilizado en los *routers* para elaborar las tablas de encaminamiento. ***Open Shortest Path First.***

Outsourcing Procedimiento de explotación de los sistemas informáticos que consiste en subcontratar operadores externos a la empresa u organización para la realización de tareas inherentes al funcionamiento del sistema.

PABX Central telefónica automática y privada. ***Private Automatic Branch Exchange.***

PAD Ensamblador/desensamblador de paquetes. Módulo de software que convierte una secuencia de datos a su forma original, o sea en paquetes. Físicamente reside en un nodo de la red. ***Packet Assembler/Disassembler.***

Paquete Datos y sucesión de bits de control organizados según un formato determinado y transferidos como un todo en función del protocolo de transmisión.

Par telefónico Un cable de cobre de dos hilos de bajo valor. Se dice del enlace entre un abonado telefónico y la central de conmutación respectiva.

Paralelo (transmisión en paralelo) Transmisión simultánea de un grupo de bits que forman un carácter o cualquier otra configuración de los datos.

Paridad Forma sencilla de verificar la transmisión de errores mediante el agregado de un bit adicional al byte transmitido.

Passive HUB Dispositivo utilizado en redes LAN para la implementación de dichas redes.

Password Contraseña o clave utilizada para el acceso a los sistemas.

Patch panel Panel para la conmutación de conexiones situado en el gabinete de comunicaciones de una instalación de cableado estructurado.

Peer to peer Arquitectura de red en la cual dos o más dispositivos pueden comunicarse directamente entre sí.

Petición de identificación Proceso mediante el cual una estación maestra pide a una estación esclava que se identifique o le indique su estado.

Petición de liberación Petición transmitida a la red para liberar una comunicación.

PING Protocolo de TCP/IP que permite determinar si un nodo de una red se encuentra activo o no. ***Packet Internet Gopher.***

Pipe Método de comunicación entre procesos que permite intercambiar datos de aplicaciones que se ejecutan en computadores de red. ***Ducto.***

Plataforma Ambiente de sistema operativo perteneciente a una determinada marca como por ejemplo: ***NetWare.***

Plenum cable Cable diseñado para ser empleado en techos falsos, dentro de paredes o entrepisos.

Plug and play Técnica que consiste en la instalación de plaquetas y módulos en equipos informáticos y su automática puesta en funcionamiento por parte del sistema operativo.

Polling Método de control de las transmisiones en un sistema con sondeo y selección. En el mismo la estación maestra interroga a la esclava si tiene o no que transmitir información, en caso afirmativo la habilita para ello.

Puerto Punto en el cual un circuito de comunicaciones termina en una tarjeta de red, serial o paralela. ***Port.***

Portadora Señal que puede ser modulada mediante una segunda señal que constituye la información que se desea transmitir.

PPP Protocolo de la familia TCP/IP que se usa para transmitir datagramas IP a través de líneas seriales y conexiones telefónicas. ***Point To Point Protocol.***

Procedimiento de control de errores Parte del protocolo de enlace que permite la detección y, eventualmente, la corrección de errores de la transmisión.

Procedimiento de control de llamada Conjunto de señales interactivas necesarias para establecer, mantener y liberar una comunicación.

Procedimiento de rearranque Proceso mediante el cual una estación de datos intenta resolver situaciones conflictivas o de errores que se producen durante la transmisión de datos.

Proceso Secuencia de instrucciones ejecutables una a una sin posibilidad de simultaneidad.

Proceso en modo remoto Entrada, sobre un puesto de trabajo conectado a distancia de la unidad central de tratamiento, de los programas y datos necesarios para la ejecución de trabajos.

Protocolo Conjunto de reglas y procedimientos que regulan las comunicaciones entre dos o más dispositivos.

Protocolo de acceso Conjunto definido de procedimientos adoptados en una interfase entre un usuario y una red con el fin de que el usuario pueda emplear los servicios y/o recursos de esa red.

Protocolo de enlace Conjunto de reglas de comunicaciones sobre un enlace de datos, descrito por medio de un código de transmisión, por un modo de transmisión y por los procedimientos de rearranque y de control de errores.

Puente Dispositivo que permite conectar redes LAN, y comunicarse a través de la conexión como si fuera una única entidad. ***Bridge.***

Puesto de trabajo Conjunto de periféricos necesarios para la ejecución de un trabajo y que pueden ser utilizados por uno o varios operadores.

PVC Circuito fijo de comunicaciones que se mantiene aun cuando no se estén transmitiendo datos. ***Permanent Virtual Circuit.***

QAM Técnica de modulación empleada en los modems que combina la modulación AM con la de fase y permite la transmisión multinivel.

Query language Lenguaje de programación que permite extraer información y/o realizar consultas.

QUEUE Lista temporal de elementos que esperan recibir un servicio, por ejemplo la cola de impresión. ***Print queue.***

Ráfaga de errores Grupo de bits en el cual al menos dos bits erróneos sucesivos están siempre separados por un número de bits inferior a un número dado de bits correctos.

RAID Conjunto redundante de discos de bajo costo. ***Redundant Array Of Inexpensive Disks.***

RAM Memoria principal de un computador. ***Random Access Memory.***

Rama Recorrido entre dos nodos que los conecta directamente en una red de datos.

Red Disposición de equipos de computación de comunicaciones y líneas de transmisión que permite el enfoque del conjunto como un sistema de procesamiento de datos con características definidas.

Real mode Modo en el cual el procesador puede direccionar directamente 1 Mbyte de memoria. Único modo que admite el SO/DOS.

Red de telecomunicaciones Conjunto de nodos y enlaces que proporcionan conexiones entre dos o más puntos definidos para facilitar la comunicación entre ellos.

Red digital de servicios integrados (RDSI) Red digital que transmite de forma integrada los servicios de datos, imagen, voz y texto.

Red pública de datos Red establecida y explotada por una Administración con la finalidad específica de ofrecer al público servicios de transmisión de datos. Se pueden proporcionar servicios de transmisión de datos con conmutación de circuitos, con conmutación de paquetes y por circuitos arrendados, lo que dependerá de las disposiciones reglamentarias de cada país. La red pública de datos puede cursar tráfico de otros servicios.

Registro Conjunto de datos o palabras conexos tratado como una unidad.

Relación señal/ruido Relación de la potencia de la señal respecto a la potencia del ruido, por ejemplo, en una línea de transmisión.

Reloj Módulo que proporciona la base de tiempo empleada en un sistema de transmisión para controlar la temporización de ciertas funciones.

Repetidor regenerativo Dispositivo que regenera las señales digitales transmitidas en un enlace digital.

Retardo de grupo Tiempo que emplea un cierto punto de la envolvente de una onda (la cresta, por ejemplo) en propagarse entre dos puntos determinados.

RISC Procesador que sólo reconoce un reducido número de instrucciones de lenguaje ensamblador. ***Reduced Instruction Set Computing***.

Router Nodo que se encarga de las funciones que permiten encaminar el tráfico de una red hacia sus estaciones terminales (equipos terminales de datos de destino), siguiendo la ruta más conveniente.

RS 422 Norma que define las características eléctricas y funcionales que se emplean en una interfase serie balanceada. Norma recomendada por la EIA.

RS 423 Norma que define las características eléctricas y funcionales que se emplean en una interfase serie no balanceada. Norma recomendada por la EIA.

RS 449 Norma que define las características eléctricas, funcionales y mecánicas que se emplean en transmisiones de datos, generalmente sincrónicas, mediante conectores DB 37 o DB 9. Norma recomendada por la EIA.

RS 485 Similar a la RS 422 pero donde se utilizan señales de tres estados en lugar de dos. Norma recomendada por la EIA.

RS 530 Norma que define las características eléctricas, funcionales y mecánicas que se emplean en transmisiones de datos, sincrónicas o asincrónicas, mediante conectores DB 25. Norma recomendada por la EIA.

RTS Señal de hardware definida por la norma RS 232 C para solicitar permiso de transmisión. ***Request To Send***.

Ruido Son señales eléctricas indeseadas que se introducen por imperfecciones en los componentes de los circuitos o por perturbaciones naturales. El ruido tiende a degradar la función de los canales de comunicaciones.

SATAN Software que permite determinar fallos en las redes. ***Security Administrator Tool for Analyzing Networks.***

Satélite de comunicaciones Es un dispositivo situado en una órbita geoestacionaria a varios miles de kilómetros sobre la Tierra; actúa como un espejo en las telecomunicaciones.

Script Pequeño programa o macro que se invoca en un momento específico. Ejemplo el Login script que se ejecuta cada vez que el usuario entra a la red.

SCSI Interfase paralela de alta velocidad que se utiliza para conectar al computador dispositivos periféricos mediante un solo puerto. ***Small Computer System Interface***.

SDLC Protocolo de nivel de enlace del modelo OSI. ***Synchronous Data Link Control***.

Secuencial Una conexión tiene una configuración secuencial cuando sus elementos de conexión se establecen y liberan uno por vez y no simultáneamente.

Seguridad de la información Protección de la información contra toda transferencia, modificación o destrucción no autorizadas, ya sean accidentales o intencionales.

Seguridad Controles que realiza el sistema operativo para limitar el acceso de usuarios a ciertas áreas y/o archivos. El estándar 5200.28 del Departamento de Defensa de los EE.UU. especifica los siguientes niveles:

- *Clase D* Sistema no seguro.
- *Clase C1* Requiere ingreso individual pero admite identificación de grupo.
- *Clase C2* Requiere un ingreso individual mediante *password* y mecanismo auditor. Corresponden a este nivel Novell Netware 4.X, Windows NT, Banyan VINES.
- *Clase B1* Requiere niveles de autorización del Departamento de Defensa.
- *Clase B2* Garantiza una ruta segura entre el usuario y el sistema de seguridad.
- *Clase B3* Seguridad basada en modelos matemáticos repetibles.
- *Clase A1* Es el mayor nivel de seguridad y esta basado en modelos matemáticos que se pueden probar.

Semáforo Es una señal de comunicación entre procesos que permite conocer la utilización de los recursos por parte de cada uno de ellos.

Señal Fenómeno físico que posee una o varias características que pueden variar para representar información.

Señal analógica Señal que varía en función del tiempo de forma continua.

Señal digital Señal que varía en función del tiempo de forma discreta.

Señal portadora Señal generada para transportar la información mediante un proceso de modulación de alguno de sus parámetros, como, por ejemplo, la amplitud, la frecuencia o la fase.

Señalización Intercambio de información que concierne específicamente al establecimiento y control de las conexiones y a la gestión en una red de telecomunicaciones.

Serie (transmisión) Transmisión sucesiva de un grupo de bits que constituyen un carácter o grupo de caracteres.

Servicio facsímil Servicio de telecomunicaciones ofrecido con la finalidad de transmitir documentos u otros impresos.

Servicio videotelefónico Servicio de telecomunicación bidireccional que emplea una red conmutada de circuitos analógicos y/o digitales de banda ancha para establecer conexiones entre terminales de abonados, principalmente con el objeto de transmitir imágenes animadas o fijas. Los sistemas unidireccionales de aplicación especial, como por ejemplo los sistemas de vigilancia y algunos sistemas de recuperación de la información, o el servicio de videoconferencia sin conmutación, pueden considerarse casos simplificados del servicio videotelefónico.

Servicio videotex Servicio interactivo que permite a los usuarios de terminales videotex, gracias a un acceso adecuado asegurado mediante procedimientos normalizados, comunicarse con bases de datos por medio de las redes de telecomunicaciones.

Servidor Un nodo con capacidad de almacenamiento de información en memoria auxiliar. Actúa como central de almacenamiento para aplicaciones y archivos de datos (servidor de archivos; *file server*). Otros tipos de servidores tienen funciones de administración de base de datos y correo electrónico. ***Server.***

Servidor de comunicaciones El servidor de comunicaciones convierte los datos transmitidos al protocolo utilizado por la computadora receptora, proveyendo comunicaciones transparentes.

Servidor distribuido Se llama servidor distribuido cuando sus funciones están distribuidas entre la estación de trabajo. Como resultado cada usuario tiene una velocidad de acceso mayor a los datos almacenados porque el tráfico en el servidor se minimiza. Este esquema es usado en general en las LAN menos costosas, como las Western Digital's VíaNet porque el sistema operativo no es muy sofisticado al no tener que manejar una actividad de disco intensiva.

Session Conexión activa entre un terminal de un sistema multiusuario y el procesador central.

Shannon Unidad que indica la cantidad de información de un mensaje.

Shell Interfase entre el sistema operativo y el usuario.

Símbolo binario Símbolo que sirve para representar datos y que puede tomar un valor entre dos, por ejemplo 0 o 1, A o Z, cerrado o abierto, etc.

Simplex Transmisión en un único sentido sobre un medio de comunicaciones.

Sincrónico Característica esencial de una escala de tiempo o de una señal en virtud de la cual sus instantes significativos correspondientes se presentan con exactamente la misma cadencia media.

Sincronización Proceso de ajustar los instantes significativos correspondientes de dos señales para hacerlas sincrónicas.

Sistema Conjunto de bloques conectados entre sí y con el entorno mediante canales.

Sistema detector de errores sin repetición Sistema que utiliza un código detector de errores o un detector de calidad de la señal de datos; funciona de tal forma que toda señal errónea:

a) o se elimina de los datos transmitidos al colector de datos (en ciertos casos se indica tal supresión).

b) o se transmite al colector de datos junto con una indicación de que esta señal ha sido reconocida como errónea.

Sistema operativo de red Un programa que provee comunicaciones entre las estaciones de trabajo y controla el acceso al servidor de archivos (*file server*).

Slip Protocolo utilizado para transportar datagramas IP en líneas serie o conexiones telefónicas mediante modems.

Socket Procedimiento de comunicación entre procesos.

Supresor de eco Dispositivo accionado por la voz, instalado en un circuito a cuatro hilos, que tiene por función la introducción de una atenuación en el canal a fin de suprimir el eco.

Tasa de error Relación entre el número de dígitos erróneos recibidos en un período especificado, con respecto al número total de dígitos recibidos en el mismo período. ***Bit error rate.***

Tasa residual de errores Relación del número de bits, caracteres o bloques incorrectamente recibidos pero no detectados o no corregidos por el equipo, con relación al número total de bits, caracteres o bloques transmitidos.

Telecomunicación Toda transmisión, emisión o recepción de señales, escritura, imágenes y sonidos, o inteligencia de cualquier naturaleza, por hilo, radio u otros sistemas ópticos o electromagnéticos.

Telefax Es el servicio facsímil público entre estaciones de abonados por conducto de la red telefónica pública con conmutación.

Teléfono Aparato que comprende, al menos, un transmisor, un receptor, el cableado y los órganos accesorios directamente asociados a estos transductores.

Teleproceso Procesado de la información que combina el empleo de computadores y de instalaciones de comunicaciones de datos.

Teleproceso por lotes Teleproceso que incluye un agrupamiento por lotes de los programas a ejecutar o de los datos a tratar.

Terminal Equipo situado en el entorno inmediato del usuario; presenta la información recibida de la red en forma inteligible. Estación de trabajo conectada a un computador de gran porte (*mainframe*) o minicomputadora.

Terminal en modo paquete Equipo terminal de datos que puede controlar y formar paquetes, así como transmitirlos y recibirlos.

Terminal inteligente Terminal programable que puede procesar sus mensajes; por ejemplo: comprobar la validez de datos, comprimir datos, etc.

Thread Procesos concurrentes que forman parte de un único programa.

Throughput *Ver* Flujo máximo.

Tiempo de inversión de módem Tiempo necesario en un módem para pasar de recepción a emisión, y viceversa.

Tiempo de respuesta Tiempo de reacción de un sistema frente a un evento. En el caso de utilización de un sistema de tratamiento en modo convencional, es el tiempo que transcurre entre el final de la entrada de un mensaje por el operador y la llegada del principio de la respuesta correspondiente.

Tiempo de transferencia Tiempo que transcurre desde el instante en que un equipo terminal de datos emisor envía los datos y un equipo terminal de datos receptor los recibe.

Token passing Método de acceso a una red que utiliza la circulación de un mensaje denominado *Token* para habilitar la transmisión de las diferentes estaciones.

Topología Forma de conexionado de los nodos en una red.

Tráfico Flujo de paquetes y/o mensajes transportados por un canal de comunicaciones.

Tráfico cursado (intensidad) El tráfico cursado por un grupo de órganos durante un intervalo de tiempo dado, es igual al tráfico cursado por el número medio de órganos ocupados simultáneamente. El tráfico cursado calculado de esta manera se expresa en erlangs.

Transferencia de datos Resultado de la transmisión de señales de datos de una fuente a un sumidero de datos.

Transmisión de bits en serie Es un método de transmitir datos de un bit por vez, ubicándolos serialmente uno después de otro.

Transmisión de datos Acción de hacer circular los datos desde un punto a otro por medio de señales encaminadas en un canal.

Transmisión en paralelo Ocurre cuando todos los bits de uno o más bytes viajan simultáneamente.

Transparencia Característica de un proceso o medio que no produce la modificación de los datos transferidos. La transparencia se refiere generalmente a una característica particular de los datos o de las señales que los representan.

Transcodificador Aparato que realiza la conversión de códigos.

Tribits Grupo de tres bits que se transmiten en forma conjunta.

Tunneling Encapsulado de un protocolo dentro de otro para brindar transporte del primero o también otorgar seguridad a la transmisión.

Twinaxial cable Cable conformado por dos coaxiales dentro de la misma cobertura externa.

Twisted pair cable Cable formado por dos o más pares de alambres aislados y entrelazados entre sí.

UART Circuito integrado que posibilita la transmisión asincrónica serie. ***Universal Asynchronous Receiver/Transmitter.***

UDP Datagrama utilizado en TCP/IP, por el protocolo UDP, en el nivel de transporte.

Unidireccional (modo) Modo de comunicación de datos en que la información se transfiere en un único sentido.

Unix Sistema multitarea y multiusuario desarrollado originariamente por AT & T.

Upgrade Procedimiento que permite instalar una versión más actualizada y poderosa de un elemento de hardware o software.

UPS Fuente de alimentación ininterrumpida para equipos electrónicos que brinda un servicio de alimentación eléctrica independiente de los cortes de la energía alterna de red. ***Uninterrumpible Power Supply.***

Uptime Tiempo durante el cual el sistema está operativo.

V.24 Interfase estándar del CCITT para interconectar un dispositivo periférico como podría ser un monitor o una impresora con una computadora.

Velocidad de modulación Inversa de la duración del intervalo significativo más corto de la señal modulada. Se mide en baudios.

Velocidad de transferencia (de datos) Número medio de bits, caracteres o bloques transferidos por unidad de tiempo desde una fuente de datos hacia un destinatario de datos. La velocidad de transferencia de datos se expresa normalmente en bits, caracteres, o bloques por segundo, minuto u hora.

Verónica Servicio de búsqueda que se encuentra incorporado a la aplicación Gopher de Internet.

Video conferencia Método de transmisión que permite el envío de imagen y sonido entre dos puntos distantes usando líneas de comunicaciones de mediana capacidad.

VLF Radiación emitida por el monitor de un computador y cuya variación de frecuencia puede ser entre 2 y 500 kHz.

VSAT Terminal satelital de bajo costo que requiere antenas de diámetro pequeño y receptores económicos. (Very Small Aperture terminal).

VTAM Es un paquete de software de teleprocesamiento de entrada/salida generado por la IBM que utiliza técnicas virtuales. ***Virtual Telecommunications Access Method.***

WAIS Servicio utilizado en Internet para acceder a base de datos o bibliotecas. ***Wide Area Information Service.***

WAN Término genérico que designa a cualquier red (pública o privada), que cubre un área geográfica extensa. ***Wide Area Network.***

Warm boot Estado de reinicialización que se ejecuta con los comandos Control + Alt + Suprimir después que el sistema operativo ha estado en ejecución durante cierto tiempo.

Web browser Cliente de la aplicación World Wide Web que permite examinar documentos hipertexto y seguir los enlaces con otros documentos HTML.

Wireless Método de comunicación en una red que permite la conectividad inalámbrica entre estaciones. Este tipo de instalación se emplea cuando resulta dificultoso el tendido de cables.

Worm Dispositivo de almacenamiento óptico que efectúa el grabado o escritura de los datos una única vez, pero se pueden efectuar muchas lecturas del mismo.

WWW Colección de páginas hipertexto en Internet. ***World Wide Web.***

X.25 Protocolo normalizado por la UIT-T, entre un ETD que funciona en modo paquete y una red de datos que opera de la misma manera.

X.3/X.28/X.29 Protocolos normalizados por el CCITT que posibilitan que un ETD que no funciona en modo paquete pueda acceder y utilizar una red de datos por conmutación de paquetes.

X.400 Protocolo normalizado por el CCITT, que regula los procedimientos de correo electrónico.

X.500 Protocolo normalizado por el CCITT, que normaliza la ubicación de usuarios de correo electrónico en un sistema de directorio global. Tiene estructura similar al directorio telefónico en todo el mundo.

X.75 Protocolo normalizado por el CCITT que define los procedimientos para conectar dos o más redes que operan en el modo paquete (X.25).

Xmodem Protocolo usado para la transferencia de archivos que divide los datos en bloques para la transmisión. Cada bloque tiene un encabezado compuesto por un carácter de comienzo y el número de bloque, luego continua el campo de datos de 128 bytes y por último un campo de verificación de errores.

Xon/Xoff Protocolo elemental de control del flujo en la transmisión asincrónica entre dos PC.

Yellow pages Se denomina páginas amarillas a las bases de datos de seguridad y acceso de archivos en el sistema UNIX.

Ymodem Es una variación del protocolo Xmodem, cuyo propósito es también la transferencia de archivos, se diferencia del primero en que en lugar de un campo de datos de 128 bytes tiene uno mayor de 1 Kbytes.

Zero slot LAN Red LAN que no utiliza tarjeta de red; la conexión se realiza a través del puerto serie o paralelo. Sólo se pueden conectar en red dos o tres PC.

Zmodem Protocolo para la transferencia de archivos diseñado para grandes volúmenes de datos, en general su funcionamiento es similar al Xmodem.

Instituciones nacionales e internacionales de normalización

Organizaciones internacionales I.1

International Telecommunication Union (*Unión Internacional de Telecomunicaciones*) (ITU)

Place des Nations
1211 Geneva 20
Switzerland

+41 22 730 5111
+41 22 733 7256 (fax)
http://www.itu.int/
E-mail: itumail@itu.int

International Organization for Standardization (*Organización Internacional de Estándares*) (ISO)

1, rue de Varembé
Case postale 56
1211 Geneva 20
Switzerland

+41 22 749 0111
+41 22 733 3430 (fax)
http://www.iso.ch/
E-mail: central@iso.ch

The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE)

445 Hoes Lane, P. O. Box 1331
Piscataway, New Jersey 08855-1331
USA

+1 732 981 0060
+1 732 981 1721 (fax)
http://www.ieee.org/
E-mail: membership@ieee.org

I.2 Organizaciones regionales

European Telecommunications Standards Institute (*Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones*) (ETSI)

06921 Sophia Antipolis Cedex
France

+33 4 9294 4222
+33 4 9294 4333 (fax)
http://www.etsi.org/
E-mail: infocentre@etsi.fr

European Committee for Standardization/European Committee for Electrotechnical Standardization (*Comité Europeo para la Estandarización/Comité Europeo para la Estandarización Electrotécnica*) (CEN/CENELEC)

Rue de Stassart 35
B-1050 Brussels
Belgium

+32 2 519 6871
+32 2 519 6979 (fax)
http://www.ict.etsi.fr/cenelec.htm
E-mail: general@cenelec.be

European Conference of Postal and Telecommunications Administration (*Conferencia Europea de las Administraciones de Correos y Telecomunicaciones*) (CEPT)

Norwegian Post and Telecommunications Authority
P. O. Box 447 Sentrum
N-0104 OSLO
NORWAY

+47 2 282 4880
+47 2 282 4890 (fax)
http://www.eto.dk/ceptectra/ceptinfo.htm
E-mail: ada.paulsen@npt.no

Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT)

Chile 1192, 1098
Buenos Aires
Argentina

+54 11 4383 3751
+54 11 4383 8463 (fax)
http://www.copant.org/
E-mail: copant@viptel.com

I.3 Organizaciones nacionales

Federal Communications Commission (*Comisión Federal de Comunicaciones*) (FCC)

445 12th St. S. W.
Washington DC, 20554
USA

+1 202 418 0200
+1 202 418 0232 (fax)
http://www.fcc.gov/
E-mail: fccinfo@fcc.gov

Comisión Nacional de Comunicaciones de la República Argentina (CNC)

Perú 103 —piso 5
1070, Buenos Aires
Argentina

+54 11 4347 9200
http://www.cnc.gov.ar/
E-mail: sugerencias@cnc.gov.ar

Canadian Radio-Television and Telecommunications Commission (*Comisión Canadiense de Radio, Televisión y Telecomunicaciones*)

1 Promenade du Portage
Les Terrasses de la Chaudière
Central Building
Hull, Quebec
Canada

+1 819 997 5533
+1 819 994 0218 (fax)
http://www.crtc.gc.ca/

Centro Nacional de Metrología Mexicano

Querétaro
México

+52 4 211 0510
http://www.cenam.mx/
E-mail: webmaster@cenam.mx

Organizaciones nacionales no gubernamentales I.4

American National Standards Institute (*Instituto Nacional Norteamericano de estándares*) (ANSI)

11 West 42nd Street
New York, New York 10036
USA

+1 212 642 4900
+1 212 398 0023 (fax)
http://www.ansi.org/

Asociación Española de Normalización y Certificación

Génova, 6
28004, Madrid
España

+34 91 432 60 36
+34 91 310 36 95 (fax)
http://www.aenor.es/
E-mail: relinst@aenor.es

SEDES REGIONALES

Andalucía
Moratín, 1
41001, Sevilla

+34 95 456 50 00
+34 95 456 23 55 (fax)

Aragón
Coso, 18, 1º Derecha
50004, Zaragoza

+34 97 620 62 20
+34 97 620 62 25 (fax)

Catalunya
Calabria, 169, 5º
08015, Barcelona

+34 93 226 75 15
+34 93 226 15 59 (fax)

Comunidad Valenciana
Plaza del Ayuntamiento, 26, 4ª
46002, Valencia

+34 96 353 53 73
+34 96 352 21 47 (fax)

Galicia
Área Central Fontiñas. Plaza de Europa, 15 A, 6ª planta, local C
15703, Santiago de Compostela
+34 98 155 88 58
+34 98 155 88 53 (fax)

País Vasco
Ibáñez de Bilbao, 28, 3º D
48009, Bilbao
+34 94 435 52 00
+34 94 424 73 70 (fax)

Instituto Argentino de Normalización (IRAM)

Perú 552/556
1068 Buenos Aires
Argentina
+54 11 4345 3465
+54 11 4345 3469 (fax)
http://www.iram.com.ar
E-mail: iram2@sminter.com.ar

Deutsches Institut für Normung e. V. (*Instituto Alemán de Normalización*) (DIN)

Burggrafenstraße 6
10787 Berlin
Deutschland
+49 30 260 1-0
+49 30 260 12 31 (fax)
http://www.din.de

British Standard Institution (*Instituto Británico de Normalización*) (BSI)

389 Chiswick High Road
London, W4 4AL
United Kingdom
+44 181 996 9000
+44 181 996 7400 (fax)
http://www.bsi.org.uk
E-mail: info@bsi.org.uk

Canadian Standards Association (*Asociación Canadiense de Estándares*)

1707 94 th St.
Edmonton, AB Canada
+1 403 490 2015
+1 403 435 0998 (fax)
http://www.csa.ca/
E-mail: howlettj@csa.ca

Suomen Standardisoimisliitto (*Instituto Finlandés de Estándares*) (SFS)

Maistraatinportti 2
00240, Helsinki
Finland
+358 9 149 9331
+358 9 146 4862 (fax)
http://www.sfs.fi/
E-mail: etunimi.sukunimi@sfs.fi

Standard Association for Australia (*Asociación Australiana de Estándares*)

PO Box 1055
Strathfield NSW 2135
Australia
+61 9 746 4819
+61 9 746 3333 (fax)

Association Française de Normalisation (*Asociación Francesa de Normalización*) (AFNOR)

Tour Europe
92049 Paris La Défense Cedex
France
+33 1 42 91 55 55
+33 1 42 91 56 56 (fax)
http://www.afnor.fr/

Ente Nazionale Italiano di Unificazione (*Ente Nacional Italiano de Normalización*)

via Battistotti Sassi 11B
20133, Milano
Italia
+39 2 700 241
+39 2 701 06 149 (fax)
http://www.unicei.it/
E-mail: uni@uni.unicei.it

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación

Carrera 37 52-95
Santafé de Bogotá
Colombia
+57 1 315 0377
+57 1 222 1435 (fax)
http://www.icontec.org.co/
E-mail: cliente@calidad.icontec.org.co

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN)

Avenida Andrés Bello.
Torre Fondo Común. Pisos 11 y 12
1050, Caracas
Venezuela
+58 2 575 2298
+58 2 574 1312
http://www.sain.org.ve
E-mail: covenin@dino.conicit.ve

Oficina Nacional de Normalización (NC)

Calle E. Nº 261 entre 11 y 13
Vedado, La Habana 10400
Cuba
+53 7 30 0825
+53 7 33 8048
E-mail: ncnorma@ceniai.inf.cu

Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (UNIT)

Calle San José 1031 —Galería Elysée, Piso 7
Montevideo
Uruguay
+598 2 901 2048

Organizaciones internacionales no gubernamentales 1.5

Internet Engineering Task Force (IETF)

c/o Corporation for National Research Initiatives
1895 Preston White Drive, Suite 100
Reston, VA 20191-5434
USA
+1 703 620 8990
+1 703 620 9071 (fax)
http://www.ietf.org/
E-mail: ietf-info@ietf.org

The ATM Forum (*Foro para el Estudio del modo de Transferencia Asincrónico*) (Asynchronous Transfer Mode Forum)

2570 West El Camino Real, Suite 304
Mountain View, CA 94040-1313
USA

+1 650 949 6700
+1 650 949 6705 (fax)
http://www.atmforum.com/
E-mail: info@atmforum.com

The ADSL Forum (*Foro para el Estudio de las Líneas de Abonados Digitales Asimétricas*) (Asymmetric digital Subscriber Line Forum)

39355 California Street, Suite 307
Fremont, CA 94538
USA

+1 510 608 5905
+1 510 608 5917 (fax)
http://www.adsl.com/
E-mail: ADSLForum@adsl.com

Frame Relay Forum (*Foro para el Estudio de la Tecnología Frame Relay*) (FRF)

39355 California Street, Suite 307
Fremont, CA 94538
USA

+1 510 608 5920
+1 510 608 5917 (fax)
http://www.frforum.com/
E-mail: frf@frforum.com

Electronic Industries Alliance (*Alianza de las Industrias Electrónicas*) (EIA)

2500 Wilson Boulevard
Arlington, VA 22201-3834
USA

+1 703 907 7500
http://www.eia.org/
E-mail: PublicAffairs@eia.org

ATM Forum (*Foro para el Estudio de la Tecnología ATM*)

Worldwide Headquarters
2570 West El Camino Real, Suite 304
Mountain View, CA 94040-1313
USA

+1 650 949 6700
+1 650 949 6705 (fax)
http://www.atmforum.com
E-mail: info@atmforum.com

Asia-Pacific Office
Hamamatsucho Suzuki Building 3F
1-2-11, Hamamatsucho, Minato-ku
Tokyo 105-0013
Japan

+81 3 3438 3694
+81 3 3438 3698 (fax)
E-mail: apinfo@atmforum.com

Europe Office
Av. De Tervueren 402
1150 Brussels
Belguim

+32 2 761 66.77
+32 2 761 66.79 (fax)
E-mail: euroinfo@atmforum.com

bibliografía

Consideraciones generales ■ B.1

Para tratar de que esta obra reflejara en lo posible todas las tendencias actuales en materia de transmisión de datos, redes de computadores y servicios de telecomunicaciones en general, es decir, lo que preferimos llamar sintéticamente **TELEINFORMÁTICA**, hemos consultado directamente a los principales autores y profesionales de estas especialidades o hemos leído sus obras.

A muchos no los conocemos personalmente, pero valoramos especialmente sus obras, las cuales recomendamos a nuestros colegas y alumnos para la consulta de temas específicos o directamente como libro de texto para determinados cursos de la especialidad.

En particular, de las obras en español debemos destacar con total sinceridad la calidad de los trabajos de *Jesús García Tomas*, Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid (Universidad a la que estamos especialmente ligados por distintas y variadas razones) y los que son coautores de algunos de sus libros *Santiago Ferrando Girón*, *Mario Piatini Velthuis* (con cuyo padre, destacadísimo profesional, mantenemos una amistad de largos años) y *Eduardo Alcalde Lancharro*, alguna de cuyas obras hemos tomado como libros de texto en cursos especiales que hemos dictado.

En cuanto a los autores argentinos, también tenemos que expresar la importancia, la calidad y el rigor con que han trabajado nuestros colegas y

directos amigos, los Profesores Ingenieros *RUBÉN KUSTRA* y *OSVALDO TUJSNAIDER*, en la presentación de sus trabajos. Hemos estudiado y tomado algunas ideas de ellos, que nos han parecido sumamente originales.

En idioma inglés, si bien la cantidad de obras es por demás extensa, las muchas que han escrito *WILLIAM STALLINGS* y *UYLESS BLACK*, estos dos últimos con equipos de colaboradores, nos han parecido interesantes como textos para la enseñanza universitaria. También se destaca la obra de *FRED HALSALL*, que reúne en un solo volumen los conceptos básicos para la comprensión de la problemática de las redes de datos actualmente utilizadas en todo el mundo.

Por otro lado, consideramos que nuestra obra ha tenido amplia difusión, fundamentalmente por estar escrita en idioma español, lo cual ha permitido que fuera utilizada por un amplio sector de alumnos y profesionales que no dominan el idioma inglés. Contrariamente a lo que se piensa, en América Latina es difícil recomendar en los claustros universitarios, aun hoy, textos en inglés. Los escritores de libros en español, a poco que recibiéramos algún incentivo para dedicarle más tiempo a esta tarea, podríamos competir en calidad, y en alguna medida en cantidad, con obras escritas en otros idiomas.

A continuación presentamos la bibliografía vinculada con estas temáticas según se haya publicado en idioma español o en otros idiomas. En ambos casos, la hemos subdividido en distintos grupos según su posible utilización y el grado de actualización que la misma presenta a nuestro exclusivo criterio.

Creemos que de esta manera presentamos a nuestros lectores una amplia variedad de título que pueden resultar útiles para forma bibliotecas públicas o privadas y para el uso como material de consulta para temas específicos por profesionales y/o especialistas que desean profundizar determinados temas.

B.2 Bibliografía en español

B.2.1 Recomendada para alumnos universitarios como bibliografía complementaria

ABRAMSON, Norman. *Teoría de la Información y Codificación*. Editorial Paraninfo, Madrid, 1981.

BLACK, Uyless. *Redes de Ordenadores, Protocolos, Normas e Interface. Segunda Edición*. Editorial RA-MA, Madrid, 1996.

COMER, Douglas. TCP/IP. *Principios Básicos, Protocolos y Arquitectura. Tercera Edición*. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, México, 1996.

GARCIA TOMÁS, Jesús; FERRANDO, Santiago; PIATTINI, Mario. *Redes para Proceso Distribuido*. Editorial RA-MA, Madrid, 1997.

GARCIA TOMÁS, Jesús; FERRANDO, Santiago; PIATTINI, Mario. *Redes de Alta Velocidad*. Editorial RA-MA, Madrid, 1997.

HALSALL, Fred. *Comunicación de Datos, Redes de Computadoras y Sistemas Abiertos*. Editorial Addison Wesley Publishers, Wilmington, 1998.

KUSTRA, Rubén y TUJSNAIDER, Osvaldo. *Principios de Comunicaciones Digitales*. Tomos I y II. Editorial AHCIET, Madrid, 1988.

REGGINI, Horacio Carlos. *Los Caminos de la Palabra. Las Telecomunicaciones: de Morse a Internet*. Editorial Galápago, Buenos Aires, 1996.

REGGINI, Horacio Carlos. *Reseña Histórica de los Cables Submarinos de Comunicaciones y de las Telecomunicaciones*. Editorial Galápago, Buenos Aires, 1995.

SCHWARTZ, Mischa. *Transmisión de Información, Modulación y Ruido*. Editorial McGraw-Hill, México, 1983.

STALLINGS, William. *Comunicaciones y Redes de Computadoras. Quinta Edición*. Editorial Prentice Hall, Madrid, 1997.

STREMLER, F. *Introducción a los Sistemas de Comunicaciones. Tercera Edición*. Editorial Addison Wesley Iberoamericana, Wilmington, 1993.

TANENBAUM, Andrew, S. *Redes de Ordenadores. Tercera Edición*. Editorial Prentice Hall, México, 1997.

TOMASI, Wayne. *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. Segunda Edición*. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, México, 1997.

B.2.2 Recomendada para alumnos no universitarios y profesionales en general

CARBALLAR, José. *El Libro de las Comunicaciones del PC. Técnica, Programación y Aplicaciones*. Editorial RA-MA, Madrid, 1997.

HUIDOBRO, José Manuel. *Todo sobre Comunicaciones*. Editorial Paraninfo, Madrid, 1998.

HUIDOBRO, José. *Comunicaciones: Interfaces, Modems, Protocolos, Redes y Normas*. Editorial Paraninfo, Madrid, 1992.

HUIDOBRO, José Manuel. *Redes de Comunicaciones*. Editorial Paraninfo, Madrid, 1992.

HUIDOBRO, José Manuel. *Comunicaciones de Empresas*. Editorial Paraninfo, Madrid, 1992.

HUIDOBRO, José Manuel. *Sistemas de Comunicaciones*. Editorial Paraninfo, Madrid, 1994.

B.2.3 Libros sobre temas específicos para profesionales

ALABAU MUÑOZ, Antonio y RIERA GARCIA, Juan (Coordinadores. Segunda Edición. Editorial Marcombo Boixareu Editores, Barcelona, 1984.

GARCÍA TOMAS, Jesús; FERNÁNDEZ DEL VAL, Carlos; DE CASTRO OLIVARES, Tomas. *Redes de Conmutación de Paquetes*. Editorial, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1987.

GARCÍA TOMÁS, Jesús. Sistemas y Redes Teleinformáticas. Editorial RA-MA, Madrid, 1990.

GARCÍA TOMÁS, Jesús; GARCÍA SAN LUIS, J.; FERNÁNDEZ DEL VAL, Carlos. *Redes de área Local*. Editorial Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1987.

LAVANDERA, Luis y otros. *Las Comunicaciones de Datos: Génesis, Realizaciones y Tendencias*. Editorial AHCIET, Madrid, 1989.

MACCHI, César y GUILBERT, Jean François (con otros colaboradores). *Teleinformática*. Editorial Omega, Barcelona, 1985.

MEJÍAS TORRES, Eduardo. *Transmisión de Datos, Teleprocesamiento y Redes de Computadoras*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1987.

MADRON, Thomas. *Redes de Area Local: la siguiente generación*. Editorial Megabyte. Grupo Noriega Editores, 1992.
PURSER, Michael. *Comunicación de datos para programadores*. Editorial Addison Wesley Iberoamericana, México, 1989.
PURSER, Michael. *Redes de Telecomunicaciones y Ordenadores*. Editorial Ediciones Díaz de Santos S. A., Madrid, 1990.

B.2.4 Manuales de consulta y libros generales de datos

COMITÉ CONSULTIVO INTERNACIONAL TELEGRÁFICO Y TELEFÓNICO. *Libro Rojo*. Varios Tomos. Editorial Unión Internacional de Telecomunicaciones, Ginebra, 1984.
COMITÉ CONSULTIVO INTERNACIONAL TELEGRÁFICO Y TELEFÓNICO. *Libro Azul*. Varios Tomos. Editorial Unión Internacional de Telecomunicaciones, Ginebra, 1988.
COX, Nancy; MANLEY, Charles y CHEA, Francis. *LAN TIMES —Guía de Redes Multimedia*. Editorial Osborne/McGraw-Hill, Madrid, 1996.
HAHN, Harley. Internet Manual de Referencia. Editorial Osborne/McGraw-Hill, Madrid, 1994.
PARNELL, Terè. *LAN TIMES —Guía de Redes de Alta Velocidad*. Editorial Osborne/McGraw-Hill, Madrid, 1997.
SALOMONE, Salvatore. *LAN TIMES —Guía de Gestión de Conectividad Remota*. Editorial Osborne/McGraw-Hill, Madrid, 1997.
SHELDON, Tom. *LAN TIMES —Guía de Interoperabilidad*. Editorial Osborne/McGraw-Hill, Madrid, 1994.
SHELDON, Tom. *LAN TIMES —Enciclopedia de Redes*. Networking. Editorial Osborne/McGraw-Hill, Madrid, 1994.

B.2.5 Otros libros de interés

ALE, Rafael y CUELLAR, Fernando. *Teleinformática*. Editorial McGraw-Hill, Madrid, 1988.
ARES, Roberto A. *Telecomunicaciones Digitales*. Editorial HASA, Buenos Aires, 1985.
ARTOM, A. *Principios de Transmisión de Datos*. Editorial RA-MA, Madrid, 1987.
BLACK, Uyless. *Redes de Transmisión de Datos y Proceso Distribuido*. Editorial Ediciones Díaz de Santos S. A., Madrid, 1987.
BRAUNSTEIN, Silvia L. y GIOIA, B. *Introducción a la Programación y a las Estructuras de Datos*. Editorial EUDEBA, Buenos Aires, 1986.
BROWN, J. y GLAZIER, E. *Telecomunicaciones*. Editorial Marcombo, Barcelona, 1987.
CAMPBELL, Joe. *El libro del RS-232*. Editorial Anaya Multimedia, Madrid, 1985.
CANNON, Don y LUECKE, Gerald. *A fondo: Sistemas de Comunicaciones*. Editorial Anaya Multimedia, Madrid, 1988.
CARBALLAR, José A. *El Libro de las Comunicaciones del PC*. Editorial RA-MA, México, 1997.
CASTRO LECHTALER, Antonio Ricardo y BERRUETA, Omar. *Los Nuevos Servicios Teleinformáticos: El Servicio Teletex*. Editorial FLAI, Buenos Aires, 1985.
CASTRO LECHTALER, Antonio Ricardo y FUSARIO, Rubén Jorge. *Introducción a la Teleinformática*. Editorial Lech, Buenos Aires, 1989.

COLLIN, Serge. *Ordenadores, Interfaces y Redes de Comunicaciones*. Editorial Masson, Barcelona, 1990.
CROUCHER, Phil. *Communications and Networks*. Editorial Sigma, Buenos Aires, 1974.
DAVENPORT, William. *Comunicación Moderna de Datos. Tercera Edición*. Editorial Glem, Buenos Aires, 1980.
DEL CAMPO, Martín Ignacio y otros. *Teleinformática y lenguajes conversacionales*. Editorial CEDED, Madrid, 1983.
DÍAZ, Jorge. *Introducción a la Transmisión de Datos*. Tomos I y II. Editorial IBM World, Buenos Aires.
DOYON Gerald. *Análisis y Diseño de Redes de Comunicaciones*. Volúmenes 1, 2 y 3. Editorial Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1983.
DVORAK, John y ANIS, Nick. *Telecomunicaciones para PC*. Editorial Osborne/McGraw-Hill, Madrid, 1992.
ERICKSON, Jonathan y CRAMER, William. *Telecomunicaciones con el Macintosh*. Editorial Osborne/McGraw-Hill, Madrid, 1985.
EVERIITT, W. L. y ANNER., G. E. *Ingeniería de Comunicaciones*. Editorial Arbó, Buenos Aires, 1961.
FITZGERALD, Jerry y EASON, Tom. *Fundamentos de la Comunicación de Datos*. Editorial Limusa, México, 1978.
FLORES, Iván y TERRY, Christopher. *Sistemas de Microcomputación*. Editorial El Ateneo, Buenos Aires, 1986.
FRIEND, George y otros. *A fondo: Transmisión de Datos y Comunicaciones*. Editorial Anaya Multimedia, Madrid, 1987.
GALÁN, C. y CORDERO, F. *Teleinformática: Introducción, Panorámica y Perspectivas*. Editorial Paraninfo, Madrid, 1987.
GNAVI, Graciela. *Sistemas Digitales y Analógicos*. Editorial CLAMI, Buenos Aires, 1981.
GONZALEZ SAINZ, Néstor. *Comunicaciones y Redes de Procesamientos de Datos*. Editorial McGraw-Hill, Bogotá, 1987.
GS Comunicaciones. *Telecomunicaciones. Redes de Datos*. Editorial McGraw-Hill, México, 1997.
HERRERA PEREZ, Enrique. *Fundamentos de Ingeniería Telefónica*. Editorial Limusa, México, 1979.
HOPPER, Temple y WILLIAMSON, R. *Diseño de Redes Locales*. Editorial Addison Wesley Iberoamericana, México, 1989.
KUSTRA, Rubén. *Comunicaciones Digitales*. Editorial Hispano Americana, Buenos Aires, 1981.
LANGLEY, G. *Telecomunicación Básica*. Editorial Paraninfo, Madrid, 1986.
LATHI, B. P. *Introducción a la Teoría y Sistemas de Comunicación*. Editorial Limusa, México, 1983.
LERA, Emilio, CABALLERO, Pedro y otros. *Planificación de Redes Digitales*. Editorial AHCIET, Madrid, 1989.
LILEN, H. *Del Microprocesador al microordenador*. Editorial Marcombo, Barcelona, 1980.
MARTIN, James. *Diseño de Sistemas de Computadores en Tiempo Real*. Editorial Diana, México, 1980.
MARTIN, James. *Introducción al Teleprocesamiento. Tercera Edición*. Editorial Diana, México, 1981.

MENASCE Y SCHWABE. *Redes de Computadoras. Aspectos técnicos y Operacionales*. Editorial Paraninfo, Madrid, 1992.
MONTERO DEL PINO, Manuel. *Introducción al Videotex y al Teletexto*. Editorial CIDAO, Madrid, 1984.
OLIVA RUIZ, Alberto y otros. *Introducción a la Teleinformática*. Editorial Trillas, México, 1979.
PEART Y F., Carlos. *Sistemas de Comunicación de Datos*. Editorial Limusa, México, 1982.
PUJOLLE, Guy. *Telemática*. Editorial Paraninfo, Madrid, 1985.
REGGINI, Horacio Carlos. *Alas para la Mente*. Editorial Galápago, Buenos Aires, 1982.
RODRÍGUEZ SÁNCHEZ DEL ÁLAMO, Juan y RIVERO LAGUNA, Jesús. *Conmutación y Redes de Comunicaciones*. Editorial Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1984.
RODRÍGUEZ, Gabriel. *La Era Teleinformática*. Editorial Folios Ediciones, Buenos Aires, 1985.
SCHATT, Stan. *A Fondo: Redes de Area Local*. Editorial Anaya Multimedia, Madrid, 1987.
SCHWARTZ, M. *Cableado de Redes*. Editorial Paraninfo, Madrid, 1996.
SCHWARTZ, Mischa. *Redes de Telecomunicaciones. Protocolos, modelado y análisis*. Editorial Addison Wesley Iberoamericana, México, 1983.
SMALE, P. H. y GREEN, D. C. *Sistemas de Telecomunicación y Transmisión*. Editorial Paraninfo, Madrid, 1982.

B.3 Bibliografía en otros idiomas

B.3.1 Recomendada para alumnos universitarios como bibliografía complementaria

ANTTALAINEN, Tarmo. *Introduction to Telecommunications Network Engineering*. Editorial Artech House, Norwood, 1998.
BLACK, Uyless. *Data Link Protocols*. Editorial Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1993.
BLACK, Uyless. *Frame Relay Networks*. Editorial McGraw-Hill, New York, 1994.
BLACK, Uyless. *TCP/IP & Related Protocols. Second Edition*. Editorial McGraw-Hill, New York, 1995.
COMER, Douglas. *Computer Networks and Internet*. Editorial Prentice Hall, Upper Saddle River, 1997.
ELBERT, Bruce. *Introduction to Satellite Communication*. Second Edition. Editorial Artech House, Norwood, 1999.
HSU, John. *Computer Networks. Architecture, Protocols, and Software*. Editorial Artech House, Norwood, 1996.
HUURDEMAN, Anton. *Guide to Telecommunications Transmission Systems*. Editorial Artech House, Norwood, 1997.
MARTIN, James; and LEBEN, Joe. *TCP/IP Networking*. Editorial Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1994.
MARTIN, James; CHAPMAN, Kathleen; LEBEN, Joe. *Local Area Networks. Architectures and Implementations. Second Edition*. Editorial Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1994.

MILLER, Mark A. *Internetworking: a guide to network Communication —LAN to LAN; LAN to WAN*. Editorial M & T Books, 1991.
MULLER, Nathan. *Intelligent Hubs*. Editorial Artech House, Boston, 1993.
HALSALL, Fred. *Data Communications, Computer networks and OSI*. Editorial Addison Wesley Publishers, Wokingham England, 1988.
STALLINGS, William. *Local and Metropolitan Area Networks. Fourth Edition*. Editorial Macmillan Publishing Company, New York, 1993.
TENENBAUM, Andrew S. *Computer Networks. Third Edition*. Editorial Prentice Hall, New Jersey, 1996.

Recomendada para alumnos no universitarios y profesionales no especialistas B.3.2

DERFLER, Frank Junior; FREED, Les. *How Networks Work*. Editorial PC Magazine/Ziff-Davis Press, Emeryville, 1998.
DERFLER, Frank Junior. *Using Networks. Simple Solutions. Essential Skills*. Editorial Que, Indianapolis. 1998.
DVORAK, John y ANIS, Nick. *Telecomunicaciones para PC*. Editorial Osborne/McGraw-Hill, Madrid, 1992.
GS Comunicaciones. *Telecomunicaciones. Redes de Datos*. Editorial McGraw-Hill, México, 1997.
HELD, Gilbert. *Understanding Data Communications. Fitfh Edition*. Editorial Sams, Indianapolis, 1996.
NAUGLE, Matthew. *The Illustrated Network Book. A Graphic Guide to Understanding Computer Networks*. Editorial Van Nostrand Reinhold, New York, 1994.

Libros sobre temas específicos para profesionales especialistas B.3.3

ALI, Syed. *Digital Switching Systems*. Editorial McGraw-Hill, Hightstown, 1998.
BARTHOLOMEW, Martin. *Successful Business Strategies Using telecommunications Services*. Editorial Artech House, Norwood, 1997.
BATES, Bud y GREGORY, Donald. *Voice & data Communications Handbook*. Editorial McGraw-Hill, Brattleboro, 1996.
BLACK, Uyless. *ISDN and SS7. Architectures for Digital Signaling Networks*. Editorial Prentice Hall, Upper Saddle River, 1997.
BLACK, Uyless. *Network Management Standards*. Editorial McGraw-Hill, New York, 1995.
BOCKER, Peter. *ISDN —Das Diensteintegrierende Digitale Nachrichtennetz*. Editorial Springer-Verlag, Berlín, 1986.
BOLAND, Seán; DOWNEY, Richard; WALSH, Philip. *Communications Technology Guide for Business*. Editorial Artech House, Norwood, 1998.
COOVER, Edwin. *ATM Switches*. Editorial Artech House, Norwood, 1997.
DE PRYCKER, Martin. *Asynchronous Transfer Mode*. Editorial Ellis Horwood, Gran Bretaña, 1993.
DOWNEY, Richard; BOLAND, Sean; WALSH, Philip. *Communications Technology Guide for Business*. Editorial Artech House, Norwood, 1998.
FEIT, S. *TCP/IP, Architecture, Protocols and Implementation*. Editorial McGraw-Hill, New York, 1993.

GARRARD, Garry. *Cellular Communications: Worldwide Market Development.* Editorial Artech House, Norwood, 1998.

GILLESPIE, Alex. *Access Networks. Technology and V5 Interfacing.* Editorial Artech House, Norwood, 1997.

GORALSKI, Walter. *Sonet. A guide to Synchronous Optical Networks.* Editorial McGraw-Hill, New York, 1997.

HÄNDEL, Rainer; HUBER, Manfred; SCHRÖDER, Stefan. *ATM Networks. Concepts, Protocols, Applications. Third Edition.* Editorial Addison Wesley Longman, Essex, 1998.

HARTE, Lawrence; SMITH, Adrian; JACOBS, Charles. *IS-136 TDMA Technology, Economics, and Services.* Editorial Artech House, Norwood, 1998.

KERCHEVAL, Berry. *TCP/IP over ART.* Editorial Prentice Hall, Upper Saddle River, 1998.

MEHROTRA, Asha. *GSM System Engineering.* Editorial Artech House, Norwood, 1997.

ONVURAL, Raif. *Asynchronous Transfer Mode Networks.* Editorial Artech House, Boston, 1994.

PRASAD, Ramjee. *Universal Wireless Personal Communications.* Editorial Artech House, Norwood, 1998.

PERLMAN, Radia. *Interconnections. Bridges and Routers.* Editorial Addison Wesley Publishers, Wokingham England, 1992.

SEXTON, Mike y REIS, Andy. *Transmission Networking: SONET and the Synchronous Digital Hierarchy.* Editorial Artech House, Norwood, 1992.

SEXTON, Mike y REIS, Andy. *Broadband Networking. ATM, SDH and SONET.* Editorial Artech House, Norwood, 1997.

SHAPHORST, Richard. *Videoconferencing and Videotephony. Technology and Standards.* Editorial Artech House, Norwood, 1996.

STALLINGS, William. *ISDN and Broadband ISDN with Frame Relay and ATM.* Editorial Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1995.

STALLINGS, William. *HIGH-SPEED Networks. TCP/IP and ATM Design Principles.* Editorial Prentice Hall, Upper Saddle River, 1998.

TITTEL, Ed; JAMES, Steve; PISCITELLO, David; PHIFER, Lisa. *ISDN. Second Edition.* Editorial Academic Press, London, 1997.

B.3.4 Manuales y libros generales de datos de consulta

BEZAR, David. *LAN TIMES —Guide to Telephony.* Editorial Osborne/McGraw-Hill, Berkeley, 1995.

BLACK, Uyless. *The V Series Recommendations. Second Edition.* Editorial McGraw-Hill, New York, 1995.

BLACK, Uyless. *The X Serie Recommendations. Second Edition.* Editorial McGraw-Hill, New York, 1995.

COOMBS, Clyde; COOMBS, Catherine. *Communications Networks Test & Measurement Handbook. Guide to the TCP/IP Protocol Suite.* Editorial McGraw-Hill, New York, 1998.

DERFLER, Frank Junior. *Guide to Connectivity. Second Edition.* Editorial PC Magazine/Ziff-Davis Press, Emeryville, 1992.

DERFLER, Frank Junior. *Guide to Linking LAN's.* Editorial PC Magazine/Ziff-Davis Press, Emeryville, 1992.

DYSON, Peter. *Novell's Dictionary of Networking.* Editorial Novell Press, San José, 1994.

ISO (publicación de la Organización Internacional de Estándares) 15.076. *High Level Data Link Control Procedure.* Editorial ISO, Ginebra.

ISO *(publicación de la Organización Internacional de Estándares) 15.078. Reference Model for Open Systems Interconnection.* Editorial ISO, Ginebra.

SALOMONE, Salvatore. *LAN TIMES —Guide to Managing Remote Connectivity.* Editorial Osborne/McGraw-Hill, Berkeley, 1997.

SHELDON, Tom. *LAN TIMES —Encyclopedia of Networking. Electronic Edition.* Editorial Osborne/McGraw-Hill, Berkeley, 1998.

STALLINGS, William. *Networking Standards. A Guide to OSI, ISDN, ALAN, and MAN standards.* Editorial Addison Wesley, Readind, 1993.

Otros libros de interés B.3.5

BARTEE, Thomas. *ISDN, DECnet, and SNA Communications.* Editorial Howard Sams & Co., Indianapolis, 1989.

BEKER, J. y PIPER, C. *Secure Speech Communications.* Editorial AP, Florida, 1985.

BERTHET, Charles. *Aide —Memoire d'informatique.* Editorial Dunod, París, 1982.

BEYDA, William. *Basic Data Communications.* Editorial Prentice Hall International, Englewood Cliffs, 1989.

CAPPELLINI, V. *Data Compression and Error Control Techniques with Applications.* Editorial Academic Press, Orlando, 1985.

CARLSON, Bruce. *Communication Systems. Second Edicion.* Editorial McGraw-Hill Kogakusha Ltd., Tokyo, 1975.

CROUCHER, Phil. *Communications and Networks.* Editorial Sigma, Buenos Aires, 1974.

DURR y GIBBS. *Networking Personal Computers. Third Edition.* Editorial Que, Indianapolis. 1989.

FERREIRA GIOZZA, William; MARINHO DE ARAUJO, José Fábio; BELTRÃO MOURA, José Antão; SAUVE, Jacques Philippe. *Redes Loçais de Computadores.* Editorial McGraw-Hill, Sao Paulo, 1986.

FONTOLLIET, Girard Pierre. *Telecommunication Systems.* Editorial Artech House, Dedham, 1983.

FTHENAKIS, Emanuel. *Manual of Satellite Communications.* Editorial McGraw-Hill, Madrid, 1984.

GLASGAL, Ralph. *Techniques in Data Communications.* Editorial Artech House, Dedham, 1983.

GREEN, JAMES, Harry. *Local Area Networks.* Editorial Scott, Foresman and Company, Glenview, 1985.

HALSALL, Fred. *Introduction to Data Communications and Computer Networks.* Editorial Addison Wesley Publishers, Wokingham England, 1985.

HANNAN, James (Editor). *Data Communications Management.* Editorial Auerbach Publishers Inc., New York, 1982.

HARDY, Peter. *Introducing Data Communications Protocols.* Editorial NCC Publications, Manchester, 1985.

HELD, Gilbert y SARCH, Ray. *Data Communications: A Comprehensive Approach*. Editorial McGraw-Hill, New York, 1983.
HELD, Gilbert. *Data Compression*. Editorial John Wiley & Sons, Devon, 1987.
HELD, Gilbert. *Data Communications Networking Devices*. Editorial John Wiley & Sons, Essex, 1989.
HORDESKI, Michael. *Communications Networks*. Editorial Tab Books Inc., Blue Ridge Summit, 1989.
IBM Technical Overview. *Systems Network Architecture. Third Edition*. Editorial IBM, North Carolina, 1986.
IIZUKA, KENNJI. *Teleprocessamento*. Editorial Atlas, Sao Paulo, 1985.
JOHANSEN, Robert. *Teleconferencing and Beyond*, Editorial 1984, Editorial McGraw-Hill, New York, 1984.
KREAGER, Paul S. *Practical Aspects of Data Communications*. Editorial McGraw-Hill, New York, 1983.
MARTIN, James. *Telecommunications and the Computer*. Editorial Prentice Hall, New Jersey, 1976.
PARIOT, Claude. *Introduction aux Microprocesseurs et aux Microordinateurs*. Editorial, Dunod, París, 1978.
PENNA, Rubens M. *Teleprocesamiento: Conceitos Aplicaçoes e o Protocolo BSC*. Editorial Livros Erica Editora Ltda, Sao Paulo, 1988.
PRATT y BOSTIAN. *Satellite Communications*. Editorial John Wiley & Sons, 1986.
SCHUSTER, Franz. *Neue Informations- und Kommunikations-Technologien in der Anwendung*. Editorial Konrad Adenauer Stiftung, St. Agustín, 1986.
SCHWARTZ, Mischa. *Telecommunication Networks, Protocols, Modeling and Analysis*. Editorial Addison Wesley Publishers, Wokingham England, 1988.
SCHWEBER, William L. *Data Communications*. Editorial McGraw-Hill, New York, 1988.
SIEMENS. *ISDN in the Office HICOM*. Editorial Siemens, Passau, 1985.
SINNEMA, William y MCGOVERN, Tom. *Digital, Analog and Data Communication*. Editorial Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1986.
STALLINGS, William. *Data and Computer Communications*. Editorial Macmillan Publishing Company, New York, 1985.
STAMPER, David. *Business Data Communications*. Editorial Benjamin Cummings Publishing Co, Redwood City, 1989.
TAROUCO, Liane. *Redes de Computadoras (loçais e de longa distancia)*. Editorial McGraw-Hill, Sao Paulo, 1986.
TOUSSAINT, Jerome y MASSON, Philippe. *Les Techniques de la Telematique*. Editorial Tests, París, 1984.
TYDEMAN, J. y Otros. *Teletext and Videotex in the United States*, Editorial 1982, Editorial McGraw-Hill, Washington D. C., 1982.
VALLEE, Jaçques. *Computer Message Systems*, Editorial McGraw-Hill, 1984, New York., Editorial McGraw-Hill, New York, 1984.
WILDER, Floyd. *A Guide to the TCP/IP Protocol Suite*. Editorial Artech House, Boston, 1993.

Índice de biografías breves

AMPÈRE, ANDRÉ MARIE ■ Matemático, físico y químico 75
BELL, ALEXANDER GRAHAM ■ Autodidacta, investigador e inventor 87
COULOMB, CHARLES AUGUSTIN DE ■ Físico e Ingeniero militar 74
DIRICHLET, PETER GUSTAV ■ Matemático 67
ERLANG, A. K. ■ Matemático 663
FARADAY, MICHAEL ■ Químico y físico 75
FOUCAULT, JEAN BERNARD ■ Físico 392
FOURIER, JEAN BATISTE ■ Matemático y físico 67
GAUSS, KARL FRIEDRICH ■ Matemático y físico 75
HARTLEY, R. V. ■ Investigador e Ingeniero 370
HERTZ, HEINRICH RUDOLF ■ Físico 62
LAPLACE, PIERRE SIMON ■ Matemático e Ingeniero militar 77
MARX, KARL ■ Político y filósofo 5
MAXWELL, JAMES CLERK ■ Físico 74
MORSE, SAMUEL ■ Investigador, inventor, pintor y escultor 141
NYQUIST, HARRY ■ Ingeniero Eléctrico e investigador 200

Oersted, Hans Christian ■ Físico 75
Ohm, Gerg Simon ■ Físico 78
Poisson, Siméon Denis ■ Matemático y físico 77
Schumpeter, Joseph Alois ■ Economista 9
Servan-Schreiber, Jean Jaçques ■ Pensador y político contemporáneo 8
Shannon, Claude Elwood ■ Ingeniero Eléctrico y matemático 264
Stokes, George Gabriel ■ Matemático y físico 79

Índice alfabético

Los números de página seguidos de una ***d*** se refieren a las definiciones que aparecen en el texto, mientras que los seguidos de una ***f*** se refieren a las figuras.

ACK (Acuse de recibo) 295
ADP, características técnicas 466
AI Nº 5 (Alfabeto Internacional Nº 5). *Véase* Alfabeto Internacional Nº 5 291–292
Alfabeto código 274
Alfabeto fuente 274
Alfabeto Internacional Nº 2 276, 279–282
  bit de parada 280
  bits de datos 280
  carácter alfabético 282
  carácter de control del repertorio 282
  características 279–280
  características particulares 280
  carárter de uso nacional 282
  carárter especial 282
  carárter numérico 282
  codificación 281*f*
  código del alfabeto 280
  definición de mayúsculas 280
  definición de minúsculas 280
  estados significativos 280
Alfabeto Internacional Nº 2 (*continuación*)
  repertorio 280–282
  señal acústica 280
  servicio télex 279–282
Alfabeto Internacional Nº 5 275, 278, 291–292, 293*f*, 306
  carácter alfabético 293
  carácter codificado 293–294
  carácter de control 293
  carácter espacio 293
  carácter especial 293
  carácter gráfico 293
  carácter numérico 293
  carácter supresión 293
  características 291–292
  Véase también Versión Internacional de Referencia (VIR) 291
Alfabeto Morse 141, 276*f*
Alfabeto seudobaudot, transmisión asincrónica 149*f*
AM radioemisoras 174
AMI (Alternative Mark Inversion), código 103, 107*f*
Ampère 75

Amplificador
de audiofrecuencia, curva de respuesta en frecuencia 93*f*
frecuencias de corte 94
respuesta en frecuencia 93
señales de entrada 59*f*
señales de salida 59*f*
Amplificador de potencia
Véase Comunicación satelital 495
Ancho de banda 73*d*, 91–94, 129
amplificador
curva de ganancia 92–94
respuesta en frecuencia 93
asignación de frecuencia en un sistema de subcanales 230*f*
canal analógico de voz 224
canal de banda ancha 225–226
canal telefónico 225
de una señal 91*d*
diferentes aplicaciones 93
efecto sobre una señal 94
multiplexación 226
pasante 94
red soporte 224
red telefónica 224
relación con la velocidad de modulación 127–130
relación con tasa de errores 128–130
relación señal/ruido 211
sistema de telecomunicaciones
fuente 92
sumidero 92
velocidad de modulación 128
Ancho de pulso
NRZ, no retorno a cero (*no-return to zero*) 100–101
RZ, retorno a cero (*return to zero*) 101
Antena 494
Véase Comunicación satelital 493–498
Antitransformada de Fourier 179
AP/NIC (*Asia Pacific Area Network Information Center*) 46
APD, receptor de luz 466
APM (*Advanced Power Management*) 722
ARABSAT (*Arab Satellite Communications Organization*) 488
ARPANET 36
Arquitectura de comunicaciones 166, 166*d*
arquitectura de la Red 153
clasificación 166–168
interconexión de sistemas abiertos 153
normas 153
protocolo de capa 153
protocolo estructurado 167–168
protocolo no estructurado 168
protocolos de comunicaciones 153–158, 166
ASIASAT (*Asian Satellite Organization*) 488
ASK (*Amplitude Shift Keying*) 175
ATA (*Fast AT Attachment*) 727
ATDM (multiplexación por división de tiempo asincrónica) 700
Atenuación, coeficiente 88
Atenuación para canales de frecuencia vocal ideal y real, características 390*f*
ATI Nº 2. *Véase* Alfabeto Internacional Nº 2 282
ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) 197, 248
ATM (Modo de Transferencia Asincrónico) 378
AUSSAT (*Australian Satellite Corporation*) 488
Automatic Retransmission Request-ARQ 416
AWG (*Norma Americana Wire Gauge*) 433*f*
Banda base 94–109, 174
clasificación, de señales 100–101
polaridad 101
código en banda base 95, 101–108
código en línea 95
códigos usuales 102*f*
señal bipolar 95–97
señal ON/OFF
armónicas 98
señal polar 95–97
señal unipolar 95–97
señal unipolar NRZ 98
transmisión 97–100
características 97–100
ISI (interferencia intersímbolos) 100
módem banda base 97
Red de Área Local (*Local Area Network*) 98
Baudio 119, 279
Baudot, sistema 148
BCC (*Block Check Character*) 163, 409
Bednorz, Georg 388
BEL (Campana o timbre) 300
Bell Laboratories 717
Bell, Alexander Graham 599
BER (*Bit Error Rate*) 127, 272, 406, 452
Bernasconi 9, 11
Binit 266, 267
BISDN (*Broadband*) 197
Bit 266
conversión en una secuencia 192*f*
Bit de arranque 283
Bit de parada 279, 283
Bit de paridad 283, 408
Bit de paridad vertical 408, 410
Bit de verificación 283
Bit de zona 283
Bit numérico 283
Bloque 119*d*
Bobina híbrida 655
bps (bits por segundo) 121
BS (Retroceso de un espacio) 298
BSC (*Binary Synchronous Communication*) 162
BSC (*Binary Synchronous Control*) 141, 168
BSC (*Block Sum Check*) 410
Bucle (red en anillo con control centralizado) 621
Buffer 579, 699
Burst 213, 384
Byte 118*d*
Cable coaxial 443–451, 443*d*, 639
atenuación 447
atenuación en función de la frecuencia 447*f*
cable coaxial de varios conductores 450
detalle constructivo 450
cable tipo RG 218/U 445*f*

Cable coaxial (*continuación*)
capacidad e inductancia 445
características eléctricas 445–447, 446*f*
corte transversal 445*f*
designación 449
detalle constructivo 444–445
estructura de la sección 444*f*
impedancia característica 446
relación entre atenuación y frecuencia 447*f*
respuesta típica a un pulso 448*f*
tiempo de crecimiento 448*f*
transmisión de señales digitales 448
velocidad de propagación de las señales 449, 449*f*
Cable coaxial de varios conductores 450*d*, 450*f*
Cable coaxial submarino
detalle constructivo 451
Cable de cobre 429*d*
medio de transmisión 429
tipos 429
Véase Cable coaxial 429
Véase Cable de par trenzado 429
Véase Cable UTP 435
Véase Línea de cobre desnudo 429
Cable de cobre coaxial submarino 450*d*
Cable de cobre multipar 436*d*, 436–443, 639
tipos 436
Véase Cable multipar aéreo 442–443
Véase Cable multipar subterráneo 436–442
Cable de par trenzado 431–436
cable trenzado para voz 433–436
características 431–432
componentes 432*f*
detalle constructivo y operativo 432–433
Cable de par trenzado a cuatro hilos 433*f*
Cable de par trenzado simple 433*f*
Cable multipar aéreo 442*d*
detalle constructivo 442
estructura 443*f*
Cable multipar subterráneo 436*d*
aislamiento 436, 441*f*
cable de 2200 pares 439*f*
cableado 437
capacidad mutua 440*f*
código de colores 437*f*
detalle constructivo 436–440
diámetro del conductor exterior 437*f*
distribución de los conductores 437*f*
envoltura y cubierta exterior 439
esquema de agrupación de cables 438*f*
formación de los pares de conductores 437
pares de reserva 438
presurización de los cables 439–440
prueba de aislamiento 441–442
prueba física 441
pruebas eléctricas 440
resistencia eléctrica 440*f*
subgrupo de 25 pares 438*f*
superunidad de 100 pares 438*f*
Cable óptica mono 462
Cable óptica multifibra 462
Cable trenzado
cableado estructurado 433–435
Cable UTP
categorías 435
Cableado estructurado 434*d*
CAD (diseño asistido por computador) 13*f*
CAI (Centro Automático Interurbano) 645, 647, 651, 658
CAINT (Centro Automático Internacional) 647, 651
CAM (fabricación asistida por computador) 13*f*
Camino 255
Campo eléctrico, interrelación con campo magnético 81*f*
Campo magnético, interrelación con campo eléctrico 81*f*
CAN (Anulación) 300
Canal analógico 366–367
gama continua de frecuencia 366
Canal B 129
Canal continuo 368*d*
Canal de comunicaciones 151*d*, 364–369, 364*d*
acondicionamiento 401–403
ancho de banda 64
colector 151
consecuencias del efecto pelicular 395–396
eco 401–402
ecualización 402–403
efecto del ancho de banda sobre una señal digital periódica 95*f*
fuente 151
interferencias intersímbolos 402
método dúplex 152–153
método semidúplex 152
método símplex 152
red analógica 364
ruido, aditividad 58
sumidero 151
tipos 364–369
Véase Canal analógico 366–367
Véase Canal digital 366–367
Véase Canal físico 365–367
Véase Señalización 374–379
Canal de comunicaciones, esquema de un canal real 368*f*
Canal de información 367–369, 367*d*
calidad 368
redundancia 368
velocidad de transmisión 368
Canal digital 366–367
transmisión en banda base 367
Canal físico 365*d*
características 365
distorsión 365
ruido 365
Véase Línea de telecomunicaciones 365
Canal ideal 369–373
Véase Capacidad de un canal 369
velocidad de transmisión 369–370
Canal real 369–373
aditividad 370
relación señal/ruido 370
Véase Teorema de Shannon-Hartley 370–373

Capa 155–157
capa de transporte 155
capa superior 155
comunicación, punta a punta 155
entorno de la aplicación 155
entorno de la red 155
entorno de vinculación 155
funciones 157–158
primera capa 155
relación 156*f*
subred de comunicaciones 155
Capa de aplicación 158
Capa de enlace 156, 157
trama 156
Capa de presentación 158
Capa de red 156, 158
paquetes 156
Capa de sesión 158
Capa de transporte 155, 158
Capa física 156, 157
bits 156
Capa ionosférica
ángulo de incidencia 475
capa E 473
capa F1 473
capa F2 473
estructura 474*f*
ion positivo 474
onda refractada 475
refracción de ondas de radio 473*f*, 475
refracción ionosférica 475*f*
región D 473
Capacidad de un canal 272, 369*d*
ancho de banda 272
relación señal a ruido 272
tasa de error del sistema 272
Capacidad de un canal continuo 585
Capacidad de una central 670*d*
Capacidad neta de carga 252*d*
Capacidad Total de Carga (*Payload*) 251
Carácter codificado
código de 7 bits 301
determinante de formato 302
orientación a aplicaciones 301
Versión Internacional de Referencia (VIR) 300
versión nacional 302
versiones 300
Carácter codificado para el servicio telemática 302–307
carácter primario 303
carácter suplementario 303–305
características 303–305
recomendación T.51 de la UIT-T 303
Carácter codificado para el servicio Teletex 305–307
desarrollo del juego de carácter 305–306
extensión del código gráfico 306
Versión Internacional de Referencia del Alfabeto Internacional Nº 5 306
Carácter con doble inversión de bits 409*f*
Carácter de control 295–300, 296*f*
control de dispositivos 299
control de extensión de código 298
determinante de formato 297–298
separador de información 299–300
Carácter de Control del Bloque 408
Carácter suplementario 306–307, 307*f*
Cargas, distribución homogénea 75*f*
CATV (Televisión de Antena Comunitaria) 443
CCS (*Centi Call Seconds*) 664
CD/R-Recordable 730
CD-ROM 730
CD-ROM XA 730
Central telefónica privada 668–682
cableado interno 675–676
capacidad de tráfico 680
capacidad de una central privada 670–672
componentes 670–677
condiciones ambientales 679–680
conexión con una red pública 669*f*
conmutador 672–673
elementos constitutivos 672
enlace troncal a la red pública 677
enlace troncal a otras centrales de red privada 677
equipo terminal 673–675
estructura de control 673
facilidades 677–678
gestión, administración, supervisión y mantenimiento 681, 682
hiperservicios 678–679
procesador 673
registro y determinación de costos 680–681
sistema de alimentación ininterrumpida 676–677
subred de telecomunicaciones 668–670
switch 672–673
Cinturón de Radiaciones de Van Allen 485
Circuito amplificador 88*f*
Circuito arrendado 654–658
circuito de cuatro hilos 655–658
circuito de dos hilos 655–658
diferencia entre circuitos con dos y cuatro hilos 655–658
estructura 655*f*
inicio de comunicación de datos 654
Circuito arrendado a cuatro hilos 657*f*
Circuito arrendado a dos hilos 657*f*
Circuito arrendado híbrido, esquema 656*f*
Circuito arrendado punto a punto, características especiales 654–655
Circuito atenuador 88*f*
Circuito conmutado 652–654
características especiales 653–654
esquema 658*f*
estructura 653*f*
inicio de comunicación de datos 652
Circuito de datos (CD) 36*d*
enlace de datos (ED) 35, 36
colector de datos 35
fuente de datos 35

Circuito de datos (CD) (*continuación*)
equipo terminal de datos (ETD/Colector) 36
equipo terminal de datos (ETD/Fuente) 36
Circuito dedicado, esquema 658*f*
Circuito eléctrico
características reactivas
capacitancia 58
deformación 58
distorsión 58
inductancia 58
Circuito teleinformático 30–36
circuito de datos (CD) 35–36
colector 30
enlace 35–36
enlace de datos (ED) 35–36
equipo terminal de datos (ETD) 32–34
equipo terminal del circuito de datos (ETCD) 34–35
esquema básico 35*f*
fuente 30
introducción 30–32
línea de comunicaciones (LC) 35
medios analógicos 30
medios digitales 30
redes analógicas 35
técnicas de modulación 30
Véase Compresión de datos 137
Cobre. *Véase* Cable de cobre 429–430
CODEC (Codificadores/decodificadores) 55, 196
Codificación 209*d*, 263–311, 274*d*
construcción de códigos 278
dígitos binarios 277*f*
pulsos obtenidos a la salida del proceso 210*f*
símbolos alfabéticos 278
símbolos especiales 278
símbolos numéricos 277
símbolos para operación y control 278
teoría 274–279
Codificación binaria 211
Codificador Hagelbarger 421, 422*f*
Código 274, 274*d*
4B-3T (4 binario-3 terciario) 108
alfabeto código 274
alfabeto fuente 274
AMI (Inversión alternativa de marcas) 103
bipolar con retorno a cero 103
bipolar sin retorno a cero 103
comparación de diferentes códigos 309*f*
comparación y rendimiento de diferentes códigos 307–309
eficiencia 307–308
redundancia 309
construcción 278
definición 274*f*
diferencial 104–105
eficacia 278
HDB-3 (*High Density Binary*)
AMI (*Alternative Mark Inversion*) 107
corrimiento de fase de la señal digital (*jitter*) 108
pulso de relleno 108
violación 107
Código (*continuación*)
Manchester 105
Manchester diferencial bifase 105–106
Miller 106–107
ordenamiento 278
polar con retorno a cero (RZ) 103
polar sin retorno a cero (NRZ) 102–103
regla de formación 109*f*
seguridad 278
símbolos a codificar 277–278
sin retorno a cero (NRZ) 101–102
valor numérico 278
verificación 278–279
Código 4 de 8 286, 308, 309
características 286
codificación 286
equivalencia en el código BCD 287*f*
Código AMI
señal AMI 107*f*
señal HDB-3 107*f*
señal unipolar 107*f*
Código ASCII 275, 291
con bit de paridad 409*f*
Código ASCII ampliado 292
Código Baudot 279, 308, 309
Código BCD Estándar de Intercambio 283
Código bloque 275*d*
longitud 276, 277*f*
Código codificado en decimal binario (BCD) 283–285
Código compacto 275*d*
Código de 7 bits 301, 308, 309
tabla básica 301*f*
Código de Bose-Chaudhuri 423
Código de Hagelbarger 421–423
bit de paridad 422*f*
relación entre bit de información y paridad 421*f*
Código de intercambio de datos 285–286
Código decimal binario (BCD)
posiciones de bit 283*f*
Código decimal codificado en binario
bit de arranque 283
bit de parada 283
bit de paridad 283
características 283
código Alfanumérico de Seis bits 283
Código decimal codificado en binario (BCD) 283–285
bit de verificación 283
bit de zona 283
bit numérico 283
carácter especial 283–285, 284*f*
subconjunto 1 285
subconjunto 2 285
configuración numérica 284*f*
construcción 283
tabla de equivalencia 284*f*
Código EBCDIC 288*f*
estructura de caracteres 288*f*
Código en servicio teleinformático 290–302

Código Extendido Decimal Codificado en Binario (EBCDIC) 286–288, 289*f*
  características 286
  codificación 288
  construcción 288
Código fieldata 285
  características 285
  codificación 285
  tabla de equivalencia 285*f*
Código Gray 193
Código Hamming, ejemplo 420, 421*f*
Código HDB-3
  señal AMI 107*f*
  señal HDB-3 107*f*
  señal unipolar 107*f*
Código Huffman 701
Código Manchester
  diferencial bifase 106*f*
  implementación con circuitos lógicos 106*f*
  no diferencial 105*f*
  señal de reloj 105*f*
  señal unipolar 105*f*
Código Miller
  señal código Miller 107*f*
  señal unipolar 107*f*
Código Morse 275
Código no singular 275*d*
Código PC-8 288–290, 290*f*
  adaptación a diferentes idiomas 289, 291*f*
  características 288–289
  codificación 289
Código singular 275*d*
Código USASCII 290
Coeficiente de atenuación 88
Coeficiente de Resistividad del Conductor 387
Colector 364
Compansión 207
Compresión de datos 131, 136–142, 137*d*
  compresión física 141–142
    alfabeto Morse 141
    supresión de nulos y blancos 141
  compresión lógica 139–140
    registro de fechas 140
  diagrama de bloques 138*f*
  factor de mérito 138
  índice de compresión 137–138
  medida 137–138
  técnica 139–142
  velocidad real de transferencia de datos 137
Compresión de Smith, curvas 208*f*
Compresión física 141–142
Compresión lógica 139–140
  registro de fechas 140
Compresor 207
Computador de red 734–736
Computador personal 716–734
  CD-ROM 719
  componentes, unidades auxiliares y periféricos 720*f*
  controladores 718, 719
Computador personal (*continuación*)
  disco rígido 718
  disquetera 719
  memoria de acceso aleatorio 718
  memoria RAM 718
  monitor 718
  ratón 718
  tarjeta de red 719
  tarjeta de sonido 718
  tarjeta de vídeo 718
  teclado 718
  unidad de cinta 719
  Véase Microprocesador 717
  Véase Placa madre 717
Comunicación computador-computador 33*f*, 34*f*
Comunicación computador-terminal 32*f*, 33*f*
Comunicación global instantánea 12
Comunicación satelital 484–515, 484*d*, 485*f*
  características 498–501
  circuito punto a punto para voz y datos 493*f*
  clasificación de antenas terrestres 497*f*
  cobertura total de la Tierra 491*f*
  componentes 492–498
  control 497–498
  distintos tipos de satélites 489–492
  distribución de potencia 495
  eco 501
  estación de alta capacidad 496
  estación de media capacidad 496
  estación de pequeña capacidad 496
  estación terrestre 496–497
  estación terrestre móvil 497
  estructura del satélite 493
  forma de acceso al satélite 499–501
  normalización de antenas terrestres 497*f*
  órbita baja 484
  órbita de transferencia 487*f*
  órbita geosincroestacionaria 484
  principales operadores 484–488
  referencia histórica 484–488
  satélite de órbita altamente elíptica 492
  satélite de órbita baja 489
  satélite de órbita geoestacionaria 490
  satélite de órbita media 489
  segmento espacial 493–495
  segmento terrestre 496–497
  señal analógica 499–500
  señal digital 500–501
  servicio de difusión (*Broadcast Capacity*) 498–499
  servicio fijo, con o sin conmutación 498
  servicio móvil 499
  sistema de seguimiento 497–498
  subsistema de comunicaciones 494
  subsistema de control de temperatura 495
  subsistema de estabilización 495
  subsistema de generación 495
  telemetría 497–498
  Véase Sistema satelital iberoamericano 507–515

Comunicaciones 2–13, 56
  campos de acción 12–13
  canal de comunicaciones 57
  formas básicas 32*f*
  Internet 10–12
  punto a multipunto 84
  punto a punto 84
  radiodifusoras 84
  revolución de las nuevas tecnologías 2
  tecnologías de la información 7–10
  teleinformática 7–10
    ética 11–12
Concentrador 701–705, 702*d*
  esquema 703*f*
Concentrador de líneas 704
  esquema 705*f*
Concentrador de mensajes 704
  esquema 705*f*
Condiciones de Dirichlet 67
Conductividad eléctrica relativa 394*d*
Conductor metálico, efecto pelicular 394*f*
Configuración aislada, esquema de conexión 705*f*
Configuración delantera 706
Configuración punto a punto 606*d*
Configuración punto multipunto 606*d*
Conformidad/ACK 159
Conmutación 200
Conmutación de Celdas 197
Conmutación de líneas 672
Consorcio Internacional INTELSAT 254, 498, 501–507
  características 504*f*, 506
  cobertura 504–506
  estaciones terrestres del Atlántico 505*f*
  historia 501–504
  países integrantes 502*f*
  satélites de la serie INTELSAT IX 508*f*
  satélites del Océano Atlántico 506*f*
  satélites del próximo milenio 507
  satélites series VIII y IX 506*f*
Contenedor virtual (VC) 254*d*, 255*f*, 256*f*
Control de dispositivos 299
Control de paridad 279, 407*f*, 407–411
Control de paridad bidimensional 408–410, 411*f*
Control de paridad cíclica 411*f*
Control de paridad entrelazada o cíclica 410–411
Control de paridad longitudinal 408–410, 410*f*
Control de paridad vertical 408
Control de Suma de Bloque 410
Control del flujo de datos
  buffer 579
  fuente 579
  método ENQ/ACK 580
  método RTS/CTS 580
  método XON/XOFF 580
  recomendaciones 579
  técnicas de control del flujo de datos 579
Control por medio del eco 416
Control por redundancia cíclica (CRC) 411–414
  función OR EXCLUSIVA 412
Control por redundancia cíclica (CRC) (*continuación*)
  generador 411
  polinomio generador 414
  procedimiento 412–414
Conversión analógica/digital (A/D) 211
Conversión digital/analógica (D/A) 211
Conversor de protocolos 711–712, 711*d*, 711*f*
  conexión de equipos 712
  utilización 712
Corrección de errores
  Véase Corrección de errores por técnicas especiales de transmisión 416–418
  Véase Técnicas de corrección de errores 415–416
Corrección de errores hacia adelante 416, 418*f*
Corrección de errores mediante códigos autocorrectores 418–423
  código de Bose-Chaudhuri 423
  código de Hagelbarger 421–423
  código de Hamming 420–421
  distancia de Hamming 418–420
Corrección de errores por técnicas especiales de transmisión
  corrección de errores hacia adelante 417
  requerimiento automático de repetición 416
  retransmisión de datos erróneos 416
Corriente de Desplazamiento 81
Corrientes de Foucault 392
Coulomb 74
  ley 75
CPU (Unidad Central de Procesamiento) 618
CR (Retroceso de carro) 298
CRC (Control por Redundancia Cíclica) 159, 581, 411–414
CU (Central Urbana) 647, 658
Cuadribits 134–136
Cuantificación 204*d*
  distorsión por cuantificación 205
  error de cuantificación 205
  ley uniforme típica 208*f*
  nivel cuántico 204
  ocho niveles cuánticos 209
  proceso 206*f*
  ruido blanco 205
  ruido de cuantificación 205
  ruido gaussiano 205
  tipos 205
Cuantificación lineal 206
Cuantificación no uniforme 207*d*, 209
Cuantificación uniforme 205*d*, 209
Cuantificador, característica de transferencia 204*f*
Daniels, Caroline 7
DARPA (Defense Advanced Research Proyect Agency) 168
dB (Decibel), unidad de medida 87–89
dBm, unidad de medida 89–90
dBmV, unidad de medida 90
dBu, unidad de medida 90
DC1 (Control de dispositivo uno) 299
DC2 (Control de dispositivo dos) 299
DC3 (Control de dispositivo tres) 299
DC4 (Control de dispositivo cuatro) 299
DCD (*Data Carrier Detect*) 536

DDCMP (*Digital Data Communications Message Protocol*) 168
DEC (*Digital Equipment Corporation*) 168
Decodificación 274***d***
DEL (Supresión) 300
Demodulación 172***d***
  proceso 173***f***
Densidad de Corriente 78
Descripción 545
Detección de errores
  control de paridad 407–411
  control de paridad bidimensional 408–410
  control de paridad entrelazada o cíclica 410–411
  control de paridad longitudinal 408–410
  control de paridad vertical 408
  Véase Control por redundancia cíclica (CRC) 411–414
Determinante de formato 298
Diafonía 384, 384***d***
Dibits 132–134
Diente de sierra 66
  función 67***f***
Digitalización 194–212
  cuantificación 204–212
  muestreo 198–203
  señales analógicas 198
Digitalización de redes analógicas 194–198
Digitalizador 55
  equipo terminal telefónico 55
Dígito por dígito 237
DIMM (*Dual In-line Memory Module*) 726
Dirichlet, condiciones 67
Disco rígido y controlador 718***d***
Dispersión por retardo de grupo
  dispersión en el tiempo de la señal 391
Dispositivo de almacenamiento secundario
  monitor 732, 733***f***
  placa de red 731
  tarjeta de vídeo 732, 733***f***
  teclado 732–734, 733***f***
Dispositivo para compartir puertos 710***d***
Dispositivos de almacenamiento secundario 727–731
  CD-ROM 730
  disco rígido 730
  unidad controladora 727–728
    bus de datos 728
    coordinación asincrónica 728
    coordinación sincrónica 728
    lógica 728
    velocidad sincrónica 728
  unidad de disco flexible 728–730
Disquetera 719***d***
Distancia de Hamming 418–420, 418***d***, 419***f***
  modelo geométrico del cubo 419***f***
Distorsión 379–396, 386***d***
  diferentes casos 387***f***
  efecto reactivo 366***f***
  por atenuación 386***d***
  por efectos meteorológicos 392***d***
  por retardo de grupo 390***d***
  distorsión por atenuación 386–390
Distorsión (*continuación*)
  distorsión por retardo de grupo 390–391
  Véase Efecto pelicular 392–396
Distorsión por cuantificación 205
Distorsión por efectos meteorológicos 392
  alta frecuencia (HF) 392
  muy alta frecuencia (VHF) 392
  ultra alta frecuencia (UHF) 392
Distorsión por retardo de grupo en circuitos telefónicos 391***f***
Distribución de Erlang 667
Distribución de Gauss 382, 382***f***
Distribución de Poisson 667
Divisor de líneas 711, 711***d***
  características 711
DLE (Escape de enlace de datos) 295
DNA (*Distributed Network Architecture*) 168
DNS (*Domain Name System*) 49
Downstream (corriente de descenso de la información) 589
DPSK (PSK diferencial) 190
DQDB (*Dual Queue Dual Bus*) 248
DSR (*Data Set Ready*) 536
DTR (*Data Terminal Ready*) 536
Dúplex, método 153***f***
DVD (*Digital Versatile Disk*) 730
DVD-ROM 731
EBCDIC 278
ECC (*Error Checking and Correcting*) 726
Echo 1 485
Echo 2 486
Eco 401–402, 401***d***, 402***f***
Ecuación de onda 83
  ecuaciones de Maxwell 74
  longitud de onda (λ) 83
  solución 83–84
  velocidad de la luz 83
Ecuaciones de Maxwell 78
  Ampère 75
  Coulomb 74
  Faraday 75
  Gauss 75
  Oersted 75
Ecualización 402–403, 402***d***
Ecualización de los canales 131
Ecualizador 389, 391
EDO (*Extended Data Output*) 726
Efecto pelicular 393***d***, 515
  conductividad eléctrica del conductor 393
  conductividad eléctrica relativa 393
  conductores metálicos 392
  corrientes de Foucault 392
  en un conductor metálico 394***f***
  profundidad de penetración 393–395
Eficacia 278
Eficiencia 307–308
Eficiencia de un código 308***d***
Eficiencia de un multiplexor estadístico 700***d***
EIA (*Electronics Industries Association*) 434
EIDE (*Extended Interface Device Electronics*) 727
EISA (*Enhanced Industry Standard Architecture*) 721

Electromagnetismo, magnitudes 75***f***
Electrónica digital 196
EM (Fin del medio físico) 300
EMD (*Division Multiplex Exchanges*) 641
Empresa de Servicios de Comunicaciones de Datos 130
Empresa Usuaria del Servicios 130
Encabezado de ruta 255
Encabezamiento 155
Enlace 26***d***, 614***d***
Enlace conmutado 603***d***
Enlace de abonado 629
Enlace de datos 35***d***, 36***d***, 159***f***
Enlace de telecomunicaciones 603***d***
Enlace dedicado o arrendado 603***d***
Enlace interurbano 629
Enlace punto a multipunto 606–608
  configuración 607***f***
Enlace punto a punto, configuración 606***f***
Enlace urbano 629
Enlaces punto a punto 606–608
ENQ (Pregunta) 296
Entralazado de bits 237
Entramado de bits 237
Entramado de caracteres 237
Entrelazado de caracteres 237
Entropía
  definición 267–268
  esperanza matemática 267–268
  fuente de memoria nula H 267, 268, 269
  función de una fuente binaria de memoria nula 269***f***
  incertidumbre media 268
  propiedades 268–270
  relación entre variable aleatoria y polaridad 268***f***
Entropía de la Fuente 270
EOT (Fin de transmisión) 296
EPROM (*Erasable Programmable Read Only Memory*) 555
Equipo terminal de datos (ETD) 56, 614***d***, 629, 713–716, 713***d***
  alimentación 714–715
  capacidad de procesamiento 715
  características 713–716
  características ergonómicas 715
  categorías básicas 713, 713***f***
  códigos de transmisión/recepción 714
  colector 32
  control de errores 714
  control de la línea de transmisión 714
  controlador de comunicaciones 34, 35
  formato de pantalla y juego de caracteres 715
  fuente 32
  interfase con el equipo módem 714
  memoria 714
  modo de transmisión 714
  tareas fundamentales 715
  tipo de aplicación 715
  tipo de comunicación 714
  tipo de explotación 714
  tipo de unidad de control 715
  velocidad de transmisión/recepción 714
Equipo terminal del circuito de datos (ETCD) 34
  módem de datos 34
  módem digital 34
Erlang, A. K. 663
Erlang, unidad 663
Erlang-B 667
Erlang-B Extendida 667
Erlang-B extendida con cola equivalente 667
Erlang-C 667
Error
  Véase Corrección de errores 414–423
  Véase Detección de errores 406–414
Error de cuantificación 205, 206
Error de transmisión 403–406, 403***d***, 404***f***
  detección y corrección de errores 405***f***
  error agrupado 405
  error aislado 405
  error en ráfaga 405
  error simple 405
  tasa de error (BER) 406
  tipo 404–405
  tratamiento 405
ESC (Escape) 298
Espectro de amplitud
  ancho de banda
    relación con ancho del pulso 71***f***
    relación con período de un pulso 72***f***
  ancho del pulso
    relación con ancho de banda 71***f***
  período de un pulso
    relación con ancho de banda 72***f***
Espectro de frecuencias
  gráfica 86
  Unión Internacional de Telecomunicaciones 85***f***
Espira
  alternador 61***f***
  fuerza electromotriz, generación 79***f***
Estación de entrada remota de trabajos 740***f***
Estación de trabajo 130
Estación con sondeo/selección 161
Estación sin sondeo/selección 161
Estándar, proceso de aprobación 48***f***
ETB (Fin de bloque de transmisión) 297
ETCD (Equipo Terminal del Circuito de Datos) 536, 543, 709
ETD (Equipo Terminal de Datos) 536, 543, 550, 569, 652, 716
Ethernet 622
ETX (Fin de texto) 297
EUTELSAT (*European Telecommunications Satellite Organization*) 488
Excitador de línea 564, 564***f***
Excursión de frecuencia Δf 230
Expansor 207
Explorer I 485
Facsímil 633–636
  aspectos generales 633
  características técnicas 635
  clases 633–634
  funcionamiento 635
  tipos 633–634

Factor de forma 64–67
  función diente de sierra 66–67
  onda cuadrada 65–66
  onda sinusoidal 66
  señales periódicas analógicas y digitales, relación 64–67
Factor de mérito 138*d*
Factor de ruido 386*f*
Faraday, ley experimental 79
Fase, asignación de fases 192*f*
FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*) 248
FDM (*Frequency Division Multiplexing*) 228
  Véase Multiplexación por división de frecuencia 690
FDM (multiplexación de frecuencia) 641
FEC (*Forward Error Correction*) 415, 417
FF (Página siguiente) 298
Fibra óptica 451–469, 451*d*, 639
  ancho de banda 456–458
  atenuación de la luz 455–456, 456*f*
  cable óptico multifibra 463*f*
  características 460*f*
  cono de aceptación 454–455, 455*f*
  detalle constructivo 453
  dispersión de la luz 457*f*
  funcionamiento 453–458
  monomodo 459
  multimodo 459
    índice escalón 459
    índice gradual 459
  pérdida por absorción y radiación 461
  pérdida por acoplamiento 461, 462*f*
  pérdida por dispersión cromática 461
  pérdida por dispersión de Rayleigh 462*f*, 463*f*
  pérdida por dispersión modal 461
  pérdidas 460–462
  propagación de la luz 453–454
  refracción con ángulo máximo 454*f*
  sistema optoelectrónico 463–469
  tipos 458*f*–460*f*
  usos 452
  APD (*Avalanche Photo Diode*) 463
  LASER (*Light Amplification Stimulated Emission Radiation*) 463
  LED (*Light Emitted Diode*) 463
  PIN (*Photo Detector*) 463
  PIN/FET (*Photo Detector/Field Effect Transistor*) 463
  Sistema optoelectrónico 463–469
  ventajas respecto cable de cobre 451–452
Filtro 109–114, 109*d*
  clasificación 110–111
    generalidades 110
    pasa altos 110
    pasa bajos 110
    pasa banda 110–111
    suprime banda 111
  diseño 111–114
    activo 114
    bobina y condensador 112–113
    de cristal 113
Filtro (*continuación*)
  estructura
    bobinas 112*f*
    condensadores 112*f*
  introducción 109
  tipos 111*f*
Filtro activo 114*d*
  estructura 113*f*
Filtro de bobina y condensador 112–113
Filtro de cristal 113*d*
  estructura 113*f*
Filtro ideal 201
Filtro pasa altos 110*d*
Filtro pasa bajos 110*d*, 201
  frecuencia de corte superior 110*d*
Filtro pasa banda 94, 110*d*
Filtro suprime banda 111*d*
Fizeau, Armand 392
Fluorescencia 520, 520*f*
  emisión estimulada 521
FM (Radiodifusión de Frecuencia Modulada) 476
FM radioemisoras 174
Foucault, Jean Bernard 392
Frecuencia 62*d*
Frecuencia de muestreo 199, 199*d*, 201
Frecuencia de Nyquist 201
Frecuencia de resonancia 390*f*
Frecuencia electromagnética
  espectro 84–86, 86*f*
    frecuencia 85
    intervalos de frecuencia 86
    intervalos de longitud 86
    longitud de onda 85
    medios de comunicaciones 86
Frecuencia instantánea 183
FSK (*Frequency Shift Keying*) 182
FTP (*File Transfer Protocol*) 128
Fuente 364, 579
Fuente de memoria nula 267, 267*d*
Función de la frecuencia
  atenuación de una señal 91*f*
Función de onda cuadrada 64
Función diente de sierra, factor de forma 66–67
Función sinusoidal armónica simple 61
Gauss
  ley 76
  teorema 76
Gauss, Carl Friedrich 598
Grado de servicio 666*d*
Gray, Elisha 599
Grupo cuaternario 234
Grupo primario 234
Grupo quinario 235
Grupo secundario 234
Grupo terciario 234
GSM (Sistema Global de Comunicaciones Móviles) 378
Guía de onda 515–518, 515*d*
  aspecto técnico 517–518
  atenuación 518*f*

Guía de onda (*continuación*)
  características generales 517
  efecto pelicular 515
  perfil transversal 517*f*
Hardware de comunicaciones 226
HDB-3, código 107*f*
HDLC (*High Level Data Link Control*) 167
HF (alta frecuencia) 392
Hiperservicio telefónico 678*d*
Hora pico o punta 661–663, 662*d*, 663*d*, 665, 666
Hot line 604
HT (Tabulación horizontal) 298
IAB (*Internet Architecture Board*) 42
  organización
    Internet Architecture Board
      IESG (*Internet Engineering Steering Group*) 46
      IETF (*Internet Engineering Task Force*) 46
IANA (*Internet Assigned Numbers Authority*) 42
IBM (*International Bussiness Machines*) 168
ICT (*Information and Communication Technologies*) 602
IDE (*Integrated Device Electronics*) 727
IESG (*Internet Engineering Steering Group*) 42
IETF (*Internet Engineering Task Force*) 42
Impedancia de un canal 387
Impresora 739–745
  tamaño de papel según norma ISO 744*f*
  tamaño de papel según norma USA 745*f*
Impresora a chorro de tinta 740–741
Impresora de impacto 739–740
Impresora de no impacto 740
  tipos 744*f*
Impresora especial de gran porte 743
Impresora láser blanco y negro 741–743
Impresora láser color 743
Índice de compresión 137*d*
Índice de modulación 185
Información 263–311
  entropía 267–270
  información a transmitir 273*f*
  medida 264–267
    binit 266, 267
    hartley 265
    nat 265
    shannon 265
  relación entre capacidad de un canal y tasa de información 272
  Véase Tasa de información 270–272
  tecnologías de la 7
  teoría 264–273
  unidad de medida 272–273
  unidad de medida de la información
    bits necesarios en una elección 273*f*
    shannon 273
Informática 2–13
  campos de acción 12–13
  crecimiento exponencial 4, 8
  de concepción 12*f*
  de gestión 12*f*
  de producción 12*f*
Informática (*continuación*)
  en el producto final 12*f*
  incorporación de las comunicaciones 6–7
  Internet 10–11
  oficina intergubernamental de 4
  revolución de las nuevas tecnologías 2–6
  tecnologías de la información 7–10
  teleinformática 7–10
    ética 11–12
Ingeniería de tráfico 660*d*
  congestionamiento y grado de servicio 665–667
  distribución de Erlang 667
  distribución de Poisson 667
  ejecución de las tareas 660–661
  grado de servicio 666–667
  hora pico o punta 661–663
  intensidad de tráfico 661
  llamada perdida 665
  medida de tráfico 661–664
  unidades de medida del flujo de tráfico 663–664
INMARSAT (*International Mobile Satellite Organization*) 488
Instante de muestreo 199
Intefase digital X.21
  circuito de control 545–546
  circuito de datos 545
  circuito de sincronización 546
  circuito de tierra 546
INTELSAT 254, 488
INTELSAT (*International Telecommunication by Satellite*) 487
  Véase Consorcio Internacional INTELSAT 501
INTELSAT 709 503
INTELSAT 801 503
INTELSAT 802 503
INTELSAT 803 503
INTELSAT I 487, 503
INTELSAT II 503
INTELSAT III 503
INTELSAT IV 503
INTELSAT K 503
INTELSAT V 503
INTELSAT VI 503
INTELSAT VII 503
INTELSAT VIII 503
Intensidad de tráfico 661*d*
  diagrama 662*f*
Interfase 160*d*
Interfase digital RS-449 540–542
  consideraciones generales 540–541
  consideraciones particulares 541–542
Interfase digital serie estándar 526*d*
Interfase digital X.21 542–548
  consideraciones generales 542–544
  descripción de los circuitos 545–546
  especificación eléctrica 545
  especificación mecánica 545
  procedimientos 546–548
Interfase serie de la capa física
  consideraciones generales 526–528
  empleo 528

Interfase serie de la capa física (*continuación*)
nivel eléctrico 530–531
nivel lógico 531
nivel mecánico 530
norma RS 232 527
norma RS 449 527
norma RS 530 527
norma V.24 526
norma X.21 y conexas 527
normalización 529*f*
Internet 36–51
antecedentes históricos 36–38
ARPANET 36
MILNET 37
conmutación de paquetes 37
equipos integrantes 38–39
esquema 43*f*
Fundación Nacional para la Ciencia 39
globalización 10
MINET 38
organización 41–51
AP/NIC (*Asia Pacific Area Network Information Center*) 46
Board of Trustees 42
DNS (*Domain Name System*) 49
dominios de primer nivel genéricos 49
dominios geográficos 49
IAB (*Internet Architecture Board*) 42
IRSG (*Internet Research Steering Group*) 46, 47
IRTF (*Internet Research Task Force*) 46, 47
IANA (*Internet Assigned Numbers Authority*) 42
Assigned Numbers 49
ISI (*University of Southern California Information Services Institute*) 47
RFC (*Request for Comments*) 47
IESG (*Internet Engineering Steering Group*) 42
IETF (*Internet Engineering Task Force*) 42
IRSG (*Internet Research Steering Group*) 42
IRTF (*Internet Research Task Force*) 42*f*
ISOC (*Internet Society*) 42
NIC (*Network Information Center*) 46
NOC (*Network Operations Center*)
IBM 46
MCI 46
Merit Incorporated 46
NSS (*Nodal Switching Systems*) 46
RIPE NCC (*Reiseaux IP Europeenes Network Coordination Center*) 46
suite 41
TLD (*Top Level Domain*) 49
situación actual 39–41
Árbitro de Encaminamiento 41
AT&T 39
NAP (*Network Access Point*) 39
NSFNet 39
NSP (*Network Service Provider*) 39
RA (*Routing Arbiter*) 39
TDM (*Time Division Multiplexer*) 39
vBNS 39
Internet (*continuación*)
TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) 37
World Wide Internet 38
Investigación y estándares
estructura 45*f*
Ionósfera. *Véase* Capa ionosférica 473–475
IRSG (*Internet Research Steering Group*) 42
IRTF (*Internet Research Task Force*) 42*f*
IS1 (separador de unidad) 299
IS2 (separador de registro) 299
IS3 (separador de grupo) 299
IS4 (separador de fichero) 300
ISA (*Industry Standard Architecture*) 721
ISDN (*Narrow*) 197
ISI (Interferencia intersímbolos) 100, 100*f*
ISO (Organización Internacional de Normalización) 153, 154, 167
Véase Capa 154*f*
Véase Modelo 154
ISO-2382/XVI 267
ISOC (Internet Society) 42
estructura 44*f*
Jerarquía digital
norma americana 245*f*
norma europea 244*f*
norma japonesa 245*f*
Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH) 242–246, 243, 243*f*
contenedor virtual 254
limitaciones 247
provisión de un grupo básico a un usuario final 256*f*
Jerarquía Digital Sincrónica (SDH) 246–257, 250*f*
contenedor virtual (VC) 255*f*
esquema de funcionamiento 249–254
estructura de la trama STM-1 252*f*, 253*f*
funciones de la trama 251
hardware de transmisión 250*f*
normas de la serie G 248
relación con jerarquía SONET 259*f*
sección de una trama 251*f*
SONET (*Synchronous Optical Network*). *Véase* Jerarquía SONET 257
transporte de señales 254–257
ventajas 248
Jerarquía SONET 257
capacidad de transporte por niveles de multiplexación 257*f*
forma general 258*f*
relación con jerarquía SDH 259*f*
JVM (*Java Virtual Machine*) 735
Kamerlingh Onnes, Heike 388
Kobayashi, Koji 7
LAN (Red de Área Local) 434, 443, 451, 498, 609, 617, 620, 622, 685, 731
LAP-M (*Link Access Protocol/Módem*) 556
LASER
ancho espectral 465*f*
características del transmisor 465
diferencias con el dispositivo LED 465*f*

Láser 518–523, 518*d*
características 519
evolución futura 522–523
fluorescencia 520
funcionamiento 520
instalación entre dos edificios 519*f*
tipos 521–522, 522*f*
unión p-n 523*f*
LASER (*Light Amplification Stimulated Emission Radiation*)
diodo 464
Lazo (red en anillo con control centralizado) 621
Lectora y lectograbadora de CD-ROM 719*d*
LED (*Light Emitted Diode*)
ancho espectral 465*f*
características del transmisor 465
diferencia de potencia óptica con el diodo LASER 464*f*
diferencias con el dispositivo LASER 465*f*
emisor de luz 464
Ley A 208, 239
curva segmentada 210*f*
Ley de Coulomb 75, 79
Ley de cuantificación 207, 207–209, 207*d*
simetría impar 207
Ley de Gauss 76
Ley de Laplace 77
densidad de corriente 78
Ley de Poisson 77
Ley de Shannon-Hartley 585
Ley de Snell 453, 453*d*, 454*f*
Ley de Stokes 520
Ley experimental de Faraday 79
Ley μ 208, 239
Ley puntual de Ohm 78
LF (Cambio de renglón) 298
Limitación del número de niveles de una señal en función del ruido 371*f*
Línea de cobre desnudo 430–431
características 430, 431*f*
detalle constructivo y operativo 430
Línea de comunicaciones 35*d*
Línea de telecomunicaciones
atenuación 365
capacitancia 365
distorsión 365
inductancia 365
resistencia 365
Llamada perdida 665*d*
Longitud de onda (λ) 83
LRC (*Longitudinal Redundancy Check*) 408
Lussato, Bruno 9, 11
MAN (Redes de Área Metropolitana) 610
Manchester, código 105*f*
Maxwell
corriente de desplazamiento 81
ecuación 78, 81*f*
de la difusión 74
de onda 74
espacio 74
Maxwell (*continuación*)
ecuación
onda electromagnética 74–81
tiempo 74
teoría cinética de los gases 74
teoría electromagnética 62, 74
Medio de comunicaciones
filtro pasa banda 94
Meissner, Karl W. 388
Memoria 714
Memoria de acceso aleatorio (RAM) 718*d*, 726
Mensaje 659*d*
Método dúplex 152–153, 152*d*, 153*f*
full/full dúplex 153
línea de doble sentido 153
Método semidúplex 152, 152*d*, 153*f*
Método símplex 152, 152*d*, 152*f*
MIC (Modulación por Impulsos Codificados) 220
Microinformática 8
revolución dentro de la revolución 8
Microonda 478–484, 478*d*, 639
antenas 483–484
características generales 479
saltos para diferentes bandas de frecuencia 480*f*
Microondas analógicas 480–481
estaciones repetidoras activas 480
estaciones repetidoras pasivas 480
frecuencias usadas 480*f*
Microondas digitales 481–483
características 483
métodos de modulación 481
modulación 4 PSK 481*f*
PSK 481–482
QAM 481–482
relación entre modulación y ancho de banda 482, 482*f*
rendimiento de los distintos modos de transmisión 483*f*
Microprocesador 717*d*, 722–726
familia INTEL 724*f*
INTEL 8008 722
INTEL 80186 722
INTEL 80286 722
INTEL 80287 722
INTEL 80386 722
INTEL 8086 722
INTEL 8087 722
INTEL 8088 722
INTEL i486 723
Mobile Pentium 724
Pentium 723
Pentium Pro 724
Pentium® II 724
Pentium® III 724
tecnología Intel 722
Miller, código 107*f*
MILNET 37
MINET 38
MNP/Clase 4 (*Microcom Networking Protocol*) 556
MNP/Clase 5 y Clase 7 (*Microcom Networking Protocol*) 556

Modelo ISO (Organización Internacional de Normalización) (*continuación*)
modelo de transferencia 157*f*
relación entre bloques 156*f*
relación entre capas 156*f*
Módem 55, 367, 550*d*
acoplamiento a la red 568*f*
acoplamiento a la red telefónica 568
acoplamiento acústico 565–566, 566*f*
acoplamiento eléctrico 566–567, 567*f*
almacenamiento y procesamiento de la información 555
capacidad de autodiagnóstico 556
características 549–551
clasificación 556–568
codificación y decodificación 551–552
compresión de datos 556
comprobación del circuito local
con autoexcitación 592*f*
excitación del ETD 592, 592*f*
excitación del módem 591
comprobación del circuito remoto 592, 593*f*
comprobación semidúplex 592, 593*f*
conector ISO 2110 530*f*
control del flujo de datos y señalización 554
detección y corrección de errores 556
diagnóstico 591–593
ecualización del canal 554
especificaciones técnicas 569*f*
esquema básico de modulación 553*f*
esquema de una transmisión de datos 551*f*
función básica 551–552
función complementaria 552–555
función especial 555–556
funciones 551–556
marcación y recepción automática de llamadas 555
modulación 55
modulación y demodulación 552
multiplexado de canales 556
protección contra sobretensiones en red telefónica 554
prueba de diagnóstico 591–593
recepción y transmisión de señales 552–554
señales de intercambio con ETD 535*f*
Véase Interfase digital X.21 525–593
Véase Interfase serie de la capa física 526–528
Véase Norma RS 232 525–593
Véase Norma V.24 525–593
Módem asimétrico 570
Módem banda ancha 564–565
Módem banda base 97, 130, 563–564, 563*f*
Módem de 56 K 588–591
características principales 590
conexión 589*f*
Módem de datos inteligentes 568–571
capacidad de procesamiento y almacenamiento 571–575
características 569–571
codificación entrelazada 577–579
comandos extendidos 573
comandos principales 572, 573*f*
compresión de datos 581–582
Módem de datos inteligentes (*continuación*)
computador personal 568–569
corrección de errores 581–582
detección de errores 581–582
establecimiento de comunicación 575
funciones 571, 571–583
hardware 571
memoria de registro 573–575
modulación QAM 576
negociación 575
operación y configuración 572–573
recomendación V.29 576*f*, 577*f*
recomendaciones 571–572, 576, 578–579
software 571
transformación asincrónica a sincrónica 570*f*
transmisión de un cuadribit 578*f*
Véase Control del flujo de datos 579–581
velocidad de repliegue 575
Módem de muy alta velocidad 583–591
Internet y computador personal 583–584
Véase Recomendación V.34 584–588
Módem de rango vocal 557–563
características 557
distribución de energía 557*f*
módem asincrónico 560–561, 561*f*
módem de alta y muy alta velocidad 560, 560*f*
módem de baja velocidad 558–559, 558*f*
módem de datos con canal auxiliar 561–563, 562*f*
módem de media velocidad 559*f*
módem de media velocidad no inteligente 559
módem sincrónico 561, 562*f*
utilización en canales telefónicos analógicos 557–558
Módem externo 569
Módem inteligente de datos, equipo facsímil 582–583
Módem interno 569
Modo de Transferencia Asincrónico 197
Modo paralelo, transmisión 143*f*
Modo serie, transmisión 144*f*
Modulación 55, 172*d*, 213
clasificación 172–174, 173*f*
definiciones 172–174
diferentes métodos 195*f*
proceso 172*f*
señales de datos 172
Modulación angular 184
Modulación ASK
espectro de frecuencia 187*f*
Modulación de amplitud (AM) 175–181, 175*d*, 216
proceso de modulación en AM 177–181
proceso de un modulador en amplitud 177
señal analógica 176*f*, 182*f*
señal digital 176*f*, 183*f*
supresión de la onda portadora 177, 178*f*
teorema de la modulación 180–181
teorema de la traslación de frecuencia 180
variación del nivel de la onda portadora 176
Modulación de banda ancha 186–187

Modulación de fase 188–194, 188*d*
fundamentos 188
proceso 183–185
Modulación de fase PM 184
Modulación de frecuencia 181–187, 182*d*, 230
aplicación 184–185
proceso 181*f*, 183–185
señal analógica 182*f*
señal binaria 186*f*
señal digital 183*f*, 185–186
Modulación de frecuencia de banda reducida 186
Modulación de frecuencia FM 184, 185
Modulación de pulsos analógica
clasificación 214–215
descripción de los sistemas 215–216
Modulación de pulsos digital 216–224
modulación por pulsos codificados (PCM) 217–220
PCM (modulación por pulsos codificados) 217–220
Véase Variantes de la modulación por pulsos codificados 220–224
Modulación de pulsos en amplitud (PAM) 214, 215, 216
Modulación de pulsos por modificación de la posición del pulso (PPM) 214, 216
Modulación de pulsos por variación del ancho del pulso (PDM) 214, 215
Modulación delta 216, 221–222, 222*f*
sobrecarga de pendiente 221
Modulación delta adaptativa 216, 222, 224*f*
ruido granular 222
sobrecarga de pendiente 222
Modulación en fase, señal digital 188*f*
Modulación en frecuencia de banda ancha 187*f*
Modulación FSK, espectro de frecuencia 187*f*
Modulación multifase 190–193
Modulación multinivel 193–194
Modulación PCM diferencial 223–224
Modulación por Impulsos Codificados (MIC) 220
Modulación por onda continua 172, 174–194, 174*d*
señal portadora 175
Véase Modulación de amplitud (AM) 175–181
Véase Modulación de fase 175, 188–194
Véase Modulación de frecuencia 175, 181–187
Modulación por pulsos 172, 212–214, 212*d*
amplitud 212
ancho de banda 212
burst 213
clasificación 213
múltiplex por división de frecuencia (FDM) 214
multiplexación por división de tiempo (TDM) 214
posición de pulso 212
señal portadora 213*f*
sistemas 215*f*
tren de pulsos 213*f*
ventajas 213–214
Modulación por pulsos analógica 213, 214–216, 214*d*
Modulación por pulsos codificados (PCM) 216, 217–220
características técnicas 219–220
descripción 217–218
etapas 219*f*
Modulación por pulsos codificados (PCM) (*continuación*)
multiplexación por división de tiempo (TDM) 219
regeneración de pulsos 218
repetidor regenerativo 218
ruido 218
ruido blanco 218
ruido de cuantificación 218
ruido de transmisión 218
ruido gaussiano 218
Véase Variantes de la modulación por pulsos codificados 220–224
Modulación por pulsos codificados diferenciales 216
Modulación por pulsos digital 213, 216*d*
modulación delta 216
modulación delta adaptativa 216
modulación por pulsos codificados 216
modulación por pulsos codificados diferenciales 216
ventajas 216–217
Modulación 16 PSK 193
Modulación 8 PSK 193
diagrama de fases 194
Modulación 4 PSK. *Véase* 4 PSK 190
diagrama vectorial 193*f*
Modulador AM, esquema 178*f*
Modulador delta
esquema básico 222*f*
señales 223*f*
Molniya 486
Monitor 718*d*
Morse 598
Morse, alfabeto 141
Morse, Samuel 141
Morse, Samuel F. B. 598
MPSK (*Multi Phase Shift Keying*). *Véase* Modulación multifase 190
MQAM (*Multi Quadrature Amplitude Modulation*). *Véase* Modulación multinivel 193
Mueller, Alex 388
Muestreo
antecedentes 198–199
señal de salida 199*f*
señales de entrada 199*f*
sistema elemental 198*f*
Muestreo con retención 201, 201*d*, 202*f*
Muestreo de señales 199–200
frecuencia de muestreo 199
instante de muestreo 199
velocidad de muestreo 199
Muestreo ideal 201, 201*d*
Muestreo natural 201, 201*d*, 202*f*
Múltiplex por división de frecuencia (FDM) 214
Multiplexación 224–246, 226*d*
Véase Ancho de banda 224–226
capacidad de transporte por niveles 254*f*
esquema de la UIT-T 234*f*
esquema típico 227*f*
FDM (*Frequency Division Multiplexing*) 228
formación de un grupo básico 233*f*

Multiplexación (*continuación*)
grupo cuaternario 234
grupo primario 234
grupo quinario 235
grupo secundario 234
grupo terciario 234
Jerarquía analógica 233–235
Véase Mutiplexación por división de tiempo (TDM) 235–246
ranuras de tiempo 235
trama 235
TDM (*Time Division Multiplexing*) 228
técnica 228
Multiplexación analógica
esquema 231–233
formación de un grupo básico 232*f*
sistema de pregrupos con traslación 231
traslación de canales simples 231
Multiplexación BELL, esquema 235*f*
Multiplexación de la Jerarquía Digital Plesiócrona, esquema de formación 245*f*
Multiplexación digital
distribución de canales
sistema PCM 24 241*f*
sistema PCM 30 241*f*
esquema básico 239–242
grupo básico 239, 240*f*
Véase Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH) 242–246
norma europea 239
Multiplexación por división de frecuencia (FDM) 228–235, 228*d*, 692–695
arquitectura 692–695, 692*f*
características técnicas 693*f*
comparación con TDM 697, 698*f*
distribución de los subcanales 694*f*
división en cuatro subcanales 694*f*
esquema de funcionamiento 229–231
red telefónica soporte 229
ruido de intermodulación 229
subcanales independientes 229
ventajas y desventajas 695
Multiplexación por División de Tiempo (TDM) 214, 219, 235–246, 235*d*, 695–697
arquitectura 695–696, 696*f*
asignación de tiempos 237*f*
comparación con FDM 697, 698*f*
comparación con método STDM 260*f*
dígito por dígito 237
entrelazado de bits 238*f*
entrelazado de caracteres 238*f*
funcionamiento 236
proceso 237*f*
ranura de tiempo 237
slot 237
ventajas y desventajas 697
Multiplexación por división de tiempo estadística (STDM) 257–260, 697–701
características 700–701
comparación con método TDM 260*f*
Multiplexación por división de tiempo estadística (STDM) (*continuación*)
eficiencia 700, 700*f*
esquema de funcionamiento 259–260
funcionamiento 699
Multiplexor 226, 690–701, 690*d*
conexión punto a punto entre dos multiplexores 691*f*
objetivo y funciones 691
Multiplexor FDM, transformación de señales 231*f*
Multiplexor TDM, funcionamiento 236*f*
Multiplexación
STDM (*Statistical Time Division Multiplexing*) 228
Véase Multiplexación por división de frecuencia 228–235
Naisbitt
globalización, on line 12
problemas éticos de la globalización 11
NAK (Acuse de recibo negativo) 297
Narrow (ISDN) 197
NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) 486, 503
Neper, unidad de medida 90–91
NIC (*Network Interface Card*) 731
Nodo 26*d*, 37, 614*d*
Nodo de conmutación 629
Nodo SDH 255
Norma de los Laboratorios BELL 240
norma ISO 9660 730
Norma M.1020
distorsión por atenuación 397*f*, 400*f*
distorsión por retardo de grupo 397*f*
ruido aleatorio del circuito 397*f*, 400*f*
Norma M.1025
distorsión por atenuación 398*f*, 400*f*
distorsión por retardo de grupo 398*f*
ruido aleatorio del circuito 399*f*
Norma M.1040, distorsión por atenuación 400*f*
Norma MIL C-17 E 449
Norma RS 232 527, 528–539
característica técnica 528–529
características funcionales 531–537
conexión a tierra 537
establecimiento y corte de la comunicación 537, 538*f*
inicio de transmisión de datos 537–539, 538*f*
limitaciones 529
nivel lógico 531
normalización 529–531
procedimiento 537–539
señal de control 534–537
señal de datos 532–533
señal de sincronismo o de reloj 533–534
señal para mantenimiento y comprobación 537
transmisión de datos 539*f*
Norma RS 449 527
conector unión módem/ETD 543*f*
Norma RS 530 527
Norma V.24 526, 528–539
característica técnica 528–529
características funcionales 531–537
circuito primario 532*f*
circuito secundario 533*f*

Norma V.24 (*continuación*)
conexión a tierra 537
establecimiento y corte de la comunicación 537, 538*f*
inicio de transmisión de datos 537–539, 538*f*
limitaciones 529
nivel lógico 531
normalización 529–531
procedimiento 537–539
secuencia típica de señales 534*f*
señal de control 534–537
señal de datos 532–533
señal de sincronismo o de reloj 533–534
señal para mantenimiento y comprobación 537
transmisión de datos 539*f*
Norma X.21 y conexas 527
Normas de calidad en la red telefónica 396–400
Nuevas tecnologías, revolución 5
NUL (Nulo) 300
Nyquist, Harry 200
Ochsenfeld, R. 388
Oersted, Hans Christian 598
OFFSET-4 PSK (O-4 PSK) 192
Oficina Intergubernamental de Informática 4
Ohm, ley puntual 78*f*, 78
Onda cuadrada
factor de forma 65–66
serie de Fourier 68–69
Onda electromagnética
ecuaciones de Maxwell 74–81
propagación 81–83, 82*f*
ecuación de onda 83
Onda sinusoidal, factor de forma 66
O-4 PSK (*OFFSET-4 PSK*) 192
Órbita baja 484
Órbita geosincroestacionaria 484
Organización Internacional de Normalización (ISO) 291
OSI (*Open Systems Interconnection*) 167
Palabra 118*d*
PANAMSAT 488
Pares de bits consecutivos
niveles asignados 133*f*
Paridad entrelazada o cíclica 410
Paridad impar 279, 408, 408*f*
Paridad par 279, 408, 408*f*
Path 255
PC. *Véase* Computador personal 716
PCI (*Peripheral Component Interface*) 721
PCM (Modulación por Pulsos Codificados) 217–220, 641
PDH (*Plesyochronous Digital Hierarchy*). *Véase* Jerarquía Digital Plesiócrona 243, 640, 641
PDL (*Page Description Language*) 741
Pentium 721
Perez Alfaro, Alfredo 12
Período 62*d*
PIN
características técnicas 466
receptor de luz 466
PIN/FET
características técnicas 466
receptor de luz 466
Placa madre 719–722
Intel 80286 720
Intel i386 720
microprocesador i486 721
Placa madre o base 717*d*
Placa o tarjeta de red 719*d*
Placa o tarjeta de sonido 718*d*
Placa o tarjeta de vídeo 718*d*
Plan de Encaminamiento 647
Plan de Numeración 647
PM (*Phase Modulation*). *Véase* Modulación de fase 188
Poisson, ley 77
PostScript 742
PowerPC® 717
Probabilidad de congestionamiento 666
Procesador de comunicaciones delantero 705–709
esquema 705*f*
no programable, características 706–707
programable
características 707–709
esquema de conexión 708*f*
Proceso en línea 19*d*
Proceso fuera de línea 18*d*
Proceso informático
campos de acción
informática de concepción 13*f*, 13
informática de gestión 12*f*, 12–13
informática de producción 13*f*, 13
informática embarcada en el producto final 13
informática en el producto final 13
remota 14*f*
Proceso interactivo 19*d*
Proceso no interactivo 20*d*
Proceso teleinformático en línea 19*f*
Proceso teleinformático fuera de línea 18*f*
Profundidad de penetración 393*d*
Propagación de ondas de radio
cálculo geométrico de la distancia al horizonte 477*f*
distancia de alcance visual 477*f*
efecto de la curvatura de ondas electromagnéticas 478*f*
línea recta 476–478
propagación por onda terrestre 472
Véase Capa ionosférica 472
Propagación por onda ionosférica
Véase Capa ionosférica 473–475
Protocolo
clasificación 166–168
orientado a carácter
formato de una trama 164*f*
sincronismo de una trama 164*f*
orientado al bit
control 166*f*
inserción de ceros 167*f*
orientado al carácter, carácter DLE 165*f*
Protocolo de capa 153
Protocolo de comunicaciones 153–168
enlace de comunicaciones 158–160
clasificación 160–161
orientados al bit 162–166

Protocolo de comunicaciones (*continuación*)
orientados al carácter 162–166
Véase Arquitectura de comunicaciones 153–158
Protocolo de enlace, clasificación general en función del tipo de estación 161*f*
Protocolo de enlace de comunicaciones 158*d*
clasificación 160–161
conformidad/ACK 159
definición 158–160
estaciones combinadas 160
estaciones de igual jerarquía 160
maestra/esclava 160
objetivos 160
principales acciones 160
Protocolo estructurado 167–168
Protocolo no estructurado 168
Protocolo orientado al bit 162–166, 163*f*
aspectos generales 162
diferencias técnicas con protocolo orientado al carácter 162–163
Protocolo orientado al carácter 162–166, 163*f*
aspectos generales 162
diferencias técnicas con protocolo orientado al bit 162–163
sincronismo de carácter 163
sincronismo de trama 163
Protocolos TCP/IP 40*f*
Proveedor de Servicios Internet 130, 570
Pseudo Baudot 280
16 PSK 193
diagrama vectorial 195*f*
2 PSK 481
esquema 189*f*
señal en función del tiempo 189*f*
4 PSK 190, 481
diagrama vectorial 191*f*, 195*f*
modulación 191*f*
relación señal/ruido 191
8 PSK 193*f*, 481
diagrama vectorial 195*f*
PSK (*Phase Shift Keying*) 188
Puerto analógico 671
Puerto de entrada de un computador 710*f*
Puerto de salida de un computador 710*f*
Puerto de un computador 709, 709*d*
características 709
dispositivo para compartir 710, 710*f*
características 710
modificador del número 709–711
Puerto digital 671
Puerto para enlace multiplexado 672
Pulso periódico, tren 70*f*
Punto de equilibrio 604*d*
PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas) 668
128 QAM 481
16 QAM 481
diagrama vectorial 195*f*
256 QAM 481
512 QAM 481
64 QAM 481
QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*) 190
Quantum 520
Radiocomuniación. *Véase* Propagación de ondas de radio 472–478
Radiocomunicación 469–478, 469*d*
bandas de frecuencias 470*f*
espectro de radiofrecuencias 470–471
ondas de radio 471
propagación de ondas electromagnéticas 470
sistema 469*f*
Radiodifusión 174
Radioemisoras AM 174
Radioemisoras FM 174
RAM (*Random Access Memory*) 555, 714, 726
Ratón o mouse 718*d*
RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) 197, 217, 642, 731
RDSI/ISDN (Redes Públicas Digitales de Servicios Integrados) 613
Recomendación G.311 431
Recomendación G.312 431
Recomendación M.1020 389, 396
Recomendación M.1025 397–399
Recomendación M.1040 389, 399–400
características particulares 399
comparación con las normas M.1020, M.1025 y M.1040 399–400
Recomendación O.71 397, 398
Recomendación RS 232 526
comparativa con recomendación RS 449 544*f*
Recomendación RS 422 542*f*
Recomendación RS 423 542*f*
Recomendación RS 449
comparativa con recomendación RS 232 544*f*
contabilidad con circuitos de la recomendación RS 232 544*f*
Recomendación T.51 303
carácter gráfico 303
Recomendación V.24 526
Recomendación V.34 398
características técnicas 587–588
velocidad de modulación 587*f*
velocidad de trabajo 584–587
Recomendación V.35 548–549
circuito de enlace 549*f*
conector y asignación de funciones 550*f*
consideraciones generales 548
consideraciones particulares 549
Recomendación V.42 556
Recomendación V.42bis 556
Recomendación X.21
circuito 547*f*
conector normalizado 545*f*
esquema de un ETD/ETCD 547*f*, 548*f*
Véase Interfase digital X.21 542
Recomendación X.25 544
Red
con topología en estrella 617*d*
conmutadores de paquetes (*routers o gateways*)
conmutación 38
de telecomunicaciones 603*d*
digital privada 682*d*
en anillo 620*d*

Red (*continuación*)
en bus o barra 622*d*
en malla 619*d*
equipos terminales de datos (*host*) 38
privada 608*d*
pública 608*d*
vínculos de telecomunicaciones 38
Red analógica
amplificador 58
equipo terminal de datos 56
señales digitales, modulación 55
transmisión de señales digitales 56*f*
Red anillo/estrella 624–625
esquema 626*f*
Red bus/estrella 625–626
esquema 627*f*
Red con topología híbrida 623–627
Red de Área Extendida 716
Red de Area Local (*Local Area Network*), banda base 98
Red de computadores
clasificación 609–610
control 612
eficacia 611–612
entendimiento 611
interpretación 611
velocidad de transmisión 611
versatibilidad 611
Red de telecomunicaciones
características 610–611
clasificación 608–610
conexiones "todos contra todos" 616*f*
ejemplos de vinculación 616*f*
elementos 615*f*
red actual 612–613
red futura 613–614
topología 614–627
Red digital 196
repetidor regenerativo 58
transmisión de señales analógicas 56*f*
Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) 197, 217, 378
Red digital privada 682–686
características 682–686
costos internos 683
costos interurbanos o internacionales 683–685
esquema 684*f*, 686*f*
numeración de nodos 683
seguridad 683
utilización de enlaces para el tráfico de datos 685
Red en anillo 620–621
comparación con red en estrella y red en bus 623*f*
Red en anillo con control centralizado 621
esquema 621*f*
Red en anillo con control distribuido 621
esquema 621*f*
Red en bus o barra 622–623
comparación con red en estrella y red en anillo 623*f*
Red en estrella 617–619
comparación con red en anillo y red en bus 623*f*
esquema 618*f*, 619*f*
Red en malla 619–620
esquema 620*f*
Red estrella/anillo 627
esquema 627*f*
Red estrella/malla 623
esquema 624*f*
Red jerárquica (estrella/estrella) 624
esquema 625*f*, 626*f*
Red LAN 10 Base 2 622*f*
Red Malla Irregular 620
esquema 620*f*
Red Malla Regular 620
Red Nacional 647
Red soporte 601
Red telefónica
introducción de las centrales digitales 643*f*
transmisión de datos 612
Red telefónica analógica 642*f*
Red telefónica conmutada (RTC) 54, 194, 374, 597–686
origen 598–602
relación de costos de un enlace adoptado 605*f*
reseña histórica 598–600
situación actual 600–602
tasa típica de la red 127
tipo de enlaces 603–608
Red telefónica digital 642*f*
Red telefónica pública, clasificación 609
Red telefónica pública conmutada 627–651
ámbito interurbano 646*f*
ámbito interurbano e internacional 645–646, 648*f*
ámbito urbano 643–645, 644*f*
características particulares 629–630
central de tránsito urbana 645*f*
código de país 650*f*
componentes de la red 629
desarrollo de la red 627–628
digitalización de la red 628
digitalización total de la red 643*f*
funcionamiento 643–651
Plan de Numeración Telefónico 649–651
proceso de digitalización 640–643
etapa de digitalización avanzada 641
etapa de digitalización total 642
etapa inicial 641
etapa mixta 641
técnicas 630–640
topología jerárquica de la red 646–649
Véase Ingeniería de tráfico 659–667
Véase Sistema de conmutación 636–637
Véase Sistema de transmisión 637–640
Véase Transmisión de datos vía red telefónica 651–658
Red teleinformática 26*d*
Red Telex 601
Red WAN 716
Redundancia de un código 309, 309*d*
Relación señal/ruido 585
Repetidor regenerativo
señales de entrada 60*f*
señales de salida 60*f*

Representación de una señal periódica 67, 73
Resistencia eléctrica
efecto en una línea de transmisión 388*f*
Revolución de las Nuevas Tecnologías 2, 3, 5
crecimiento exponencial 3
Revolución informática 2, 5
Sociedad del Saber 5, 6
Sociedad Postcapitalista 5, 6
RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) 717
Robots. *Véase* Informática de producción 13
ROM (*Read Only Memory*) 555, 714
Router 130, 604
RTC (Red Telefónica Conmutada) 194
RTP (Red Telefónica Pública) 498
RTPC (Red Telefónica Pública Conmutada) 649
Véase Red telefónica pública conmutada 627
RTPCM (Red Telefónica Pública Conmutada Mundial) 640, 646, 651
Ruido 379–396, 379*d*
clasificación 380, 381*f*
factor de ruido 385–386
forma de onda de típica 379*f*
relación señal a ruido 385–386
tensión 381
tipos 380
Ruido blanco 205, 380*d*, 381
efecto sobre señales transmitidas 381*f*
Ruido de cuantificación 205, 218
Ruido de intermodulación 384, 384*d*
Ruido de Johnson 380*d*
Ruido de línea 384–385*f*
Ruido de transmisión 218
Ruido endógeno 380
Ruido exógeno 380
Ruido gaussiano 205, 380*d*
Ruido impulsivo 382–384, 382*d*
efecto en transmisiones digitales 383*f*
Ruido limitado en banda 382
Ruido simple 384–385*f*
Ruido simple o de línea 385*d*
Ruido térmico 379
Ruido, aditividad 370*f*
Satélite 640
Véase Comunicación satelital 484–515
Satélite de comunicaciones
Véase Comunicación satelital 493*d*
SCSI (*Small Computer System Interface*) 727
SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*). *Véase* Jerarquía digital sincrónica 197, 246–257, 452, 640, 641, 677
SDLC (*Synchronic Data Link Control*) 168
Sección 251*f*
Sección de Encabezado 251
Sección útil 394*d*
Semidúplex, método 153*f*
Señal
atenuación 57
distorsión 57
ruido 57
Señal analógica 54–60, 54*f*, 54*d*
introducción 54
medios de transporte 59
sistemas de transmisión 54–56
transmisión de señales 54–60
Señal autosincronizante, señal polar con retorno a cero (RZ) 103*f*
Señal binaria, comparación con una señal correspondiente a dibits 192
Señal bipolar 96–97, 97*f*, 102*f*, 103*f*
con retorno a cero 103
sin retorno a cero 103
Señal de cinco bits por carácter 123*f*
Señal de frecuencia vocal, potencia en función de la frecuencia 366*f*
Señal de reloj 146*f*
Señal diferencial
método de codificación 104*f*
Señal digital 54–60, 54*d*, 55*f*
introducción 54
medios de transporte 60
repetidor
umbral de detección 60
sistemas de transmisión 54–56
transmisión de señales 54–60
Véase Transmisión 133*f*
Véase Transmisión multinivel 133*f*
Señal en banda base 94*d*
Señal modulada, espectro 179*f*
Señal moduladora, espectro 179*f*
Señal NRZ 101*f*
señal polar 102*f*
señal unipolar
positiva 102*f*
Señal ON/OFF, armónicas 98
Señal periódica
características 60–61
Véase Factor de forma
forma 61*f*
función onda cuadrada 64
amplitud 64
frecuencia 64
período 64
función sinusoidal armónica simple 61–64
onda cuadrada 64*f*
serie de Fourier 67
valor eficaz de la amplitud 64
valor medio de la amplitud 64
Señal polar 96, 96*f*, 102*f*
con retorno a cero (RZ) 103
señal autosincronizante 103*f*
sin retorno a cero (NRZ) 102–103, 102*f*
Señal portadora sinusoidal 175*f*
Señal RZ 101*f*
señal bipolar con retorno a cero 103*f*
Senal sin retorno a cero (NRZ) 101–102
Señal sinusoidal
armónica simple
generación 62*f*

Señal sinusoidal (*continuación*)
con ángulos que difieren en $\pi/2$ 64*f*
de frecuencia igual a 6 hertz 63*f*
dos ciclos 62*f*
Señal unipolar 95–96, 102*f*
negativa 96*f*
NRZ 98
positiva 96*f*
sin retorno a cero (NRZ) 102*f*
Señalización 374–379
enlaces 374
equipos terminales 374
funcionamiento 376
funciones 375
nodos 374
red digital 374
sistemas 376–379
vínculos 374
Señalización analógica 375
Señalización de un canal de comunicaciones 375*d*
Señalización digital 375–376
Señalización en línea 377
sistema dentro de banda 377
sistema fuera de banda 377
Señalización fuera de línea 377
Señalización por canal común, esquema 378*f*
Separador de información
IS1 299
IS2 299
IS3 299
IS4 300
Serialización 145*f*
Serie de Fourier 67, 73
determinación de coeficientes 68–69
expresión compleja 69
representación de una función 70
función onda cuadrada 68–69, 68*f*
función periódica
espectro de amplitud 69–70
espectro de fase 69–70
señal periódica
condiciones de Dirichlet 67
diente de sierra 67
onda cuadrada 67
teoría analítica del calor 67
Servan-Schreiber, Jean-Jacques 8
Servicio de teleinformática
juego de caracteres primarios 304*f*
juego suplementario de caracteres gráficos 305*f*
Servicio de telemática. *Véase* Carácter codificado para el servicio telemática 302–307
Servicio teleinformático
Véase Código en servicio teleinformático 290–302
videotex 24
Servicio Teletex Internacional Básico
tabla de código 306–307, 308*f*
Véase Carácter codificado para el servicio Teletex 305–307
Servicio télex 279–282
transmisión de un caracter 120*f*
Servicio internet, conexión empresa/proveedor 130*f*
Servidor de red 130
Seudobaudot, sistema 148
Shannon 265, 273
Shannon, Claude Elwood 264
SI (En código) 298
SIMM (*Single In-line Memory Module*) 726
Símplex, método 152*f*
Sincronismo 145*d*
Sincronismo de bit 145*d*
alternativas 146*f*
Sincronismo de bloque 147*d*
Sincronismo de byte 146*d*
Sincronismo de carácter 163
Sincronismo de trama 163
Sistema Baudot 148
Sistema Crossbar 636
Sistema de comunicación de datos 428*f*, 428–429
aplicaciones 31*f*
consultas a bancos de datos 31*f*
control de inventarios en tiempo real 31*f*
edición de textos (procesamiento de la palabra) 31*f*, 31
entrega de mensajes y correo 31*f*, 31
estado de cuentas bancarias 31*f*
lectura remota de datos (telemedición) 31*f*
procesos industriales en tiempo real 31*f*, 31
reservas de pasajes 31*f*
sistemas bibliográficos 31
sistemas de banca electrónica 31*f*
sistemas de punto de ventas 31*f*
sistemas hospitalarios 31*f*
Sistema de comunicaciones analógico, esquema 58*f*
Sistema de comunicaciones digital, esquema 59*f*
Sistema de conmutación
técnica electromecánica 636
técnica electrónica 637
técnica híbrida 636
Sistema de modulación por pulsos codificados 217*d*
Sistema de multiplexación flexible 247*d*
Sistema de Señalización Nº 6 378
Sistema de Señalización Nº 7 (SS7) 197
Sistema de Señalización por Canal Común 197
Sistema de Señalización por Canal Común Nº 7 378
Sistema de telecomunicaciones, esquema básico 364*f*
Sistema de transmisión 638*d*
cable coaxial 639
cable de cobre multipar 639
capacidad del vínculo 638–639
fibra óptica 639
medio de comunicaciones 639–640
microonda 639
nivel jerárquico dentro de la red 638
satélite 640
tecnología 640
vínculo analógico 639
vínculo digital 639
Sistema de transmisión de datos, canal analógico 365*f*
Sistema de transmisión interurbano 638
Sistema de transmisión urbano 638

Sistema informático
Véase Código 283–290
modo de explotación 17–20, 17*f*
proceso interactivo en tiempo diferido 17
proceso interactivo en tiempo real 17
proceso por lotes 17
proceso por lotes remoto 17
tiempo compartido 17
Sistema optoelectrónico 463*d*
acoplador 468
acopladores T y estrella 469*f*
características del receptor 467
conector 468
elementos accesorios en una instalación 467
empalme 468
repetidor 467
Sistema satelital iberoamericano
consorcio Argentino Nahuelsat 511–513, 512*f*
PanAmSat 507–508
sistema satelital mexicano 513–515, 514*f*, 516*f*
sociedad Hispasat S. A. 508–510
cobertura de los satélites 510*f*
Sistema Seudobaudot 148
Sistema Strower 636
Sistema teleinformático 20–27
calidad de la información 29
cantidad de la información 29
capacidad de las organizaciones 28–29
capturar datos en su propia fuente 27
características 27–30
aplicaciones típicas de los sistemas de comunicación de datos 30
sistemas informáticos aptos para utilizar técnicas teleinformáticas 29–30
centro de control 28
control de procesos 25
fuera de planta o remota 20
generalidades 20
gestión remota de archivos 22–24
interactivo 24–25
mejora del sistema administrativo 29
modo de explotación 17–20, 17*f*
en línea (*on line*) 17, 19
fuera de línea (*off line*) 17, 18–19
interactivo 17, 19–20
no interactivo 17, 20
por lotes 27
por lotes remotos 27
reducción costos de captura de datos 28
reducción costos de operación 28
reducción esfuerzo 27
reducción tiempo 27
servicio telefónico 14
sistemas funcionales de comunicación de datos 20
sistemas remotos por lotes (*batch remoto*) 20–22
tiempo compartido 25–26
transmisión de mensajes 26–27
velocidad de entrega de la información 28
Sistema teleinformático de control de procesos 25, 25*d*
Sistema teleinformático de gestión remota de archivos 22, 22*d*
on line 23
Sistema teleinformático de tiempo compartido 25, 25*d*
Sistema teleinformático de transmisión de mensajes 26, 26*d*
conmutación de mensajes 27
enlace 26
nodo 26
red teleinformática 26
Sistema teleinformático interactivo 24, 24*d*
gestión remota de archivos 24
Sistema teleinformático remoto por lotes 21*d*
Sistemas de multiplexación sincrónica 249*d*
Sistemas remotos por lotes (*batch remoto*)
en línea 22
gestión remota de archivos 22
fuera de línea 22
Skin effect. *Véase* Efecto pelicular 393
Slot 237, 258, 260
SNA (*Systems Network Architecture*) 168
Snell, ley 453*d*
SO (Fuera de código) 298
SOH (*Section Overhead*). Véase Comienzo de encabezamiento 251, 297
Solución de la ecuación de onda 83
SONET (*Synchronous Optical Network*) 41, 640
Sputnik I 485
STDM (*Statistical Time Division Multiplexing*) 228, 257*f*, 257–260
Véase Multiplexación por división de tiempo estadística 690
STM-N (*Synchronous Transport Modules*) 251
Stokes, teorema 79, 80
STX (Comienzo de texto) 297
SUB (Carácter de sustitución) 300
Subred de telecomunicaciones 668*d*
Superconductividad 388
Superconductor 388
Supresión de nulos y blancos 141
SYN (Sincronización) 297
Syncom I 486
Syncom II 486
Syncom III 486
Tasa de error (BER) 127*d*, 129, 197, 211, 406, 406*d*
atenuación 128
BER 127
distorsión 128
relación con ancho de banda 128–130
ruido 128
velocidad de transmisión 407*f*
Tasa de información 271, 272
ancho de banda 272
relación señal a ruido 272
tasa de error del sistema 272
unidad 271
TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) 37, 40*f*
TDM (*Time Division Multiplexing*) 228, 641
Véase Multiplexación por división de tiempo 690
Teclado 718*d*
Técnicas de corrección de errores
corrección hacia adelante 415
corrección hacia atrás 415

Tecnología digital 196
Tecnologías de la Información 7
Telecomunicaciones 56
ancho de banda 73
Teléfono 630–633
elementos constitutivos básicos 631
funciones básicas 631
funciones especiales 632
procedimiento de marcado 632
señal de pulso 632
señal multifrecuente 632
señalización por pulsos 633*f*
señalización por tonos 633*f*
Véase Red telefónica pública conmutada 630–640
Teléfono de Reis 198
Teléfono digital 55
Teleinformática 7, 14, 16, 16*d*
ética
Naisbitt, John 11
procesamiento distribuido 7
procesamiento por lotes 7
Telemática 14, 16
Telstar I 486
Telstar II 486
Teorema de Gauss 76
Teorema de Nyquist 200–203, 200*d*, 369
capacidad del Canal 203
relación entre las velocidades máximas y número de niveles de una señal 203*f*
velocidad de transmisión de datos máxima 203
Teorema de Shannon-Hartley
ábaco para el cálculo 373*f*
consideraciones particulares 371–373
límites 372
Teorema de Stokes 79, 80
Teoría de la codificación. *Véase* Codificación 263–311
Teoría de la información. *Véase* Información 263–311
Teoría de Poisson 663
Terminal
de entrada remota de trabajos 738*d*
sensor 739*d*
Terminal de entrada remota de trabajo 738–739
Terminal de entrada/salida de datos 736–738
digitalizador de imágenes 738
disco magnético 737
dispositivo de acceso 738*f*
esquema de grabación 737*f*
lectora óptica de códigos de barras 738
tarjeta magnética 738, 739*f*
Terminal sensor 739
THE ECONOMIST 9
TIA (*Telecommunications Industries Association*) 434
Tiempo de crecimiento 448*d*
Tiempo de respuesta 17*d*
Tiempo de retención 661*d*
Tipos de canales, incompatibilidad 60
TLD (*Top Level Domain*) 49
Topología de una red 615*d*
TPC/IP (Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Interconexión) 168
Tráfico 659*d*
Véase Ingeniería de tráfico 659–667
Tráfico cursado 660
Tráfico ofrecido 660
Trama 162
Transcodificación 275*d*
Transformación, transductor 57
Transformada de Fourier 179, 180*f*
Transmisión 200
modo paralelo 143*f*
modo serie 144*f*
Transmisión asincrónica 147–149, 148*f*
alfabeto seudobaudot 149*f*
características 148–149
equipo terminal en modo carácter 148
transmisión arrítmica 148
transmisión start-stop 148
procedimiento 147–148
Transmisión binaria 131
Transmisión bipolar usando dibits 134*f*
Transmisión de datos 13*d*, 14*f*, 15*d*, 404–406
características de las señales 60–86
ecuación de onda 74–84
frecuencia electromagnética 84–86
onda electromagnética 74–84
Véase Señal periódica
Véase Serie de Fourier
de máquina a máquina 404
de operador a operador 404
diagrama de bloques 139*f*
tasa de error 423
Transmisión de datos local (en planta) 14*f*–15*f*
Transmisión de datos remota (fuera de planta) 15*f*, 16*f*
Transmisión de datos vía red telefónica
dial up 652
Véase Circuito arrendado 652
Véase Circuito conmutado 652
Transmisión de información 118–170
definiciones básicas 118–119
eficiencia 125–127
fuente 57
método semidúplex 152
método símplex 152
sumidero o colector 57
tipos 151–153
Véase Canal de comunicaciones 151–152
Véase Compresión de datos 136–142
Véase Método dúplex 152–153
Véase Protocolo de comunicaciones 153–168
Véase Transmisión multinivel 131–136
Véase Velocidad binaria 120–121
Véase Velocidad de modulación 119–120
velocidad 119–127
velocidad de señalización 120
velocidad de transferencia de datos 124–125
velocidad de transmisión 120–121
velocidad real de transferencia de datos 125

Transmisión de señal digital 133*f*
Transmisión de un carácter en el servicio télex 120*f*
Transmisión en modo paralelo 142–151, 143*d*
  características 143
  serialización 144
  Véase Transmisión asincrónica 147–149
  Véase Transmisión sincrónica 149–151
Transmisión en modo serie 142–151, 144*d*
  características 144
  deserialización 144
  sincronismo 144–147
    de bit 145–146
    de bloque 147
    de byte 146
  Véase Transmisión asincrónica 147–149
  Véase Transmisión sincrónica 149–151
Transmisión en modo sincrónico por medio de fibras ópticas
  SONET (*Synchronous Optical Network*) 41
Transmisión en serie sincrónica 124*f*
Transmisión FEC 418*f*
Transmisión multinivel 131–136, 131*d*
  cuadribits 134–136
  dibits 132–134
  relación entre velocidad de modulación y de transmisión 131–132
  señal digital 133*f*
  tribits 134–136
Transmisión sincrónica 149–151, 150*f*
  características 150–151
  orientación al bit 151
  orientación al carácter 151
  procedimiento
    delimitadores 150
  velocidad binaria 121
Transmisión telemática o teleinformática 15
Transponder. *Véase* Comunicación satelital 494
Transposición, forma práctica de efectuar una transposición 384*f*
Tren de pulsos 267*f*
  espectro de amplitud 99*f*
Tren de pulsos rectangulares, espectro de amplitud en función de la frecuencia 70*f*
Tribits 134–136
TV (Servicios de Televisión) 476
UHF (frecuencias ultraelevadas) 476
UHF (ultra alta frecuencia) 392
UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) 153
UIT-T (Comité Técnico de la Unión Internacional de Telecomunicaciones) 167, 220, 224, 230, 240, 243, 275, 280, 291, 303, 389, 396
  códigos normalizados en sistemas múltiplex digitales 109*f*
Unidad de cinta y su controladora 719*d*
Unidad de disco flexible 729*f*
Unidad de medida 86–91
  dBm 89–90
  dBmV 90
  dBu 90
  decibel (dB) 87–89
    potencia sonora 89
Unidad de medida (*continuación*)
  introducción 86–91
  neper 90–91
  relación entre dBm y dBu 90
Unión Internacional de Telecomunicaciones
  espectro de frecuencias
    bandas 85*f*
Upstream (corriente de ascenso de la información) 589
USASCII (*United States of America Standard Code for Information Interchange*). *Véase* Código USASCII 290–291
Valor eficaz 65
Valor medio 65
Variable aleatoria, definición 268*f*
Variación de la potencia de una señal en función de la distancia 366*f*
Variantes de la modulación por pulsos codificados
  conceptos generales 220–221
  modulación delta 221–222
  modulación delta adaptativa 222
  modulación PCM diferencial 223–224
VDU (*Visual Display Unit*) 732
Vector campo eléctrico, flujo 76*f*
Vector del punto recibido, transmisión de un cuadribit 578*f*
Vector densidad de corriente, flujo 78*f*
Vector error, transmisión de un cuadribit 578*f*
Velocidad binaria 120–121, 121*d*, 273
  fórmula 121–122
  relación con la velocidad de modulación 122–124
Velocidad de la luz 83
Velocidad de modulación 119–120, 119*d*, 129, 131–132
  relación con ancho de banda 127–130
Velocidad de muestreo 199
Velocidad de señalización 120
Velocidad de transferencia de datos 124–125, 124*d*
Velocidad de transmisión 120–121, 121*d*, 131–132, 273
  fórmula 121–122
  relación con la velocidad de modulación 122–124
Velocidad real de transferencia de datos 125, 125*d*, 137
Verificación
  bit de paridad 279
  control de paridad 279
  paridad impar 279
  paridad par 279
Versión Internacional de Referencia (VIR) 291, 292*f*, 300, 303
  alfabeto latino básico 294
  Véase Carácter de control 294
  carácter gráfico 294
  carácter numérico 294
  caracteres 294–295
  codificación 292
  símbolo especial 294, 295*f*
VGA (*Video Graphics Array*) 732
VHF (frecuencias muy elevadas) 392, 476
VRC (*Vertical Redundancy Check*) 408
VT (Tabulación vertical) 298
WAN (*Wide Area Network*). *Véase* Red de Área Extendida 451, 498, 610, 716
WWW (*World Wide Web*) 735