

32  
1 ejem.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

-----  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
" A R A G O N "

## FALLA DE ORIGEN

DISEÑO DE UNA RED PARA LA COMUNICACION DE VOZ Y DATOS ENTRE LAS CIUDADES DE MEXICO, MONTERREY, GUADALAJARA, PUEBLA Y MERIDA, PARA UNA EMPRESA DE TELEFONIA CELULAR MEDIANTE ENLACES DIGITALES NORMA G.703.

### T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N :  
GUTIERREZ HERNANDEZ LEONARDO



DIRECTOR DE TESIS:  
M. en I. JUAN CARLOS ROA BEIZA

MEXICO, D. F.

1995



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA

---

---

**DISEÑO DE UNA RED PARA LA  
COMUNICACION DE VOZ Y  
DATOS ENTRE LAS CIUDADES DE  
MEXICO, MONTERREY,  
GUADALAJARA, PUEBLA Y  
MERIDA, PARA UNA  
EMPRESA DE TELEFONIA  
CELULAR, MEDIANTE  
ENLACES DIGITALES  
NORMA G703**

---

**DEDICATORIAS**

**Y**

**AGRADECIMIENTOS**



## **AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA**

*Les dedico ésta tesis a mis padres Joaquín Álvarez Pérez y Sebastiana Céspedes Marañón como un pequeño homenaje a sus sacrificios y desvelos para que yo pudiera tener una carrera profesional. Espero que éste trabajo sirva de ejemplo a mis sobrinos para que se motiven y nunca dejen de luchar por alcanzar sus metas ya que sólo es cuestión de tener decisión y se puede lograr lo que uno desea.*

*Le agradezco a Dios el haberme dado la fuerza de voluntad suficiente para poder realizar ésta meta, así mismo el haberme permitido conocer a mis compañeros de tesis, puesto que ellos fueron piezas muy importantes para que ésta obra se haya llevado a cabo.*

*Les agradezco a mis padres por su apoyo y comprensión durante el tiempo que me tomó realizar la tesis, ya que fueron varios meses de trabajo muy duro en que nos veíamos muy poco.*

*A todos los profesores que durante la carrera fueron poniendo su granito de arena para que en mí se forjara la ideología universitaria y la mentalidad de un Ingeniero, y de especial manera al M. en I. Juan Carlos Roa Beiza quien fue el asesor de la tesis.*

*A la Escuela Nacional de Estudios Profesionales ( E.N.E.P.) Aragón por haberme permitido realizar mis estudios universitarios con tanta eficiencia en sus laboratorios, Centro de Cómputo y Biblioteca.*

*A mis hermanos y amigos que en varias ocasiones me desearon buena suerte y me dieron ánimos para seguir adelante y de especial manera a mis compañeros de tesis Daniel Manuel Ortega Díaz, Ildelfonso Orcazas Barreiro, Leonardo Gutiérrez Hernández y Javier Roman Fernández, ya que sin ellos no hubiera podido realizarse ésta obra.*

*A todo aquellos que día a día me motivaron e impulsaron a titularme solo les puedo decir:*

**!!! GRACIAS.!!!**

**Arturo Alvarez Céspedes**

## **AGRADECIMIENTOS**

*Quiero agradecer a la vida misma la oportunidad de haber llegado hasta este momento, quiero dar gracias a nuestra madre Tierra por haberme dado el sustento necesario y quiero dar gracias a Dios por haberme dado todo lo anterior. No ha sido fácil llegar hasta aquí, pero cuando detrás de nosotros están las palabras alentadoras de nuestros padres y hermanos, el camino se hace más accesible. He subido a lo alto de la montaña porque mis padres, José y Jovita, me animaron a hacerlo. He continuado en la lucha porque mis hermanos me han apoyado. Les agradezco profundamente todo lo que han hecho.*

*Sería una ingratitud no mencionar a mi segundo hogar, aquel que me ha dado los elementos necesarios para enfrentar con dignidad a la vida, la profesional y la particular: guardo eterna gratitud a la Universidad Nacional Autónoma de México, específicamente a la Escuela de Ingeniería de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón, ya que, sin lo aprendido ahí, estos momentos no podrían ser. Contar con alguien que te guíe en los momentos precisos es algo valioso, y yo he contado con esa ayuda: agradezco profundamente al M. en I. Juan Carlos Roa Beiza sus consejos y asesoría para la realización de ésta Tesis. Finalmente quiero agradecer a todos mis amigos su comprensión por el relativo silencio que se estableció en ocasiones entre nosotros mientras realizaba este trabajo; así como un reconocimiento especial a la relación de trabajo y amistad establecida con mis compañeros de tesis: Arturo Alvarez Céspedes, Hdefonso Orcazas Barreiro, Daniel Manuel Ortega Díaz y Javier Román Fernández.*

**Leonardo Gutiérrez Hernández**

## **DEDICATORIAS**

*A mis padres, José Guadalupe y Jovita, por su Amor y Paciencia.*

*A mis hermanos, por su apoyo y sus palabras de aliento; especialmente a mi hermano Diego Carlos, que desde algún lugar del infinito observa, satisfecho, este acontecimiento.*

*A mi abuelita Toña, por ser la madre del viento, y por estar en el cielo.*

*A todos mis amigos, por soportar la paranoia ilusa de un músico que los desespera.*

*A Fabiola Vargas, por ser el dinamismo y la inspiración.*

**Leonardo Gutiérrez Hernández**

*"Debe tenerse presente que la tragedia de la vida no consiste en no lograr nuestros objetivos, consiste en no tener objetivos por lograr. No es ninguna desgracia morir con sueños incumplidos, si lo es, en cambio, no soñar. No hay desdicha alguna en no llegar hasta las estrellas, si la hay, en cambio, en no tener estrellas hacia las cuales dirigirse. No es el fracaso, sino la pobreza de espíritu, lo que constituye el pecado"*

*Benjamin Mays.*

---

# INDICE

# **INDICE**

## **INTRODUCCION**

### **CAPITULO I : CONCEPTOS GENERALES**

<b>I.1 CONCEPTOS BASICOS DE COMUNICACIONES</b>	<b>1</b>
I.1.1 COMUNICACION ANALOGICA Y DIGITAL	1
I.1.2 CONVERSION ANALOGICA-DIGITAL	13
I.1.3 MODULACION	32
I.1.4 VENTAJAS DE LA COMUNICACION DIGITAL	72
I.1.5 MEDIOS DE TRANSMISION	81
I.1.6 SEÑALIZACION POR CANAL COMUN Y ASOCIADO	110
I.1.7 SISTEMA DE PORTADORA DIGITAL A 2.048 Mbps (E1)	124
I.1.8 DACS	135
I.1.9 MULTIPLEXOR	148
I.1.10 PAD	179
I.1.11 PROTOCOLO X.25	195
I.1.12 CONCEPTOS DE INGENIERIA DE TRAFICO	251

I.1.13 TOPOLOGIA	269
<b>I.2 CONCEPTOS DE TRANSMISION DE DATOS</b>	<b>281</b>
I.2.1 MODOS DE TRANSMISION DE DATOS	281
I.2.2 CAPACIDAD DE TRANSFERENCIA DE UN CANAL	298
I.2.3 VELOCIDAD DE TRASMISION	301
I.2.4 DISTORSION DE UN CANAL DE COMUNICACIONES	305
I.2.5 CODIGOS DE DETECCION Y CORRECCION DE ERROR	318
I.2.6 MODELO OSI	341
<b>I.3 ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE TELEFONIA CELULAR</b>	<b>369</b>
I.3.1 INTRODUCCION	369
I.3.2 MSC O CONMUTADOR DE SERVICIOS MOVILES	380
I.3.3 RADIOBASE	394
I.3.4 ESTACION MOVIL	410
I.3.5 INTERCONEXION DE LA RED DE TELEFONIA CELULAR	415

## **CAPITULO II : ANALISIS Y EVALUACION DEL SISTEMA ACTUAL**

<b>INTRODUCCION</b>	<b>424</b>
---------------------	------------

<b>II.1 SERVICIO DE VOZ</b>	<b>426</b>
<b>II.2 SERVICIO DE DATOS</b>	<b>455</b>
<b>II.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>472</b>
<b>CAPITULO III : DISEÑO DE LA RED</b>	
<b>INTRODUCCION</b>	<b>506</b>
<b>III.1 CONSIDERACIONES INICIALES DE DISEÑO</b>	<b>510</b>
III.1.1 NECESIDADES	511
III.1.2 DEMANDA DE SERVICIO	517
III.1.3 RESTRICCIONES	520
<b>III.2 POSIBLES SOLUCIONES</b>	<b>521</b>
<b>III.3 PROPUESTA</b>	<b>542</b>
III.3.1 DISEÑO DE LA TOPOLOGIA	542



III.3.2 ELEMENTOS DE LA RED	552
III.3.3 CALCULO DE LA CAPACIDAD	570
III.3.4 ESPECIFICACIONES DE LA NUEVA RED	603
III.3.5 ANALISIS, EVALUACION Y SELECCION DEL EQUIPO DE COMUNICACIONES PARA LA RED	614
III.3.6 SOFTWARE ADMINISTRADOR DE RED	640

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>663</b>
---------------------	------------

## **BIBLIOGRAFIA**

## **GLOSARIO**

## **APENDICES**

- A) RECOMENDACION G.703**
- B) EQUIPO MULTIPLEXOR**
- C) EQUIPO PAD**

---

# INTRODUCCION

# INTRODUCCIÓN

En la época actual de evolución y constantes cambios en los sistemas de comunicación, es de vital importancia cuidar todos los aspectos que puedan influir o afectar el propósito del mismo.

En una empresa de telefonía celular el intercambio de información debe ser extremadamente confiable y eficiente, por lo cual consideramos aspectos como el desarrollo y las expectativas de crecimiento. Todo esto nos servirá para lograr un servicio de alta calidad en la misma.

Esto se vera reflejado gracias a las mejoras en los servicios de voz y datos que se lograron con la propuesta que se plantea con más detalle en el capítulo 3

Por lo que en el diseño se plantean los problemas existentes en el sistema de comunicación actual, los conceptos que nos permitan atacar estos problemas, así como las alternativas de solución.

Asimismo se justifica el diseño de una red digital como propuesta de solución para lograr una comunicación más eficiente de datos entre los nodos, logrando con ello proporcionar servicios a nivel nacional, integrando al sistema como un todo.

Además esta propuesta proporcionará la comunicación de voz tanto de usuarios como de uso interno , teniendo como resultado beneficios económicos para la empresa.

Por lo tanto la propuesta del diseño de la red, tiene como objetivo reducir costos e incrementar la productividad y eficiencia, ya que el intercambio de la información (voz y datos) es confiable, eficiente y segura, gracias a la tecnología digital de las comunicaciones.

El desarrollo de la tesis esta dividido en tres capítulos y tres apéndices, dándose a continuación una breve descripción de cada uno de ellos:

El capítulo 1 comprende un resumen de los conceptos básicos en comunicaciones y transmisión de datos, así como los conceptos involucrados con la estructura del sistema de telefonía celular, todos ellos como herramienta para poder atacar nuestro objetivo.

En el capítulo 2 se hace una análisis y evaluación del sistema actual, retomando los servicios de voz y de datos con el fin de plantear la problemática que se presenta en dicho sistema, y planteando como objetivo la solución a los mismos.

En el capítulo 3 se realiza el diseño de la red, tomando en cuenta las necesidades, demanda de servicio, así como las restricciones planteadas por la empresa, en el mismo se hace un análisis de las posibles alternativas de solución y se realiza la propuesta que más convenga a la compañía. En este mismo capítulo, se diseña la topología, tomando en cuenta los elementos que interactúan en la misma, el cálculo de capacidad y las especificaciones de la misma. Este capítulo se complementa con una evaluación y selección de equipo.

Los apéndices (A), (B) y (C) contienen información sobre la norma G703, así como una breve descripción del equipo multiplexor, y del PAD.

# CAPITULO I

---

---

**CONCEPTOS**

**GENERALES**

# **I CONCEPTOS GENERALES**

## **I.1 CONCEPTOS BASICOS DE COMUNICACIONES**

### **I.1.1 COMUNICACION ANALOGICA Y DIGITAL**

El uso de métodos digitales para transmitir información no es nuevo. Algunos de los conceptos que son considerados como muy modernos, ya eran conocidos desde hace aproximadamente 200 años atrás. Una de las primeras técnicas de comunicación digital se le atribuye a Francis Bacon (1561-1626), un filósofo Inglés.

En 1605 Bacon desarrolló un alfabeto de 2 letras, que podía ser usado para representar 24 letras del alfabeto usual por 5 letras "palabras" usando dos letras básicas. La figura I.1.1-1 ilustra la representación de las primeras letras del alfabeto. En la terminología actual, estas 5 letras podrían ser llamadas palabras clave, la totalidad de todas estas palabras clave forman lo que llamamos un código. Como sólo 2 letras son usadas, este puede ser llamado un código binario..

En 1641, poco después de la muerte de Bacon, Jhon Wilkins (1614-1672), un teólogo y matemático, mostró como las palabras clave podrían ser más cortas utilizando más letras del abecedario. La figura 1.1.1-2 muestra los códigos de 2, 3 y 5 letras de Wilkins. En la terminología de hoy en día éstos códigos, podrían ser llamados códigos M-ario ( $M = 2, 3$  y  $5$ ) por sus respectivas longitudes 5, 3 y 2. Debido a que el código binario consta de 2 letras básicas por posición y 5 posiciones por palabra clave, pueden ser representadas  $2^5$  letras del abecedario (más de las 24 que lo componen).

$A = a a a a a$	$H = a a b b b$
$B = a a a a b$	$I = a b a a a$
$C = a a a b a$	$K = a b a a b$
$D = a a a b b$	$L = a b a b a$
$E = a a b a a$	$M = a b a b b$
$F = a a b a b$	$N = a b b a a$
$G = a a b b a$	$O = a b b a b$

**Figura 1.1.1-1.** Representación del código de 2 letras usado por Francis Bacon para representar el alfabeto.

Los códigos que usan 3 y 5 letras pueden representar  $3^3 = 27$  y  $5^2 = 25$  letras del alfabeto respectivamente.

Alphabet Letter	Codewords Using Basic Letters Indicated		
	<i>a, b</i>	<i>a, b, c</i>	<i>a, b, c, d, e</i>
<i>A</i>	<i>a a a a</i>	<i>a a a</i>	<i>a a</i>
<i>B</i>	<i>a a a a b</i>	<i>a a b</i>	<i>a b</i>
.	.	.	.
.	.	.	.
<i>L</i>	<i>a b a b a</i>	<i>c b b</i>	<i>e a</i>
<i>M</i>	<i>a b a b b</i>	<i>c b c</i>	<i>e b</i>
.	.	.	.
.	.	.	.
<i>Y</i>	<i>b a b b a</i>	<i>b c b</i>	<i>e c</i>
<i>Z</i>	<i>b a b b b</i>	<i>b c c</i>	<i>e d</i>

Figura I.1.1-2. Representación de los códigos de 2,3 y 5 letras de Wilkins.

En un desarrollo aparentemente independiente en 1703, Gottfried Wilhelm Leibniz, un matemático Alemán, describió un código binario usando sólo 2 números : 0 y 1, para representar números enteros, como se ilustra en la figura I.1.1-3.

El código de Leibniz es aparentemente el predecesor del código binario actual, en el cual usamos los dígitos binarios 0 y 1. Reemplazando el orden de las letras A, B,



.....Z por enteros, y las letras a y b por 0 y 1 respectivamente, podemos observar que los códigos de Bacon y Leibniz son equivalentes.

ENTERO	BACON
0	0
1	1
2	00
3	01
4	10
5	11
6	000
7	001
8	010
9	011
10	100
11	101
12	110
13	111
14	0000
15	0001
16	0010
17	0011
18	0100
19	0101
20	0110
21	0111
22	1000
23	1001
24	1010
25	1011
26	1100
27	1101
28	1110
29	1111
30	00000
31	00001
32	00010
33	00011
34	00100
35	00101
36	00110
37	00111
38	01000
39	01001
40	01010
41	01011
42	01100
43	01101
44	01110
45	01111
46	10000
47	10001
48	10010
49	10011
50	10100
51	10101
52	10110
53	10111
54	11000
55	11001
56	11010
57	11011
58	11100
59	11101
60	11110
61	11111

**Figura 1.1.1-3.** Representación binaria de Leibniz de los números enteros.

Los principales usos prácticos de los códigos digitales de Bacon, Wilkins y Leibniz, en sistemas de comunicación están involucrados en varias formas de enlaces telegráficos y ópticos. El primer enlace se realizó en Francia en 1794. Después del nacimiento de la tecnología eléctrica alrededor de 1800, cuando Volta descubrió la batería primaria, las comunicaciones por métodos eléctricos comenzaron a evolucionar. El más importante

sistema fué el telégrafo perfeccionado por Samuel Morse en 1837. El código Morse es en realidad un código binario en dónde las 2 "letras" son el punto y el guión, que eran transmitidos como pulsos eléctricos cortos o largos respectivamente. Más tarde en 1875, Emile Baudot desarrolló otro código usado hoy en día en la telegrafía internacional; éste usa dígitos binarios 0 y 1 en lugar de puntos y guiones, y tiene un número mezclado (5) de dígitos por palabra en lugar de la longitud variable de palabra, como en el código Morse.

Después de la predicción teórica de la radiación magnética en 1864 por James Clark Maxwell (1831-1879), un físico escocés, y su verificación experimental en 1887 por Heinrich Hertz (1857-1894), un físico Alemán, la transmisión de información por radio telegrafía fue realizada por Marconi en 1897.

No todos los sistemas de comunicación digital han sido diseñados para transmitir el alfabeto como mensajes. En 1937 Alec Reeves concibió una de las más importantes técnicas de uso hoy en día en comunicaciones, esta es llamada Modulación por Código de Pulsos (PCM), con esta técnica se pueden transmitir mensajes tales como las formas de onda de audio producidas por un micrófono.

En PCM los mensajes son muestreados periódicamente. Cada muestra, la cual puede tomar cualquier valor en una continuidad posible de valores, es redondeada ó

cuantizada a un valor finito de amplitud discreta. La amplitud por lo tanto no es diferente, conceptualmente, de la longitud finita del alfabeto ó de los valores finitos enteros como fueron codificados por Bacon o Leibniz unos años atrás.

La reseña histórica hecha no es por mucho completa, sin embargo, sirve para indicar que muchos de los conceptos básicos usados actualmente en comunicaciones digitales no son nuevos y que han estado es la mente del hombre por más de 200 años.

## **FUENTES Y SEÑALES ANALOGICAS**

Una fuente analógica de información es aquella que produce una salida la cual puede tener cualquier valor dentro de una serie continua de valores en cualquier momento. Similarmente una señal analógica es una onda eléctrica que puede tomar cualquier valor de una continuidad de posibles amplitudes en cualquier momento.

## **FUENTES Y SEÑALES DIGITALES**

Una fuente digital es aquella con una salida, la cual puede tener solo un valor discreto de una serie finita en cualquier momento. La mayoría de las fuentes en la naturaleza son analógicas. Sin embargo cuando éstas son combinadas con algún dispositivo, puede resultar una fuente digital.

Una señal digital se define como una onda eléctrica que tiene un valor dentro de una serie finita de posibles amplitudes en cualquier momento.

## **CLASIFICACION DE LAS SEÑALES**

Las señales de información analógica y digital definidas anteriormente, se asume que son bandabase mientras no haya otra definición. Una onda de bandabase es aquella que tiene sus más largos componentes espectrales encerrados en una banda de frecuencias en ( ó cerca ) de la frecuencia cero. El término pasobajas es comúnmente usado para referirse a la bandabase. Todos los mensajes prácticos pasobajas tendrán

una frecuencia alta en la cual sus componentes espectrales pueden ser considerados insignificantes.

Una señal pasobanda es aquella con sus componentes espectrales más grandes contenidas en una banda de frecuencias alejada de cero por una cantidad significativa.

La mayoría de las ondas de información son banda base y muy rara vez pasobanda. La señal pasobanda es comúnmente el resultado de uno ó más mensajes afectando (modulando) una señal de alta frecuencia llamada portadora.

## **MODULACION DE PORTADORA**

La mayoría de las fuentes de información son caracterizadas por señales de información en bandabase. Sin embargo, las ondas en bandabase no pueden ser transmitidas eficientemente por métodos de radio de un punto a otro. Por otro lado las ondas en banda base pueden ser fácilmente transmitidas por radio. Uno de los propósitos básicos de la modulación de portadora es, por lo tanto, el cambiar el mensaje a una banda de frecuencia más alta para lograr una mejor radiación. En algunos sistemas la modulación de portadora puede resultar en una generación imprevista de ruido.

Frecuentemente la modulación involucra el cambio de la amplitud, frecuencia ó fase ( ó la combinación de estas tres) de la portadora como una función del mensaje.

## **BLOQUES DEL SISTEMA DIGITAL**

Un sistema típico de comunicaciones se compone de una estación transmisora (transmisor), una estación receptora (usuario), y un medio de conexión llamado canal. Estas son funciones básicas para un sistema de operación en un solo sentido. Una comunicación en ambos sentidos requiere que cada estación tenga tanto el transmisor como el receptor. Debido a que la operación en cada sentido es similar, solo la operación en un solo sentido será descrita.

### **ESTACION TRANSMISORA**

El diagrama a bloques de las principales funciones que se presentan en un sistema de comunicaciones digitales, se ilustran en la figura I.1.1-4. Debido a que todo el sistema es digital, el subsistema de transmisión puede aceptar esas señales directamente. Este también puede trabajar con señales analógicas, si son convertidas a su forma digital en el convertidor analógico-digital (A/D).

La conversión analógico-digital requiere el muestreo periódico de la onda analógica y la cuantificación de las muestras. La cuantificación es el redondeo de las muestras al

valor más cercano de amplitud discreta. La señal digital resultante es compatible con el sistema digital.

Sin embargo en el proceso de redondeo parte de la información se pierde, lo cual limita la precisión con la cual la señal analógica puede ser reconstruida en el receptor.

Como fué descrito anteriormente, la actual salida del convertidor A/D en el punto de la figura 1.1.1-4 es un nivel discreto de voltaje. El propósito general del codificador fuente, es el convertir efectivamente cada símbolo discreto en su correspondiente representación digital, comúnmente binaria.

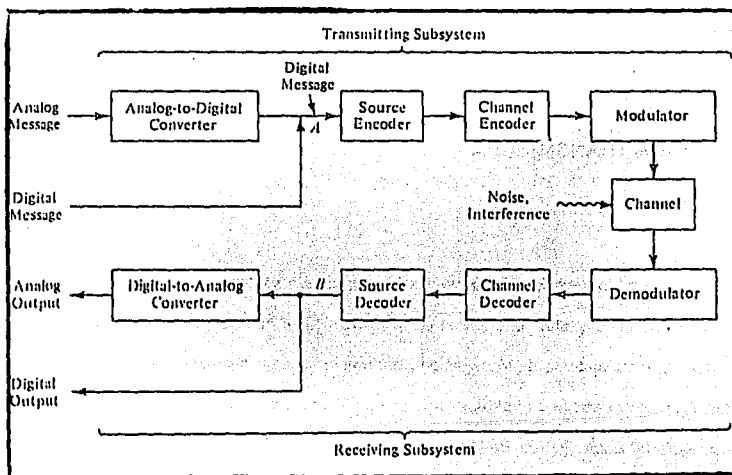


Figura 1.1.1-4. Diagrama funcional a bloques de un sistema de comunicación.

Los mensajes digitales se dice que poseen redundancia si sus símbolos no son igualmente probables o no están estáticamente independientes. La mayoría de las fuentes de mensajes, tienen redundancia; el propósito principal del codificador fuente es el remover esta redundancia. Entre más eficiente es el codificador, más redundancia es eliminada, lo que permite un menor promedio de número de dígitos binario para ser usados en la representación del mensaje.

En algunos sistemas en donde no está presente la función de codificación de canal, la salida del codificador fuente es convertida directamente a la onda más conveniente para ser transmitida en el canal. El ruido y la interferencia sumadas a la onda, producen errores en la operación de modulación en el receptor en su esfuerzo por recuperar (determinar), la correcta representación de la señal usada en el transmisor. Incluyendo la función de codificación de canal, los efectos de errores causados por el canal pueden ser reducidos.

El codificador de canal hace esta reducción posible agregando redundancia controlada a la representación digital del codificador fuente de tal forma que esos errores pueden ser reducidos.

## **ESTACION RECEPTORA**

Las funciones realizadas en el subsistema receptor meramente reflejan la operación inversa de aquellos en la estación transmisora. El demodulador, recupera la mejor versión posible de la salida que fué producida por el canal codificador en el transmisor.



La salida del demodulador tendrá ocasionalmente errores causados por el ruido del canal. Parte de la optimización de varios sistemas digitales se centra en minimizar errores generados en el demodulador.

El propósito del decodificador de canal es el reconstruir, de la mejor manera posible, la salida que fué generada por el codificador fuente en el transmisor. Es aquí en dónde la redundancia de control insertada por el canal codificador debe ser usada para identificar y corregir los posibles errores causados por el canal en la salida del demodulador.

El decodificador fuente realiza exactamente la función inversa del codificador fuente. Para mensajes digitales, su salida se convierte en la salida final del receptor (punto B de la figura I.1.3-4). Si el mensaje original es analógico, la salida de la fuente del decodificador se pasa a través de un convertidor digital-analógico (D/A), el cual reconstruye el mensaje original usando el teorema del muestreo.

## **1.1.2 CONVERSION ANALOGICA - DIGITAL**

Anteriormente se mencionó a grandes rasgos el proceso de conversión analógica - digital, en este punto trataremos con los dispositivos que permiten esta conversión.

Retomando que el proceso de convertir una señal continua en el tiempo (analógica) a una secuencia digital, para que pueda ser procesada por un sistema digital, requiere de que cuantizemos los valores muestreados a un número finito de niveles y se represente cada nivel por un número de bits. El dispositivo electrónico que permite esta conversión de señales analógicas a una secuencia digital es llamado convertidor analógico - digital (ADC). Por otro lado el convertidor digital - analógico (DAC) toma la secuencia digital y produce en su salida un voltaje ó corriente que es proporcional al tamaño de la palabra digital aplicada en su entrada.

La figura 1.1.2-1 muestra un diagrama a bloques de los elementos básicos de un convertidor A / D. Aunque nos enfocaremos principalmente en las características ideales del sistema, también se mencionarán algunas imperfecciones que se encuentran en dispositivos prácticos y se indicará como esto afecta en el funcionamiento del convertidor.

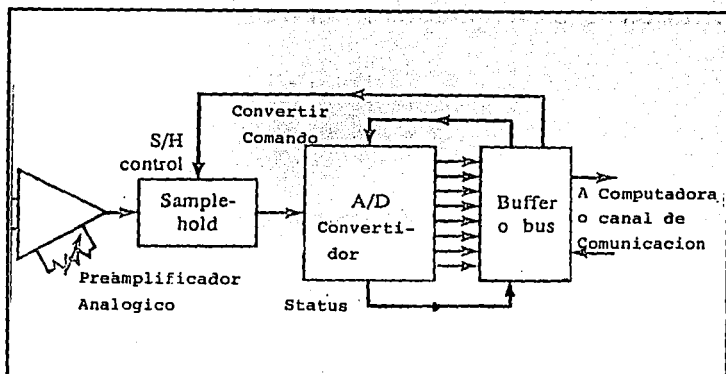


Figura 1.1.2-1. (a) Diagrama a bloques de los elementos básicos de un ADC.

## MUESTREO Y RETENCION ( SAMPLE AND HOLD )

En la práctica, el muestreo de una señal analógica es realizado por circuito reten - muestreador ( S / H ). La señal muestreada es después cuantificada y convertida a su forma digital. Usualmente el S / H está integrado dentro del convertidor analógico - digital.

El S / H es un circuito analógico controlado digitalmente que recorre la señal analógica de entrada durante el muestreo y la mantiene fija durante el modo de retención en el

valor instantáneo de la señal al tiempo en que el sistema es switcheado del modo de muestreo al modo de retención. La figura 1.1.2-1 (b), muestra la respuesta en el dominio del tiempo de un circuito S / H ideal.

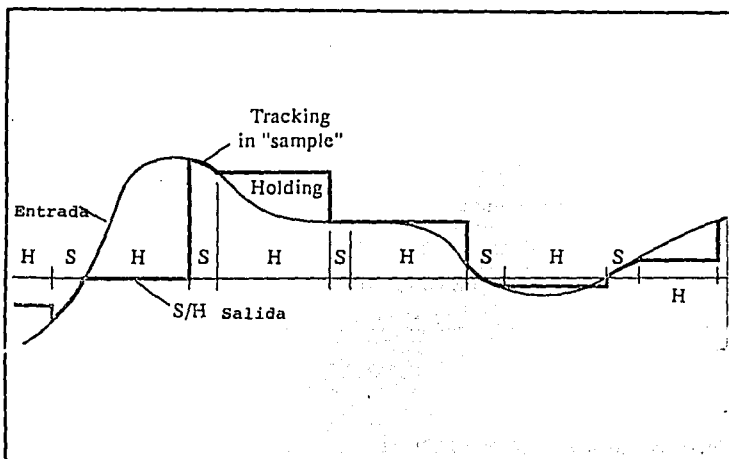


Figura 1.1.2-1. (b) Respuesta en el dominio del tiempo de un circuito S / H Ideal.

El objetivo del S / H es el muestreo de la señal de entrada instantáneamente y mantener ese valor constante el tiempo que sea necesario para que el convertidor A / D obtenga su representación digital. El uso de un S / H permite al convertidor A / D

muestreo. Con la ausencia de un S / H la señal de entrada no debe cambiar por más de la mitad del paso de cuantización durante la conversión, lo cual puede ser una acción impráctica. Consecuentemente, el S / H, es crucial en conversión digital de alta resolución de señales que tiene un gran ancho de banda.

Un S / H ideal no produce distorsión durante el proceso de conversión y su medición es modelada como una muestra ideal. Sin embargo, la degradación debida al tiempo como errores en la periodicidad de la muestra procesada ("jitter"), variaciones no lineales en la duración de la apertura de muestreo, y cambios en el voltaje durante la conversión, ocurren en los dispositivos prácticos.

El convertidor A / D comienza a realizar su función en cuanto recibe un comando de conversión. El tiempo requerido para completar la conversión, debe de ser menor que la duración del modo de retención del S / H. Además, el período de muestreo T debe ser mayor que la duración del modo de muestreo y el de retención.

## **CUANTIZACION Y CODIFICACION**

La tarea básica de un convertidor A / D, es el obtener a partir de un rango continuo de amplitud de entrada, una serie digital discreta de palabras código. Esta conversión involucra los procesos de cuantización y codificación. La cuantización es un proceso no lineal e irreversible que mapea una amplitud dada  $x(n) = x_a(nT)$  en el tiempo  $t = nT$

en una amplitud  $x_k$  tomada de una serie finita de valores. El proceso se ilustra en la figura 1.1.2-2 (a) dónde el rango de la amplitud de la señal se encuentra dividido en  $L$  intervalos

$$I_k = \{ x_k < x(n) < x_{k+1} \}, \quad k = 1, 2, \dots, L$$

por los  $L + 1$  niveles de decisión  $x_1, x_2, \dots, x_{L+1}$ . Las posibles salidas del cuantificador se designan  $x^1, x^2, \dots, x^L$ . La operación del cuantizador está definida por la relación :

$$x_q(n) = Q[x(n)] = x^k \quad \text{si } x(n) \in I_k$$

En la mayoría de las operaciones de procesamiento digital de señales el mapeo en la ecuación anterior es independiente de  $n$ . Además, en procesamiento de señales usamos cuantificadores uniformes o lineales definidos por :

$$\begin{aligned} x^{k+1} - x^k &= \Delta, & k &= 1, 2, \dots, L-1 \\ x_{k+1} - x_k &= \Delta, & \text{para finito } x_k, x_{k+1} \end{aligned}$$

En donde  $\Delta$  es el cuantificador de escalera. La cuantización uniforme es usualmente un requerimiento si la señal digital resultante va a ser procesada por un sistema digital. Sin embargo en aplicaciones de transmisión y almacenamiento de señales como

velocidad, cuantificadores no lineales y variantes en el tiempo son frecuentemente usados.

Si un cero es asignado a un nivel de cuantización, el cuantificador es del tipo "midtread". Si se asigna un cero a un nivel de decisión el cuantificador es conocido como tipo "midrise". La figura 1.1.2-2 (b) ilustra un cuantificador "midrise" con  $L = 8$  niveles. En teoría los niveles de decisión extremos son tomados como  $x_1 = -\alpha$  y  $x_{L+1} = \alpha$ , para cubrir el rango total dinámico de la señal de entrada. Sin embargo prácticamente los convertidores A / D pueden manejar solo un rango finito. Como definimos el rango R del cuantificador asumiendo que  $l_1 = l_L = \Delta$ . Por ejemplo el rango del cuantificador mostrado en la figura 1.1.2-2(b) es igual a  $8\Delta$ . En la práctica el término rango de escala completa (FSR) se usa para describir el rango de un convertidor A / D para señales bipolares. El término de escala completa (FS) es usado para señales unipolares.

Puede ser fácilmente visto que el error de cuantización  $e_q(n)$  está siempre en el rango de  $-\Delta / 2$  a  $\Delta / 2$ .

En otras palabras, el error de cuantización instantánea no puede exceder la mitad del paso de cuantización. Si el rango dinámico de la señal, definido como  $x_{\max} - x_{\min}$ , es mayor que el rango del cuantificador, los muestreos que exceden el rango del cuantificador, son recortados, resultando un amplio error de cuantización (mayor de  $\Delta / 2$ ).

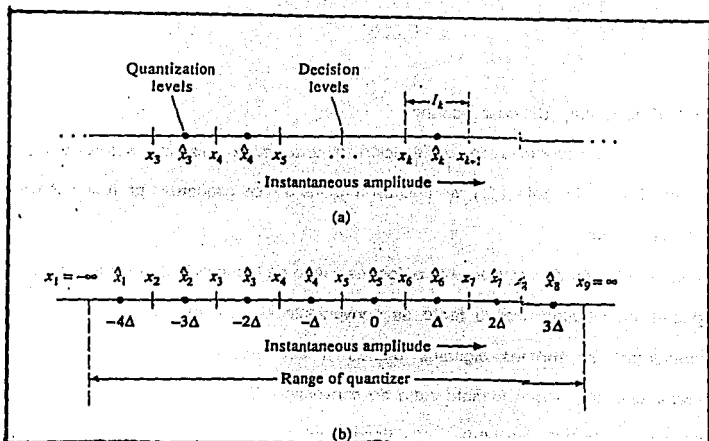


Figura 1.1.2-2. Proceso de cuantización y ejemplo de un cuantificador midrise.

El proceso de Codificación en un convertidor A / D asigna un número binario único a cada nivel de cuantización. Si tenemos L niveles, necesitamos al menos L diferentes números binarios. Con una longitud de palabra  $b + 1$  bits, podemos representar  $2^{b+1}$  números binarios diferentes. Por lo tanto, debemos tener  $2^{b+1} \geq L$  ó, de manera equivalente,  $b + 1 \geq \log_2 L$ . Por lo que la medida del escalón o resolución del convertidor A / D esta dada por :



$$\Delta = R / (2^{b+1})$$

dónde R es el rango del cuantificador.

Existen varios esquemas de codificación binaria, cada uno con sus ventajas y desventajas. En la tabla 1.2.1, se ilustran algunos de los esquemas para codificación binaria de 3 bits.

La representación de complemento a dos, es usada en la mayoría de los procesadores digitales de señales. Por lo tanto es conveniente el usar el mismo sistema para representar las señales digitales debido a que podemos operar sobre ellas directamente sin ningún formato extra de conversión. En general una fracción de bit binario (b+1), de la forma  $\beta_0\beta_1\beta_2\dots\beta_b$ , tiene el valor :

$$-\beta_0(2^0) + \beta_1(2^{-1}) + \beta_2(2^{-2}) + \dots + \beta_b(2^{-b})$$

si usamos la representación del complemento a 2. Nótese que  $\beta_0$  es el bit más significativo (MSB) y  $\beta_b$  es el bit menos significativo (LSB). Aunque el código binario usado para representar los niveles de cuantización es importante para el diseño del convertidor A / D y sus subsecuentes operaciones numéricas, no tiene ningún efecto en el proceso de cuantización.

Fraccion Decimal		Referencia Signo,+		Comp. a dos	Offset Binario	Comp. a uno
Numero		Positiva	Negativa Magnitud			
+7	+	-	0111	01111	11111	01111
+6	+	-	0110	01110	11110	01110
+5	+	-	0101	01101	11101	01101
+4	+	-	0100	01100	11100	01100
+3	+	-	0011	00111	10111	00111
+2	+	-	0010	00110	10110	00110
+1	+	-	0001	00011	10011	00011
0	0+	0-	0000	00000	10000	00000
0	0-	0+	1000	(00000)	(10000)	11111
-1	-	+	1001	11111	01111	11110
-2	-	+	1010	11110	01110	11101
-3	-	+	1011	11101	01101	11100
-4	-	+	1100	11100	01100	11011
-5	-	+	1101	11011	00111	11010
-6	-	+	1110	11010	00110	11001
-7	-	+	1111	11001	00011	11000
-8	-	+		(10000)	(00000)	

Tabla I.1.2-1. Códigos bipolares más usados.

La figura I.1.2-3 (a) muestra las características de un convertidor A / D ideal de 3 bits. La única consideración a tomar en cuenta en un convertidor ideal, es el error de cuantización, el cual puede ser reducido incrementando el número de bits.

Los convertidores A / D prácticos, difieren de los convertidores ideales en muchas maneras. Varias consideraciones tienen que ser tomadas en cuenta en la práctica. Algunas de estas consideraciones se ilustran en la figura I.1.2-3 (b-e). Podemos notar que los convertidores A / D prácticos, pueden tener error de offset (la primera transición no ocurrirá exactamente a  $+ 1/2\text{LSB}$ ), el error de factor (o ganancia) de escala (la diferencia entre los valores en la cual la ocurrencia de la primera y última transacción no es igual a  $\text{FS} - 2\text{LSB}$ ), y el error de linealidad (la diferencia entre los valores de transición no son iguales o uniformemente cambiantes). Si el error diferencial lineal es bastante grande, es posible que uno o más códigos puedan perderse.

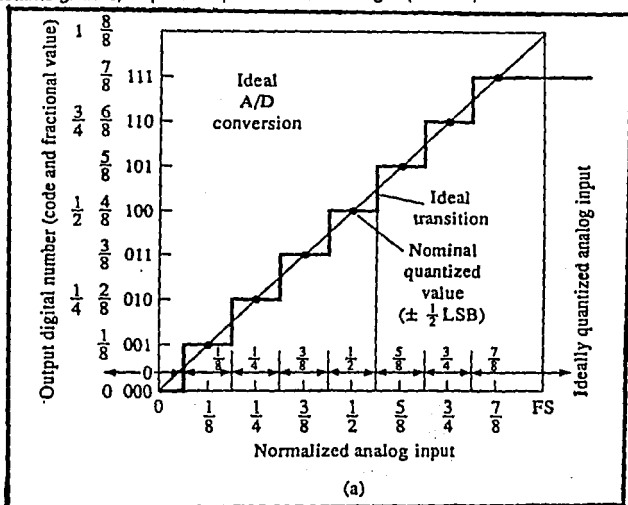


Figura I.1.2-3. Características de convertidores A / D ideales y prácticos

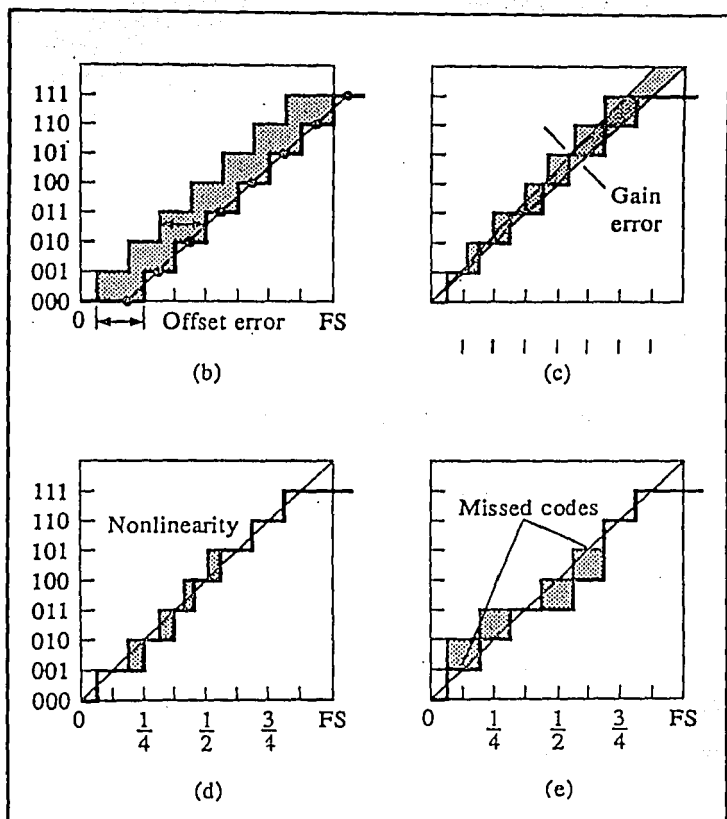


Figura 1.1.2-3. Características de convertidores A / D ideales y prácticos.

## **ERROR DE CUANTIZACION**

Para determinar los efectos de cuantización en el desempeño de un convertidor A / D, se utiliza una aproximación estadística. La dependencia del error de cuantización de las características de la señal de entrada y de la naturaleza no lineal del cuantificador, hacen un análisis determinístico difícil, excepto en casos muy simples.

En un análisis estadístico, consideremos que el error de cuantización es aleatorio en la naturaleza. Modelaremos este error como ruido que se suma a la señal (incuantificada) original. Si la señal de entrada analógica, está dentro del rango del cuantificador, el error de cuantización  $e_q(n)$  está limitado en magnitud, por lo que el error resultante es llamado ruido granular. Cuando la entrada está fuera del rango del cuantificador,  $e_q(n)$  se vuelve ilimitado y se produce un ruido de sobrecarga. Este tipo de ruido puede generar una severa distorsión de la señal. El único remedio es el escalar la señal de entrada, con lo cual su rango dinámico cae dentro del rango del cuantificador

## **CONVERTIDORES A / D DE SOBREMUESTREO**

La idea básica de los convertidores A / D de sobremuestreo, es el incrementar el rango de muestreo de la señal, hasta el punto en el cual un cuantificador de baja resolución

sea suficiente. Mediante el sobremuestreo, se puede reducir el rango dinámico de los valores de la señal entre muestreos sucesivos, y por lo tanto, se pueden reducir los requerimientos de resolución del cuantificador. La variación del error de cuantización en la conversión A/D es  $\sigma_{2e} = \Delta^2 / 12$ . donde  $\Delta = R/2^{b+1}$ . Por lo que el rango dinámico de la señal, el cual es proporcional a su desviación estandar  $\sigma_x$ , debe igualar el rango R del cuantificador, esto lleva a que  $\Delta$  es proporcional a  $\sigma_x$ . Por lo tanto para un número dado de bits, la potencia del ruido de cuantización es proporcional a la variación de la señal a ser cuantizada. Consecuentemente, para un rango de ruido de cuantización a señal (SQNR) fijo, una variación de la señal a ser cuantizada, permite reducir el número de bits en el cuantificador.

La idea básica de reducir el rango dinámico nos lleva a considerar la cuantización diferencial.

La figura 1.1.2-4 ilustra los elementos básicos de un convertidor A / D de sobremuestreo.

Los convertidores A / D de sobremuestreo para señales en la banda de voz (3-Khz) son fabricados actualmente como circuitos integrados.

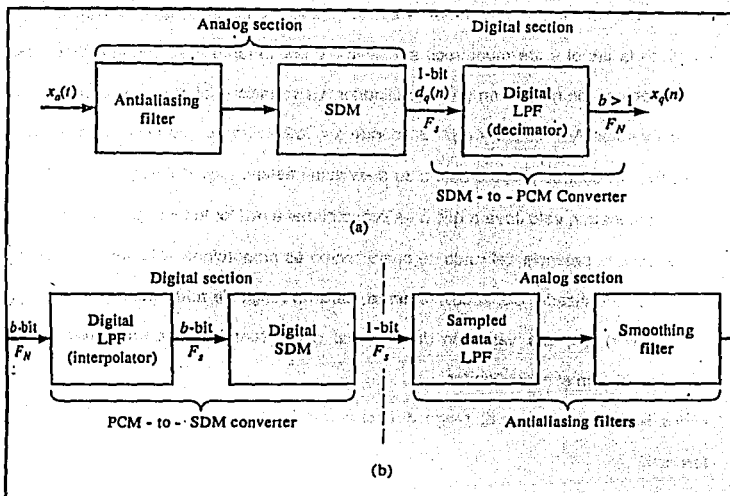


Figura 1.1.2-4. Elementos básicos de un convertidor A / D de sobremuestreo,

## CONVERSION DIGITAL - ANALOGICA

En la práctica, la conversión digital - analógica (D / A), es realizada combinando un convertidor D / A con un muestreador - retén (S/H), seguido de un filtro pasobajas como se ilustra en la figura 1.1.2-5. El convertidor D / A acepta en su entrada señales eléctricas que corresponden a una palabra binaria y producen un voltaje o corriente de salida que es proporcional al valor de la palabra binaria. Idealmente, sus

características de entrada - salida es como se muestra en la figura 1.1.2-5 (a) para una señal bipolar de 3 bits. La línea que conecta los puntos, es una línea recta que pasa a través del origen. En los convertidores D / A prácticos, la línea que conecta los puntos se desvía de la ideal. Algunas de las desviaciones típicas del ideal son errores de offset, de ganancia y no linealidades en las características de entrada - salida. Estos tipos de errores se muestran en la figura 1.1.2-5 (b).

Uno de los parámetros importantes de los convertidores D / A es el tiempo de asentamiento, el cual se define como el tiempo requerido por la salida del convertidor D/A para alcanzar y mantenerse dentro de una fracción dada del valor final, después de la aplicación del código de entrada. Comúnmente, la aplicación del código de entrada, resulta en una alta amplitud transitoria, llamada "glitch". Este es el caso especial, cuando dos códigos consecutivos al convertidor A / D difieren en varios bits. La manera usual de remediar éste problema es el usar un circuito S/H diseñado para servir como un "deglitcher". Como la tarea básica del S/H es el mantener la salida del convertidor D / A constante en el valor de salida previo hasta que el nuevo muestreo de la salida del D / A alcanza un estado estable, entonces muestrea y retiene el nuevo valor durante el siguiente intervalo de muestreo. De esta manera el S/H aproxima la señal analógica por una serie de pulsos rectangulares cuya altura es igual al correspondiente valor del pulso de la señal. La figura 1.1.2-6 (a) muestra la aproximación de la señal analógica  $x(t)$  por un S/H. Como se puede apreciar, la aproximación, denotada como  $x^{(n)}$ , es básicamente una función escalón la cual toma la señal muestreada del convertidor D / A y la mantiene por T segundos. Cuando el



siguiente muestreo llega, salta al siguiente valor y lo mantiene por T segundos y así sucesivamente.

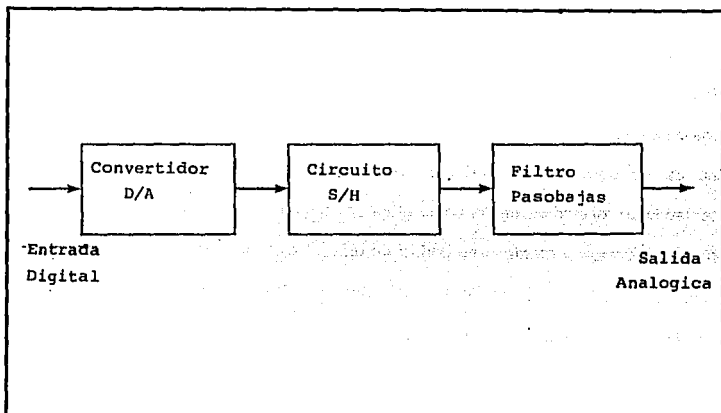


Figura 1.1.2-4. Operación básica de conversión de una señal digital a una señal analógica.

Cuando es visto como un filtro lineal, como se muestra en la figura 1.1.2-6 (b), el S/H tiene una respuesta impulso.

$$h(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t \leq T \\ 0, & \text{cualquier otro} \end{cases}$$

Esto es ilustrado en la figura 1.1.2-6 (c). La correspondiente respuesta en frecuencia es

$$H(F) = T \left( \frac{\sin \pi FT}{\pi FT} \right) e^{-j\pi FT}$$

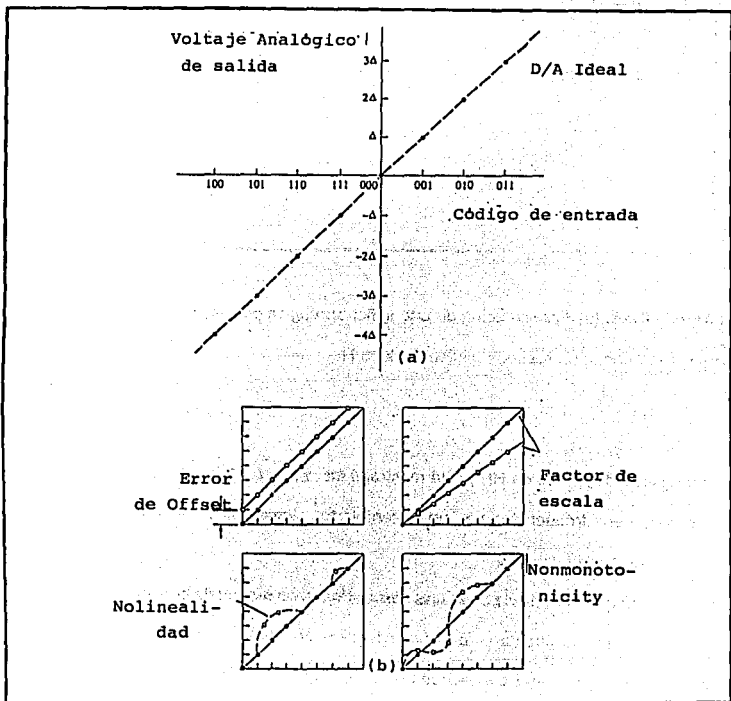
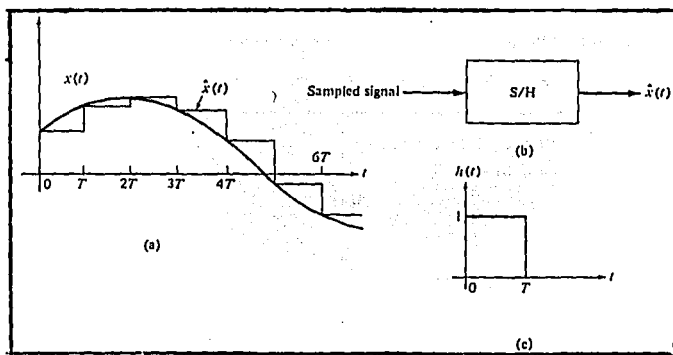


Figura 1.1.2-5. (a) Características ideales de un convertidor D / A y (b) desviaciones típicas del funcionamiento de los convertidores D / A prácticos.



**Figura 1.1.2-6.** (a) Aproximación de una señal analógica por escalón; (b) interpretación del filtrado lineal; (c) respuesta impulso del S/H

La magnitud de la fase de  $H(F)$  está mostrado en la figura 1.1.2-7. Para comparación, la respuesta en frecuencia de un interpolador ideal está superpuesto en las características de magnitud.

Es aparente que el S/H no posee una característica de respuesta cerrada de frecuencia de corte. Esto es debido a la larga extensión en las transiciones de su respuesta impulso  $h(t)$ . Como una consecuencia, el S/H permite el paso de componentes no deseados de frecuencias parecidas (frecuencias arriba de  $F_s/2$ ) a su salida. El remedio

más común a este problema en la práctica, es el filtrar  $x^{(n)}$  pasándola a través de un filtro pasobajas que atenúa grandemente los componentes de frecuencia arriba de  $F_w/2$ .

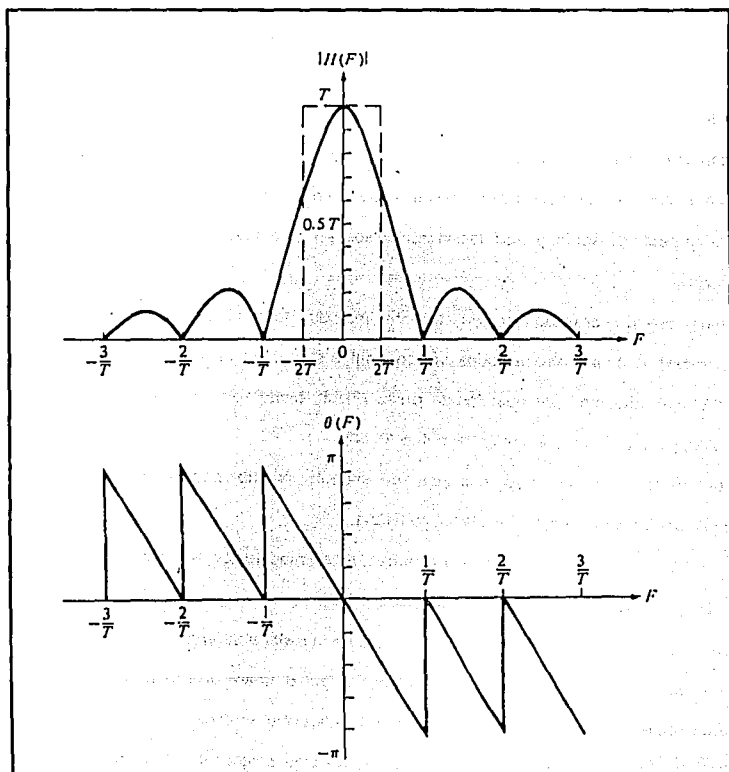


Figura 1.1.2-7. Características de respuesta en frecuencia del S/H.

### **1.1.3 MODULACION**

La Modulación es un proceso por el cuál ciertas características de una onda (conocida también como portadora), es variada o seleccionada de acuerdo a la señal de mensaje. La modulación puede ser dividida en modulación continua, en la cual la onda modulada siempre está presente, y modulación por pulsos, en la cual no hay señal presente entre pulsos.

La modulación por pulsos incluye diferentes métodos de transferir pulsos de una fuente a un destino. Los cuatro métodos predominantes son : Modulación por ancho de pulso (PWM), Modulación por posición de pulso (PPM), Modulación por amplitud de pulso (PAM) y Modulación por código de pulso (PCM).

Los cuatro métodos más comunes de modulación de pulsos se describen a continuación y se muestran en la figura I.1.3-1.

1. PWM. Este método es llamado algunas veces modulación por duración de pulso (PDM) ó modulación por longitud de pulso (PLM). El ancho del pulso (parte activa del ciclo de trabajo) es proporcional a la amplitud de la señal analógica.
2. PPM. La posición de un ancho constante de pulso dentro de una ranura de tiempo prescrita es variada de acuerdo a la amplitud de la señal analógica.
3. PAM. La amplitud de un pulso constante, posición constante del pulso se varía de acuerdo a la amplitud de la señal analógica.

4. PCM. La señal analógica es muestreada y convertida a un número binario serial de longitud fija para transmisión. El número binario varía de acuerdo a la amplitud de la señal analógica.

PAM es usado como una forma intermedia de modulación con PSK, QAM y PCM, y raramente es usada por si sola. PWM y PPM son usadas en sistemas de comunicación de propósito especial (usualmente militares) y raramente usados para sistemas comerciales. PCM es por mucho el método más dominante de transmisión de pulsos y consecuentemente, será el punto de discusión de este apartado.

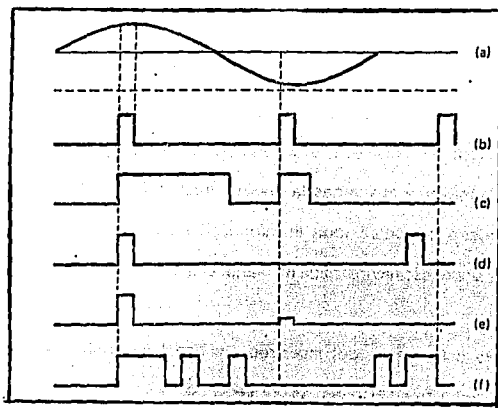


Figura 1.1.3-1. Modulación de pulsos: (a) señal analógica; (b) pulso muestreado; (c) PWM; (d) PPM; (e) PAM; (f) PCM.

## MODULACION POR CODIGO DE PULSO

La Modulación por código de pulso (PCM) es la única de las técnicas de modulación de pulsos previamente mencionadas que es un sistema de transmisión digital. Con PCM, los pulsos son de longitud y amplitud fija. PCM es un sistema binario; un pulso o falta de pulso dentro de una ranura de tiempo preestablecida, representa una condición lógica 1 ó 0. Con PWM, PPM ó PAM, un pulso no representa un dígito binario (bit).

La modulación por código de pulso, es un método de modulación en el cual una onda analógica continua es transmitida en su forma digital equivalente. La base de la explicación del funcionamiento de PCM es el teorema de muestreo de Nyquist :

" Si una señal limitada en banda es muestreada en intervalos regulares de tiempo, y en un rango igual o mayor a dos veces la máxima frecuencia significativa de la señal, entonces, la muestra contendrá toda la información de la señal original. La señal original entonces podrá ser reconstruida mediante el uso de un filtro pasobajas "

Como un ejemplo del teorema del muestreo, un canal nominal de 4-kHz debe ser muestreado aun rango de 8000 muestras por segundo.

Para generar una señal PCM de una o varias señales digitales, tres pasos del proceso son requeridos : muestreo, cuantización y codificación. El resultado es una señal binaria serial ó serie de bits, la cual puede o no, ser aplicada a la línea sin pasos

adicionales de modulación. Una de las mayores ventajas de la transmisión digital es que las señales pueden ser regeneradas en puntos intermedios de enlaces involucrados en la transmisión.

La consecuencia de esta ventaja, es el gran ancho de banda requerido para PCM. Los sistemas comunes, en general requieren de 16 veces el ancho de banda de su contraparte analógica (Un canal analógico de voz de 4 kHz, requiere de 64 kHz cuando es transmitido por PCM), asumiendo un bit por Hz. La regeneración de una señal digital es simplificada y particularmente efectiva cuando la señal transmitida en línea es binaria, ya sea neutral, polar o bipolar.

La transmisión binaria tolera considerablemente niveles de ruido más altos, comparada con su contraparte analógica. Este hecho, además de la capacidad de regeneración, es un gran paso en ingeniería de transmisión. La regeneración que toma lugar en cada repetidor, por definición, recrea una nueva señal digital; por lo tanto el ruido no se va acumulando.

El rango de error es otro factor importante en el diseño de sistemas PCM. Si el rango de error en un sistema PCM puede ser mantenido de principio a fin en 1 error por cada  $10^5$  bits, la inteligibilidad no será afectada. Inclusive con un rango de error de 1 bit por cada  $10^3$  bits la inteligibilidad es bastante buena. Sin embargo cuando los errores exceden 1 bit en cada  $10^2$ , la inteligibilidad se pierde. Otro factor importante en la instalación del cableado en el diseño PCM es el "crosstalk", el cual puede provocar errores durante su funcionamiento. Esto es la generación de "crosstalk" de un sistema



PCM a otro. en el mismo sistema, desde el patrón transmisor al patrón receptor dentro del mismo cable.

En la figura 1.1.3-2 se muestra un diagrama a bloques simplificado de un sistema PCM de canal simple. El filtro pasobanda limita la señal analógica de entrada al rango estandar de frecuencia para voz de 300 a 3000 Hz. El circuito muestreador - retén, periódicamente muestrea la señal analógica y convierte estas muestras a una señal multinivel PAM. el convertidor analógico - digital (ADC) convierte los muestreos PAM a una serie binaria de datos para transmisión. El medio de transmisión es generalmente un par metálico de cables.

En el extremo receptor, el convertidor digital - analógico (DAC), transforma la serie binaria de datos a una señal PAM multinivel. El circuito muestreador - retén, junto con el filtro pasobajas, convierten la señal PAM a su forma análoga original. Un circuito digital que permite la codificación PCM, es llamado un codec (codificador/decodificador).

Con varias excepciones, los sistemas PCM prácticos involucran multiplexión por división de tiempo. El Muestreo en estos casos, no involucra un sólo canal, sino varios. En la práctica, un sistema muestrea 24 canales (muestreo multinivel) de voz en secuencia y otro muestrea 30 canales. El resultado del muestreo multinivel, como ya se mencionó, es un PAM. Una onda PAM simplificada se muestra en la figura 1.1.3-3, en

este caso una senoide simple. Un diagrama simplificado del proceso que deriva en una multiplexión de una onda PAM se muestra en la figura 1.1.3-4

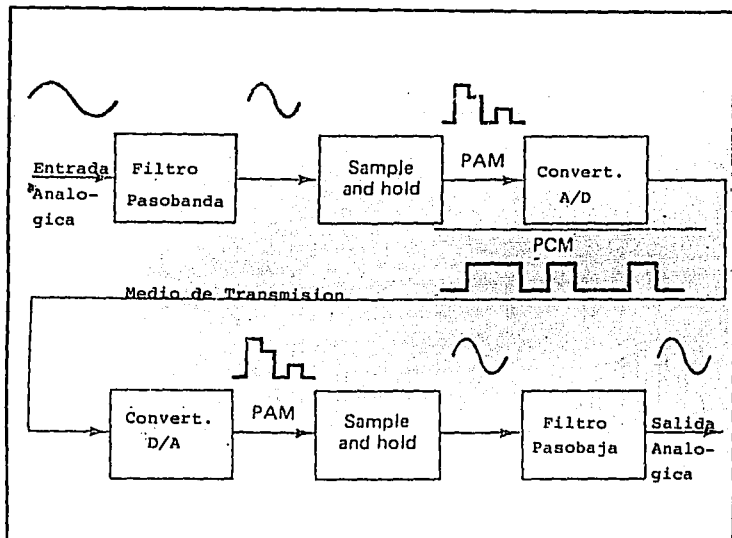
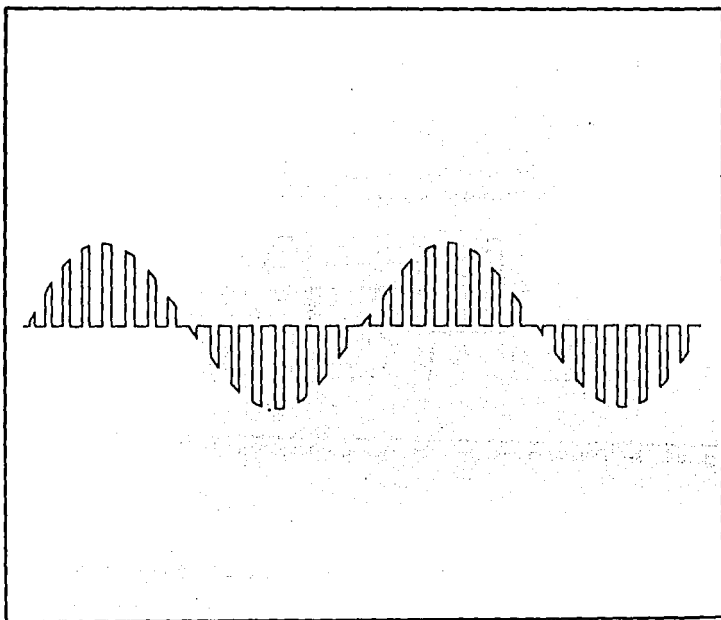


Figura 1.1.3-2. Diagrama a bloques simplificado de un sistema PCM

Si un canal de voz de 4 kHz nominal, debe ser muestreado a 8000 veces por segundo y un grupo de 24 de esos canales van a ser muestreados secuencialmente intercalados, formando una onda PAM multiplexada, esto puede ser hecho mediante compuertas. La compuerta debe estar abierta por  $5.2 \mu\text{s}$  ( $125 / 24$ ) para cada canal de

voz a ser muestreado sucesivamente de los canales 1 a 24. La secuencia se debe completar en un periodo de  $125 \mu\text{s}$  ( $1 \times 10^6 / 8000$ ). Este periodo de  $125 \mu\text{s}$  es conocido como **TRAMA**, y dentro de la trama, los 24 canales serán muestreados una vez sucesivamente.



**Figura 1.1.3-3.** Onda PAM como resultado del muestreo de una senoide simple.

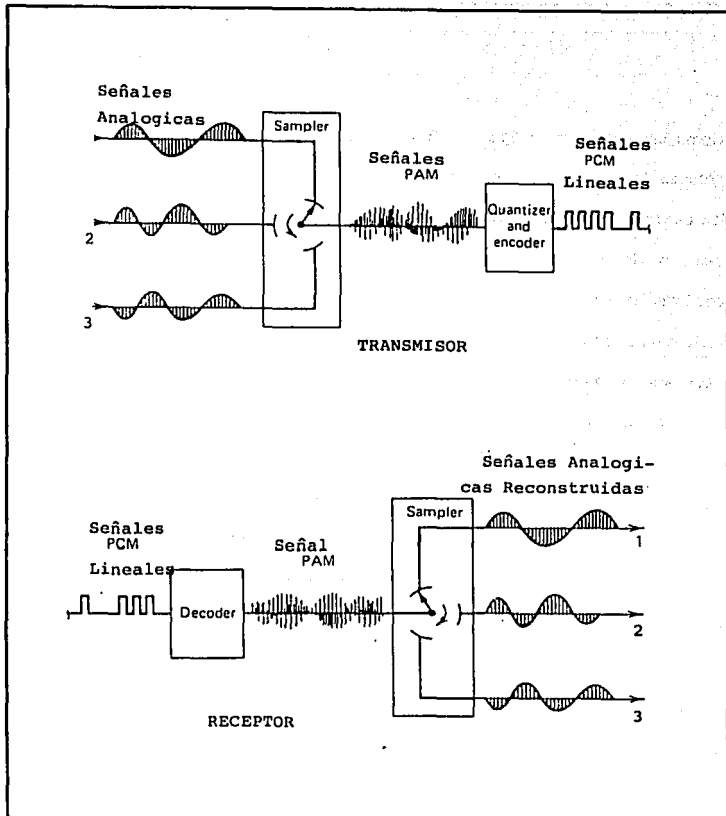


Figura 1.1.3-4. Analogía simplificada de la formación de una onda PAM.

## EL CONCEPTO DE TRAMA

Como se mostró en la figura I.1.3-4, la multiplexión PCM es llevada a cabo en el proceso de muestreo, fuentes muestreadas secuencialmente. Estas fuentes pueden ser los canales de voz nominales de 4 kHz u otras fuentes de información, posiblemente datos o vídeo. El resultado final del muestreo y su subsecuente cuantización y codificación, es una serie de pulsos, ó cadena de bits (1's y 0's) que requieren una indicación ó identificación del principio de la secuencia buscada. Esta identificación es necesaria en la parte final del receptor, para que este sepa exactamente cuando cada secuencia de muestreo empieza y termina, esto sincroniza a tiempo el receptor. Esta identificación es llevada por un bit de trama, y la secuencia completa ó ciclo de muestreo es llamado trama en la terminología PCM.

Consideremos la estructura de la trama de los dos sistemas de PCM implementados : el sistema Norteamericano DS1 y el sistema Europeo CEPT 30 + 2. El sistema Norteamericano DS1, es un sistema PCM de 24 canales, que utiliza 8 niveles de codificación. La señalización supervisora se encuentra " en banda ", donde el bit 8 de cada 6 tramas es " robado " por la señalización supervisora. El formato de señales DS1, se muestra en la figura I.1.3-5, tiene un bit sumado como un bit de trama llamado un bit "S". Por lo tanto la trama DS1 consiste de

$$(8 \times 24) + 1 = 193 \text{ bits}$$

haciendo con esto una secuencia de trama completa. Por definición 8000 tramas son transmitidas por segundo, por lo tanto el rango de bits es

$$193 \times 8000 = 1544000 \text{ bps } \text{ ó } 1.544 \text{ Mbps.}$$

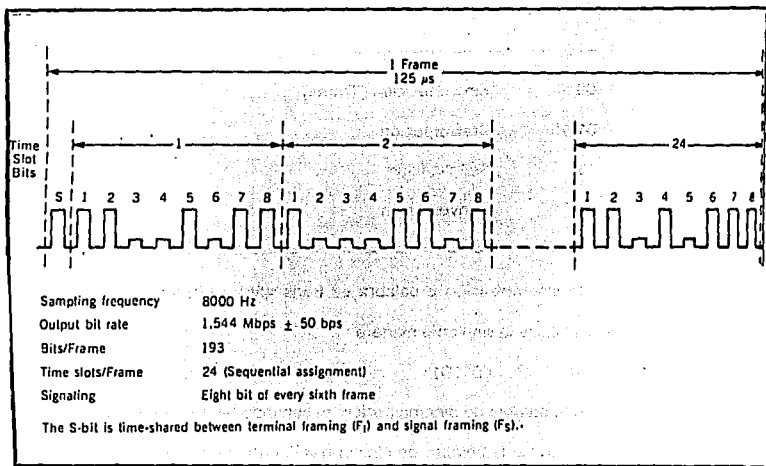


Figura 1.1.3-5. Formato de la señal DS1

Esta figura de trama se ve más claramente en la figura 1.1.3-6. El sistema CEPT (Conference Européene des Postes et Télécommunications) 30 + 2 , tiene una estructura de 32 canales, en donde 30 canales transmiten conversaciones provenientes de enlaces telefónicos, y los 2 canales restantes transmiten información de señalización y sincronización. Cada canal tiene asignado un slot de tiempo (TS), y podemos tabular TS 0 a 31 de la siguiente manera :

TS	Tipo de información
00	Sincronización (Trama)
01-15	Conversación
16	Señalización
17-31	Conversación

En TS 0 un código de sincronización ó palabra es transmitida cada segunda trama, ocupando del dígito 2 al 8, de la siguiente manera :

0011011

En aquellas tramas sin la palabra de sincronización, el segundo bit de TS 0 está fijo en 1, por lo cual en esas tramas, la palabra de sincronización no puede ser imitada. Los bits restantes del slot de tiempo 0, pueden ser usados para la transmisión de señales de información supervisora.

El proceso de trama y el tiempo básico, deben de ser distinguidos. El proceso de Trama, se asegura de que el receptor PCM está alineado con respecto al principio (y

final) de la secuencia de trama; El tiempo se refiere a la sincronización del reloj del receptor , especificando, que está a paso acompañándose (de principio a fin) con el reloj del transmisor. La coordinación con el receptor es corregida vía la transición entrante de marca a espacio (y de espacio a marca). Es importante por lo tanto, que no se lleguen a dar periodos largos de no transición.

## **CODIGOS PCM**

Con PCM, la señal analógica de entrada es muestreada, y enseguida convertida a un código binario serial. El código binario es transmitido al receptor, dónde es convertido nuevamente a la forma analógica original. Los códigos binarios usados por PCM, son códigos de n-bits, en donde n puede ser cualquier número positivo mayor a 1. los códigos actualmente usados por PCM, son códigos de magnitud-signo, en dónde el bit más significativo (MSB), es el que indica el signo y los bits restantes son usados para magnitud. La tabla 1.3.1 muestra un código de n-bits, dónde  $n = 3$  . El bit más significativo es usado para representar el signo de la muestra (lógica 1 = positivo y lógica 0 = negativo). Los 2 bits restantes representan la magnitud. Con magnitud de 2 bits, existen cuatro posibles códigos para números positivos y cuatro para negativos. Consecuentemente hay un total de 8 posibles códigos ( $2^3 = 8$ ).



Signo	Magnitud		Level	Decimal
1	1	1		+3
1	1	0		+2
1	0	1		+1
1	0	0		+0
0	0	0		
0	0	1		-1
0	1	0		-2
0	1	1		-3

Tabla 1.3.1 Código PCM de 3 bits.

### CODIGO BINARIO DE DOBLEZ (FOLDED)

El código binario PCM mostrado en la tabla 1.3.1 es conocido como código binario de doblez. A excepción del bit de signo, los códigos de la mitad baja de la tabla, son imagen espejo de los códigos en la parte alta (Si los códigos negativos fuesen doblados hacia la parte alta de los códigos positivos, estos coincidirían perfectamente). También con doblez binario existen 2 códigos asignados a cero volts : 100 (+0) y 000 (-

0). Si la magnitud de una muestra excede el máximo intervalo de cuantización, una distorsión por sobrecarga (también llamada límite pico) ocurre. Asignar códigos PCM a magnitudes absolutas es conocido como cuantizar. La magnitud mínima del escalón es llamada resolución, que es igual en magnitud al voltaje del bit menos significativo ( la magnitud mínima del escalón del DAC). La resolución es el mínimo voltaje, sin incluir cero volts, que puede ser decodificado por DAC en el receptor.

La figura 1.1.3-7 muestra una señal de entrada digital, el pulso muestreado, la correspondiente señal PAM y el código PCM. La señal analógica es muestreada 3 veces. La primera muestra ocurre en el tiempo  $t_1$ , cuando el voltaje analógico es +2 V. El código PCM que corresponde a la muestra 1 es 110. La segunda muestra ocurre en el tiempo  $t_2$ , cuando el voltaje analógico es de -1 V. Su correspondiente código PCM es 001. Para determinar el código PCM para una muestra en particular, simplemente es dividido el voltaje de la muestra entre la resolución, se convierte a un código binario de  $n$ -bits y se suma el bit de signo a esta.

La muestra 3 ocurren en  $t_3$ . El voltaje en ese momento es +2.6 V. El código PCM para +2.6 V es  $2.6/1 = 2.6$ . Como podemos ver no existe código para esta magnitud. Si es usado un ADC de aproximaciones sucesivas, la magnitud de la muestra es redondeada al código válido más cercano (111 ó +3 V para este ejemplo). Esto genera un error, cuando el código es convertido a su forma original analógica por el DAC en el receptor. Este error es llamado error de cuantización ( $Q_e$ ). El error de cuantización es equivalente a sumar ruido, pues altera la amplitud de la señal. Como el ruido, el error de cuantización se puede sumar o restar a la señal actual. Consecuentemente, el error

de cuantización es también llamado ruido de cuantización ( $Q_n$ ) y su magnitud máxima es la mitad del voltaje del escalón.

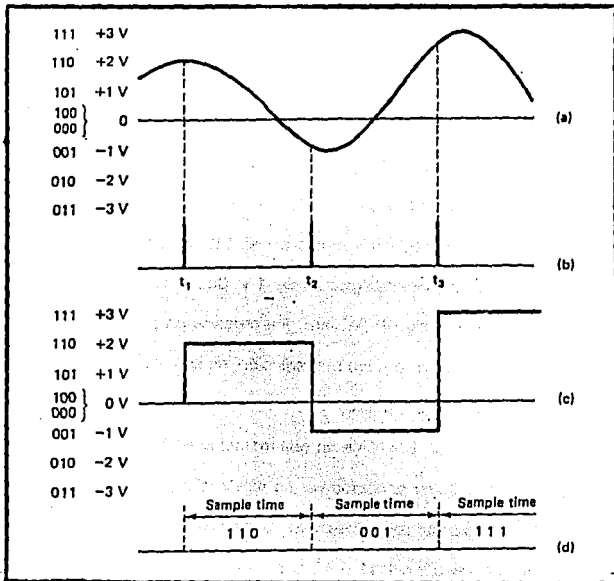


Figura I.1.3-7. (a) Señal analógica de entrada; (b) Pulso de muestreo; (c) señal PAM; (d) código PCM.

## **RANGO DINAMICO**

El número de bits PCM transmitidos por muestra, es determinado por diferentes variables, las cuales incluyen la máxima amplitud de entrada permitida, resolución y rango dinámico.

El Rango Dinámico (DR) es la proporción de la magnitud mas grande posible a la menor magnitud posible que puede ser decodificada por el DAC. Matematicamente el rango dinámico es :

$$DR = V_{max} / V_{min}$$

dónde  $V_{min}$  es igual a la resolución y  $V_{max}$  es el voltaje máximo que puede ser decodificado por el DAC. Por lo que :

$$DR = V_{max} / \text{resolución}$$

Resulta común el representar el rango dinámico en decibeles, por lo que :

$$DR = 20 \log ( V_{max} / V_{min} )$$

Por lo que el rango dinámico es independiente de la resolución dada para un código PCM. El número de bits usados para un código PCM depende del rango dinámico. Con código PCM de 2 bits, la magnitud mínima decodificable tiene un código binario de 01, la máxima magnitud es 11. Debido a que el mínimo código binario es siempre 1, el rango dinámico es simplemente el máximo número binario para el sistema. Consecuentemente, para determinar el número de bits requerido por un código PCM, se usa la siguiente relación matemática :

$$2^{n-1} \geq DR$$

y para un mínimo valor de n

$$2^{n-1} = DR$$

dónde :            n = número de bits PCM excluyendo el bit de signo.

DR = valor absoluto de DR

## **EFICIENCIA DE CODIFICACION**

La eficiencia de codificación es una indicación numérica de que tan eficientemente un código PCM es utilizado. La eficiencia de codificación es la proporción del número

mínimo de bits requeridos para conseguir cierto rango dinámico del número actual de bits PCM usados. Matemáticamente la eficiencia de codificación es

$$\text{eficiencia de codificación} = (\text{mín. número de bits} / \text{número actual de bits}) \times 100 \%$$

### **PROPORCION DE RUIDO DE LA SEÑAL A CUANTIZAR (SQR)**

La siguiente expresión para el cálculo del sqr es para voltaje y considera el máximo error de cuantización y una señal analógica de amplitud constante; por lo que, es de poco uso práctico y se muestra sólo para propósitos de comparación. En realidad y como se muestra en la figura I.1.3-7, la diferencia entre la onda PAM y la onda de entrada analógica varían en magnitud. Por lo que la proporción de ruido de la señal a cuantizar no es constante. Generalmente el error de cuantización ó distorsión causado por digitalizar una muestra analógica, es expresado como un promedio de señal a potencia promedio a proporción de potencia de ruido. Para códigos PCM lineales, el sqr se determina de la siguiente manera :

$$\text{SQR (dB)} = 10 \log \left( \frac{V^{2/R}}{(q^{2/12})/R} \right)$$

dónde :

R = Resistencia

$v$  = Voltaje rms de la señal

$q$  = intervalo de cuantización

$V^{2/R}$  = potencia de la señal rms

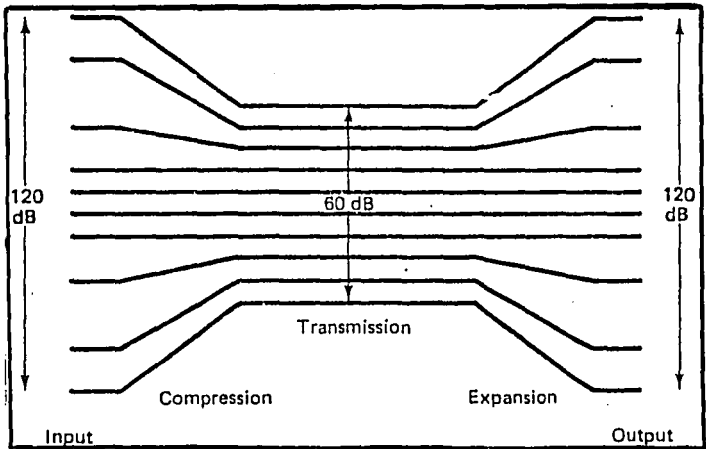
$q^{2/12}/R$  = Ruido promedio de cuantización de potencia rms

Si se considera que las resistencias son iguales :

$$SQR \text{ (dB)} = 10.8 + 20 \log (V/q)$$

## COMPANSION

La compansión es el proceso de comprimir y luego expandir. Con sistemas de compansión, la mayor amplitud de la señal es compresada (amplificada menos que la mínima amplitud de la señal) antes de ser transmitida, y luego expandida (amplificada más que la mínima amplitud de la señal) en el receptor. La figura I.1.3-8 ilustra el proceso de compansión. Una señal de entrada con un rango dinámico de 120 dB, es comprimida a 60 dB para transmisión, y luego expandida 120 dB en el receptor. Con PCM la compansión puede ser llevada a cabo con técnicas analógicas o digitales



**Figura 1.1.3-8.** Proceso básico de compansión.

## COMPANSION ANALOGICA

Históricamente, la compresión analógica fué implementada usando diodos diseñados especialmente que eran insertados en el camino de la señal analógica en el transmisor



PCM previo al circuito muestreador-retén. La expansión analógica fué también implementada con diodos que se encontraban justo después del filtro paso bajas del receptor. En la figura 1.1.3-9 se muestra el proceso básico de compansión analógica. En el transmisor la señal analógica es comprimida, muestreada y luego convertida a un código lineal PCM. En el receptor, el código PCM es convertido a una señal PAM, filtrada, expandida de regreso a sus características originales de amplitud de entrada. Diferentes señales de distribución requieren diferentes características de compansión. Existen 2 métodos de compansión analógica usados actualmente que se acercan a una función logarítmica y comúnmente son llamados códigos log-PCM. Estos son la ley  $\mu$  y ley A de compansión.

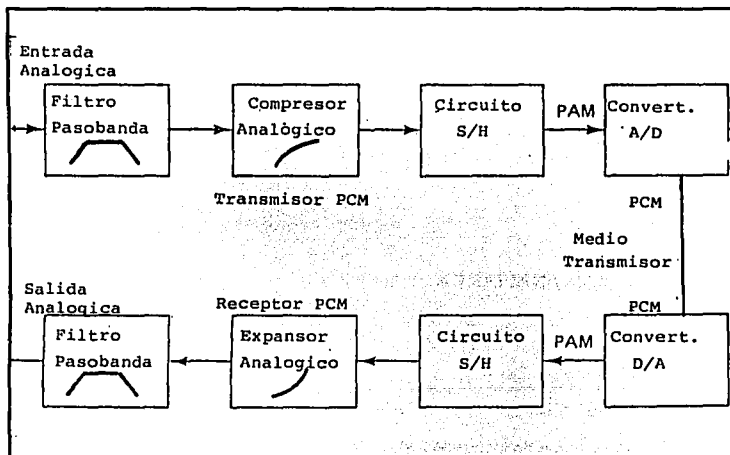


Figura 1.1.3-9. Sistema PCM de compansión analógica.

## LEY $\mu$ DE COMPANSION

En los Estados Unidos y Japón, la ley  $\mu$  de compansión es usada. Las características de compresión para la ley  $\mu$  son :

$$V_{out} = V_{min} \times \ln(1 + \mu V_{in} / V_{max}) / \ln(1 + \mu)$$

dónde :

$V_{max}$  = máxima amplitud analógica de entrada no comprimida

$V_{in}$  = amplitud de la señal de entrada en un instante particular de tiempo

$\mu$  = parámetro usado para definir la cantidad de compresión

$V_{out}$  = amplitud comprimida de salida.

La figura I.1.3-10 muestra la compresión de algunos valores de  $\mu$ . Nótese que entre más alto es el valor de  $\mu$ , hay mas compresión.

El parámetro  $\mu$  determina el rango de potencia de la señal en la cual el SQR es relativamente constante.

## LEY A DE COMPANSION

En Europa la CCITT a establecido que la ley A de compansión sea usada para aproximarse al logaritmo verdadero de compansión. Para un rango dinámico proyectado, la ley A de compansión tiene un ligeramente favorecido SQR que la ley  $\mu$ . Sin embargo la ley A es inferior a la ley  $\mu$ , en términos de calidad de pequeña señal. Las características de compresión de la ley A son :

$$V_{out} = V_{max} ((AV_{in}/V_{max}) / (1+\ln A)) \quad 0 \leq (V_{in}/V_{max}) \leq 1/A$$

$$= V_{max} (1+\ln(AV_{in}/V_{max})) / (1+\ln A) \quad 1/A \leq (V_{in}/V_{max}) \leq 1$$

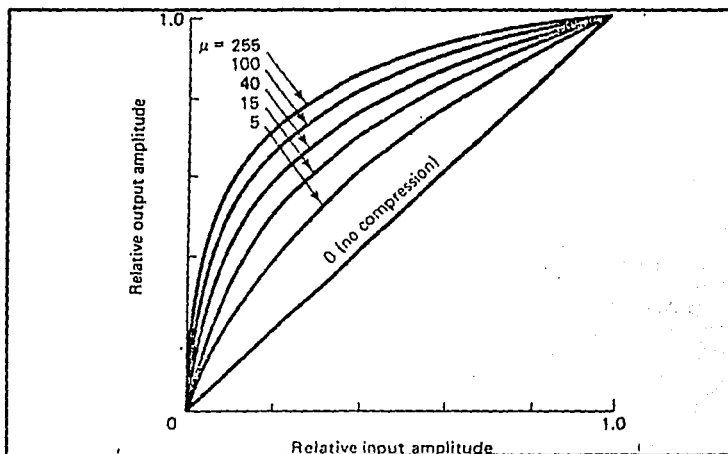


Figura I.1.3-10. Características de la ley  $\mu$  de compresión.

## COMPANSION DIGITAL

La compansión digital se compone de la compresión al final del transmisor, después de que la entrada muestreada ha sido convertida a un código lineal PCM, y la expansión en el final del receptor antes de la decodificación PCM. La figura I.1.3-11 muestra el diagrama a bloques de un sistema de compansión digital PCM.

Con la compansión digital, la señal analógica, es primeramente muestreada y convertida a un código lineal, y enseguida comprimida digitalmente. En el extremo receptor, el código PCM comprimido, es recibido, expandido y decodificado. Los sistemas más recientes de compresión digital PCM, utilizan un código lineal de 12 bits y un código de compresión de 8 bits. Este proceso de compansión, aproximadamente re-ensambla una curva analógica de compresión con  $\mu = 250$ , aproximándose a la curva por 8 segmentos de línea recta (segmentos 0 a 7). La inclinación de cada segmento sucesivo es exactamente la mitad del segmento previo. La figura I.1.3-12 muestra la curva para compresión digital de 12 a 8 bits para valores positivos. La curva para valores negativos es idéntica solo que en sentido inverso. Aunque hay 16 segmentos (8 positivos y 8 negativos), este esquema es llamado comúnmente compresión de 13 segmentos. Esto es debido a que la curva para los segmentos +0, +1, -0 y -1, es una línea recta con inclinación constante y comúnmente considerada como un solo segmento.

El algoritmo de compansión digital para un código de compresión de 12 a 8 bits es realmente muy simple. El código comprimido de 8 bits, consta de un bit de signo, un segmento identificador de 3 bits y un código de magnitud de 4 bits, el cual identifica el intervalo de cuantización dentro del segmento específico (ver figura I.1.3-13).

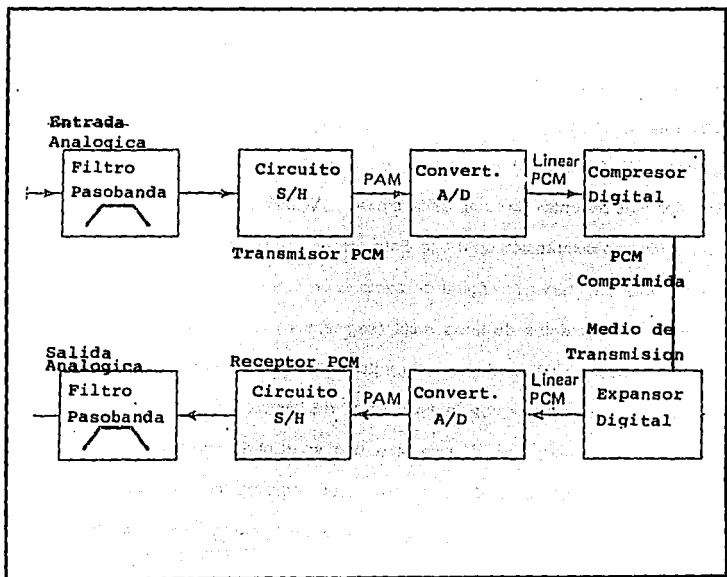


Figura I.1.3-11. Sistema de compansión digital PCM

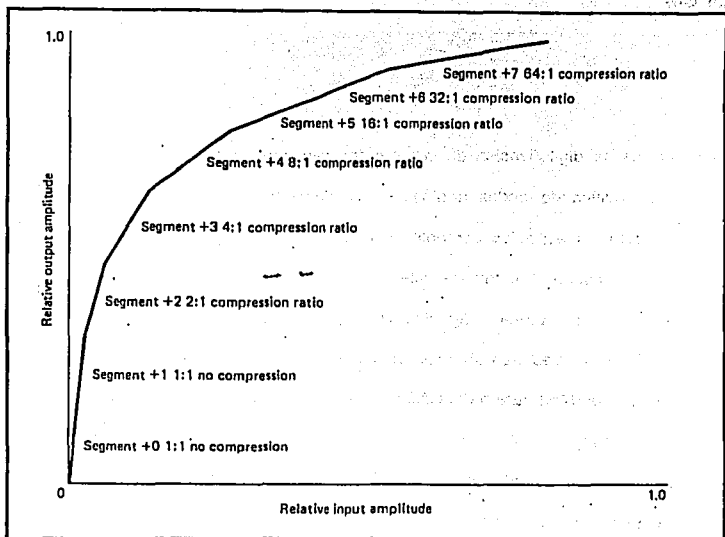


Figura I.1.3-12. Características de compresión  $\mu 255$

Sign bit 1 = + 0 = -	3-Bit segment identifier  000 to 111	4-Bit quantization interval A B C D 0000 to 1111
----------------------------	--	--

Figura I.1.3-13. Código de formato de compresión de 8 bits  $\mu 255$ .

## **DPCM**

Las técnicas de digitalización de voz pueden dividirse en dos categorías: Las que digitalizan codificando ondas analógicas tan fielmente como se pueda y las que procesan solo los aspectos perceptibles más significantes en la conversación y el proceso de escucha. La primera categoría representa en problema general de la conversión analógica-digital y digital-analógica y no está restringida a la digitalización de la conferencia. Las tres técnicas utilizadas más comúnmente para codificar las ondas de voz son Modulación del Código de Pulsos (PCM), diferencial PCM (DPCM) y Modulación Delta (DM). A excepción de casos especiales, la telefonía digital utiliza éstas técnicas. Así cuando se estudian las técnicas de codificación digital de voz estamos, de hecho, investigando el dominio más general de la conversión analógica-digital.

La segunda categoría de digitalización de voz se relaciona primeramente con la producción de codificadores y decodificadores, con una tasa de datos muy baja para sistemas de transmisión de banda muy angosta o dispositivos de almacenamiento con capacidad limitada. El dispositivo para ésta clase especial de técnicas es normalmente referido como "VOCODER" (Codificador de Voz).

Aún cuando es capaz de producir una conversación inteligente, las técnicas del vocoder producen un sonido sintético no natural en la conversación. Es así que la baja tasa de datos del vocoder no proporciona la calidad adecuada para la telefonía en general.

El DPCM está orientado especialmente para tomar ventaja de las redundancias entre muestra y muestra en una onda de conversación típica. Puesto que el rango de las diferencias de las muestras es menor que el rango de las muestras individuales, algunos bits son necesarios para codificar las diferencias de las muestras. La proporción del muestreo es normalmente el mismo que para un sistema comparable PCM. Por ello el filtro supresor de banda en el codificador y el filtro de ruido en el decodificador son básicamente idénticos a los usados en sistemas PCM convencionales.

Conceptualmente la generación de las diferencias en las muestras para el codificador DPCM es para almacenar la entrada de la muestra anterior directamente en un circuito Sample-and-Hold y utilizar un substractor análogo para medir el cambio. Después el cambio en la señal es cuantificado y codificado para su transmisión.



La estructura DPCM que se muestra en la figura I.1.3-14 es más complicada, ya que, el valor de entrada anterior es reconstruido en un loop de retroalimentación que codifica las diferencias de la muestra.

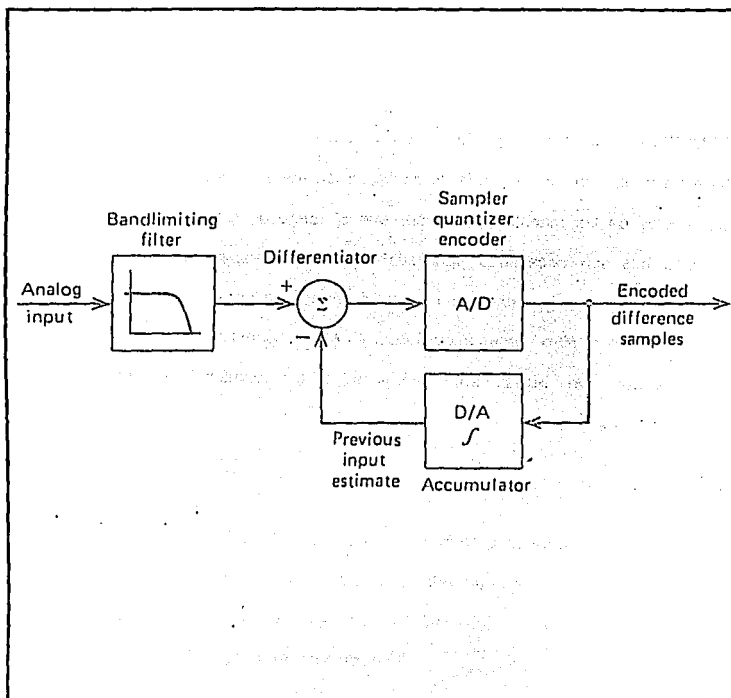


Figura I.1.3-14. Diagrama de bloques funcional del PCM Diferencial.

En esencia, la señal de retroalimentación es un estimado de la señal de entrada que se obtiene de la integración de la diferencia de la señal codificada. Por eso la señal de retroalimentación se obtiene de la misma forma en que se reconstruye la onda en el decodificador..

La ventaja en la implementación de la retroalimentación es que los errores de cuantificación no se acumulan indefinidamente. Si la señal de retroalimentación difiere de la señal de entrada, como resultado de la acumulación de errores de cuantificación, la próxima codificación de la diferencia en la señal automáticamente compensa la diferencia. En un sistema sin retroalimentación la salida producida por el decodificador en el otro extremo de la conexión acumulará los errores de cuantificación sin límite.

Como en los sistemas PCM, el proceso de conversión analógica-digital puede ser uniforme o compuesta. Algunos sistemas DPCM también utilizan técnicas de adaptación para ajustar el tamaño del paso de cuantificación de acuerdo con el nivel promedio de la potencia en la señal.

## IMPLEMENTACION

Los codificadores y decodificadores del PCM diferencial pueden ser implementados en una variedad de formas dependiendo de cómo serán repartidas las funciones de procesamiento de la señal entre los circuitos analógicos y digitales. En un extremo las funciones de diferenciación e integración pueden ser implementados con circuitos analógicos, mientras que el otro extremo todos los procesos pueden ser digitales utilizando muestras convencionales del PCM como entrada. La figura I.1.3-15 muestra un diagrama de bloques de tres implementaciones diferentes con diferente cantidad de procesos digitales de la señal.

La figura I.1.3-15a detalla un sistema que utiliza diferenciación e integración analógica. La conversión analógica-digital es ejecutada en la diferenciación de la señal, y la conversión digital-analógica para el loop de retroalimentación es ejecutada inmediatamente en el rango límite de la codificación de la diferencia. La sumatoria analógica y el almacenamiento en el circuito Sample-and-Hold se utiliza para proveer la integración.

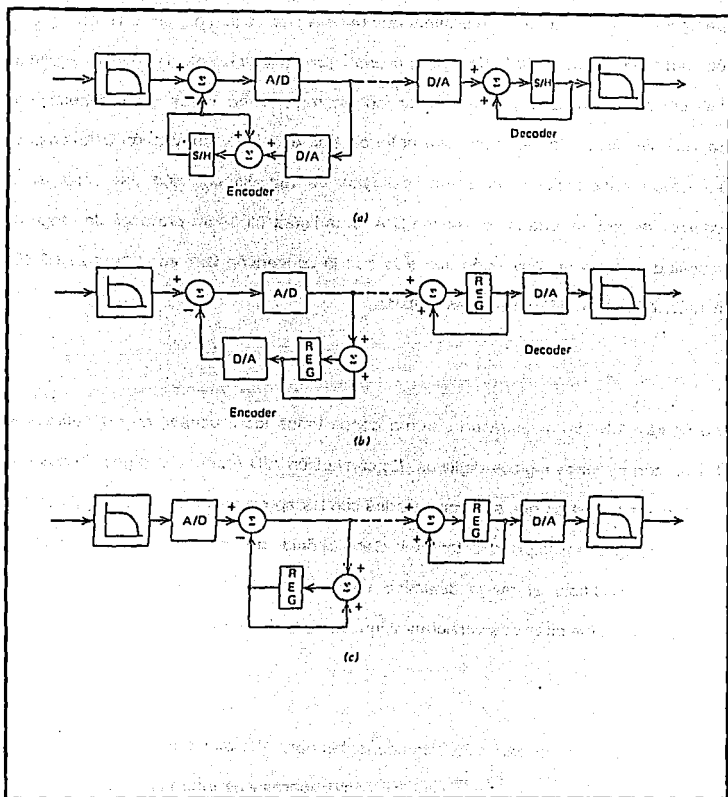


Figura 1.1.3-15. Implementaciones DPCM. (a) Integración analógica.

(b) Integración Digital. (c) Diferenciación digital.

La figura I.1.3-15b muestra un sistema que hace la integración digitalmente en lugar de convertir inmediatamente la diferencia a analógico para la retroalimentación, el código diferencial es sumado y almacenado en un registro de datos para generar una representación digital de la muestra anterior. Una escala de conversión D/A completa es usada para producir la señal analógica de retroalimentación para obtener la diferencial. Nótese que la conversión D/A en la figura I.1.3-15b proveerá un rango de amplitud total en la conversión mientras que la conversión D/A en la figura I.1.3-15a convierte la señal diferencial más limitada.

La figura I.1.3-15c muestra un sistema donde todos los procesos en las señales se hacen con circuitos lógicos digitales. La conversión A/D produce códigos de amplitud total en las muestras que son comparadas con las aproximaciones digitales generadas de los códigos de amplitud anteriores. Cabe señalar que en este caso el convertidor A/D debe codificar el rango dinámico completo de la entrada mientras que ésta conversión en las otras dos versiones operan solo en la señal diferencial.

Debido a la disponibilidad de los componentes para el proceso de digitalización de la señal, algunos de los cuales contienen convertidores A/D internos, el proceso digital (figura I.1.3-15c) es generalmente la manera más eficiente de aplicar el algoritmo DPCM. De hecho, muchas aplicaciones DPCM involucran procesos de las señales en

la conversación que ya han sido digitalizados dentro del formato estándar de PCM a 64 kbps.

Por esto la implementación de DPCM requiere procesos no analógicos como una ayuda en el proceso de señales lógicas PCM, algunos componentes DSP proporcionan funciones de conversión  $\mu$ -law y A-law.

Los decodificadores mostrados en las tres figuras son exactamente iguales como el la retroalimentación del codificador correspondiente. Esto reafirma el hecho de que la retroalimentación genera una aproximación de la señal de entrada. Si no hay errores en el canal, la salida en el decodificador es idéntica a la señal de retroalimentación.

## **PREDICION DE ORDEN MAYOR**

Un punto de vista más general del codificador DPCM lo considera un caso especial de la predicción lineal con la codificación y transmisión de errores en la predicción. La señal de retroalimentación del sistema DPCM representa el primer orden de predicción del siguiente valor de la muestra y la diferencia de la muestra es el error de predicción. Bajo éste punto de vista el concepto de DPCM puede extenderse para incorporar más de un valor de muestra pasado dentro del circuitería de predicción. Por ello la redundancia adicional que se tiene en la muestras anteriores pueden ser pesadas y sumadas para producir un mejor estimado de muestra siguiente. Con un estimado

mejor, el rango de error en la predicción disminuye para permitir una codificación con menos bits. Para los sistemas con coeficientes de predicción constantes, los resultados han mostrado grandes mejoras en relación de cuando se utilizan solo las tres últimas muestras.

La implementación básica de la predicción lineal utilizando las tres últimas muestras se muestra en la figura I.13-16 para propósitos conceptuales ésta implementación muestra una diferenciación e integración analógica como en la figura I.1.3-15a. La implementación más efectiva utiliza memoria digital, multiplicación, y adición en un componente DSP en lugar de procesos analógicos, particularmente porque muchas aplicaciones involucran señales PCM ya digitalizadas.

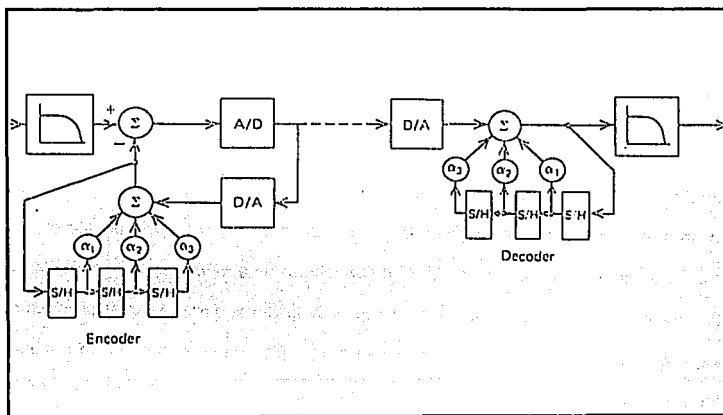


Figura I.1.3-16. Extensión al tercer orden de predicción del DPCM.

Como ya hemos mencionado el análisis del sistema diferencial PCM con predicción de primer orden normalmente nos provee una reducción de 1 bit en la longitud de la codificación por muestra con respecto a los sistemas PCM con un performance equivalente. Los sistemas DPCM extendidos que utilizan predicción de tercer orden pueden proveernos de reducciones de  $1 \frac{1}{2}$  hasta 2 bits por muestra. Por esto un sistema estándar DPCM puede proveer mas calidad que el PCM de 64 kbps con solo 56 kbps, y una predicción lineal de tercer orden puede darnos una calidad comparable con 48 kbps. De cualquier forma, evaluaciones subjetivas seguidas indican que se necesitan tasas más altas para poder igualar la calidad del PCM a 64 Kbps.

## **ADPCM**

Relativamente una implementación sencilla del DPCM puede ahorrar de 1 a 2 bits por muestra con respecto a la codificación PCM estándar. Eventualmente se pueden obtener grandes ahorros agregando una adaptación lógica al algoritmo básico del DPCM para crear lo que se conoce como DIFERENCIAL ADAPTADO DE PCM (ADPCM).



Muchas formas de ADPCM han sido estudiadas y utilizadas en muchas aplicaciones. Dos de las aplicaciones predominantes son el envío de voz y el equipamiento DCM para incrementar el número de canales de voz en una línea T1. Con respecto a las aplicaciones posteriores CCITT ha establecido un estándar para ADPCM de 32-kbps (Recomendación G.721).

Este algoritmo ha sido probado exhaustivamente y se caracteriza por no degradar significativamente la calidad de voz en los circuitos cuando se inserta en una porción de la red.

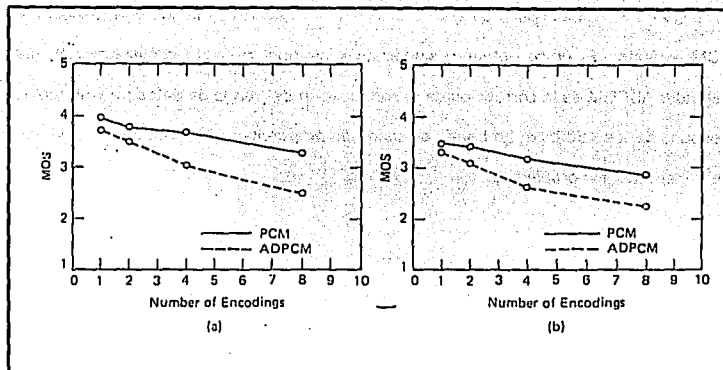
Las consideraciones de diseño de éste estándar son:

- 1.- La codificación y decodificación múltiple en fila entre PCM e interfaces analógicas.
- 2.- La calidad en la señalización entre terminales para voz.
- 3.- El efecto de los errores aleatorios y desconexiones en los canales.
- 4.- El funcionamiento en señales análogas degradadas por pérdida, ruido, distorsión en la amplitud, distorsión de fase y distorsión de armonía.
- 5.- La fácil codificación con PCM  $\mu$ -law y A-law.

El rango de 32-kbps implica un ahorro de 2 a 1 en el ancho de banda con respecto al PCM estándar. El único deterioro significativo introducido por la implementación del estándar ADPCM es la corrupción de la señalización del rango de datos transportables después de los 4800bps. La banda de datos en proporciones de 4800bps e inferiores se transportan sin problemas.

El algoritmo ADPCM es conceptualmente similar al que se muestra en la figura I.1.3-16, pero más sofisticado en su uso y en la predicción de octavo orden, adaptación cuantitativa y predicción adaptada. Además, el algoritmo está capacitado para reconocer la diferencia entre señales de voz y señales de datos para utilizar el modo de adaptación rápido o lento, respectivamente.

Una evaluación subjetiva del algoritmo utilizando la opción principal del método de marcación (MOS por sus siglas en Inglés) de la evaluación de la calidad de la conferencia se muestra en la figura I.1.3-17.



**Figura 1.1.3-17. MOS promedio VS. número de codificaciones para PCM y ADPCM a) micrófono lineal, b) Micrófono de carbón.**

El método MOS utiliza una serie de escuchas para evaluar la calidad de la conferencia en escala de 1 a 5.

La figura 1.1.3-17 muestra la marca promedio del ADPCM de 32-kbps y PCM 64-kbps en función del número de codificaciones análogas en serie. La calidad de la conferencia asociada con las múltiples codificaciones digitales (de y a PCM) no degradan más allá de la primera codificación que puede ser tan larga como no existan deterioros en la transmisión digital como errores en el canal o errores leves.

## **ADAPTACION DE CODIGO PREVENTIVO.**

El sistema diferencial ADPCM opera con una tasa de datos inferior al sistema PCM porque codifican diferentes señales que tienen menos potencia promedio que la señal de entrada pura. La proporción de potencia de la señal de entrada a la potencia de las diferentes señales es conocida como ganancia de predicción. Los sistemas DPCM simples (predictores de primer orden) proporcionan cerca de 5 db de ganancia en la predicción.

ADPCM proporciona mayores niveles de ganancia en la predicción dependiendo de la sofisticación de la adaptación lógica y del número de muestras que deben pasar para predecir la siguiente muestra. La ganancia en la predicción de ADPCM es finalmente limitada por el hecho de que solo un par de muestras de paso son utilizadas para predecir la entrada y que la adaptación lógica solo adapta el cuantificador no a los coeficientes importantes de predicción (los  $\alpha$ 's en la figura 1.1.3-16).

## **I.1.4 VENTAJAS DE LA COMUNICACION DIGITAL**

### **TRANSMISION DIGITAL CONTRA TRANSMISION ANALOGICA.**

Hay tres notables ventajas de la transmisión digital que la hacen extremadamente atractiva para los sistemas de comunicaciones cuando se compara con su contraparte analógica. En términos generales, podemos decir que:

1. El ruido no hace necesarias consideraciones secundarias en el diseño del sistema, puesto que no se acumula en los repetidores; mientras que esta es una consideración de carácter primario en el diseño de sistemas analógicos.
2. El formato digital es por sí mismo ideal para la tecnología de estado sólido y en particular para los circuitos integrados.
3. Es inherentemente compatible con datos digitales, señalización y computadoras.

La mayor parte de la información que se transmite a través de una red es analógica por naturaleza, como la voz y el video. Si convertimos esas señales al formato digital podemos obtener todas las ventajas listadas anteriormente.

Existe una aparente ambigüedad proveniente de los dispositivos de entrada-salida. El micrófono de un teléfono genera señales eléctricas equivalentes a la voz actuando sobre el diafragma, y esta es una señal analógica por naturaleza. Por otra parte los teclados de telégrafos, las lectoras de cinta o las computadoras envían señales digitales (0's y 1's) a la línea. Para transmitir esta información a través de la red telefónica, la señal digital se convierte a una señal analógica compatible con las facilidades de esa red. Un modem realiza esa función.

El objetivo ahora es hacer el proceso inverso con la señal analógica de voz, esto es, convertirla a una señal digital que pueda ser transmitida eléctricamente. Hay dos diferentes métodos de modulación comunmente usados para hacer esto: modulación por codificación de pulsos (PCM por sus siglas en inglés), el cual es ampliamente utilizado para la transmisión en comunicaciones de portadora común, y modulación delta, la cual encuentra su aplicación en comunicaciones militares.

## **BASES DE LA MODULACION POR CODIFICACION DE PULSOS (PCM).**

La modulación por codificación de pulsos es un método de modulación en el cual una onda analógica continua se transmite en un modo digital equivalente. La

base fundamental que explica el funcionamiento de la PCM es el teorema del muestreo de Nyquist, el cual establece que:

"Si una señal de banda limitada se muestrea a intervalos regulares de tiempo y en un rango igual o mayor que el doble de la frecuencia más significativa de la señal, entonces el muestreo contiene toda la información de la señal original. La señal original puede entonces ser reconstruida mediante el uso de un filtro de paso-bajas".

Como un ejemplo del teorema de muestreo, diremos que un canal nominal de 4 kHz podrá ser muestreado en un rango de 8000 muestras por segundo.

Para desarrollar una señal de PCM de una o varias señales analógicas, se requiere de tres procesos: muestreo, cuantización y codificación. El resultado es una señal serial binaria o cadena de bits, la cual puede o no ser aplicada a la línea sin pasos adicionales de modulación. Una ventaja más de las transmisiones digitales es que las señales pueden ser regeneradas en puntos intermedios de la línea de transmisión. El precio de esta ventaja es el incremento del ancho de banda requerido por PCM. Estos sistemas en general requieren el uso de 16 veces el ancho de banda de su contraparte analógica ( por ejemplo, un canal analógico de voz de 4 kHz requiere  $16 \times 4$  ó 64 kHz cuando se transmite por PCM), asumiendo 1 bit por Hz. La regeneración de una señal digital es

simplificada y particularmente efectiva cuando la señal de línea transmitida es binaria, neutral, polar o bipolar. Un ejemplo de una cadena de bits bipolar se muestra en la figura I.1.4-1 mostrada en la siguiente página.

La transmisión binaria tolera niveles de ruido considerablemente altos, cuando se compara con su contraparte analógica. Este hecho, agregado a su capacidad de regeneración, le da una gran ventaja a su uso en los sistemas de transmisión. La regeneración que tiene lugar en cada repetidor por definición crea una nueva señal digital; por lo tanto el ruido, como lo conocemos, no es acumulativo

El rango de error es otro factor importante en el diseño de sistemas con PCM. Si el rango de error en un sistema PCM puede ser mantenido de principio a fin con 1 error en  $10^5$  bits, la legibilidad no se degradará. Si nos mantenemos con un rango de error de 1 bit en  $10^3$ , la legibilidad se considera buena. Pero cuando los errores exceden de 1 en  $10^2$ , la legibilidad se pierde. Otro factor importante en el diseño de las instalaciones de cableado para PCM es la interferencia, el cual puede degradar el rendimiento por error. Esta es interferencia inducida por un sistema PCM a otro o en el mismo sistema de la ruta de envío a la ruta de recepción dentro del mismo tendido de cable.



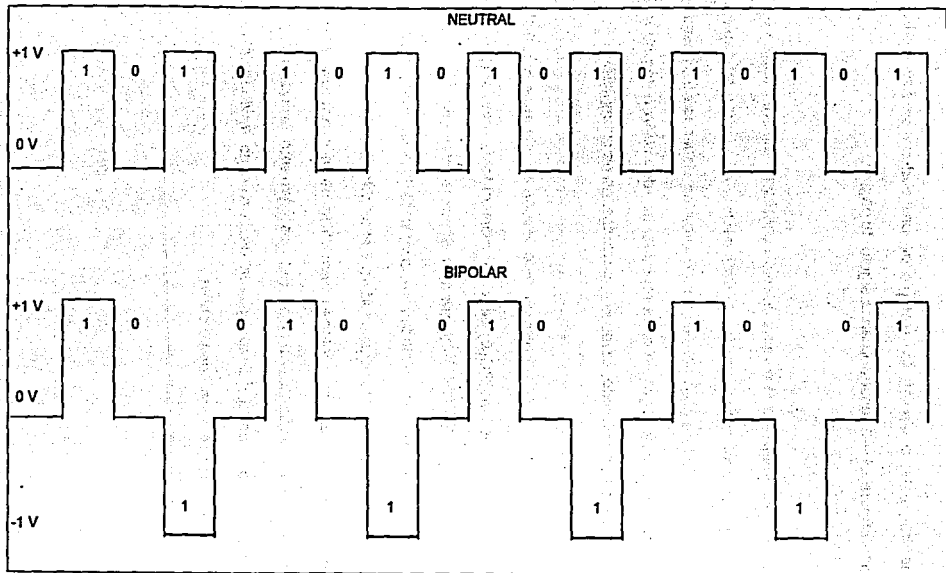
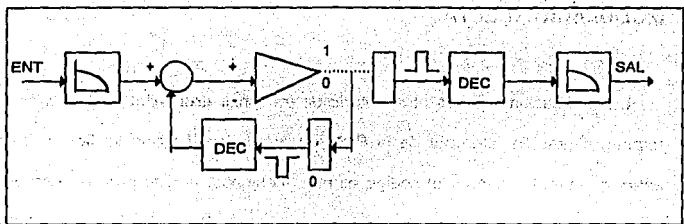


Figura I.1.4-1. Cadena de bits bipolar comparada con una cadena de bits neutral.

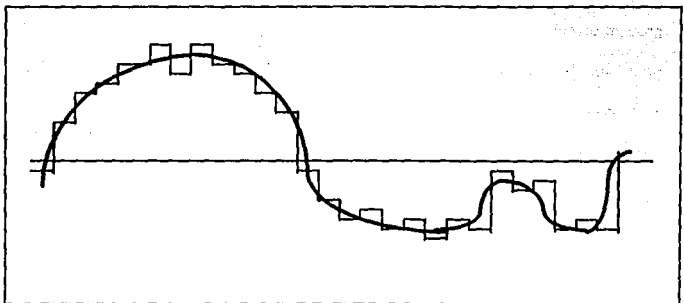
## **MODULACION DELTA.**

La modulación delta es otro método de transmitir una señal analógica en un formato digital. Es diferente de la PCM en que la codificación se lleva a cabo antes de la multiplexión y el código es más elemental, actualmente codifica sólo un bit a la vez. La modulación Delta explota la redundancia de la muestra-a-muestra típica de las formas de onda de voz o video.

El código de modulación Delta es un código de un elemento diferencial que provee un bit por muestra para cada diferente señal. Ese bit sencillo especifica la polaridad de esa diferente muestra; y a l mismo tiempo indica si esa señal se ha incrementado o decrementado desde la última muestra. Un diagrama a bloques funcional de un codificador/decodificador Delta se muestra en la figura I.1.4-2, y la figura I.1.4-3 muestra una forma de onda Delta típica superpuesta a una señal de audio senoidal.



**Figura I.1.4-2.** Diagrama a bloques funcional de un codificador/decodificador Delta.



**Figura I.1.4-3.** Ejemplo de una onda Delta codificada.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

## **RESUMEN DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TRANSMISION DIGITAL**

### **VENTAJAS.**

1. El ruido en el sistema es controlado por el diseño terminal (cuantización de ruido) y es esencialmente independiente de la longitud del sistema o de la distorsión o ruido en la línea. Lo anterior asumiendo que el total del sistema es digital.
2. El rendimiento de señal a distorsión del sistema se incrementa linealmente con el número de bits por muestra, dándonos una mayor eficiencia en la relación de ruido/ancho de banda que otras técnicas de expansión de ancho de banda, como la Modulación de Frecuencia.
3. Incrementa la velocidad de los dispositivos y permite el uso de circuitos comunes por varios canales, reduciendo el costo por canal de una terminal PCM.
4. Los sistemas digitales son insensibles a la carga de tráfico superior a su capacidad máxima. FDM es demasiado sensible a la carga de tráfico.
5. No hay una degradación apreciable en el proceso de multiplexión/demultiplexión.
6. La transmisión digital nos da la completa libertad de multiplexar datos digitales, voz, video, facsímil, etc. sobre el mismo medio; mientras la transmisión analógica no lo permite.

7. La señalización es digital. La señalización en los sistemas analógicos tiene que ser convertida a algo compatible, como un formato de tono o multitono. En los sistemas digitales sólo un bit tiene que cambiar de estado para supervisión y una secuencia de bits para direccionamiento.

## **DESVENTAJAS.**

1. Los errores de bit se acumulan a través de un sistema digital. Estos no son recuperables a menos de que se cuente con un sistema de recuperación de errores como el ARQ o el FEC, los cuales requieren de un ancho de banda adicional.

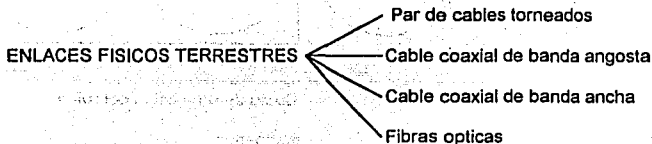
2. Los medios de transmisión digitales tienden a ser más caros que sus contrapartes digitales.

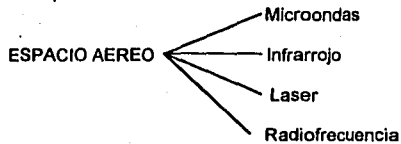
## **I.1.5 MEDIOS DE TRANSMISION**

El medio de transmisión es la facilidad física usada para interconectar juntas estaciones del usuario y dispositivos, para crear una red que transporte mensajes entre las mismas. La selección del medio físico a utilizar depende de:

- Tipo de ambiente donde se va a instalar
- Tipo de equipo a usar
- Tipo de aplicación y requerimientos
- Capacidad económica (relación costo/beneficio esperada)
- Oferta.

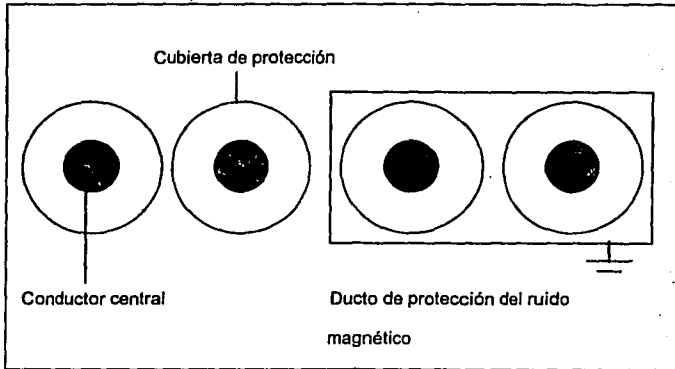
Dividiremos los medios físicos según sean terrestres o aéreos:





## PAR DE CABLES TORNEADOS.

Es el medio más común; usado también en PBX (Private Branch Exchange), centrales de conmutación de voz digital y datos. Las siguientes figuras nos muestran un corte transversal y la recomendación de instalación.



- A continuación se describen sus principales características:
- Un par puede transportar de 12 a 24 canales de voz.
  - Son válidos en cualquier topología.
  - Pueden transportar tanto señales digitales como analógicas.
  - Una red típica puede tener conectados con éste medio hasta 1000 dispositivos.
  - Alcance hasta 3 Km, dependiendo del producto.
  - Permiten trabajar en HDX o FDX.
  - Ancho de banda: hasta 1 Mbps. Puede considerarse bastante limitado.
  - Bajo costo.
  - Alta tasa de error a grandes velocidades.
  - Baja inmunidad al ruido, interferencia, etc.
  - Requiere protección especial: blindaje, ductos, etc.

## **LINEAS EXPUESTAS.**

Una clásica descripción de una red telefónica en el pasado era la de unos postes telefónicos con crucetas y aisladores de vidrio utilizados para soportar pares de hilos abiertos no aislados. Con excepción de los ambientes rurales, los hilos abiertos han sido reemplazados por sistemas multipares de cable o fibra. La principal ventaja de un par de hilos abiertos es su relativamente baja atenuación. La principal desventaja es que se deben mantener separados los hilos con



crucetas para prevenir un corto, y la necesidad de grandes cantidades de cobre. Como resultado de los problemas de mantenimiento y el bajo nivel de señal, los hilos abiertos en los ambientes rurales han sido remplazados por sistemas de cable usando amplificadores para reducir la atenuación en largas distancias.

### **CABLE MULTIPAR.**

En respuesta al alto costo de mantenimiento, los sistemas de cable multipar fueron introducidos a partir de 1883. En la actualidad un cable sencillo puede contener de 6 a 2700 pares de hilos. Cuando se usan postes telefónicos, un solo cable puede proveer todos los circuitos requeridos en la ruta, y elimina por lo tanto la necesidad de crucetas. La siguiente tabla lista los calibres más comunes de hilos que se encuentran en los sistemas de cable multipar.

**TABLA A. Calibre y resistencia de un cable multipar común.**

Calibre	Diámetro (pulg)	Resistencia ( $\Omega$ /1000 ft)
26	0.016	40.81
24	0.020	25.67
22	0.025	16.14
19	0.036	8.051

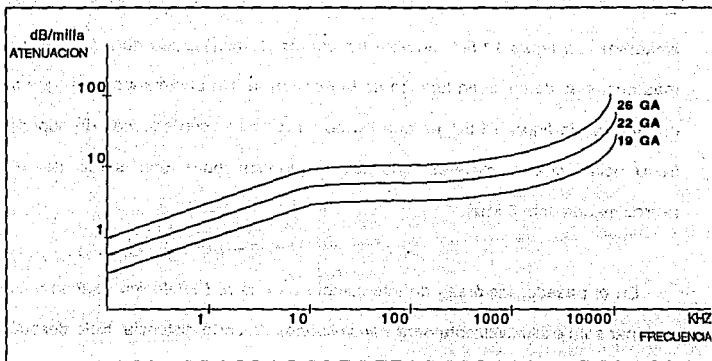


Figura 1.1.5-1.

Gráfica de atenuación contra frecuencia de tipos de cable multipar común.

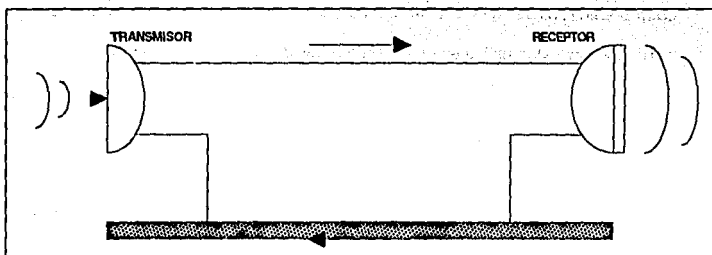


Figura 1.1.5-2.

Transmisión por hilo sencillo con tierra de retorno.

Los sistemas de bajo calibre son usados para largas distancias donde la atenuación de la señal y la resistencia a la corriente directa pueden ser factores limitantes. La figura I.1.5-1 muestra las curvas de atenuación para los calibres más comunes de cable en función de la frecuencia. Un punto importante que se observa en la figura I.1.5-1 es que los pares de cable son capaces de soportar frecuencias mucho mayores que las requeridas para una señal de voz (aproximadamente 3 kHz).

En el pasado, las áreas de intercambio de una red telefónica usaban cable multipar solo exclusivamente para transmisiones de corta distancia. Solo después de la introducción de técnicas de multiplexión, cada circuito de voz (troncal) fue transportado en un par de hilos separados. Debido a las dramáticas bajas en los costos electrónicos de los sistemas de transmisión, ahora se usa la multiplexión para llevar canales múltiples en un simple par de hilos o en una fibra.

## **DOS HILOS CONTRA CUATRO HILOS.**

Todas las líneas de transmisión con hilos en la red telefónica se basan en la transmisión a través de pares de hilos. Como se muestra en la figura I.1.5-2, la transmisión a través de un hilo sencillo (con una tierra de retorno) es posible y fue usada en el pasado. De cualquier manera el circuito resultante es demasiado

ruidoso para aceptar su calidad. Así que fué mejor usar un par balanceado de hilos, como se muestra en la figura I.1.5-3, para que la señal se propague como una diferencia de potencial entre ambos hilos. La corriente eléctrica producida por las diferentes señales que fluyen a través de los hilos en direcciones opuestas se conoce como "corriente metálica". En contraste, el ruido inducido o la interferencia se distribuye uniformemente en ambos hilos de un par y se propaga a través del mismo en una dirección. La corriente que se propaga en la misma dirección en ambos hilos es referida a un modo común o corriente longitudinal. La corriente longitudinal no se acopla a un circuito de salida a menos que haya un desbalanceo en los hilos que convierta algunas señales longitudinales (ruido o interferencia) en una diferencia de señal. Así el uso de un par de hilos por cada circuito nos dá una mayor calidad en el mismo que la transmisión por un solo hilo. Prácticamente todas las líneas a los abonados en una red telefónica se implementan con un par de hilos. Ese par es suficiente para la transmisión en ambas direcciones. Si los usuarios en ambos extremos de la conexión hablan simultáneamente, sus conversaciones serán superpuestas sobre el par de hilos y podrán ser escuchadas en ambos extremos. En contraste, las transmisiones por líneas de hilos a través de largas distancias, como entre oficinas conmutadas, usualmente involucran dos pares de hilos: uno para cada dirección. Las largas distancias de transmisión requieren amplificación e involucran procesos de multiplexión más frecuentemente. Estas operaciones son implementadas más fácilmente si las dos direcciones de transmisión son aisladas una de otra. Así, las

troncales interficinas que usan dos pares de hilos son llamados sistemas de cuatro hilos.

Algunas veces el ancho de banda de un par sencillo de hilos es separado en dos subbandas que son usadas para las dos direcciones de transmisión. Estos sistemas son conocidos como "sistemas derivados de cuatro hilos". De esta manera el término "cuatro hilos" implica canales separados para cada dirección de transmisión. Por ejemplo los sistemas de radio que necesariamente usan canales separados para cada dirección son conocidos como sistemas de cuatro hilos.

El uso de la transmisión de cuatro hilos tuvo un impacto directo en los sistemas conmutados de la red.

## **BOBINAS DE CARGA.**

Las curvas de atenuación mostradas en la figura 1.1.5-1 indican que las frecuencias más altas del espectro de voz (arriba de 3 kHz) experimentan más atenuación que las bajas frecuencias. Esta frecuencia depende de las distorsiones por atenuación en la señal de voz y es conocida como distorsión de amplitud. La amplitud de distorsión es más significativa en cables largos donde la diferencia de atenuación es más grande.

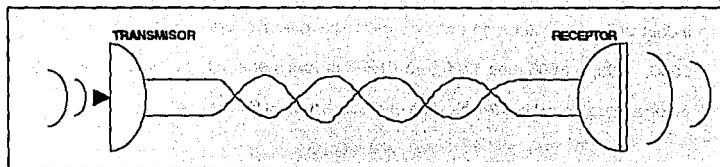


Figura 1.1.5-3. Transmisión por dos hilos.

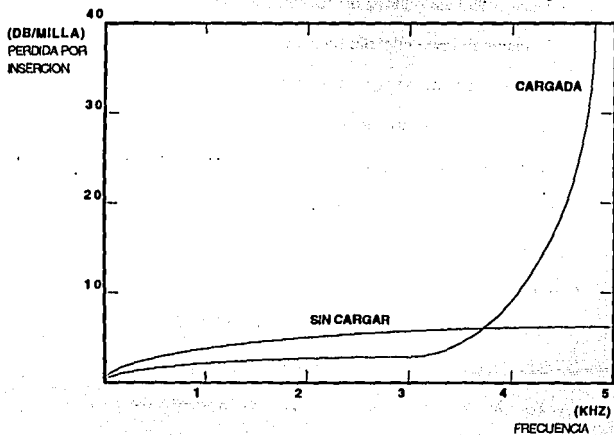


Figura 1.1.5-4. Efecto de bobinas de carga en una línea de calibre 24.

El método usual para combatir la distorsión de amplitud en longitudes intermedias (3 - 15 millas) es insertar inductancia artificial en dichas líneas. La inductancia extra viene de bobinas de carga que son insertadas a intervalos de 3000, 4500, o 6000 pies. La figura I.1.5-4 muestra el efecto de bobinas de carga en una línea de calibre 24. Nótese el efecto en altas frecuencias.

### **CABLE COAXIAL DE BANDA ANGOSTA (BASE BAND).**

- Existen 150 variedades de cables coaxiales.
- Transmiten una señal digital simple, en HDX.
- No hay modulación en frecuencia.
- Diseñados primariamente para comunicaciones de datos. Pero pueden acomodar aplicaciones de voz (no tiempo real) tal como "voice store & forward" y "freeze frame video". Se transmite la voz en forma digital.
- Es un medio pasivo donde la energía es provista por las estaciones del usuario.
- Uso de conectores especiales para conexión física.
- Se conectan al transmisor-receptor.
- Se usa una unidad de interconexión a la red (NIU: Network Interface Unit) independiente o integrada, para conectar la estación del usuario a la red.
- Con el uso de repetidores, se alargan distancias. (Regeneradores de señal).

- Generalmente usado con topología de canal (bus) lineal; árbol y raramente anillo.

- Una red típica contiene 200-1000 dispositivos.

- Alcance de 1 a 10 Km.

- Ancho de banda, 10 Mbps.

- Bajo costo. Simple de instalar y bifurcar.

- Poca inmunidad a los ruidos. Puede mejorarse con filtros.

- El ancho de banda puede transportar solamente un 40 % de su carga para permanecer estable.

- Se requieren conductos en ambientes hostiles, para aislamiento.

- Confiabilidad limitada.

## **CABLE COAXIAL DE BANDA ANCHA.**

- Es el mismo utilizado en redes de televisión por cable.

- Se usa FDM.

- ...- Se combinan voz, datos y video simultáneamente.

- Se permite voz y video en tiempo real.

- La señal en el cable es en modo analógico de radiofrecuencia (RF) y por lo tanto los datos deben ser modulados antes de la transmisión, usando un modem RF.

- Todas las señales son HDX, pero usando 2 canales se obtiene FDX.



- El cable coaxial de banda ancha se considera un medio activo ya que la energía se obtiene de los componentes de soporte de la red y no de las estaciones del usuario conectadas.

- Instalación más dificultosa que el de banda base. Componentes CATV.

- Se usan amplificadores y no repetidores (regeneradores).

- Debido a las amplificaciones y al alto número de canales, se pueden conectar hasta 25,000 dispositivos con un alcance de 5 Km.

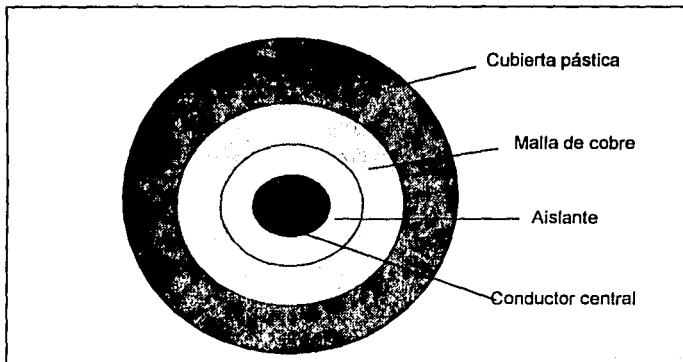
- Topologías: canal, árbol.

- Ancho de banda máximo: 400 Mhz. Puede transportar el 100 % de su carga.

- Mejor Inmunidad a los ruidos que el banda base.

- Es un medio resistente que no necesita conducto.

- Su costo es alto. Se necesitan modems en cada estación del usuario, lo que aumenta aún más su costo y limita sus velocidades.



## **FIBRAS OPTICAS.**

- Consiste en un núcleo central, muy fino, de vidrio o plástico, que tiene un alto índice de refracción.

- Este núcleo es rodeado por otro medio que tiene un índice algo más bajo, que lo aísla del ambiente.

- Cada fibra provee un camino de transmisión único de extremo a extremo, unidireccional.

- Se introducen pulsos de luz en un extremo, usando un laser o LED. La reflexión de los pulsos es la forma de transmisión de los datos.

- La transmisión es, generalmente, punto a punto, sin modulación.

- La fibra óptica no es afectada por interferencia eléctrica, ruidos, problemas energéticos, temperatura, radiación o agentes químicos.

- El ancho de banda es mucho más alto que con cualquier otro medio. Actualmente 50 Mbps a 10 Km. Experimentalmente 1 Gbps.

- Se pueden transmitir voz, datos y video.

- El cable es altamente confiable. Es muy difícil de bifurcar. Muy poca pérdida de señal. Físicamente, la fibra es muy fina, liviana, durable y por lo tanto instalable en poco espacio.

- Sin embargo es muy cara.

- Su capacidad multipunto es muy baja.

- Topologías: anillo, estrella.

- Cantidad máxima de nodos por enlace: 2 (experimentalmente 8).
- Alcance: 10 Km.
- Requiere un mantenimiento solo realizable por personal entrenado.

## **PARAMETROS CARACTERISTICOS DE LAS FIBRAS OPTICAS.**

Así como se habla de ciertas características básicas para los cables, como medios de transmisión, en el caso de las fibras existen algunos parámetros que determinan las propiedades de las mismas. Estos parámetros son: atenuación, ancho de banda, apertura numérica, perfil del índice de refracción, dimensiones geométricas.

### **Atenuación.**

Podemos pensar en la atenuación como en una "fuerza" que se opone al desplazamiento de una onda, haciéndole perder energía. Los factores que producen atenuación en la fibra óptica se dividen en intrínsecos y extrínsecos.

Los intrínsecos serían:

- Absorción del material. (Banda del infrarrojo y ultravioleta, del radical OH; defectos).
- Esparcimiento del material. (Dispersiones de Rayleigh y Mie).
- Flujo evanescente o modos fugados.

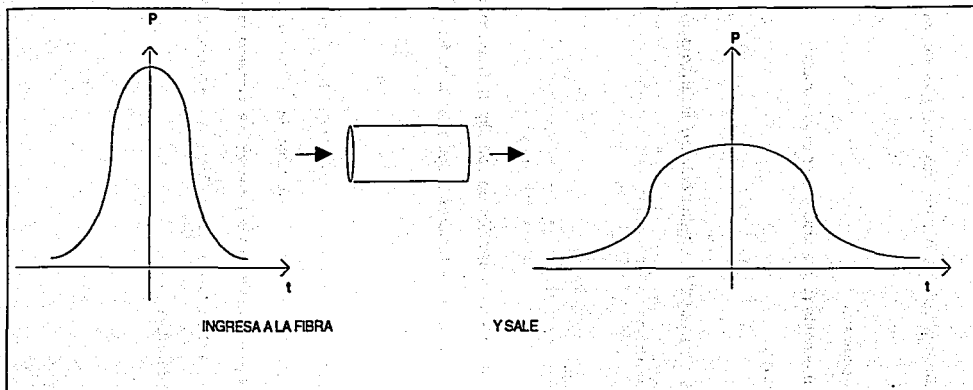


Figura 1.1.5-5. Ensanchamiento del pulso.

- Esparcimiento de la guía de ondas (Defectos geométricos y de perfil de índice de refracción).

Y los extrínsecos son:

- Deformación mecánica (curvaturas y microcurvaturas).
- Radiación nuclear.

Mucho se ha avanzado últimamente en la eliminación de impurezas para reducir la absorción de potencia..

### **Ancho de banda.**

Las fibras transmiten información de tipo digital. Cuando un pulso de luz viaja por la fibra, se ensancha por factores propios de la transmisión. La figura I.1.5-5 ejemplifica lo expuesto.

La velocidad de los bits a la entrada de la fibra depende de la dispersión modal. Este ensanchamiento es el que limita la velocidad de transmisión, dado que es necesario separar más los pulsos para poder distinguirlos. Una simple ecuación relaciona el ancho de banda (AB) con el ensanchamiento del pulso ( $\Delta t$ ), medido a mitad de altura.

$$AB = \frac{0.44}{\lambda}, \text{ medido en Mhz por Km}$$

### Apertura numérica.

La apertura numérica se define como la mitad del ángulo sólido dentro del cual un haz de luz incidente en la fibra logra la condición de reflexión total interna (RTI). Un rayo de luz que viaja por un medio con un índice de refracción  $n_1$  (núcleo) mayor que  $n_2$  (índice del recubrimiento), al llegar a la frontera de los medios, se refracta de manera que se cumple la ley de Snell: (ver figura 1.1.5-6)

$$n_1 \cdot \text{sen } \theta_1 = n_2 \cdot \text{sen } \theta_2$$

$\theta_c$  es el ángulo crítico.

$$\text{sen } \theta_c = (n_2/n_1), \text{ para } \theta_2 = 90^\circ, \text{ o sea } \text{sen } \theta_2 = 1$$

Para un ángulo de incidencia  $\theta > \theta_c$  tendremos la reflexión total interna (RTI), del haz transmitido.

Para el caso de una fibra óptica, con índice de refracción de tipo de escalón, la apertura numérica (AN) puede expresarse como:

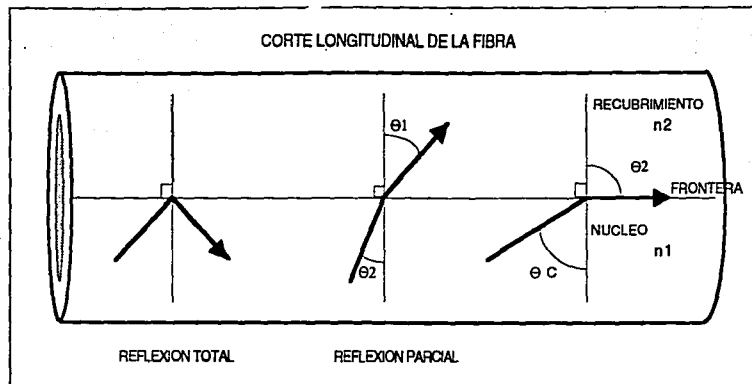


Figura 1.1.5-6.

Fenómeno de reflexión.

$$AN = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}, \quad n_1 > n_2$$

Desde el punto de vista conceptual, lo que nos interesa es lograr que los haces cumplan siempre con la condición de RTI, para minimizar las pérdidas.

### **Perfil del índice de refracción.**

Hemos mencionado que en general, las fibras ópticas se construyen usando dos cilindros coaxiales de sílice, donde el del centro tiene una pureza muy elevada. Para que la luz se propague por este medio, debe darse que el núcleo tenga un índice de refracción  $n_1 > n_2$ , siendo  $n_2$  el del cilindro exterior. La figura de la página siguiente ilustra algunos perfiles de índice de refracción, para distintos tipos de fibras.

## **MICROONDAS**

En un sistema de microondas se usa el espacio aéreo como medio físico de transmisión. La información se transmite en forma digital a través de ondas de radio de muy corta longitud (unos pocos centímetros). Pueden direccionarse múltiples canales a múltiples estaciones dentro de un enlace dado, o pueden establecerse enlaces punto a punto. Una de las ventajas importantes es la capacidad de poder transportar miles de canales de voz a grandes distancias a



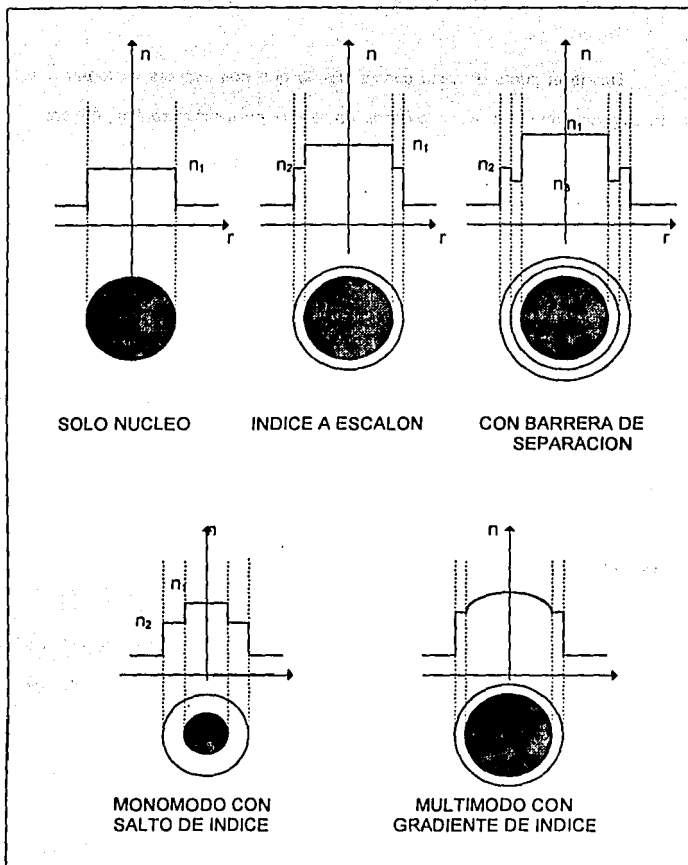


Figura I.1.5-7. Perfil de índice de refracción.

través de repetidoras, a la vez que permite la transmisión de datos en su forma natural.

Las estaciones consisten en una antena tipo plato y de circuitos que interconectan la antena con la terminal del usuario. Cuando el sistema de microondas pertenece a la compañía de teléfonos, parte de la red telefónica por cables interviene en el circuito.

La transmisión es en línea recta (línea de vista) y por lo tanto se ve afectada por accidentes geográficos, edificios, bosques, mal tiempo, etc. El alcance promedio es de 40 Km, en la Tierra.

Una de las ventajas importantes es la capacidad de poder transportar miles de canales de voz a grandes distancias a través de repetidoras, a la vez que permite la transmisión de datos en su forma natural.

Tres son las formas más comunes de utilización en redes de procesamiento de datos:

- Redes entre ciudades, usando la red telefónica pública con antenas repetidoras terrestres.
- Redes metropolitanas privadas y para aplicaciones específicas.
- Redes de largo alcance con satélites.

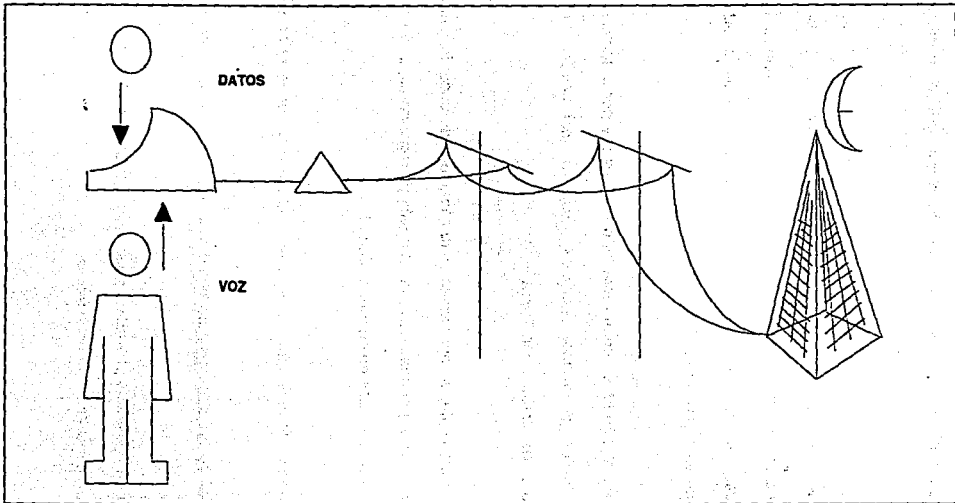


Figura 1.1.5-8.

Microondas para largas distancias.

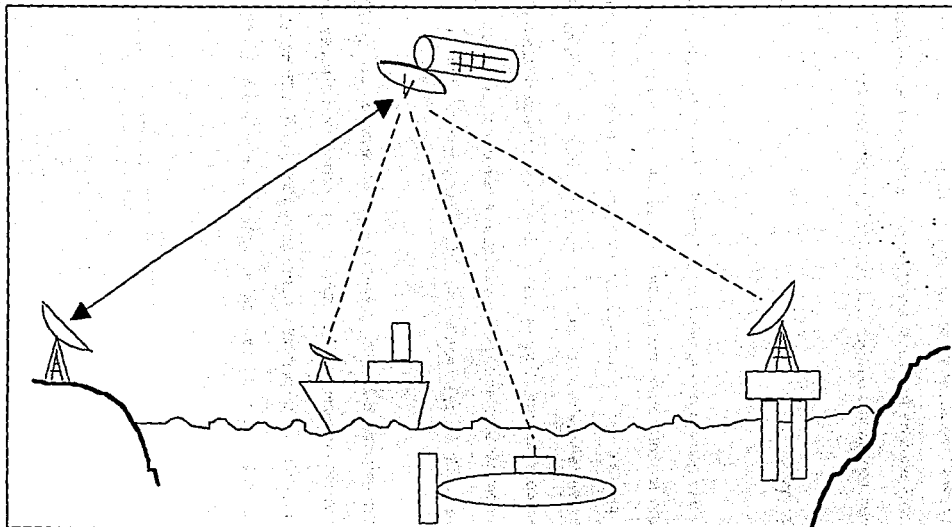


Figura 1.1.5-9.

Red con satélite y con nodos fijos y móviles.

En las redes intraciudades, se instalan antenas para un grupo de dispositivos en los puntos altos de la misma. En el caso de utilización de satélites, las antenas emisoras, repetidoras o receptoras pueden ser fijas o móviles.

## **SATELITES.**

Un alto número de organismos, incluyendo el CCIR han aceptado el término "estación terrena" como una facilidad de radio localizada en la superficie de la Tierra que se comunica con satélites. Una "estación terrestre" es una facilidad de radio sobre la superficie de la Tierra que se comunica con otros elementos de radio sobre la superficie de la Tierra. El término "estación terrena" es utilizado para denominar a estaciones de radio que se comunican con otras estaciones en la Tierra por medio de un satélite de comunicaciones.

Prácticamente todos los satélites de comunicaciones son geoestacionarios. Tales satélites completan una órbita en un período de 24 horas. Así aparecen estacionarios sobre un particular punto geográfico sobre la Tierra. Para una órbita síncrona de 24 horas la altitud de un satélite estacionario es de 22,300 millas o 35,900 Km sobre el ecuador.

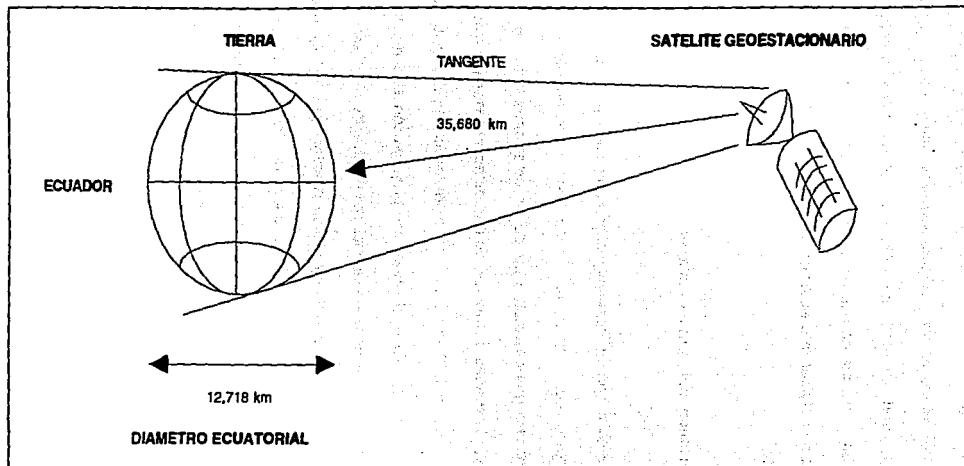


Figura 1.1.5-10.

Posición de un satélite con respecto a la Tierra.

Un satélite de comunicaciones es un repetidor de radiofrecuencia, el cual puede ser representado en su configuración más simple como se muestra en la figura I.1.5-11. Teóricamente tres de éstos satélites colocados estratégicamente sobre una órbita síncrona ecuatorial pueden permitir la comunicación de una estación terrena a cualquier otra estación colocada en cualquier parte de la Tierra.(Figura I.1.5-12)

#### **Tres problemas técnicos básicos.**

Como se puede apreciar, la comunicación por satélite no es más que un radioenlace (por microondas) usando uno o dos repetidores de radiofrecuencia localizados a grandes distancias de las estaciones terrenas. El tiempo requerido para atravesar esas distancias, de una estación terrena a otra estación terrena es del orden de los 250 mseg. El retraso del recorrido del circuito completo es de 250 x 2 o 500 mseg. Estos tiempos de propagación son mucho mejores que los obtenidos en los sistemas convencionales terrestres. Así que un problema mayor es el tiempo de propagación y el eco resultante en los circuitos telefónicos. Su influencia sobre el retraso en los circuitos de datos se refleja en los sistemas de transmisión por bloque o paquete y requiere una cuidadosa selección del sistema de señalización telefónica, o el tiempo de establecimiento de llamada será excesivo.

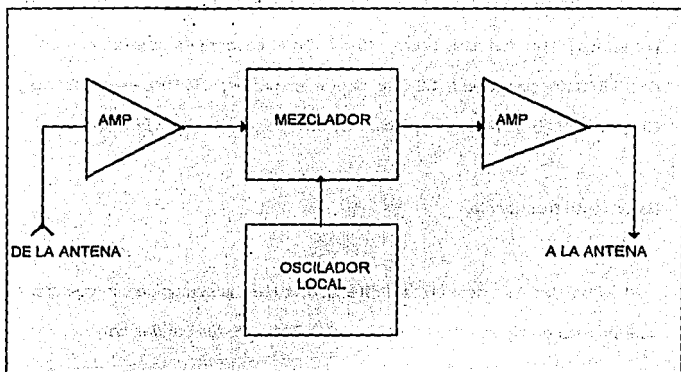


Figura I.1.5-11. Diagrama de bloques del aparato de radio en un satélite de comunicaciones.

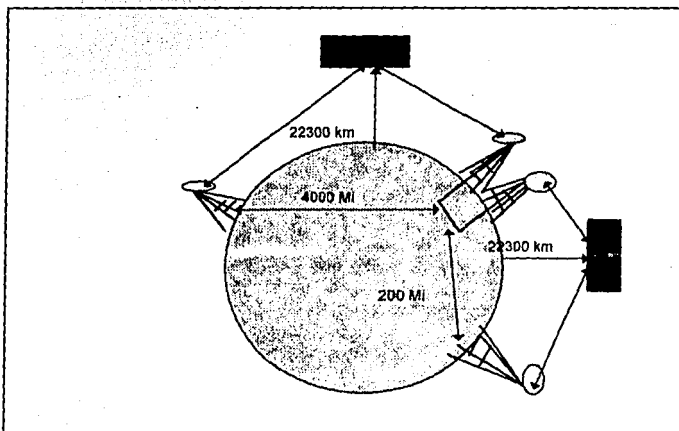


Figura I.1.5-12. Distancias involucradas en una comunicación por satélite.



Naturalmente hay grandes pérdidas. Para radioenlaces encontramos pérdidas por espacio libre tan altas como 145 dB. En el caso de un satélite, con un rango de 35,900 Km operando a 4.2 Ghz, la pérdida por espacio libre es de 196 dB y a 6 Ghz, de 199 dB. A 14 Ghz la pérdida es de aproximadamente 207 dB.

### **Bandas de frecuencia.**

Las bandas más deseables de frecuencia para la comunicación comercial por satélite está en el espectro de 1000 - 10,000 Mhz. Estas bandas son:

3700 - 4200 Mhz (down link)

5925 - 6425 Mhz (up link)

7250 - 7750 (down link)

7900 - 8400 (up link)

Estas bandas son preferidas por los ingenieros de diseño por las siguientes razones:

- Menos absorción atmosférica a altas frecuencias.
- No se presenta pérdida por lluvia.
- Menor ruido.
- Una tecnología apropiada disponible.
- Una menor pérdida por espacio libre para altas frecuencias.

### **Acceso múltiple al satélite.**

El acceso múltiple se define como la habilidad de un número de estaciones para acceder a un satélite común. El acceso al satélite se clasifica (1) por asignación, permanente o temporal, llamado (a) acceso múltiple preasignado o (b) acceso múltiple por asignación de demanda (DAMA), y (2) de acuerdo a si la asignación es en el dominio de la frecuencia o en el dominio del tiempo, llamados (a) acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) o (b) acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). En rutas con grandes cargas, el acceso múltiple preasignado puede resultar económico.

## **I.1.6 SEÑALIZACION POR CANAL COMUN Y ASOCIADO**

### **GENERALIDADES.**

Hay dos tipos de señalización de canal común (CCS, por sus siglas en inglés) en uso ahora, la Europea CCITT No. 6 y la Norteamericana CCIS (common channel interoffice signaling). Otro sistema es el CCITT No. 7, el cual probablemente será implementado alrededor del año 2000.

La señalización de canal común separa la señalización de su ruta asociada colocando la señalización de uno o varios grupos de troncales de voz sobre una ruta separada dedicada solamente a señalización. La información de señalización es transmitida por medio de datos seriales binarios.

La diferencia básica entre la señalización convencional del canal asociado y la señalización de canal común (CCS) se muestra en la figura I.1.6-1. De la figura vemos que la CCS se realiza solo entre intercambiadores de procesador controlado, más comunmente conocidos como stored-program control (SPC). La señalización en la red telefonica es esencialmente digital para la línea y señalización de interregistros.

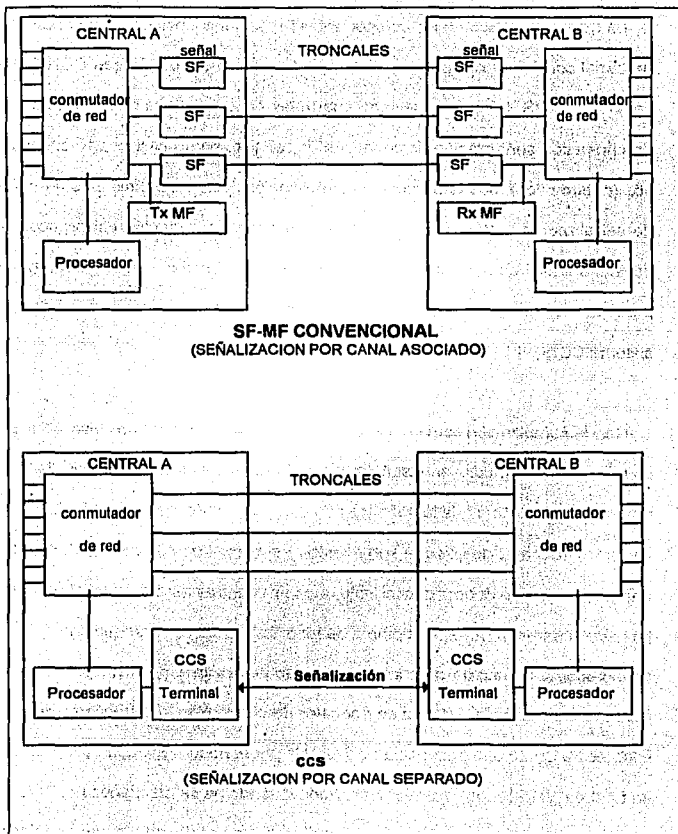


Figura I.1.6-1 Técnica de señalización analógica comparada con la técnica de señalización por canal común (CCS).

La figura I.1.6-2 ilustra los componentes funcionales básicos de la señalización de canal común. El diagrama es válido tanto para la operación con CCITT No. 6 como con CCIS. Entonces, dejando aparte las características de control de error, una línea con señalización de canal común consiste en un canal de frecuencia de voz (cuatro hilos), dos terminales de señalización y dos modems. Las terminales de señalización graban tanto la información de la señalización del proceso que espera entrar, como la información de la señalización del proceso que aguarda para salir transmitida. Las terminales también llevan el control de error en el sistema CCIS.

Con la señalización convencional la ruta de la señal y la ruta o canal de voz ocupan el mismo medio; si la señalización se efectúa, existe continuidad de la ruta de voz. Debido a que la señalización de canal común no pasa señalización sobre los troncales de voz que son puestos y supervisados, la continuidad de la ruta de llamada se deberá checar sólo una vez mientras esta se establece. Esto se hace con transmisores/receptores de tono (*tone transceivers*) que son conectados al tiempo de checar la continuidad de la ruta. Con CCIS los transceivers operan a 2010 Hz en troncales de cuatro hilos. En troncales de dos hilos se transmite una frecuencia de 1780 Hz por el nodo originador, y se regresa un tono de 2010 Hz por el nodo terminador. Cuando no se consigue la continuidad se realiza un segundo intento y la línea en falla se bloquea. La línea

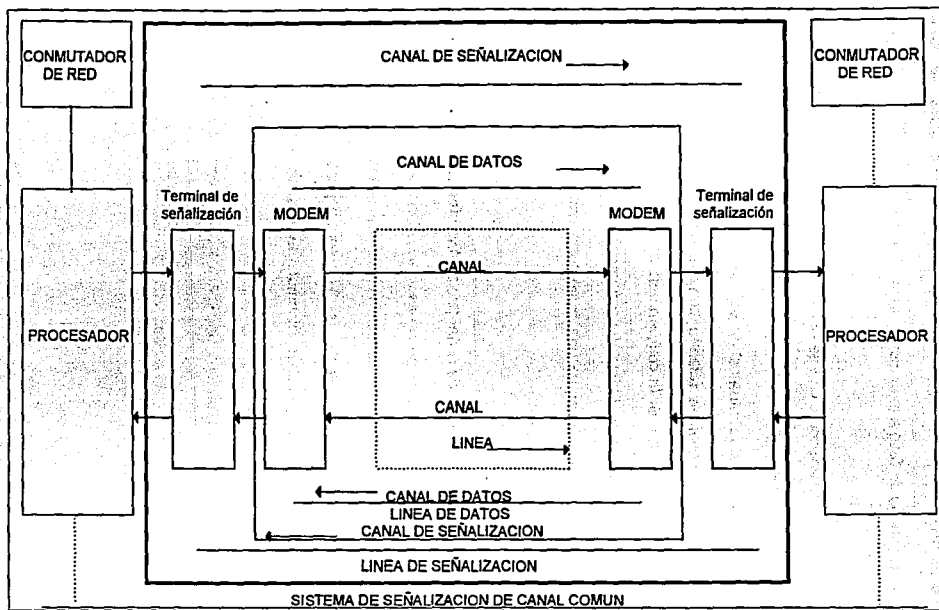


Figura 1.1.6-2 Componentes funcionales básicos del sistema de señalización de canal común.

en falla se vuelve a probar. Si la falla persiste, utilizando CCIS, se manda a imprimir un mensaje de falla a la posición de mantenimiento.

El modo de señalización CCIS se diseñó para operar con dos modos básicos de operación de señalización, y se conocen como asociado y no-asociado. En el modo asociado un canal (o canales) de voz se separa para llevar información de señalización, y este canal es ruteado con los canales a los cuales señala. Obsérvese la figura I.1.6-3. Si la comparamos con la figura I.1.6-4 en la cual se muestra el concepto de señalización no-asociada completa, en la cual la información de señalización sigue una trayectoria completamente distinta de la ruta de voz que controla.

Los puntos de transferencia de señal (signal-transfer point, STP's) son usados en Norteamérica con la señalización no-asociada. Un punto de transferencia de señal consiste de un procesador con terminales de señalización y modems de datos en ambos extremos. En efecto, un STP es un punto de transferencia de mensajes-datos ó punto de switcheo (conmutación), si se quisiera. El punto de transferencia de señal permite la concentración de señalización para un gran número de líneas y nos proporciona una mejora en los circuitos de seguridad al permitirnos rutas alternativas para la ruta de señalización de CCIS.

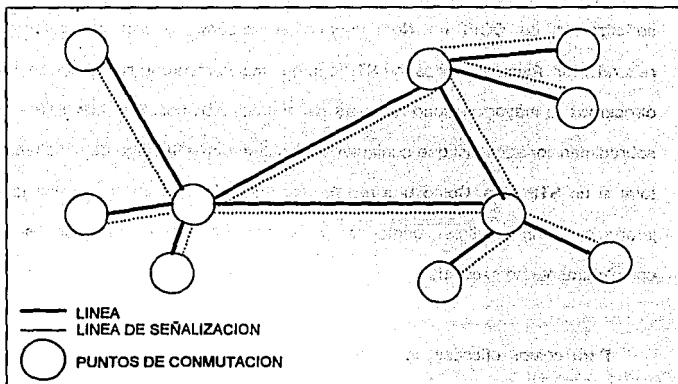


Figura I.1.6-3 Modo de señalización CCIS Asociado.

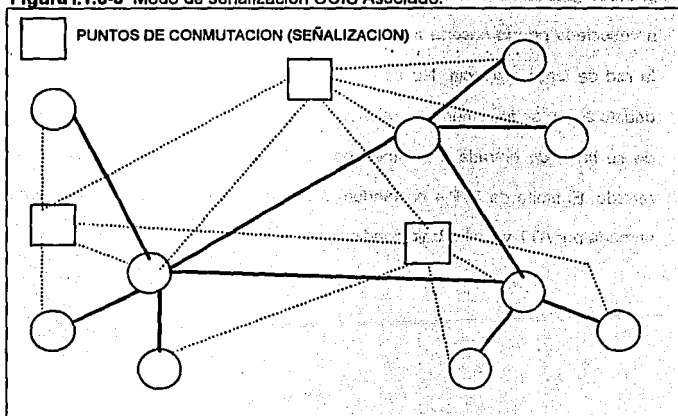


Figura I.1.6-4. Modo de señalización CCIS No asociado.



Para mejorar la seguridad de las comunicaciones, todas las rutas de señalización de CCIS en Norteamérica se duplican y son completamente redundantes. Asimismo todos los STP's son completamente interconectados para ofrecernos la mayor cantidad de rutas de señalización posibles. Los STP's son sobredimensionados, así que cualquier STP puede tomar la carga de señalización total si un STP falla. Como una red (véase figura I.1.6-5) tiene una estructura jerárquica, con centros primarios y secundarios. Por supuesto si es completamente no asociada.

Para costos eficaces, la señalización asociada se usa generalmente con grandes grupos de troncales. Los aspectos de concentración de la señalización no asociada podría hacerla más atractiva para pequeños grupos de troncales en la red de larga distancia. No es recomendable tener muchos STP's en tándem debido a que se incrementa el retardo. Cada STP procesa las unidades de señal de su línea de entrada a su línea de salida, y en cada uno se incrementa el retardo. El límite de STP's en tándem se ha dejado en dos en la ruta normal o primaria por ATT y cuatro bajo condiciones de falla.

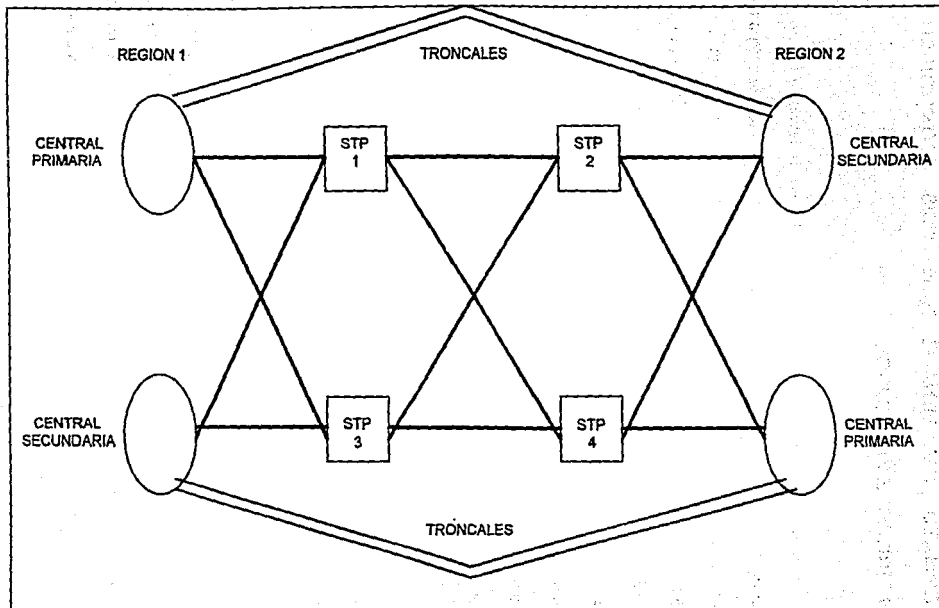
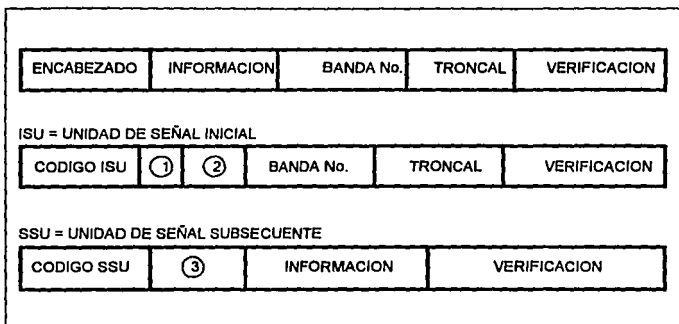


Figura I.1.6-5. Modo No asociado CCIS de acuerdo al concepto de punto de transferencia de señal STP.

## **FORMATO DE SEÑALIZACION CCIS (COMMON-CHANNEL INTEROFFICE SIGNALING).**

Los sistemas de señalización CCIS y CCITT No. 6 llevan la información de señalización en un formato binario serial. La palabra básica en el sistema CCIS es la unidad de señal (signal unit, SU). Una unidad de señal es de una longitud de 28 bits, con los últimos 8 bits usados para detección de error. De esta manera la información de señalización está contenida en los primeros 20 bits de la palabra básica. Las unidades de señal son agrupadas en bloques de 12 para su transmisión, de ésta manera un bloque contiene  $12 \times 28$  ó 336 bits. La última unidad de señal de cada bloque es la unidad de señal de reconocimiento (ACU, por sus siglas en inglés: Acknowledgement Signal Unit).

Los mensajes de CCIS pueden tener una longitud de una ó más unidades de señal. La longitud depende de la cantidad de información a enviar. Hay unidades de mensaje sencillas, llamadas unidades de señal única (lone signal unit, LSU), y mensajes multiunidad (multiunit messages, MUM's). La LSU se usa generalmente para información de control específica, mientras las MUM's son usadas para información de dirección de paso. La figura I.1.6-6 muestra el formato de una LSU y una MUM. Obsérvese la etiqueta de línea, la cual se usa para identificar la línea a utilizar. La etiqueta de línea se subdivide en dos campos: (1) el número de banda, uno ó más, el cual está asociado con el grupo troncal y se usa para



**Figura I.1.6-6.** Formato de mensajes de las señales CCIS: (A) Unidad de señal sencilla (LSU); (B) Mensaje multiunidad (MUM) ① indicador tipo ISU, ② indicador de longitud, ③ categoría de mensaje).

**Tabla A. Combinaciones binarias.**

ENCABEZADO	TIPO DE UNIDAD DE SEÑAL
000	Unidad de señal sencilla (LSU) - señal telefónica
001	Unidad de señal sencilla (LSU) - señal telefónica
010	Unidad de señal sencilla (LSU) - señal telefónica
011	Unidad de señal desconocida (ACU)
100	Unidad de señal sencilla (LSU) - señal telefónica
101	Unidad de señal inicial (ISU)
110	Unidad de señal subsecuente (SSUs)
111	Unidades de señal sencillas (LSU)
	Señales telefónicas
	Señales de sistema de control
	Señales de administración
	Señales de mantenimiento

determinar el ruteo del mensaje en la señalización de la red, y (2) el número de troncal, el cual identifica una troncal específica. El número de etiquetas de troncal manejado por una línea nos da una medida de la capacidad de la línea CCS.

La MUM mostrada en la figura I.1.6-6 tiene una unidad de señal inicial (ISU) y una unidad de señal subsecuente. La ISU tiene un único código de encabezamiento que lo identifica como el mensaje de inicio de un mensaje multiunidad MUM. La ISU tiene entonces un indicador de longitud, (2) en la figura I.1.6-6b, que indica el número de unidades de señal subsecuentes (SSU) que la siguen.

Las SSU comienzan con dos campos de datos. El primero, un encabezado único, es usado para identificar la SSU. El segundo campo nos da la categoría del mensaje para identificar el tipo de MUM. Esto se muestra en la tabla A.

El campo de encabezamiento de tres bits nos da ocho diferentes combinaciones de 0's y 1's para identificar los grupos de señal. Estas combinaciones de 0's y 1's se conocen como código. Estas ocho combinaciones se muestran en la tabla A.

Sólo las primeras 11 SU's de un bloque de mensajes de señalización llevan información de señalización. La doceava SU del bloque es una unidad de señal de reconocimiento (ACU), la cual es codificada para indicar el número de bloques

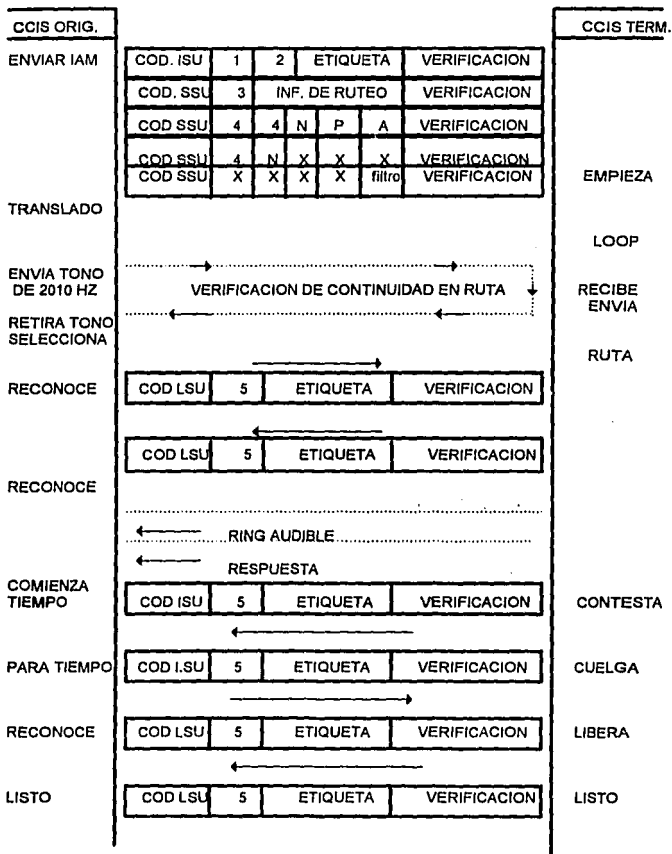
que han sido reconocidos y el número de bits, indicando cuál de las 11 unidades de señal han sido reconocidas y recibidas sin error.

La figura I.1.6-7 ilustra el mensaje de dirección inicial (initial address message, IAM) y las LSU's , asociadas con una llamada de rutina de 10 dígitos y las acciones realizadas por los nodos CCIS originador y terminador. La revisión de continuidad de la ruta de datos se muestra en su propio orden cronológico en la figura I.1.6-7. La detección de errores en una línea con señalización CCIS se realiza por codificación redundante. Un detector de falla de portadora de datos complementa la detección del bit de error y es útil para una cadena de errores más grande. Los mensajes libres de error son procesado a la recepción mientras se solicita una retransmisión para aquellos encontrados en error.

### **CODIGO CCITT No. 6.**

El CCITT desarrolló un código de señalización de canal común muy similar al CCIS. El código No. 6 se formula por el CCITT en la recomendaciones Q.251 hasta Q267. De cualquier forma las variaciones entre ambos códigos son demasiado grandes como para interoperar (ver tabla B). El formato de CCITT No. 6 es de 28 bits por una unidad de señal (SU) con los últimos 8 bits de una SU para verificación de error; sin embargo comparemos esto con una LSU. Ambos

sistemas usan una técnica de loop-back en canales de voz de cuatro hilos para continuidad usando una frecuencia nominal de 2000 Hz.



**Figura I.1.6-7.** Secuencia de llamada generalizada para CCIS. 1: indicador IAM; 2: indicador de longitud; 3: indicador de ruteo completo; 4: sin información; 5: señal de información.



## **I.1.7. SISTEMA DE PORTADORA DIGITAL A 2.048 Mbps (E1)**

En Europa, un sistema de 32 canales fue desarrollado para codificar y multiplexar señales de voz, en comparación con el sistema de 24 canales usado en los Estados Unidos y otras Ciudades de Norte América. Del sistema de 32 canales, 30 digitalizan señales de voz resultantes de entrada de líneas telefónicas, mientras que los otros dos canales son usados para proporcionar señalización y sincronización de información. Puesto que cada canal opera a 64 Kbps, lo cual representa 8 bits usados por cada muestra a una velocidad de 8000 muestras por segundo, 64 Kbps por 32 canales resultan en una composición de velocidad de datos de 2.048 Mbps en un equivalente T1 Europeo, el cual es técnicamente referido como un canal G703/732.

La siguiente tabla lista la composición de los 32 canales que son usados para establecer la estructura de la trama G703/732.

---

<b>RANGO DE TIEMPO</b>	<b>TIPO DE INFORMACIÓN.</b>
0	Sincronización
1-15	Codificación de palabra PCM.
16	Señalización
17-31	Codificación de palabra PCM:

## **COMPARACIÓN CON EL SISTEMA DE PORTADORA NORTE AMERICANO T1**

- En comparación con la estructura de la trama Norte Americana T1 y la estructura Europea G703/732, hay grandes diferencias entre ambas. El sistema Norte Americano de 1.544 Mbps se deriva del uso de 24 canales, mientras que el sistema Europeo G703/732 usa 30 canales de voz más uno de separación para sincronización y uno de señalización, con cada canal operando a 64 Kbps para producir una velocidad de datos de 2.048 Mbps.

- El sistema Norte Americano (T1) usa el bit 193 en cada trama para sincronización, mientras el sistema Europeo (E1) proporciona en forma separada un canal de 64 Kbps para esta función.

- Finalmente el sistema T1 usa el octavo bit por cada seis tramas para señalización, mientras que el sistema E1 usa un canal en forma separada para esta función.

Debido a estas diferencias entre ambos sistemas, Los multiplexores T1 diseñados para operar en Norte América, no es conveniente su uso en Europa.

La siguiente tabla muestra las principales diferencias de ambos sistemas.

## COMPARACIÓN ENTRE AMBOS SISTEMAS. PRINCIPALES

### CARACTERÍSTICAS

	T1	E1
Composición de datos	1.544	2.048
Número de canales	24	32
Capacidad de datos por canal (Kbps)	64	64
Sincronización	por bit en trama	canal 0
Señalización	octavo bit en sexta trama	canal 16

En Norte América la portador T1 fue diseñada para soportar la transmisión de 24 canales de voz digitalizada.

Cada canal es muestreado 8000 veces por segundo y ocho bits son usados para representar la codificación de la onda analógica muestreada. Un bit de trama es sumado al multiplexaje digitalizado de datos para representar 24 PCM conversaciones codificadas de voz.

Esto es: **8 bits x 24 canales + 1 bit de trama = 193 bits/trama**

Puesto que 8000 tramas son transmitidas cada segundo, la velocidad de transmisión es:

$$193 \text{ bits/trama} \times 8000 \text{ tramas} \times \text{segundo} = 1.544 \text{ Mbps.}$$

La cual es la capacidad de operación de la portadora Norte Americana T1.

En Europa la portadora T1 es comúnmente referida como una facilidad E1 o como un sistema CEPT PCM-30, donde CEPT es un acrónimo de la "Conference of European Postal & telecommunications", una organización de estándares Europea.

La composición de la trama de un E1 o sistema CEPT consiste de 32 canales de 8 bits cada uno, o 256 bits por trama.

Puesto que 8000 tramas por segundo son transmitidas, la capacidad de transmisión del sistema E1 es:

$$256 \text{ bits / trama} \times 8000 \text{ tramas / segundo} = 2.048 \text{ Mbps.}$$

La siguiente tabla lista los niveles jerárquicos de portadora digital en Norte América y Europa.

## NORTE AMÉRICA

---

Tipo de línea	Estándar señal	No. Circuitos de voz	Capacidad (Mbps)
T1	DS1	24	1.544
T1C	DS1C	48	3.152
T2	DS2	96	6.312
T3	DS3	672	44.736
T4	DS4	4032	274.176
T5	DS5		
T6	DS6		

---

## EUROPA

---

Número de nivel	Sistema	No. Circuitos de voz	capacidad (Mbps)
E1	M1	30	2.048
E2	M2	120	8.448
E3	M3	480	34.368
E4	M4	1920	139.264
E5	M5	7680	565.148

---

## **FORMATO E1 (CEPT PCM-30)**

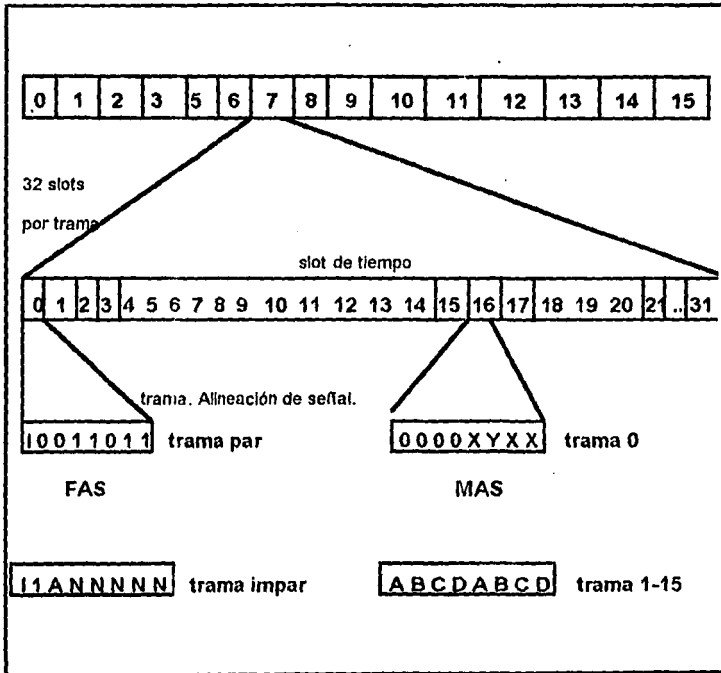
El CEPT PCM-30 es un formato PCM usado para multiplexaje por división de tiempo de 30 circuitos de voz o datos a un solo par trenzado de cables usando repetidores digitales. Cada circuito de voz es muestreado a 8 KHz usando un convertidor analógico - digital y multiplexando con 29 canales más otro de muestreo y un canal de señalización, resultando 32 canales multiplexados.

El estándar CEPT es de 32 canales x 8 bits / canal o 256 bits. Con 8000 muestras por segundo, la velocidad de datos de CEPT es de  $8000 \times 256$ , o 2.048 Mbps.

## **SEÑAL ALINEADA**

Una señal alineada (0011011) es transmitida en posiciones de 2 a 8 en el slot 0 en tramas alternadas. Esta señal es usada para habilitar cada canal para ser distinguido al recibirlo. La posición de bit 1 en el slot de tiempo 0 lleva el bit internacional.

La figura I.1.7-1 ilustra la composición del CEPT-30, trama y multitrama, donde la multitrama consiste de 16 tramas numeradas de la 0 a la 15. Para evitar imitación de la señal alineada, alternando tramas fija el bit 2 a un 1 en el slot de tiempo 0, porque un 1 es asentado en la posición de bit para un slot de tiempo impar.



**Figura 1.1.7-1.** Composición de trama y multitrama CEPT PCM-30: I = bit internacional, N = bit nacional, A = señal indicador de alarma, FAS = señal alineada, ABCD = bits de señalización ABCD, X = bit extra para señalización, Y = pérdida de alineación, MAS = señal de alineación.

## **CONDICIONES DE ERROR Y ALARMAS E1**

Las principales alarmas definidas por el formato CEPT PCM-30 incluye una alarma roja, la cual es producida por un receptor, para indicar la perdida de alineación, y una alarma amarilla la cual es retornada a la terminal de transmisión para reportar una perdida de alineación en la terminal de recepción. Estas alarmas son generadas a través del bit 3 (señal de indicación de alarma) en el slot de tiempo 0 (TS0) de tramas impares.

**Una alarma roja es generada cuando el bit 3 = 1 .**

Dos alarmas adicionales generadas por el CEPT PCM-30 una alarma roja y amarilla de multitrama. La alarma roja es producida por un receptor e indica que este tiene una perdida de alineación. Mientras que la alarma amarilla es regresada a la terminal de transmisión para reportar una perdida de alineación al recibir la terminal.

### **OPCIÓN CRC DEL CEPT**

Para elevar la capacidad de monitoreo de errores, el CEPT PCM-30 incluye una opción CRC-4 . En esta opción un grupo de 8 tramas conocida como multitrama es representada como un número binario largo, este número es multiplicado por  $X^4$



(10000) y dividido por  $X^{4^{*}x+1}$  (10011), el cuarto bit restante es transmitido en la posición 1 (bit 1 figura I.1.7-1 en el slot de tiempo 0 el cual contiene la señal de alineación. Después de recibirlos, este usa el bit de posición 1 en el slot de tiempo 0 de las tramas 13 y 15 para el reporte de errores.

En Europa el código HDB3 (high density bipolar 3-zero es usado por el CEPT PCM-30 para obtener un mínimo de densidad para la recuperación de reloj del dato recibido. En el HDB3, la cadena de datos transmitida es monitoreada por un grupo de cuatro ceros consecutivos. Un grupo de cuatro ceros es reemplazado con un código HDB3. Dos códigos diferentes HDB3 son usados para asegurar que la violación bipolar de pulsos del grupo de 4 ceros adyacentes son de polaridad opuesta como se indica en la figura I.1.7-2.

La selección del código HDB3 es basada sin importar haya un número par o impar de unos aunque ocurra la última violación bipolar (BV). Si un número impar de unos ocurre desde la violación bipolar previa, el método de codificación mostrado en la figura I.1.7-2(a) es usado para reemplazar una secuencia de cuatro ceros. Si un número par de unos ocurre, desde la violación bipolar previa, el método de codificación mostrado en la figura I.1.7-2(b) es usado para reemplazar una secuencia de cuatro ceros.

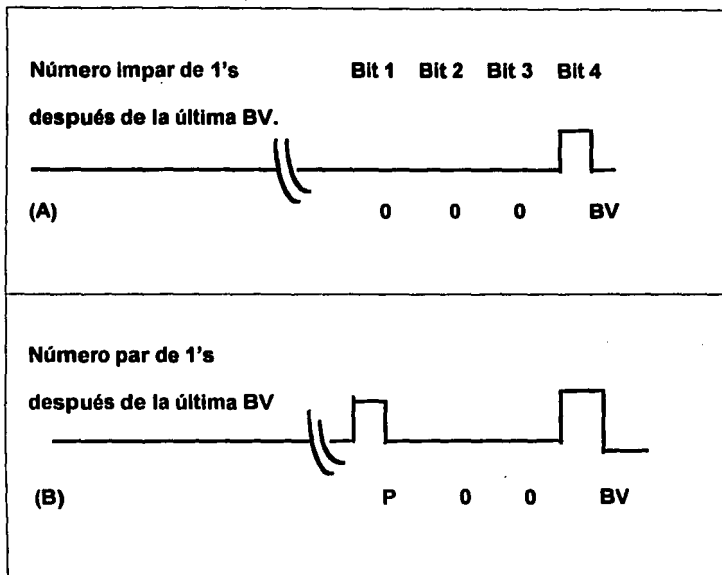


Figura 1.1.7-2. Codificación HDB3: P = polaridad, BV = violación bipolar.

### BIT DE ERROR (BER)

Un bit de error representa el cambio de un bit cero a un bit uno o de un bit uno a un bit cero.

Puede ser definido como: **BER = bits en error / total de número de bits transmitidos**

La siguiente tabla lista el promedio de error de bit calculados para circuitos de Norte América y Europa operando a 1.544 Mbps y 2.048 Mbps:

### **ERRORES DE BIT**

---

<b>RELACION</b>	<b>T1 (1.544 Mbps)</b>	<b>CEPT PCM-30 (2.048 Mbps)</b>
10 exp -9	1 error por 10.79 minutos	1 error por 8.14 minutos
10 exp -8	1 error por 65 segundos	1 error por 48.8 segundos
10 exp -7	1 error por 6.5 segundos	1 error por 4.88 segundos
10 exp -6	1.544 errores por segundo	2.048 errores por segundo
10 exp -5	15.44 errores por segundo	20.48 errores por segundo
10 exp -4	154.4 errores por segundo	204.8 errores por segundo
10 exp -3	1544 errores por segundo	2048 errores por segundo

---

## **I.1.8 DIGITAL ACCESS AND CROSS-CONNECT SYSTEMS (DACS).**

Una Red consiste de un sistema de dispositivos interconectados por medios de comunicación e integración. Podemos describir la integración de la red como la habilidad para presentar al usuario un medio de transmisión totalmente transparente e independiente de la aplicación.

Típicamente, estos componentes pueden consistir de servicios T1 terminados por cualquier canal de bancos o multiplexores T1 e interconectados por Sistemas de Interconexión de Acceso Digital (DACS) utilizando Líneas privadas, microondas, fibras ópticas, satélites o una combinación de varios medios de comunicación como un ambiente integrado.

Para facilitar la integración de la red, se cuenta con bancos de canales, multiplexores T1, y DACS, el banco de canales fue desarrollado para facilitar los servicios de T1, primeramente para aplicaciones de voz, limitando la capacidad para el manejo de datos.

Un banco de canales es básicamente un dispositivo que utiliza PCM para derivar 24 canales en dos pares de cables, el banco de canales usa diferentes módulos para adaptar un servicio o aplicación particular y es considerado en el mundo de la

electrónica como una terminal tonta. La nueva generación de bancos de canales llamados "smart channel banks" permiten la programación y tienden a aprovechar las habilidades de un multiplexor T1. El costo es aproximadamente de \$200 dólares por canal.

Por otro lado, el multiplexor T1 fue desarrollado básicamente para los usuarios de datos, por lo que es usualmente limitado en aplicaciones de voz., tienen la facilidad de poder ser controlados por software y permiten un ancho de banda dinámico, su costo varía de \$400 a \$1000 dólares por canal.

Un DACS es diferente de el banco de canales y del multiplexor T1 ya que este acepta solo señales digitales, con entradas T1. Estas entradas T1 son interconectadas al nivel de canal (DS0) sin llevar al banco de canales a una configuración analógica. El usuario puede integrar múltiples T1's en un DACS eliminando el banco de canales o los mux T1, esto permite eliminar la conversión digital / analógica. Los DACS tradicionalmente están ubicados en compañías operando en oficinas centrales. Inicialmente permitían de 6 a 8 terminaciones T1.

Las ventajas de los DACS son básicamente, la eliminación del banco de canales, la eliminación de la conversión analógica / digital y la reducción del espacio requerido. Otra ventaja es que puede ser usado para reducir la cantidad de servicios T1 requerido para concentración de líneas. las T1's llenas son ruteadas fuera de los

DACS liberando el servicio de T1, esta técnica es conocida como "filling". Otra ventaja en el uso de DACS es el segregar diferentes servicios, en esta técnica los servicios T1 mezclados son llevados al DACS y los servicios segregados son llevados a un equipo final como un PBX o host, esto es conocido como "grooming". Ver Figura I.1.8.1.

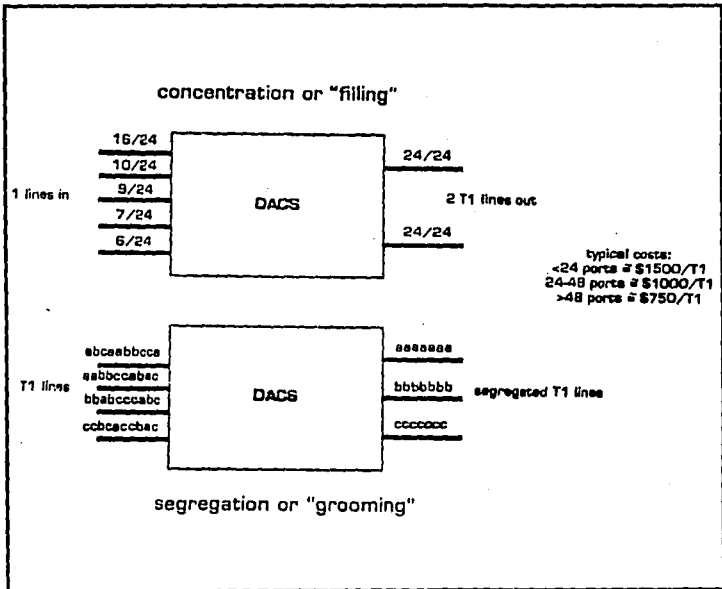
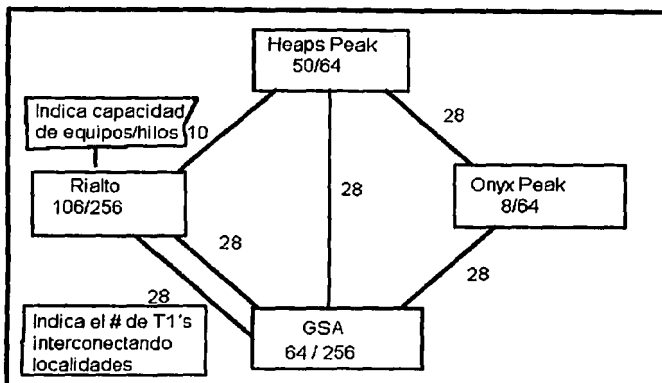


Figura I.1.8-1. Segregación o "grooming".

Una de las funciones más importantes del DACS es que pueden servir para desarrollar planes de contingencia. En este modo el DACS es usado para enrutar el tráfico hacia diferentes servicios T1, cuando la ruta primaria es inapropiada.



**Figura I.1.8-2.** Interconexión entre localidades.

En la Figura I.1.8-2 el DACS en la ciudad de San Bernardino usa todos los modos mencionados anteriormente, en esta red la función primaria del DACS es la del "filling", teniendo en 5 entradas T1 para 29 accesos a microondas, tomando solamente 3 T1 del sistema. La interconectividad entre los DACS de Rialto y Heaps Peak es primariamente para respaldo en caso de falla en el nodo GSA. El DACS en GSA

permite varias funciones al ser este el nodo principal de la red, una de sus principales funciones es permitir el "grooming", para la PBXs y datos para el host.

Típicamente el costo del DACS es de \$1000 dólares por T1 o de \$40 a \$50 dólares por canal para una unidad de tamaño medio. Este costo es favorable, comparado con un banco de canales o un mux T1.

En aplicaciones de voz existen grandes diferencias entre el uso de bancos de canales y DACS, algunas de estas son las de permitir el intercambio de servicios, circuitos de alarma automática y eliminación de líneas sin uso, los cuales requieren tarjetas especiales en el banco de canales, estas tarjetas permiten una interface para eliminar tarjetas analógicas adicionales, normalmente utilizadas. La tarjeta FXO es para la oficina central y la FXS para la estación final, la tarjeta para alarma automática es la ARD, para cada extremo del circuito.

En aplicaciones PBX, en baja densidad para localidades remotas, puede ser definido en un banco de canales facilitando un servicio E&M de cuatro hilos, en el nodo central o localidad del DACS elimina las rutas de baja densidad para bancos de canales, los cuales pueden ser integrados en un paquete digital de 24 canales (DTI) o interface T1, usando la técnica de "grooming".



Los DACS pueden ser usados para dividir conferencias en líneas o circuitos automáticos de alarma usando una tarjeta de conferencia en el DACS. La Figura I.1.8-3 ilustra una red PBX con y sin un DACS.

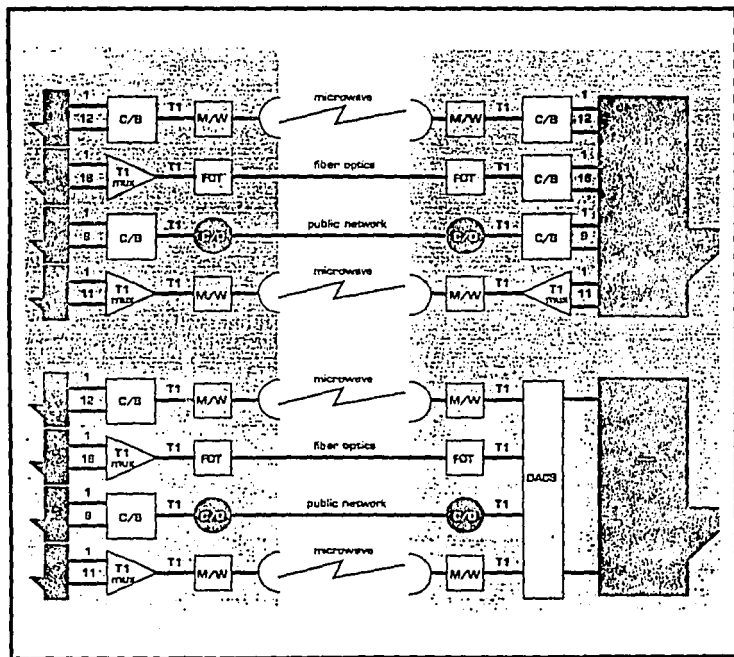


Figura I.1.8-3. Red PBX con y sin DACS.

En aplicaciones de datos, tenemos grandes diferencias en el uso para bancos de canales y DACS normalmente pensamos que los circuitos son modo punto a punto, donde los datos salen del Host o CPU y llegan a un controlador o multiplexor, dependiendo la distancia; por otro lado "token ring" es muy popular para redes de área local, así como el protocolo X.25, conocido como "packet switching".

Para facilidad de líneas y en distancias largas, el servicio digital de datos (DDS) esta disponible para canales de baja velocidad de 2400, 4800 o 9600 baud, para ser multiplexados en canales de 56 Kbps. La ventaja de esto en redes privadas, es que combina las mejores características de una red punto a punto, mientras permite a los circuitos el multiplexado a través de DACS.

Por ejemplo en una aplicación de cuatro localidades y teniendo en otro sitio el centro de datos o Host, cinco circuitos de 9600 bauds destinados para varias localidades pueden ser multiplexados en un circuito de 56 Kbps, el cual es llevado a un banco de canales o un Mux T1 a través de una tarjeta DSODP. Esto termina en un DACS y a través de una tarjeta multiplexora, permite interconectar a través de la matriz del DACS a otras localidades.

Esto elimina la necesidad de los circuitos punto a punto para localidades críticas y reduce el costo equipos de multiplexaje. La figura I.1.8-4 representa un diagrama de un multiplexaje típico dividido para cuatro localidades.

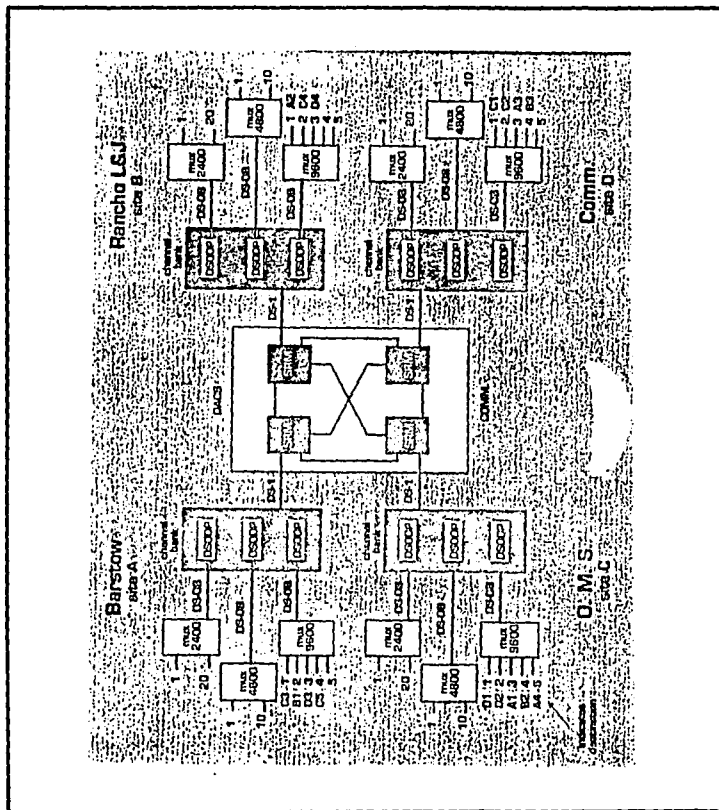


Figura 1.1.8-4. Multiplexaje típico para cuatro localidades.

FALLA DE ORIGEN

En 1981 AT&T introduce su sistema de acceso digital e interconexión (DACS) para facilitar pruebas, así como reducir los costos de mantenimiento. Mediante el uso de DACS los intervalos de tiempo DSO pueden ser llevados de un circuito T1 y sumados a otra línea T1. Los DACS son administrados vía control de software, originalmente este control fue restringido para la iniciación de una portadora de comunicación de la oficina central, posteriormente la capacidad de control de los DACS fue extendida a los usuarios en otras localidades, la cual es conocida como "customer controlled reconfiguration" (CCR).

Los DACS tienen la capacidad de intercambiar tantos niveles como capacidad de canales T1. La capacidad de "drop/insert/bypass" es usada para satisfacer los requerimientos de algunos canales de voz y datos para terminar en un nodo, mientras que otros canales pasan un nodo y son direccionados en otro circuito hacia otro nodo. Cuando un canal es cargado a un nodo o a un nodo de paso y es direccionado a un circuito diferente, resulta en una pérdida de capacidad. Esta capacidad puede ser cubierta insertando otros canales con el mismo destino final. La figura 1.1.8-5(a) ilustra la operación de un DACS de paso.

El funcionamiento de algunos DACS permiten la segregación y operación de llenado en el redireccionamiento de datos para maximizar el manejo de datos eficiente. La función de segregación es usada para segregar los canales de transmisión al extremo apropiado, como se ilustra en la figura 1.1.8-5(b). la función de llenado es usada con la

función de segregación para maximizar la eficiencia de un gran número de operaciones de segregación, la técnica de llenado permite combinar el tráfico de dos o más portadoras en una sola con la misma ruta y destino. Esta técnica ilustrada en la figura 1.1.8-5(c), así como la función de segregaciones incorporada en grandes sistemas de DACS que permiten el control de portadora.

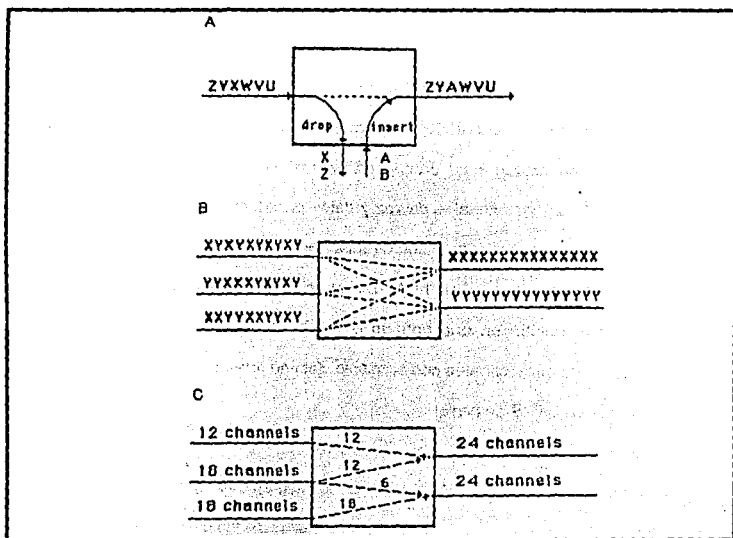


Figura 1.1.8-5. Funciones del DACS. A) drop/insert/bypass, B) Operación "groom", C) operación "fill".

El Sistema de Interconexión y Acceso Digital (DACs) ofrece una solución total para satisfacer las necesidades de red actuales y futuras, para el transporte económico de voz y datos, y de acceso a la red completamente integrado, proporciona interconexiones de canal digital confiables y rápidas, así como el acceso a pruebas, eliminando así las costosas conversiones de digital a analógico para estas funciones.

Con un sistema de acceso a pruebas e interconexión a nivel DSO controlado por un multiprocesador interno del DACs y basado en software, un DACs puede tener una capacidad de hasta 2,688 DS1. Así como cualquier servicio de 2,048 Mbps de canal de DSO o multiplex de 24 o más canales.

## **APLICACIONES**

1.- Segregación de Tributarias Digitales (Grooming).- Se obtiene una eficiencia máxima de las tributarias digitales al segregar los canales de servicio especiales de mensajes, permitiendo el cableado directo y eliminando la necesidad de distribuidores digitales para la consolidación de los mismos canales y reducir el número de líneas y terminales requeridas.

2.- Sustitución de banco de canales "back to back".- Puesto que las conexiones de canal son completamente digitales, no hay degradación de la señal debido a la conversión de señal digital - analógica - digital.

- 3.- **Agrupamiento (Hubbing).**- Permite que circuitos inferiores punto a punto sean consolidados para una mejor agrupación del enlace.
- 4.- **Acceso de red integrado.**- Una amplia variedad de servicios pueden ser integrados en una trama de bit digital común, entregados en grupos a la red.
- 5.- **Interface directa de portadora del sistema SLC.**- Puede servir como una interface económica entre los sistemas mux de abonado (SLC's) remotos y la central principal de los mismos, eliminando todo el equipo intermedio para los circuitos de servicios especiales y servicios telefónicos básicos. (POTS).
- 6.- **Procesamiento de velocidades inferiores.**- Esta función del DACS se puede aplicar en diferentes maneras para proporcionar datos digitales que fluctúan de entre servicios locales de datos hasta servicios de alta operación.
- 7.- **Sistemas celulares.**- El DACS puede agrupar y segregar diferentes E1's (2.048 Mbps) entrantes para usar los puertos en el MTX más efectivamente y para proporcionar la capacidad de restauración al interconectar el tráfico entre centrales.
- 8.- **Centro internacional (Gateway).**- El DACS sirve como centro internacional entre las tributarias norteamericanas de 24 canales a 1.544 Mbps y de 30 canales a 2.048 Mbps, proporcionando conversiones de ley- $\mu$  y ley-A, así como una traducción de señalización junto con la reordenación de los canales DSO (64Kbs) dentro de las señales primarias.
- 9.- **Red de voz a baja velocidad (LBRV) T1 fraccionaria.**

## **BENEFICIOS**

DACS es una terminal de transmisión controlada por un microprocesador que se localiza en lugares estratégicos de toda la red, esta diseñada primordialmente para mejorar las instalaciones, reordenar y dar mantenimiento a los circuitos digitales dedicados a servicios especiales.

- 1.- Se puede agregar nueva capacidad a la red según la demanda y las necesidades proyectadas.
- 2.- La construcción de capital se puede administrar de manera más efectiva.
- 3.- Se puede reducir el tiempo de respuesta entre la orden y la entrega.
- 4.- El control remoto permite el control centralizado de cambios.
- 5.- El control remoto ofrece la posibilidad de que el cliente lleve a cabo sus propios ajustes.
- 6.- Permite el soporte de servicios T1 fraccionales.

Un DACS puede soportar desde unos pocos hasta docenas de T1 (1.544 Mbps) y permitir la caída e inserción de solo un canal (64 Kbps). Varios portadores ahora le permiten al cliente tener acceso a los periodos de su propia red por medio de líneas en arrendamiento o marcando directamente al DACS, con el fin de optimizar la utilización de los periodos.



### **I.1.9. MULTIPLEXOR**

Con el establecimiento de sistemas de computo distribuidos, numerosas estructuras de redes fueron examinadas para determinar las posibilidades de usar equipo especializado para reducir costos. Cuando el trafico de terminal fue lento y el costo de líneas dedicadas no se justificaba en una base individual, el costo de proporcionar comunicaciones a un grupo de usuarios puede ser reducido si un mecanismo era capaz de habilitar varias terminales para facilitar comunicaciones comunes. Este mecanismo puede ser proporcionado por la utilización de multiplexores, y su función primaria es proporcionar al usuario una reducción de costos en comunicaciones. Este dispositivo facilita una alta velocidad de línea para ser usada para llevar transmisiones separadas de un grupo de líneas de baja velocidad. El uso de multiplexores puede ser considerado cuando un numero de terminales de datos de una área geográfica similar o cuando un numero de líneas corren en paralelo para alguna distancia.

En general un dispositivo que transmite o recibe cadenas de datos en forma serial puede ser considerado un candidato para multiplexaje.

Los multiplexores son frecuentemente empleados en sistemas de comunicación de voz y datos, diversos métodos son empleados cada uno con ventajas para ciertas aplicaciones, combinando técnicas para incrementar eficiencia y superar los

problemas, son dispositivos mas o menos inteligentes, básicamente consisten en un procesador con su memoria, un mecanismo de barrido y un conjunto de adaptadores de comunicaciones, siendo su función principal proveer un medio para compartir una línea de comunicaciones entre diversas estaciones de trabajo y/o unidades de procesamiento, lo cual lleva a una reducción de los costos de operación, ya que se economizan:

- puertos del procesador principal.
- modems y adaptadores.
- líneas telefónicas y/o otro tipo de línea.
- tiempo de cpu.

## **TECNICAS DE MULTIPLEXAJE**

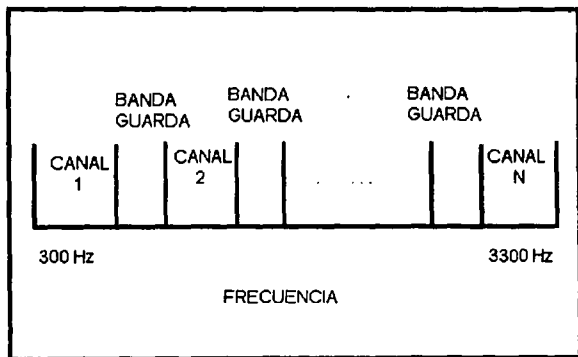
### **MULTIPLEXAJE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA (FDM)**

### **MULTIPLEXAJE POR DIVISIÓN DE TIEMPO (TDM)**

### **MULTIPLEXAJE POR DIVISION DE FRECUENCIA (FDM)**

Es un sistema que divide la banda de frecuencias transmisibles por una vía de transmisión, en bandas mas estrechas llamadas banda de datos o canales derivados,

para permitir la transmisión del mensaje, cada banda de datos es cambiada y separada de otra banda de datos por una barrera, la cual es usada para prevenir interferencia entre canales. Ver Figura I.1.9-1.



**Figura I.1.9-1.** Separación de canales FDM.

El cambio de frecuencia es la principal causa de interferencia de señal y el tamaño de las bandas barrera son estructurados para prevenir datos en el cambio de un canal a otro.

Físicamente un FDM contiene selección de canal para cada canal de datos así como una lógica común. Cada selector de canal contiene un transmisor y un receptor que cambia a una frecuencia específica. Ver figura I.1.9-2.

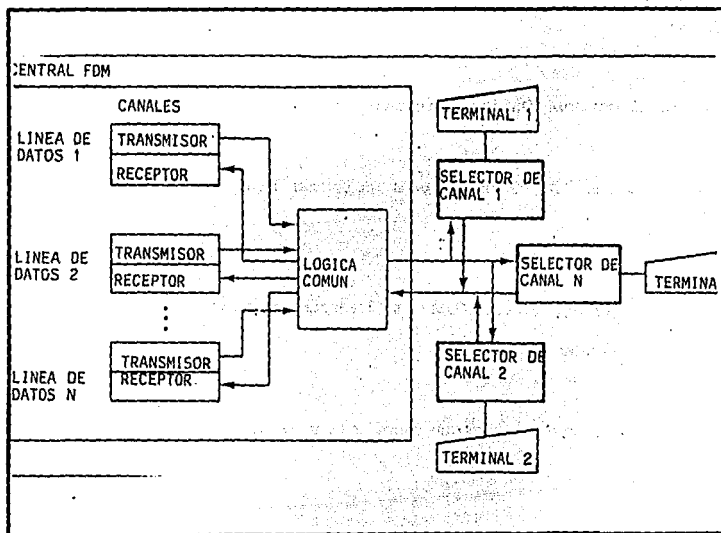
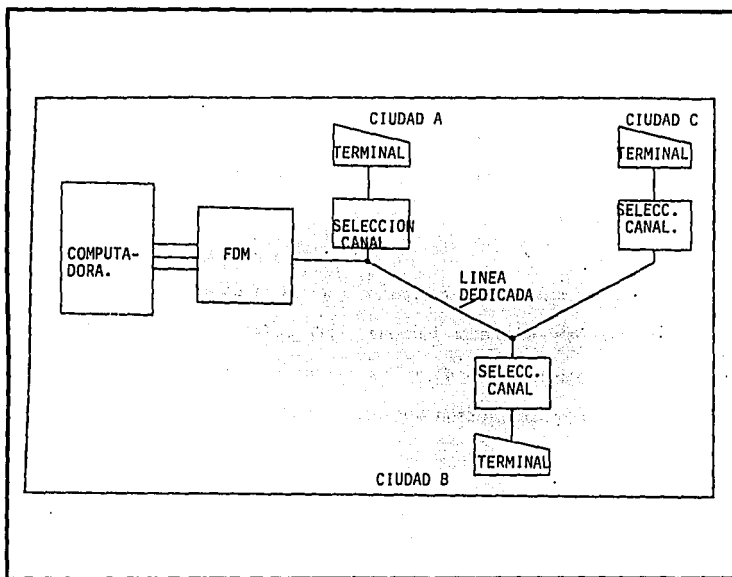


Figura I.1.9.2. Multiplexaje por División de Frecuencia.

## **CARACTERISTICAS**

- Una desventaja de esta técnica es la limitación que ofrecen algunos medios físicos, los cuales no admiten un gran ancho de banda.
- Velocidades superiores a 1200 bps pueden ser multiplexadas en una línea analógica de voz.
- El espacio de canal FDM requiere diferente velocidad de datos.
- FDM es comúnmente usado para multiplexar terminales asíncronas de baja velocidad.
- Una de las ventajas de usar TDM es su Transparencia de código, ya que no requiere utilización de modems.
- La lógica común actúa como un sumador conectando el canal del multiplexor a la línea.
- Permite la utilización de líneas multipunto y puede resultar una considerable reducción en la carga de la línea. Figura 1.1.9-3.



**Figura 1.1.9-3.** FDM permite la operación de circuitos multipunto.

FDM normalmente opera en transmisión full/dúplex en un circuito de cuatro hilos utilizando dos para transmisión y dos para recepción, en un circuito de dos hilos, es seleccionado a diferentes frecuencias. Por ejemplo con 16 canales disponibles el canal 1 puede seleccionarse para transmitir y el canal 9 para recibir.

## **MULTIPLEXAJE POR DIVISION DE TIEMPO (TDM)**

Es un sistema de transmisión de datos de dos o mas señales por una vía común cuya identidad y separación se obtiene asignándole a cada uno de ellos un intervalo determinado de tiempo (ranura) dentro de una serie de impulsos que recurren cíclicamente (trama).

Cada terminal es conectada al multiplexor a través de un adaptador de canal de entrada/salida, este adaptador funciona como buffer y proporciona funciones necesarias de control para interfaces de transmisión y recepción de datos de las terminales al multiplexor. En cada adaptador un buffer o área de memoria existe, el cual es usado para compensar la diferencia de velocidad entre las terminales y el multiplexor. Ver Figura I.1.9-4.

La lógica central del TDM contiene control, monitoreo y circuitos de temporizaron, los cuales facilitan el paso de datos individuales y la alta velocidad de los medios de transmisión.

## CARACTERISTICAS

A cada dispositivo se le asigna un intervalo de tiempo para su uso exclusivo.

- Puede tener dos o mas canales individuales de baja velocidad.
- Los canales de baja velocidad pueden ser asíncronos o síncronos.
- El puerto común de alta velocidad es full-duplex.

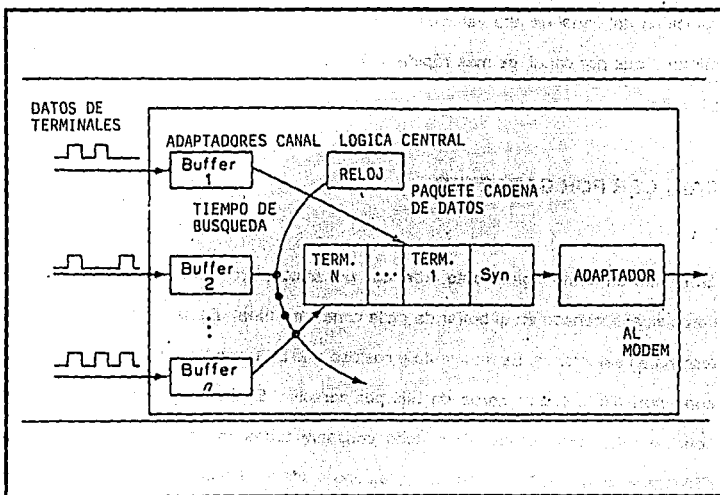


Figura 1.1.9-4. Multiplexaje por división de tiempo.



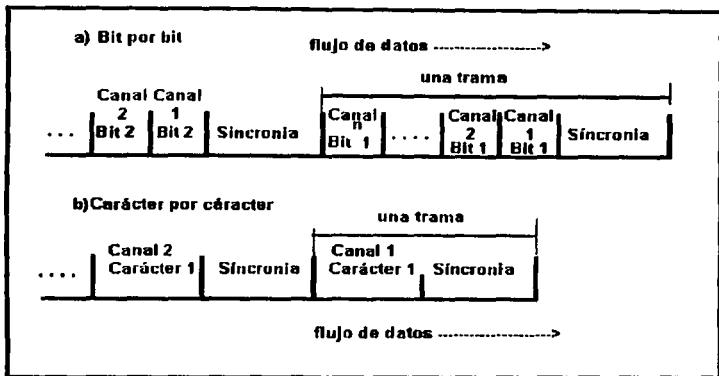
## **TECNICAS TDM:**

### **BIT POR BIT**

Transmite en forma lógicamente ordenada por el canal común la muestra de cada bit de los canales individuales. Es generalmente usado en sistemas con terminales síncronas. La suma de las velocidades de los puertos individuales es igual a la velocidad del canal de alta velocidad. Se eliminan los bits de arranque y paridad, se ganan 2 bits por canal, es mas rápida, el ruido afecta mas a esta técnica. Ver figura I.1.9-5(a).

### **CARACER POR CARACTER**

Transmite en forma lógicamente ordenada por el canal común la muestra de todo un carácter almacenado en el buffer de cada canal individual. Es usado en el servicio de terminales asincronas. Es mas lento y costoso que bit por bit. los códigos de carácter contienen diferentes números de bits por carácter. El área de buffer requerida es considerablemente grande. El método conserva todos los bits de un carácter en secuencia, como ejemplo tenemos un teletipo modelo 33 o una PC ibm transmitiendo datos asíncronos, donde una transmisión de carácter contiene 10 o 11 bits, el cual incluye 1 bit de arranque, 7 bits de datos, 1 bit de paridad, y 1 o 2 bits de parada. Ver Figura I.1.9-5(b).



**Figura 1.1.9-5. Técnicas TDM. A) bit por bit, b) carácter por carácter.**

Para servicio de terminales con códigos de carácter, que contienen diferente número de bits por carácter, dos técnicas son comúnmente empleadas. En la primera técnica, el intervalo de tiempo por cada carácter es de tamaño constante, diseñado para acomodar el máximo ancho del bit o el máximo nivel de código. Haciendo el tamaño tan grande para poder llevar caracteres ASCII, haciendo al multiplexor un ineficiente portador de un nivel de código bajo como Baudot nivel-5. La segunda técnica usada es para proporcionar el tamaño del intervalo al ancho de cada carácter de acuerdo a su

tamaño de bit, esta técnica maximiza la eficiencia del multiplexor. Aunque la complejidad de la lógica y el costo del multiplexor se incrementan.

Mientras el equipo en la técnica de intercambio de bit es menos costoso, este es menos eficiente cuando se usa para servicio en terminales asíncronas. En el lado positivo los multiplexores para intercambio de bit ofrecen las ventajas de rápida resincronización y corto retardo de transmisión. En multiplexores con intercambio de carácter tiene que esperar su conversión de bits en caracteres, mientras un multiplexor por bit puede transmitir cada bit tal como es recibido de la terminal. Los multiplexores por carácter usan diversas técnicas para convertirlos en carácter.

Una técnica comúnmente usada es la colocación de una área de buffer por cada adaptador de canal, el cual permite al carácter ser colocado dentro del adaptador de canal y entonces es explorado y transformado en una cadena de datos.

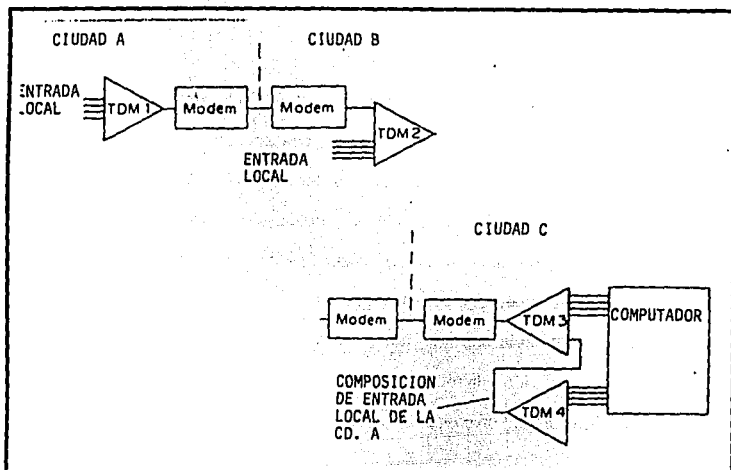
Otra técnica es la colocación de memoria de solo lectura programada con el multiplexor, por lo tanto este puede ser usado para armar caracteres para todos los canales de entrada, esta técnica hace a un multiplexor parecer un concentrador, ya que la inclusión de memoria ROM programada permite muchas funciones adicionales para armar y desarmar caracteres. Esto permite referirse como multiplexores inteligentes.

## **APLICACIONES TDM**

La configuración TDM mas comúnmente usada es el sistema punto a punto el cual es llamado sistema de multiplexaje de dos puntos, el cual une varias terminales a través de diversos caminos a un multiplexor central. Las terminales pueden ser conectadas al multiplexor a través de una línea dedicada, por una conexión directa si el usuario esta en el mismo edificio, y un cable puede ser utilizado para conectar ambas o bien, varias terminales, las cuales pueden ser switchadas en la red para acceder al multiplexor. Para este ultimo método la conexión no es permanente. Las terminales en ciudades remotas usan la marcación a la red para conectarse a un canal del multiplexor, el cual es conectado a una unidad de contestación automática en la red.

## **MULTIPLEXAJE MULTIPUNTO EN SERIE**

Un número de sistemas de multiplexaje pueden ser desarrollados por varios multiplexores hacia un segundo multiplexor, esta técnica es mas efectiva cuando las terminales son distribuidas en dos o mas localizaciones y el usuario desea aliviar la necesidad de obtener dos líneas de larga distancia de localizaciones cercanas al computador.



**Figura 1.1.9-6.** Multiplexaje Multipunto en serie.

En la figura 1.1.9-6, se muestra como cuatro terminales de baja velocidad son multiplexadas a la ciudad A en un canal de alta velocidad el cual es transmitido a la ciudad B donde esta línea es multiplexada con los datos de varias terminales en la ciudad B. Aunque el usuario requiere línea dedicada entre la ciudad A y la ciudad B, solo una línea es ahora requerida entre la ciudad B al computador en la ciudad C. El multiplexaje multipunto requiere un par adicional de tarjetas para ser instaladas en los multiplexores 2 y 3, y modems de alta velocidad.

**MULTIPLEXAJE POR AGRUPAMIENTO.-** Es una variación del multiplexaje multipunto. Para ser efectivamente usado, puede ocurrir cuando un número de localizaciones remotas tienen que transmitir a dos o más localidades. Para satisfacer este requerimiento, el flujo de la terminal remota es multiplexada a una localidad central, y las terminales que se comunican con la segunda localidad son cableadas hacia otro multiplexor el cual transmite este flujo pasando por el central. Como ejemplo, algunas terminales en la ciudad 3 requieren una línea de comunicación con uno de los dos computadores al cual seis terminales se comunican con el computador en la ciudad 2 mientras dos terminales usan la facilidad del computador en la ciudad 1, los datos de las ocho terminales son multiplexadas sobre una línea común a la ciudad 2, donde los dos canales a las terminales que accesan al computador en la ciudad 1 son cableados a un nuevo multiplexor. Cuando muchas localizaciones de terminales tienen doble destino, este multiplexor puede ser muy económico. Con el flujo de datos en serie, si un equipo falla, termina el acceso a una o más facilidades de cómputo, dependiendo de la localidad donde se interrumpe el servicio. Este tipo de multiplexaje es usado para conectar terminales a diferentes destinos, si más de dos destinos existen, una mayor eficiencia de switcheo puede ser obtenida para el empleo de un selector de puerto, o un multiplexor, el cual tiene capacidad de selección de puerto. Un selector de puerto o multiplexor con capacidad de selección funciona como un switch dinámico de datos, estableciendo una conexión temporal entre un puerto en la entrada del dispositivo o, en el caso de un multiplexor un canal en el sistema de multiplexaje y su salida destino. Ejemplo Figura I.1.9-7.

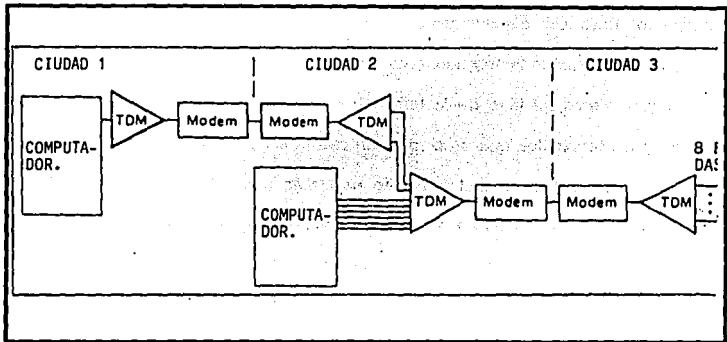


Figura I.1.9-7. Multiplexaje por agrupamiento.

**MULTIPLEXAJE INVERSO.-** El multiplexaje inverso permite una alta velocidad en cadenas de datos para ser divididos en dos o mas cadenas de datos lentas para transmisión sobre líneas de bajo costo y modems.

La utilización del multiplexor inversor puede resultar una ayuda significativa en situaciones definidas, su uso permite transmisión de 38,400 bps sobre dos líneas de voz como una fracción de el costo en el cual puede incurrir cuando usa las facilidades del ancho de banda.

## **ECONOMÍA EN EL USO DE MULTIPLEXORES**

El primer motivo para el uso de multiplexores en una red es reducir el costo de comunicaciones. Mediante un primer estudio en usuarios de terminal para determinar el tiempo de conexión mensual de cada terminal, el método mas económico de transmisión de datos de cada terminal al computador puede ser calculada. Para hacer esto el costo en la conexión directa puede ser comparada con el costo de una línea dedicada de cada terminal al computador.

Cuando el método mas económico de transmisión de cada terminal al computador es calculado, el costo del recorrido de cada terminal en una localidad a una terminal en otra localidad puede ser determinado en orden para calcular y comparar el costo de utilización de varias técnicas.

Evaluando el costo del multiplexaje y el costo de líneas telefónicas de cada terminal en una localidad al multiplexor central y sumado al costo del equipo multiplexor. Entonces el costo de la línea de alta velocidad del multiplexor central a el computador es sumado para proporcionar el costo total de multiplexaje. Si este costo excede el total del método mas económico de transmisión para terminales individuales al lugar central, entonces el multiplexaje no justifica el costo. Este proceso es reiterado por considerar cada ciudad como un posible centro multiplexor para optimizar todas las posibles configuraciones de red.



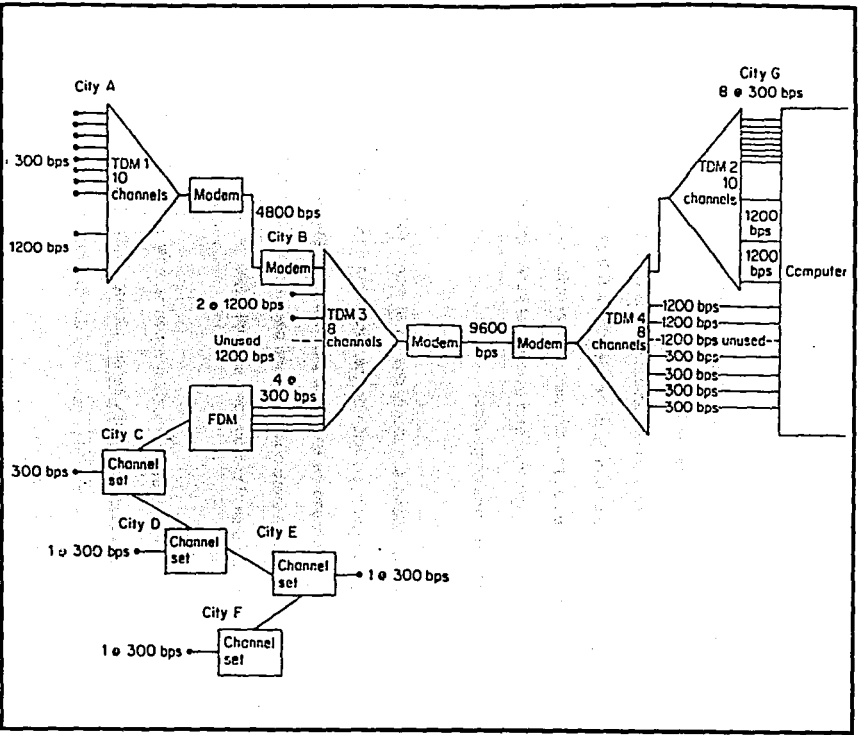
## **COMBINACIÓN DE MULTIPLEXORES**

Mientras que los equipos FDM están limitados por el ancho de banda de las líneas telefónicas, la principal limitación en un sistema TDM es la capacidad de transmisión de los modems de alta velocidad conectados al multiplexor. FDM es usualmente limitado a 16100 bps o 8150 bps por canal, mientras que los sistemas TDM pueden proporcionar una combinación de baja y alta velocidad en terminales, esta composición de velocidad es menor o igual a la velocidad del módem conectado. Mientras los sistemas TDM favorecen las aplicaciones punto a punto, los sistemas FDM son aplicados en configuraciones multidrop donde un número de terminales separadas pueden ser servidas mas económicamente sobre una sola línea multipunto. El equipo FDM es considerado como tecnología obsoleta por su limitada capacidad de transmisión de datos, su inherente capacidad de proporcionar una conexión de línea multipunto sin requerir software poll-select.

En muchas redes los sistemas TDM son usados para transmisión de altas velocidades de datos entre dos localidades separadas, mientras FDM a menudo es usado en el mismo sistema para proporcionar servicio multidrop a las terminales.

La combinación de los sistemas FDM-TDM en una red, permite las capacidades de ambos dispositivos para ser usados con una mayor ventaja.

Figura 1.1-9-8. Combinación de un sistema FDM - TDM.



## **MULTIPLEXORES ESTADISTICOS E INTELIGENTES**

En un TDM tradicional, las cadenas de datos son combinadas de un número de dispositivos en un solo camino, así cada dispositivo tiene un rango de tiempo asignado para su uso. Mientras el TDM es barato y confiable, y puede ser efectivamente empleado para reducir costos en comunicaciones, ello hace ineficiente uso del medio de transmisión de alta velocidad. Esta ineficiencia es debida al hecho de que un rango de tiempo es reservado para cada dispositivo conectado, ya sea que el dispositivo este o no activo. Cuando el dispositivo esta inactivo, el TDM llena el rango con nulos y no puede usar el slot para otros propósitos.

Estos caracteres de relleno son insertados en el marco del mensaje, por lo que el demultiplexaje ocurre por la posición de los caracteres en el marco, si estos rellenos son eliminados, un proceso es empleado para indicar el puerto de origen o canal de cada carácter. De otra manera no hay camino para reconstruir el dato y ruta de acceso al puerto correcto durante el proceso de demultiplexaje.

Un multiplexor estadístico es en muchos aspectos muy similar a un concentrador, ambos dispositivos combinan señales de un número de dispositivos conectados a su manera, hay una cierta probabilidad de que un dispositivo tenga acceso para el uso de un rango de tiempo para transmisión.

Sin embargo un concentrador requiere usar programación y algún requerimiento especial de software en el computador central (host), para demultiplexar su alta velocidad de transmisión de cadena de datos, un multiplexor estadístico es diseñado en forma similar a un microprocesador y programado por el vendedor, no requiere software en el computador para demultiplexar, si no otro multiplexor estadístico y el computador permite esta función.

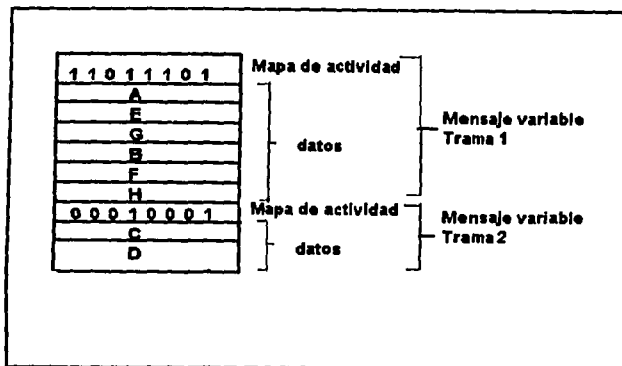
Para la asignación dinámica de rangos de tiempo requerida, los multiplexores estadísticos permiten mayor eficiencia en la transmisión en medios de alta velocidad. Esto permite al multiplexor servir a más terminales sin un incremento en la velocidad de la línea como se requiere en el multiplexor tradicional. La técnica de asignar rangos de tiempo de acuerdo a una demanda básica es conocida como multiplexaje estadístico y menos datos son transmitidos por el multiplexor, porque este solo atiende las terminales que están actualmente activas.

Dependiendo del tipo de TDM, cada uno de los caracteres de sincronización o marco de control son insertados en la cadena de control del mensaje. Los caracteres de sincronización son empleados por TDM's convencionales, mientras que el marco de control es usado por TDM's que emplean un protocolo de control de enlace de datos de alto nivel (HDLC) entre multiplexores y control de transmisión de mensajes.

La técnica de construcción usada para armar el marco del mensaje también define el tipo de TDM. Cada uno consiste de un carácter o bit para cada canal de entrada, explorado para un particular periodo de tiempo, cuando una terminal esta inactiva el rango asignado para el dispositivo esta incluido en el marco del mensaje transmitido, entonces la presencia de un carácter de relleno o nulo en el rango de tiempo es requerido para el correcto demultiplexaje de datos.

**CONSTRUCCIÓN DE UN MARCO ESTADÍSTICO.-** Un multiplexor estadístico emplea una técnica para construir un marco variable, el cual tenga ventajas de tiempos libres de terminal para habilitar más terminales a tener acceso a un circuito común. El uso de la tecnología de marco variable permite previamente eliminar el desperdicio de rangos de tiempo, entonces la información de control es transmitida en cada marco para indicar cuales terminales están activas y tienen datos en el marco de mensajes.

Una de las muchas técnicas que pueden ser usadas para detectar la presencia o ausencia de trafico de datos es el uso de un mapa de actividad (figura I.1.9-9). Cuando un mapa es empleado, este se transmite a si mismo antes del actual dato, cada posición de bit en el mapa es usado para indicar la presencia o ausencia de datos de una particular revisión del rango de tiempo en el multiplexor. La figura I.1.9-9 muestra dos mapas de actividad y caracteres de datos.



**Figura I.1.9-9.** Mapa de actividad para producir tramas variables, donde cada posición de bit indica la presencia o ausencia de datos.

Otra técnica de multiplexaje estadístico involucra un buffer de datos para cada fuente de datos y transmite los datos con una dirección y un byte contador. La dirección es usada por el demultiplexor para dirigir el dato al puerto correcto, mientras el contador indica la cantidad de datos dirigidos al puerto. La dirección y el contador son transmitidos en un circuito común, el dato de cada canal es de longitud variable. Una desventaja técnica de poca relevancia de los multiplexores estadísticos existe cuando los usuarios emplean notas, este problema incluye el retardo asociado con bloques de datos encolados cuando un gran número de terminales conectadas son activadas o

cuando unas pocas terminales transmiten grandes cantidades de datos, cuando los datos activos en la entrada de los multiplexores excede la capacidad de la línea común de alta velocidad ocasiona que los datos estén almacenados en el buffer, otra razón para el retardo es que un error del circuito causara una o más retransmisiones de datos. Permite que continúe enviando datos durante el ciclo de retransmisión multiplexor a multiplexor, esto puede llenar las áreas del buffer de los multiplexores y causar tiempos de retardo. Si el área del buffer se emplea para sobreflujo, los datos se pueden perder y esto puede crear una situación inaceptable. Para prevenir el sobreflujo en el buffer, los multiplexores emplean algunos tipos de técnicas para transmitir una señal de control de trafico para conectar terminales y/o computadores cuando sus buffers estén hasta un cierto nivel. Las señales de control inhiben la transmisión adicional a través del multiplexor mientras el buffer es vaciado a otro nivel predefinido. Cuando este nivel es alcanzado una segunda señal de control es usada la cual permite la transmisión a los multiplexores para continuar.

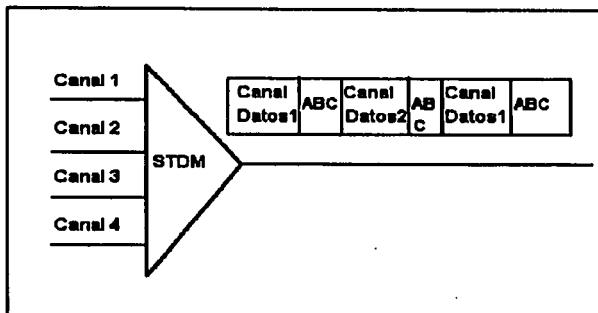


Figura I.1.9-10. Composición de la trama. Dirección y contador (ABC).

**CONTROL DE BUFFER.-** Las tres mejores técnicas de control de buffer empleadas por multiplexores estadísticos incluyen señalización de entrada, señalización de salida y reducción de reloj. La señalización de entrada incluye caracteres XOFF y XON para deshabilitar y habilitar la transmisión de datos de terminales y puertos del computador para reconocer ese flujo de caracteres de control. Un segundo método de control de flujo involucra el aumento y disminución de señales de control (CTS) en las interfaces RS-232 o V.24. Estos métodos de control de buffer están fuera de la ruta de datos, donde son transmitidos por el pin 2, esto se conoce como señalización de salida.



Estos tipos de señalización son usados para el control de flujo de datos de dispositivos asíncronos. Los dispositivo síncronos transmiten datos formados en bloques o marcos.

**RAZÓN DE USO.-** La medida usada para denotar la capacidad de un multiplexor estadístico es llamada razón de uso, el cual compara su alto nivel de funcionamiento en comparación con un TDM convencional. En transmisión síncrona no hay interrupción. La razón de uso de STDM's para datos asíncronos es mayor que la razón de uso para datos síncronos. En un STDM asíncrono la razón de uso esta entre 2:1 y 3.5:1, mientras que para STDM síncrono el rango es entre 1.25:1 y 2:1 . Con este cociente se obtiene la eficiencia de un STDM, tal como su característica para eliminar los bits de arranque y parada de fuentes de datos asíncronos. Un STDM tiene una eficiencia del doble de un TDM típico.

**TIPO DE DATOS SOPORTADOS.-** Algunos multiplexores estadísticos solo soportan datos asíncronos, mientras que otros soportan ambos tipos de datos (síncronos y asíncronos), algunos vendedores de multiplexores estadísticos emplean un canal paso banda para soportar datos síncronos, pero estos limitan la capacidad del dispositivo para soportar transmisión asíncrona, cuando un canal de banda de paso es empleado, una porción fija de cada mensaje es reservada para el multiplexaje exclusivo de datos síncronos. De esta forma solo el resto del marco del mensaje esta disponible para el multiplexaje de todos los otros tipos de datos.

**SWITCHEO Y CONTENCIÓN DE PUERTO.**- Dos características normalmente disponibles en los más sofisticados multiplexores estadísticos son el switcheo y la contención de puerto. La capacidad de switcheo se refiere a como alterna el direccionamiento y lo requiere el multiplexor para soportar múltiples líneas de alta velocidad cuya conexión al multiplexor es conocida como nodo. La capacidad de switcheo normalmente se refiere a la habilidad del multiplexor para soportar múltiples nodos. En la Figura I.1.9-11. se muestra como el direccionamiento alterno puede ser usado para compensar un circuito de salida.

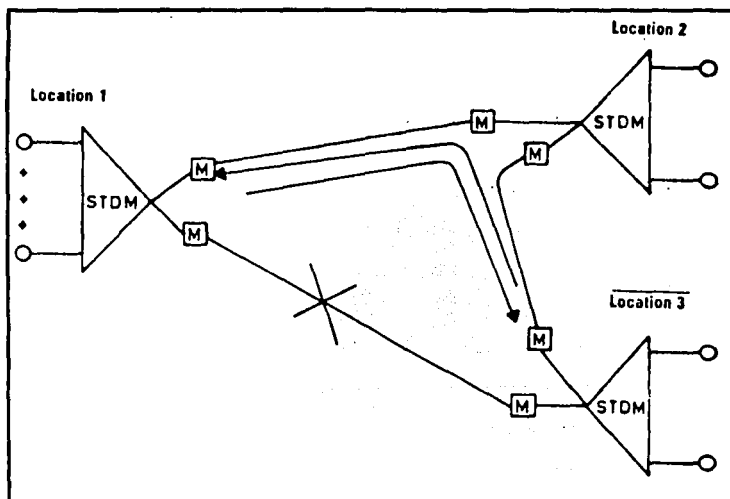


Figura I.1.9-11. Direccionamiento alterno.

La contención de puerto es normalmente incorporada en sistemas con gran capacidad multinodal, los multiplexores estadísticos son designados para instalación fácil en un computador central. este tipo de STDM permite el demultiplexaje de datos de cientos de canales de datos, la contención de puerto permite en el STDM del lugar central tener un menor número de puertos que el número de canales de los multiplexores distantes conectados al dispositivo. Si los puertos no están disponibles el STDM puede enviar un mensaje de "NO HAY PUERTOS DISPONIBLES" y desconectar al usuario ponerlo en espera hasta que un puerto este disponible.

**TDM INTELIGENTE (ITDM).**- Un adelanto tecnológico en el multiplexor estadístico resulta con la introducción de compresión de datos en algunos STDM's. Estos dispositivos inteligentes examinan ciertas características de datos y son conocidos como multiplexores de división de tiempo inteligentes (ITDM). Estos dispositivos tienen ventajas ya que diferentes caracteres ocurren con diferentes frecuencias ya que usan esta cualidad para reducir el número promedio de bits por carácter por asignación corta de códigos.

La principal ventaja del multiplexor inteligente radica en su capacidad para hacer el uso más eficiente de un circuito de datos de alta velocidad en comparación a otra clase de TDM's. El tráfico de datos síncronos, el cual normalmente contiene menor tiempo libre durante periodos de transmisión activa puede ser aumentado en

eficiencia. Los multiplexores inteligentes permiten una eficiencia cuatro veces más que un TDM convencional para terminales síncronas.

**ESTADÍSTICAS DE STDM E ITDM.**- El uso de multiplexores estadísticos e inteligentes puede ser considerado en una base económica para determinar si el costo de cada dispositivo colabora para la reducción en costos en línea y módem. Algunas de las estadísticas normalmente disponibles en multiplexores estadísticos e inteligentes se listan en la siguiente tabla. El cuidadoso monitoreo de estas estadísticas en la expansión de la red puede ser preplaneado para causar una mínima cantidad de potencial ocupado para usuarios.

---

#### **ESTADÍSTICAS DE MULTIPLEXORES INTELIGENTES:**

---

Carga del multiplexor: % del tiempo del dispositivo no libre.

Utilización del buffer: % de memoria del buffer en uso.

Número de tramas transmitidos.

Número de reconocimientos negativos recibidos.

Densidad de tráfico = bits no libres / total de bits

densidad de error=reconocimientos neg. recibidos/tramas transmitidos

Eficiencia de compresión=total bits recibidos/total bits comprimidos

## **CARACTERÍSTICAS A CONSIDERAR EN LA SELECCIÓN DE UN MULTIPLEXOR ESTADÍSTICO.**

<b>CARACTERISITCA.</b>	<b>PARAMETROS A CONSIDERAR.</b>
Detección automática de baudaje	Detectar velocidad de transmisión datos
Retardo flyback	Selección disponible.
Retorno de eco	Seleccionable por canal o dispositivo.
Protocolos que soporta	2780/3780/, 3270, HDLC/sdlc, otro.
Tipo de datos que soporta	Asíncronos, síncronos.
Radio de servicios	Asíncronos, síncronos.
Control de flujo	XON-XOFF, CTS, reloj.
Capacidad multinodal	Número de nodos.
Switcheo	Automático o manual.
Contención de puerto	Desconectado o encolados cuando todos
I	los puertos están en uso.
Compresión de datos	Deshacer bits o emplear algoritmo de compresión de datos.

Detección automática de bauds, es la capacidad de un multiplexor para medir el ancho de pulso de una fuente de datos, la velocidad de datos es proporcional al ancho del pulso, esta característica facilita al multiplexor para reconocer y ajustar la velocidad diferente en terminales accedando al dispositivo sobre la red telefónica.

Algunas redes contienen sistemas de computo full-duplex donde el eco en cada carácter de retorno a la terminal de origen y el retardo de ambos recorridos, puede resultar en que el operador tenga la sensación de que su terminal no responde. Cuando el eco es soportado por un STDM, el multiplexor conectado a la terminal, inmediatamente retorna cada carácter a la terminal, mientras que el multiplexor conectado a la computadora descarta caracteres retornados por el computador. Esta facilidad del flujo de datos a través de sistemas de multiplexores permite ser más responsable al operador de la terminal, la detección de error y la corrección es hecha en todos los multiplexores estadísticos.

**CONSIDERACIONES DE UTILIZACIÓN.-** Los requerimientos de la red precisan el tipo de multiplexor, el cual resulte el mejor precio-funcionamiento. En comparación al FDM la principal ventaja del TDM incluye la capacidad para manejar gran cantidad de datos a la entrada, la capacidad para un gran número de entradas individuales, el funcionamiento para comprensión de datos (multiplexores inteligentes), la detección de errores, y retransmisión de datos (multiplexores estadísticos e inteligentes).

## COMPARACIÓN DE MULTIPLEXORES.

CARACTERISTICA	FDM	TDM	STDM	ITDM
Eficiencia	malo	bueno	mejor	optimo
Capacidad de canal	malo	bueno	mejor	optimo
Alta velocidad de datos	muy malo	malo	mejor	optimo
Cambio de configuración				
Transmisión de datos	bueno	regular	bueno	bueno
Número de canales	malo	bueno	mejor	mejor
Facilidad de instalación	malo	malo	bueno	bueno
Problema de aislamiento	malo	malo	bueno	bueno
Detección de error/retransmisión	no	no	automatica	auto.
Capacidad de multidrop	bueno	no	posible	posib.

## **I.1.10.- PAD (PACKET ASSEMBLY / DISASSEMBLY)**

Como la recomendación X25 desarrollada en 1970, los grupos de estándares, reconocieron que la mayoría de terminales en operación eran ininteligentes y dispositivos asíncronos. Obviamente, una interface era necesaria para conectar esas terminales en paquetes de redes. Consecuentemente los estándares fueron desarrollados para proporcionar un protocolo de conversión y funciones de packet assembly / disassembly (PAD) para la terminal asíncrona.

Un PAD es un servicio proporcionado a un usuario para una interface a un paquete de red de comunicación de datos

Con el desarrollo del estándar X.25 los comités de estándares continuaron en 1977 con recomendaciones para tres especificaciones para soportar X.25 con interfaces para terminales asíncronas: X.3, X.28, y X.29. Estas recomendaciones son retomadas con la versión de 1984.

La idea de un PAD es proporcionar un protocolo de conversión para un usuario de dispositivo (DTE) a una red publica o privada, y un protocolo complementario de conversión para recibir de la red. La meta es proporcionar un servicio transparente al usuario de DTE. Mientras X.3 y sus estándares similares, X.28 y



**X.29, direccionan solo dispositivos asincronos (lo cual constituye muchos de los dispositivos en operación en día).**

**Muchos PADS proporcionan servicios para soportar protocolos como BSC y SDLC. Esta capacidad no asincrona del PAD permite que no falle dentro de la trama de X.3, X.28 y X.29.**

Los estándares del PAD facilitan diversas configuraciones, la figura I.1.10-1(a) muestra una conexión entre usuario DTE no-packet y un DTE modo packet., note que el PAD (X.3) y X.28 son necesariamente solo para la DTE asincrona. La figura I.1.10-1(b) ilustra otro ejemplo en el cual dos DTEs asincronas desean comunicarse con la otra. Ambos DTEs usan X.3 y X.28. El ultimo ejemplo Figura I.1.10-1(c) ilustra un PAD localizado fuera de la red, en esta situación el PAD aparece como un dispositivo actual X.25 de la red. También se muestra como el X.29 es usado para soportar comunicaciones entre un PAD y un X.25 modo DTE o entre dos PADS.

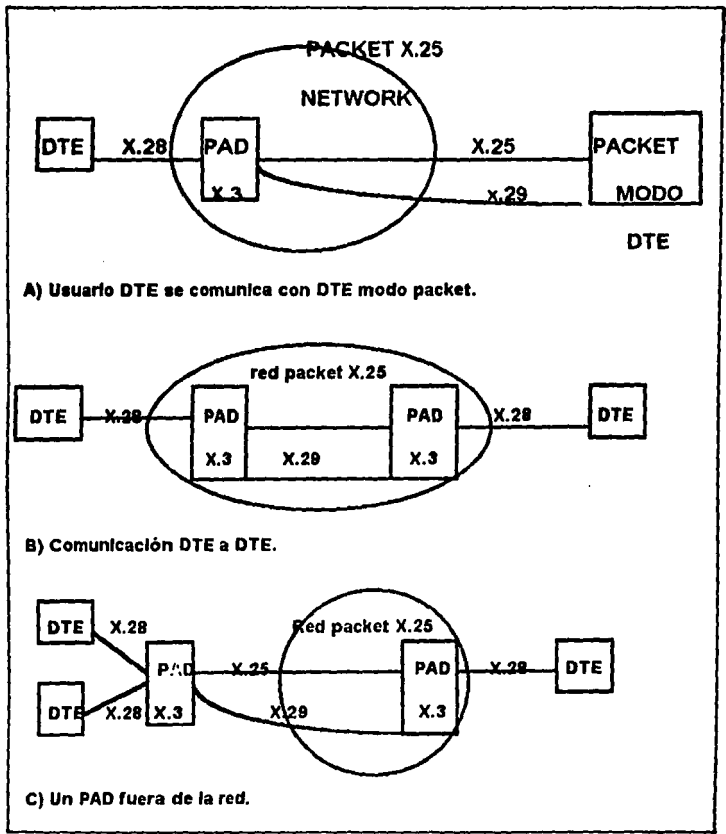


Figura I.1.10-1. PADs y X.25

### **X.3**

La versión de 1984 de X.3 proporciona un total de 22 parámetros que el PAD usa para identificar y ayudar a cada terminal comunicándola con este. Cuando una conexión a un PAD del DTE es establecida, los parámetros del PAD son usados para determinar como el PAD se comunica con el usuario DTE. El usuario solo tiene la opción de modificar los parámetros después de su acceso al PAD. Cada uno de los 22 parámetros consiste de un número de referencia y un valor del parámetro. Explicación de como los parámetros del PAD pueden ser usados:

**Parámetro 3 = 0** Indicar al PAD continuar solo un paquete lleno.

**Parámetro 3 = 2** Indicar al PAD continuar un paquete delante de la terminal enviando un carácter portadora de retorno.

**Parámetro 6 = 1** Un usuario de terminal desea recibir las señales de servicio del PAD .

**Parámetro / =** Primero recibe un carácter de interrupción de la terminal , el PAD envía un paquete de interrupción al receptor del DTE.

## PARAMETROS DEL PAD

---

### No. PARAMETRO X.3

REFERENCIA	DESCRIPCION
1 Llamada PAD	Escape modo transferencia de datos a modo comando.
2 Eco	Caracteres de control de eco enviados por la terminal.
3 Avance de datos	Define los caracteres que son interpretados por el PAD como una señal de avance de datos.
4 Reloj de retardo libre	Selecciona un tiempo interno de actividad de terminal como una señal para avance de datos.
5 Control de dispositivo	Permite al PAD el control del flujo de datos de terminal usando caracteres X-ON/X-OFF.
6 Control de señales de	Permite a la terminal recibir mensajes del PAD. servicio PAD.

---

<b>PARAMETRO X.3</b>	<b>DESCRIPCION</b>
----------------------	--------------------

---

- |  |   |
|--|---|
| <b>7 Operación del PAD en la recepción de señales de interrupción del DTE.</b> | <b>Define la acción del PAD cuando una señal de interrupción es recibida de la terminal.</b>                                  |
| <b>8 Salida descartada</b>   | <b>Controla la eliminación de datos pendientes a la salida de la terminal.</b>  |
| <b>9 Relleno después del retorno.</b>  | <b>Los controles del PAD insertan caracteres de relleno Después de que una portadora de retorno es enviado a la terminal.</b> |
| <b>10 Línea cerrada.</b>   | <b>Especifica cuando el PAD se emplea para cerrar la línea de salida a la terminal.</b>                                       |
| <b>11 Velocidad binaria DTE</b>  | <b>Indica la velocidad de la terminal.</b>  |
| <b>12 Control de flujo PAD</b>   | <b>Permite a la terminal el control de flujo de datos,</b>  |

<b>PARAMETRO X.3</b>	<b>DESCRIPCION</b>
13 Inserción de línea	El PAD controla la inserción de línea después de que una portadora de retorno es enviada a la terminal.
14 Relleno de línea	Controla la inserción de caracteres de relleno después de que una línea es enviada a la terminal.
15 Editando.	Controla edición si esta disponible durante el modo de transferencia de datos.
16 Borrado de caracteres	Selecciona caracteres usados para el borrado de caracteres de señal.
17 Borrado de línea	Selecciona el carácter usado para el borrado de la señal de línea.
18 Despliegue de línea.	Selecciona el carácter usado para el despliegue de la señal de línea.
19 Editando señales de servicio PAD.	Controla el formato de la edición de señales de servicio PAD.

---

<b>PARAMETRO X.3</b>	<b>DESCRIPCION</b>
----------------------	--------------------

---

20 Mascara de eco	Selecciona los caracteres que no tienen eco de la terminal cuando el eco es habilitado.
21 Tratamiento de paridad generación de paridad en	Controla el chequeo y caracteres de o hacia la terminal.
22 Espera de pagina	Especifica el numero de líneas a ser desplegadas al mismo tiempo.

---

### **X.28**

Este estándar define el procedimiento para el control del flujo de datos entre el usuario de terminal modo no-packet y el PAD. Primero recibe una conexión inicial del usuario DTE, el PAD establece una conexión y proporciona servicios acordes al X.28, el usuario DTE evoca comandos X.28 a el PAD, el cual requiere una

llamada virtual X.25 a un DTE remoto. El PAD es responsable de transmitir la apropiada call request X.25; X.28 resume el procedimiento para:

- el establecimiento de la ruta.
- la inicialización del servicio.
- el intercambio de datos.
- el intercambio de información de control.

X.28 solicita al PAD envíe una respuesta cuando una terminal usa un comando para esto. Dos perfiles pueden ser definidos para proporcionar servicio a los usuarios DTE . El perfil "transparente" es un medio transparente del PAD transparente a ambos DTEs. Los DTEs tienen una conexión virtual directa con el otro. En esta situación el DTE remoto es responsable de algunas funciones del PAD, tal como chequeo de error. El perfil "simple" hace uso completamente del estándar X.25 y las funciones de parámetros para satisfacer los requerimientos del usuario DTE.

En 1984 la versión del X.3 proporciono al usuario la flexibilidad para adecuar características adicionales para una terminal. Esto es proporcionado por la señal de comando PROF PAD, La cual se explica en la siguiente tabla. El comando PROF proporciona a los vendedores de paquetes de redes flexibilidad adicional en ajustar un PAD para soportar interfaces para más protocolos, tales como el BSC y SDLC.



## SEÑALES DE COMANDO PAD

---

COMANDO PAD	DESCRIPCION.
STAT	Requiere estado de la información respecto a la conexión de la llamada virtual a el DTE.
CLR	Limpia una llamada virtual.
PAR? (Parámetros)	Solicita el valor actual de los parámetros especificados.
SET? (Parámetros)	Solicita el cambio o selección de valores de los parámetros especificados.
PROF (identificador)	Da al PAD una selección estándar de valores de parámetros.
RESET	Resetea la llamada virtual.
INT	Transmite un packet interrumpido.

**SET (parámetros)**            **Selecciona o cambia valores de parámetros.**

**Selection PAD**            **Selecciona una llamada virtual.**

---

## **SEÑALES DE SERVICIO PAD**

---

<b>SERVICIO PAD</b>	<b>DESCRIPCION</b>
---------------------	--------------------

---

<b>Información de línea</b>	<b>Reconocimiento de una señal de comando.</b>
-----------------------------	--

<b>COM</b>	<b>Indicador de una conexión de llamada.</b>
------------	--

<b>RESET DTE</b>	<b>El DTE remoto tubo un reset en la llamada.</b>
------------------	---

<b>RESET ERR</b>	<b>La llamada a sido reseteada debido a un error de procedimiento local.</b>
------------------	--

<b>RESET NC</b>	<b>La llamada ha sido reseteada debido a una congestión de la red.</b>
-----------------	--

<b>ERROR</b>	<b>El comando del PAD esta en error.</b>
--------------	--

<b>PAR &lt;n:n&gt;</b>	Respuesta a la selección o lectura del comando PAD; n indica el número del parámetro y el valor en decimal.
<b>PAR &lt;n:INV&gt;</b>	Respuesta a la selección de un parámetro inválido solicitado en una selección de lectura de comando PAD.
<b>ENGAGED</b>	Respuesta al estatus del comando PAD cuando una llamada es establecida.
<b>FREE</b>	Respuesta al estatus del comando PAD cuando una llamada no es establecida.

---

## **X.29**

Este estándar facilita direcciones para el PAD y una estación remota para intercambiar información de control en una llamada X.25. Una estación remota se refiere a cualquiera, un PAD o un DTE X.25-X.29 que permita el intercambio de información, cualquier fase de transferencia de datos o alguna otra fase de la llamada virtual.

El bit Q del X.25 controla la secuencia de ciertas funciones del X.29. El bit Q (o bit de calificación de datos) esta contenido en el encabezado del paquete de datos. Es usado por el DTE remoto para distinguir entre un paquete que contiene datos de usuario (Q = 0), o uno que contenga información de control (Q = 1). X.29 es útil cuando un Host necesita el cambio de parámetros de operación X.3 para comunicar a las terminales con este. Para enviar un paquete de control X.29 a un PAD (Q = 1), el host puede reconfigurar sus estaciones de trabajo conectadas.

X.29 define 7 mensajes de control, los cuales son llamados mensajes PAD.

Estos mensajes son:

**Set:** cambia un valor X.3.

**Read:** Lee un valor X.3.

**Set and Read:** Cambia un valor X.3 y requiere la confirmación del cambio.

**Parameters Indication:** retorno en respuesta a comandos.

**Invitation to clear:** permite al X.25 llamar y limpiar por el DTE remoto; el PAD limpia la terminal local.

**Indication of break:** El PAD indica que la terminal a interrumpido su transmisión.

**Error:** Respuesta a un mensaje invalido.

## PAD: FORMATO Y FLUJO DE PACKET

El packet PAD es similar en formato al packet convencional X.25, ver figura I.1.10-2. los tres octetos del encabezado son requeridos, después en un octeto el campo de control y los números de parámetros PAD y valores.

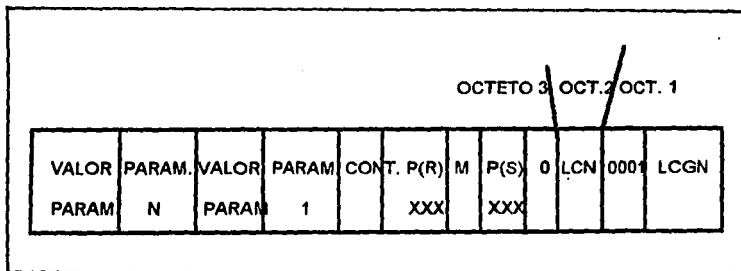


Figura I.1.10-2. Packet X.25 / PAD.

La figura I.1.10-3 Describe el estado de transición entre un usuario DTE y un PAD. Esta ilustración muestra el establecimiento de llamada y la posibilidad de transferencia de datos con el set de parámetros 6 a 1.

## **ESTADO DE FUNCIONAMIENTO**

- 1- Activo: Intercambio DTE y DCE a través de una interface.
- 2 - Requerimiento de servicio: Habilita al PAD para detectar velocidad de datos y códigos usados por DTE .
- 3 A - DTE en espera: La interface esta en un estado de espera.
- 4 - Servicio listo: Estado de enterado después de que el PAD transmite señal de identificación del PAD.
- 5 - PAD en espera: El PAD espera datos o señales de control.
- 6 - Comando PAD: Estado enterado de varios estados de espera. Permite que los comandos sean transmitidos al PAD.
- 7 - Conexión en progreso: Estado enterado de como un PAD inicia una conexión a la red.
- 8 - Señales de servicio: Permite todas las señales de servicio con este estado.
- 9 - Transferencia de datos: Permite la transferencia de datos a través de la interface.
- 10 - Espera de comandos: Estado de enterado para permitir al DTE para recibir comandos o datos del PAD.

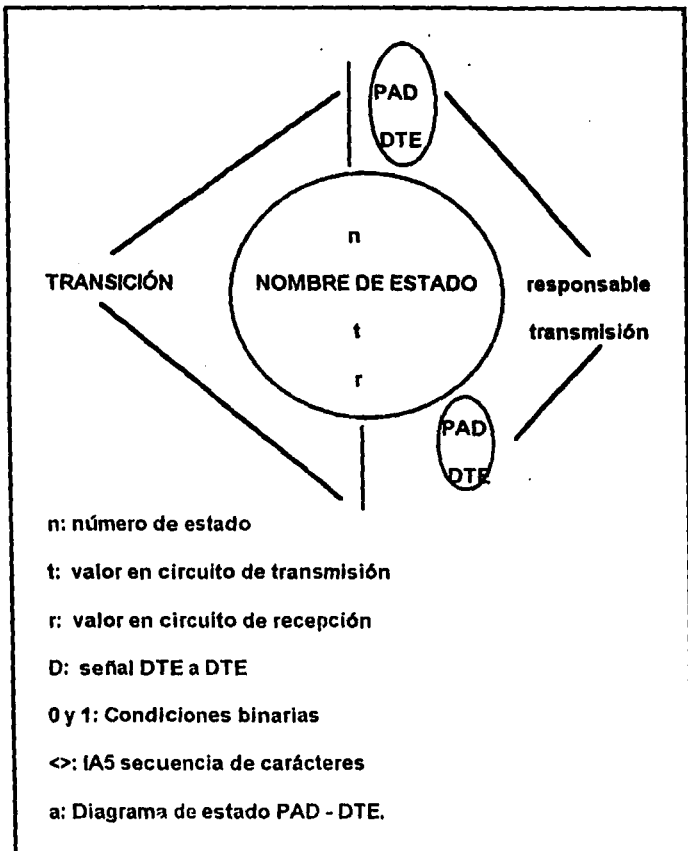


Figura I.1.10-3. Comunicación PAD/DTE.

## **I.1.11 PROTOCOLO X.25**

X.25 es un protocolo de comunicaciones que trabaja sobre servicios basados en circuitos virtuales. Un circuito virtual ("canal lógico") es aquel en el cual el usuario percibe la existencia de un circuito físico dedicado exclusivamente al ordenador que él maneja, cuando en realidad ese circuito físico "dedicado" lo comparten muchos usuarios. Mediante diversas técnicas de multiplexado estadístico, se entrelazan paquetes de distintos usuarios dentro de un mismo canal.

En teoría, las prestaciones del canal son lo bastante buenas como para que el usuario no advierta ninguna degradación en la calidad del servicio como consecuencia del tráfico que le acompaña en el mismo canal. Para identificar las conexiones a la red de los distintos dispositivos de usuario (ETD), en X.25 se emplean números de canal lógico (LCN). Pueden asignarse hasta 4095 canales lógicos y sesiones de usuario a un mismo canal físico.



## **OPCIONES DEL CANAL X.25**

El estándar X.25, ofrece cuatro mecanismos para establecer y mantener las comunicaciones :

- Circuito virtual permanente (PVC)
- Llamada virtual (VC)
- Llamada de selección rápida
- Llamada de selección rápida con liberación inmediata.

Circuito virtual permanente (PVC). Un circuito virtual permanente es algo parecido a una línea alquilada de una red telefónica [El ETD que transmite tiene asegurada la conexión con el ETD que recibe a través de la red de paquetes - figura 1.1.11-1(a)]. En X.25, antes de empezar la sesión es preciso que se haya establecido un circuito virtual permanente. Por lo tanto, antes de reservarse un circuito virtual permanente, ambos usuarios han de llegar a un acuerdo con la compañía explotadora de la red. Una vez hecho esto, cada vez que un ETD emisor envíe un paquete a la red, la información identificativa de ese paquete (el número de canal lógico) indicará a la red que el ETD solicitante posee un enlace virtual permanente con el ETD receptor. En consecuencia, la red establecerá una conexión con el ETD receptor, sin ningún otro arbitraje o negociación de la sesión. El PVC no necesita procedimientos de establecimiento ni de

liberación. El canal lógico, además, está siempre en modo de transferencia de información.

**Llamada virtual.** Una llamada virtual ( también conocida como llamada conmutada virtual) recuerda en cierto modo a algunos de los procedimientos asociados con las líneas telefónicas habituales. El proceso aparece en la figura I.1.11-1(b). El ETD de origen entrega a la red un paquete de "solicitud de llamada" con un 11 como número de canal lógico(LCN). La red dirige ese paquete de solicitud de llamada al ETD de destino, el cual lo recibe como paquete de llamada entrante procedente de su nodo de red, esta vez con un LCN de valor 16.

La numeración del canal lógico en cada extremo de la red; lo más importante es que la sesión entre los dos ETD esté identificada en todo momento con los números LCN 11 y 16. Los números de canal lógico sirven para identificar de forma unívoca las diversas sesiones de usuarios que coexisten en el circuito físico en ambos extremos de la red. En el interior de la red, los nodos de conmutación de paquetes pueden mantener también su propia numeración LCN.

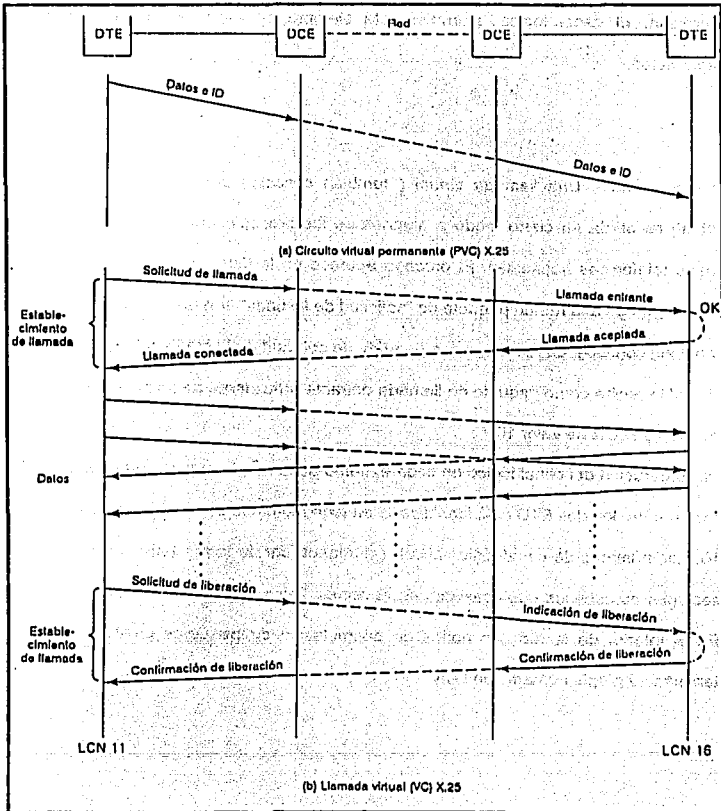


Figura I.1.11-1. Opciones de redes en paquetes.

Si el ETD receptor decide aceptar y contestar la llamada, entregará a la red un paquete de "llamada aceptada". La red transportará entonces este paquete al ETD que llama, en forma de paquete de "llamada conectada". Después del establecimiento de la llamada, el canal entrará en estado de transferencia de datos. Para concluir la sesión, cualquiera de los ETD puede enviar una señal de solicitud de liberación. Esta indicación es recibida, y se confirma mediante un paquete de confirmación de liberación. En resumen, este es el procedimiento completo de establecimiento de enlace:

<b>Paquete</b>	<b>LCN seleccionado por</b>
<b>Solicitud de llamada</b>	<b>El ETD de origen</b>
<b>Llamada entrante</b>	<b>El nodo de red de destino (ETCD)</b>
<b>Llamada aceptada</b>	<b>El mismo LCN de la llamada entrante</b>
<b>Llamada conectada</b>	<b>El mismo LCN de la Solicitud de llamada</b>

Las redes orientadas a conexión exigen que se haya establecido un enlace antes de empezar a intercambiar los datos. Una vez que el ETD receptor ha aceptado la solicitud de llamada, comienza el intercambio de datos según el estándar X.25.

La herencia del datagrama en X.25. La facilidad datagrama es una forma de servicio no orientado a conexión. Aparecía en las primeras versiones del estándar [figura I.1.11-1(c)]. Sin embargo, ha sido escaso el apoyo que ha recibido en la industria, debido sobretodo a que carece de medidas para garantizar la integridad y seguridad de los datos entre extremo y extremo.

Selección rápida. La filosofía básica del datagrama (eliminar la sobrecarga que suponen los paquetes de establecimiento y liberación de la sesión) tiene su utilidad en determinadas aplicaciones, por ejemplo en aquellas en que las sesiones son muy cortas o las transacciones muy breves. Por eso se ha incorporado al estándar una posibilidad de selección rápida.

La selección rápida ofrece dos alternativas. La primera de ellas, la llamada con selección rápida, aparece en la figura I.1.11-1(d). En cada llamada, un ETD puede solicitar esta facilidad al nodo de la red(ETCD) mediante una indicación al efecto en la cabecera del paquete. La facilidad de llamada rápida admite paquetes de solicitud de llamada de hasta 120 octetos de usuario. El ETD llamado puede, si lo desea, contestar con un paquete de llamada aceptada, que a su vez puede incluir datos de usuario. El paquete de solicitud de llamada / llamada entrante indica si el ETD remoto ha de contestar con un paquete de solicitud de liberación o con una llamada aceptada. So lo que se transmite es una aceptación de la llamada, la sesión X.25 sigue su curso, con

los procedimientos de transferencia de datos y de liberación del enlace habituales en las llamadas virtuales conmutadas.

La selección rápida ofrece una cuarta función de establecimiento de llamada, propia del interfaz X.25 : la selección rápida con liberación inmediata. Esta es la opción que se ilustra en la figura I.1.11-1(e). Al igual que en la otra opción de selección rápida, una solicitud de llamada en esta modalidad puede incluir también datos de usuario. Este paquete se transmite a través de la red, al ETD receptor, el cuál, una vez aceptados los datos, envía un paquete de liberación de la llamada (que a su vez incluye datos de usuario). Este paquete es recibido por el nodo de origen, el cuál lo interpreta como una señal de liberación del enlace, ante la cual devuelve una confirmación de la desconexión, que no puede incluir datos de usuario. En resumen, el paquete enviado establece la conexión a través de la red, mientras que el paquete de retorno libera el enlace.

La idea de las selecciones rápidas es atender a aquellas aplicaciones de usuario en las que solo intervengan una o dos transacciones.

La selección rápida está pensada para aplicaciones basadas en transacciones, sin embargo, puede prestar también un valioso servicio en aplicaciones como la entrada remota de trabajos (RJE) ó en la transferencia masiva de archivos.

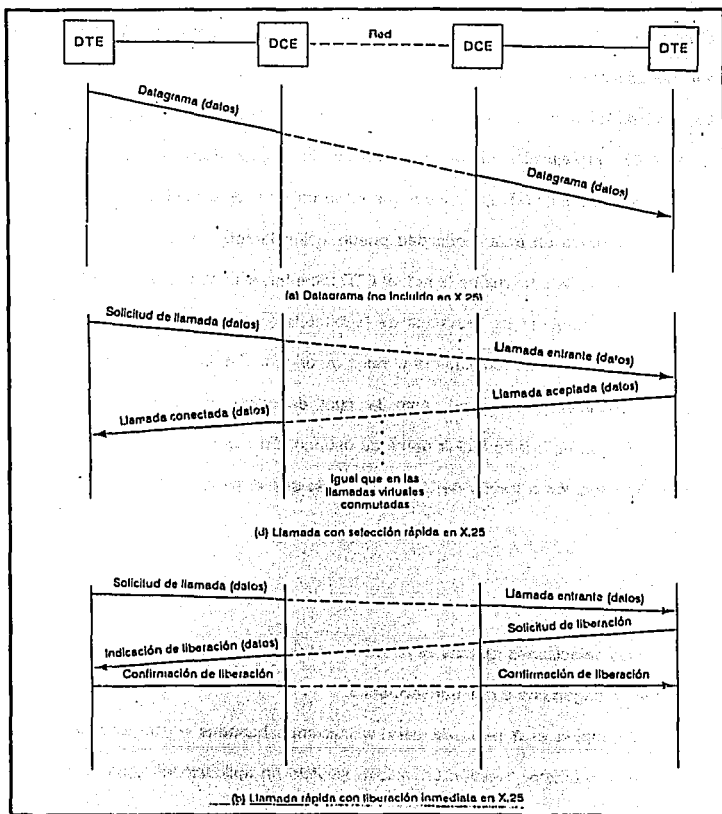


Figura I.1.11-1. Opciones en redes de paquetes

## **PRINCIPIOS DE CONTROL DE FLUJO**

X.25 permite al dispositivo de usuario (ETD) o al distribuidor de paquetes (ETCD) limitar la velocidad de aceptación de paquetes. Esta característica es muy útil cuando se desea evitar que una estación reciba demasiado tráfico.

El control de flujo puede establecerse de manera independiente para cada dirección, y se basa en las autorizaciones de cada una de las estaciones. El control de flujo se lleva a cabo mediante diversos paquetes de control X.25, además de los números de secuencia del nivel del paquete.

## **OTROS TIPOS DE PAQUETES.**

Además de los paquetes anteriores, la recomendación X.25 maneja otros tipos de paquetes (Tabla 1.11.1).

El procedimiento de interrupción permite que un ETD envíe a otro un paquete de datos sin número de secuencia, sin necesidad de seguir los procedimientos normales de control de flujo establecidos por la norma X.25. El procedimiento de interrupción es útil en aquellas situaciones en las que una aplicación necesite transmitir datos en condiciones poco habituales. De esta manera un mensaje de alta prioridad puede



enviarse como paquete de interrupción, para garantizar que el ETD receptor acepte los datos. El empleo de estas interrupciones no afecta a los paquetes normales que circulan por el círculo virtual, ya sea conmutado ó permanente. Como se muestra en la tabla 1.11.1, una vez enviado un paquete de interrupción, es preciso esperar la llegada de una confirmación de la interrupción, es preciso esperar la llegada de una confirmación de la interrupción antes de enviar a través del canal lógico un nuevo paquete de interrupción.

Los paquetes de Receptor Preparado (RR) y de Receptor no Preparado (RNR) desempeñan la importante tarea de controlar el flujo iniciado por los dispositivos de usuario. Ambos paquetes incluyen un número de secuencia de recepción en el campo correspondiente, para indicar cual es el siguiente número de secuencia que espera el ETD receptor. El paquete RR sirve para indicar al ETD/ETCD emisor que puede empezar a enviar paquetes de datos, y también utiliza el número de secuencia de recepción para acusar recibo de todos los paquetes transmitidos con anterioridad. Al igual que el comando de respuesta RR de HDLC, el paquete RR puede servir simplemente para acusar recibo de paquetes que han llegado cuando el receptor no tiene ningún paquete específico que enviar al emisor.

El paquete RNR sirve para pedir al emisor que deje de enviar paquetes. También incluye un campo de secuencia de recepción, mediante el cual se asienten todos los paquetes recibidos con anterioridad. El RNR suele usarse cuando durante un cierto periodo una estación es incapaz de recibir tráfico. Así pues, ambos tipos de paquetes pueden realizar el control de flujo. Conviene señalar que si un ETD concreto genera un

RNR, lo más probable es que la red genere otro RNR para el ETD asociado, con el fin de evitar que entre en la red un tráfico excesivo. La capacidad de almacenamiento y espera en cola de los nodos de la conmutación de paquetes en la red no es limitada. Por eso, un RNR a veces conduce al estrangulamiento de ambos extremos de la sesión ETD/ETCD.

El paquete de rechazo (REJ) sirve para rechazar de forma específica un paquete recibido. Cuando se utiliza la estación pide que se transmitan los paquetes, a partir del número incluido en el campo de recepción de paquetes.

Los paquetes de reinicialización (reset) sirven para reinicializar un circuito virtual permanente o conmutado. El procedimiento de reinicialización elimina, en ambas direcciones, todos los paquetes de datos y de interrupción que pudieran estar en la red. Estos paquetes pueden ser necesarios también cuando aparecen determinados problemas, como es la pérdida de paquetes, su duplicación, o la pérdida de secuencia de los mismo.

La reinicialización solo se utiliza en modo de transferencia de información, y puede ser ordenada por el ETD (solicitud de reinicialización) o por la propia red (indicación de reinicialización).

Tipo de paquete		Servicio	
De ETCD a ETD	De ETD a ETCD	VC	PVC
<b>Establecimiento y liberación de llamada</b>			
Llamada entrante	Solicitud de llamada	X	
Llamada conectada	Llamada aceptada	X	
Indicación de liberación	Solicitud de liberación	X	
Confirmación de liberación de ETCD	Confirmación de liberación de ETD	X	
<b>Datos e Interrupciones</b>			
Datos de ETCD	Datos de ETD	X	X
Interrupción de ETCD	Interrupción de ETD	X	X
Confirmación de interrupción de ETCD	Confirmación de interrupción de ETD	X	
<b>Control de flujo y reinicialización</b>			
RR de ETCD	RR de ETD	X	X
RNR de ETCD	RNR de ETD	X	X
	REJ de ETD	X	X
Indicación de reinicialización	Solicitud de reinicialización	X	X
Confirmación de reinicialización de ETCD	Confirmación de reinicialización de ETD	X	X
<b>Reinicio</b>			
Indicación de reinicio	Solicitud de reinicio	X	X
Confirmación de reinicio de ETCD	Confirmación de reinicio de ETD	X	X
<b>Diagnóstico</b>			
Diagnóstico		X	X
<b>Registro</b>			
Confirmación de registro	Solicitud de registro	X	X

VC = Llamada Virtual      PVC = Llamada Virtual Permanente

**Tabla I.1.11-1. Tipos de paquetes**

El procedimiento de reiniciación (restart) sirve para inicializar o reinicializar el interfaz del nivel de paquetes entre el ETD y el ETCD. Puede afectar hasta a 4095 canales lógicos de un puerto físico. este procedimiento libera todas las llamadas virtuales y reinicializa todos los circuitos virtuales permanentes del interfaz. La reiniciación puede presentarse como consecuencia de algún problema serio, como es la caída de la red (por un fallo del procesador central de control, por ejemplo). Todos los paquetes pendientes se pierden y deberán ser recuperados por algún protocolo de nivel superior. En ocasiones, la red generará una reiniciación al arrancar o reinicializar el sistema, para garantizar que todas las sesiones empiezen desde cero. Cuando un ETD haya enviado una señal de reiniciación la red habrá de enviar una reiniciación a cada uno de los ETD que tengan establecida una sesión de circuito virtual con el ETD que generó la reiniciación. Los paquetes de reiniciación pueden incluir también códigos que indique el motivo de tal evento.

Los paquetes de liberación, reiniciación y reinicialización pueden provocar que la red ignore los paquetes aún no cursados. Una situación así no es demasiado infrecuente, ya que en muchos casos estos paquetes de control llegan a su destino antes de que lo hayan hecho todos los paquetes de usuario. Los paquetes de control no están sometidos al retardo inherente a los procedimientos de control de flujo que afectan a los paquetes de usuario. Por tanto, los protocolos de nivel superior están obligados a tener en cuenta estos paquetes perdidos.

Dentro de la red X.25, el paquete de liberación (clear) desempeña diversas funciones, aunque la principal es el cierre de una sesión entre dos ETD. Otra de sus misiones

consiste en indicar que no puede llevarse a un buen término una solicitud de llamada si el ETD remoto rechaza la llamada (por falta de recursos, por ejemplo), enviará a su nodo de red una solicitud de liberación. Este paquete será transportado a través de la red al nodo de red de origen, el cual entregará a su ETD una indicación de liberación (figura I.1.11-2b).

El cuarto octeto del paquete contiene un código que indica el motivo de la liberación. Cada uno de estos códigos tiene un significado particular. X.25 ofrece diversos códigos para señalar la razón de liberación del paquete.

El paquete de diagnóstico se utiliza en algunas redes para señalar determinadas condiciones de error no cubiertas por otros métodos de indicación, como la reinicialización o la reiniciación. El paquete de diagnóstico LCN = 0 se genera una sola vez (y sólo por el ETCB de la red) ante un determinado problema; este paquete no exige confirmación. En X.25 están definidos 66 códigos de diagnóstico, que ayudan a localizar los problemas de la red. Estos códigos también pueden usarse con los paquetes de liberación, reiniciación y arranque.

Los paquetes de registro se usan para invocar o confirmar las facilidades X.25. Esta mejora de la versión 1984 permite al usuario final solicitar cambios en las facilidades sin salir del modo en línea, y sin que tenga que intervenir el propietario de la red. Para indicar el estado de la facilidad interrogada a que devuelva una confirmación de registro.

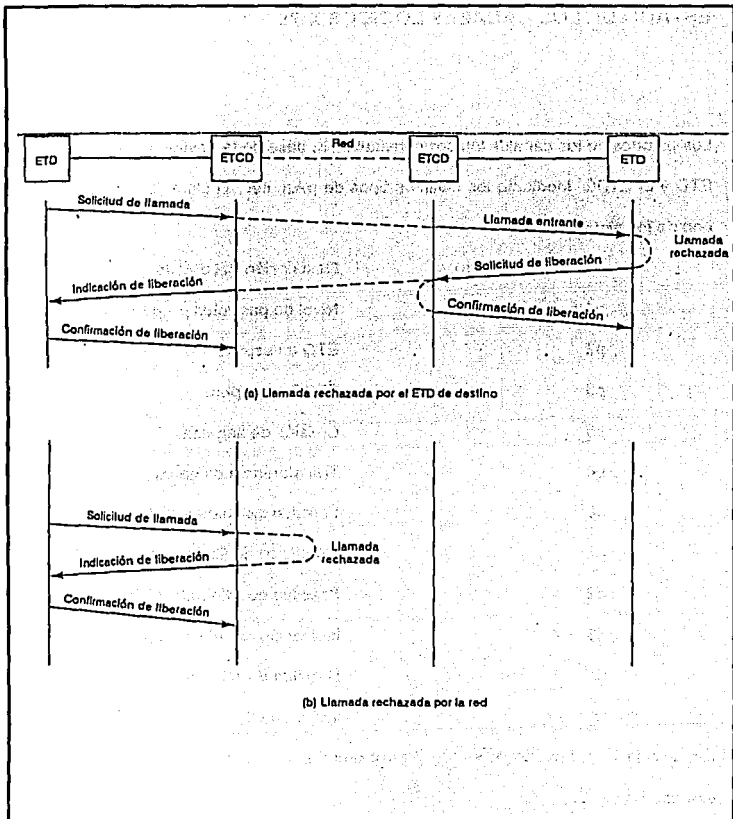


Figura I.1.11-2. Paquetes de liberación de llamada X.25

## ESTADO DE LOS CANALES LÓGICOS X.25

Los estados de los canales lógicos constituyen la base de la gestión del enlace entre el ETD y el ETDC. Mediante los distintos tipos de paquetes, el canal lógico puede tomar uno de los siguientes estados :

Numero de estado	Descripción del estado
p1 ó d1 ó r1	Nivel de paquetes preparado
p2	ETD en espera
p3	ETCD en espera
p5	Colisión de llamadas
p4	Transferencia de datos
p6	Solicitud de liberación del ETD
p7	Indicación de liberación del ETCD
d2	Solicitud de reinicialización del ETD
d3	Indicación de reinicialización del ETCD
r2	Solicitud de reiniciación del ETD
r3	Indicación de reiniciación del ETCD

En la tabla 1.11.2 puede verse un ejemplo que da idea del modo en que se utilizan los estados de canal.

## TEMPORIZADORES PARA LOS ETD Y ETCD

La mayoría de los protocolos de comunicaciones manejan temporizadores, y X.25 no es la excepción. Los temporizadores se emplean para establecer límites en el tiempo de establecimiento de las conexiones, en la liberación de canales, en la reinicialización de una sesión, etc. Si no existiesen estos relojes, un usuario podría quedar a la espera de un acontecimiento indefinidamente, si este no se verifica. Los temporizadores obligan simplemente a X.25 a tomar una decisión en caso de que suceda algún problema.

Secuencia de Eventos				Estado Inic. del Canal	Estado Act. del Canal
Paquete	Desde	Hacia	Canal	Canal	Canal
1	Solicitud de llamada	ETD local	ETCD local	p1	p2
2	Llamada entrante	ETCD remoto	ETD remoto	p1	p3
3	Llamada aceptada	ETD remoto	ETCD local	p3	p4
4	Llamada establecida	ETCD local	ETD local	p2	p4

Tabla I.1.11-2. Procedimiento de establecimiento del enlace



X.25 ofrece temporizadores para los ETCD y para los ETD. En la tabla 1.11.3 se describen estos temporizadores, y se indica lo que sucede cuando expira cada uno de sus plazos. En todos los casos, si el problema persiste y los temporizadores cumplen su ciclo una y otra vez, será preciso considerar en algún momento que el canal está averiado, y habrán de tomarse medidas para el diagnóstico de la red y la localización de la avería.

Número de temporizador	Valor del plazo	Arranca cuando	Estado del canal lógico	Normalmente termina cuando
T20	180 seg	el ETD genera una solicitud de reinicio	r2	el ETD abandona el estado r2
T21	200 seg	el ETD genera una solicitud de llamada	p2	el ETD abandona el estado p2
T22	180 seg	el ETD genera una solicitud de reinicialización	d2	el ETD abandona el estado d2
T23	180 seg	el ETD genera una solicitud de liberación	p6	el ETD abandona el estado p6
T28	300 seg	el ETD genera una solicitud de registro	cualquiera	el ETD recibe la confirmación de registro o un paquete de diagnóstico

Tabla 1.1.11-3. (a) Temporizadores para los ETD

Número de temporizador	Valor del plazo	Arranca cuando	Estado del canal lógico	Normalmente termina cuando
T10	60 seg	el ETD genera una indicación de reinicio	r3	el ETD abandona el estado r3
T11	180 seg	el ETD genera una señal de llamada entrante	p3	el ETD abandona el estado p3
T12	60 seg	el ETD genera una indicación de reinicialización	d3	el ETD abandona el estado d3
T13	180 seg	el ETD genera una indicación de liberación	p6	el ETD abandona el estado p7

**Tabla I.1.11-3. (b) temporizadores para los ETCD**

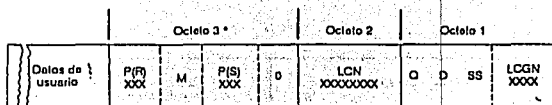
## **FORMATOS DE PAQUETES**

En un paquete de datos, la longitud por omisión del campo de datos de usuario es de 128 octetos, aunque X.25 ofrece opciones para distintas longitudes. Otros tamaños autorizados son 16, 32, 64, 256, 512, 1024, 2048 y 4096 octetos. Si el campo de datos

de un paquete supera la longitud máxima permitida, el ETD receptor liberará la llamada virtual, generando un paquete de reinicialización.

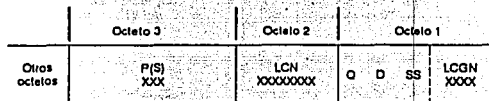
Todo paquete que atraviese el interfaz ETD/ETCD con la red debe incluir al menos tres octetos, los de la cabecera del paquete, aunque ésta puede incluir también otros octetos adicionales. En la figura I.1.11-3 se muestran las cabeceras de los paquetes que son de datos y las de los que no lo son. Los cuatro primeros bits del primer octeto contienen el número de grupo del canal lógico. Los cuatro últimos bits del primer octeto contienen el identificador general de formato. Los bits 5 y 6 del identificador general de formato (SS) sirven para indicar el tipo de secuenciamiento empleado en las sesiones de paquetes. X.25 admite dos modalidades de secuenciamiento : Módulo 8 (con números entre 0 y 7) y Módulo 128 (con números entre 0 y 127). El bit D, séptimo bit del identificador general de formato, sólo se utiliza en determinados paquetes. El octavo bit es el bit Q, y sólo se emplea para paquetes de datos destinados al usuario final. Sirve para establecer dos niveles de datos de usuario dentro de la red.

El segundo octeto de la cabecera del paquete contiene el número de canal lógico (LCN). Este campo de 8 bits, en combinación con el número de grupo del canal lógico, proporciona los 12 bits que constituyen la identificación completa del canal lógico; por lo tanto , son 4095 los canales lógicos posibles. El LCN 0 está reservado para las funciones de control. Las redes utilizan estos campos de estas dos formas. En algunos se emplean combinados, mientras que en otras se consideran de manera independiente.

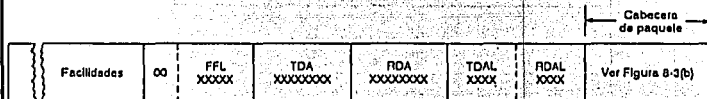


En módulo 128 se emplea un cuarto octeto para el secuenciamiento extendido  
 SS = 01 para módulo 8  
 SS = 10 para módulo 128

(a) Cabecera de paquete de datos



(b) Cabecera de paquete no de datos



(c) Paquete no de datos

P(R): Número de secuencia de recepción  
 M: Indicador de categoría de paquete  
 P(S): Número de secuencia de envío  
 LCN: Número de canal lógico  
 O: Bit cualificador  
 D: Bit de confirmación de la entrega

SS: Bits de módulo  
 LCGN: Grupo de canal lógico  
 FFL: Longitud del campo de facilidades  
 TDA: Dirección del ETD que transmite  
 RDA: Dirección del ETD que recibe  
 DAL: Longitud de la dirección del ETD que transmite  
 RDAL: Longitud de la dirección del ETD que recibe

Figura I.1.11-3. Formatos de paquetes X.25

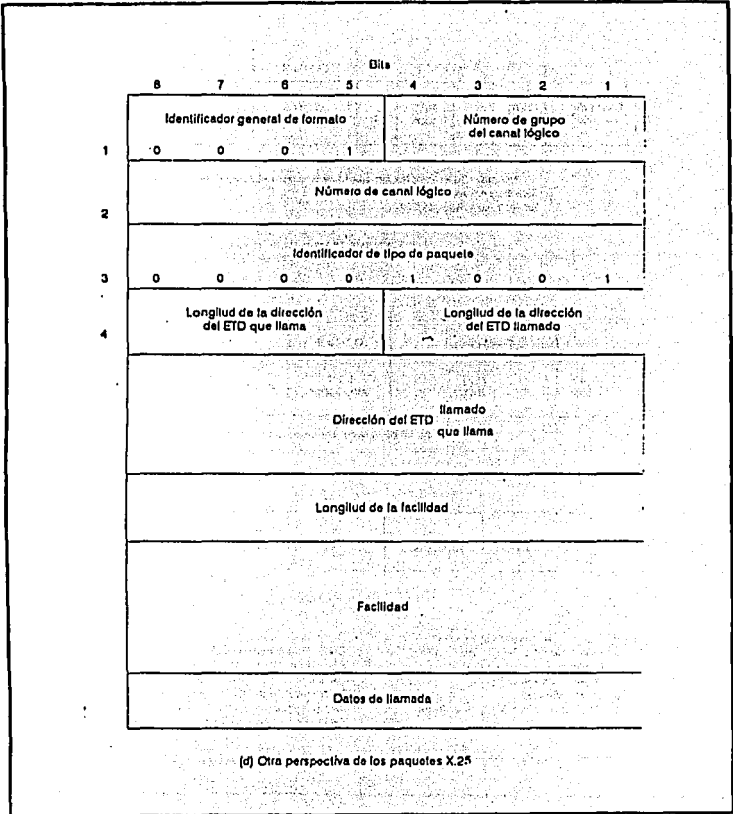


Figura I.1.11-3. (Continuación)

Los números de canal lógico (Figura I.1.11-4) sirven para identificar el ETD frente al nodo de paquetes (ETCD), y viceversa. Estos números pueden asignarse a: (a) circuitos virtuales permanentes; (b) llamadas entrantes; (c) llamadas entrantes y salientes; (d) llamadas salientes. Durante el comienzo del proceso de comunicación, es posible que el ETD y el ETCD utilicen el mismo LCN. Así por ejemplo, una solicitud de llamada generada por un ETD podría emplear el mismo número de canal lógico que una llamada conectada correspondiente a un ETCD. Para reducir al mínimo esta posibilidad, la red (el ETCD) comienza a buscar un número a partir del extremo inferior, mientras que el ETD busca su número empezando por arriba. Si la llamada saliente (solicitud de llamada) de un ETD tiene el mismo LCN que una llamada entrante (llamada conectada) procedente del ETCD de la red, X.25 liberará la llamada entrante y procesará la solicitud de llamada.

Cuando el paquete no es de datos, el tercer octeto de la cabecera del paquete X.25 es el identificador de tipo del paquete, mientras que cuando es de datos ese octeto es el de secuenciamiento.

La figura I.1.11-3(c) nos muestra otros campos incluidos dentro del paquete X.25. En los paquetes de establecimiento de llamada se incluyen también las direcciones de los ETD y las longitudes de estas direcciones. Los campos de direccionamiento pueden estar contenidos entre el cuarto y el decimonoveno octeto (longitud máxima) del paquete de

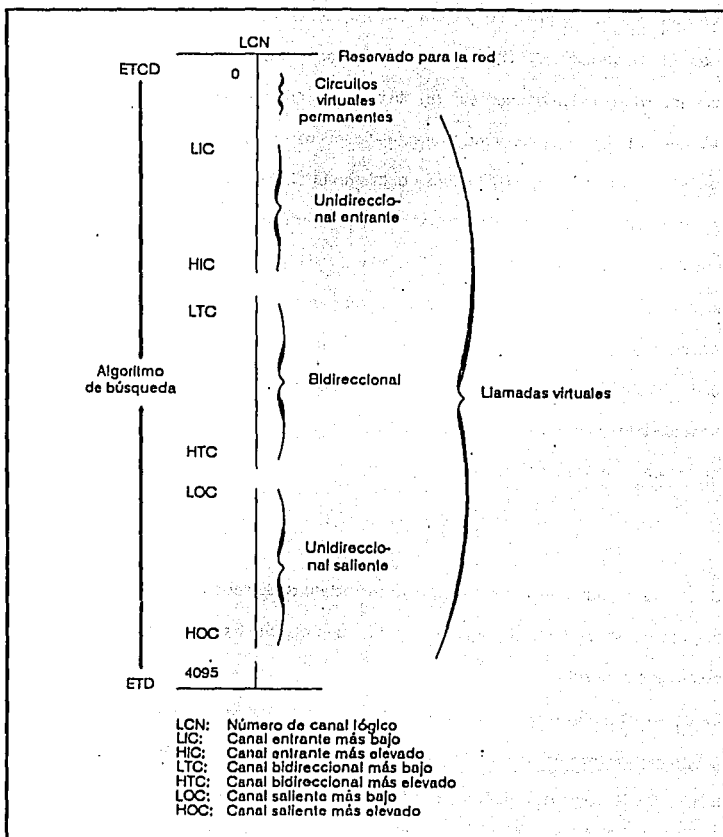


Figura 1.1.11-4. Canales lógicos X.25

Solicitud de llamada. En los paquetes de establecimiento de llamadas, estos campos de direccionamiento sirven para identificar las estaciones interlocutoras: la que llama y la que contesta. A partir de este momento la red utilizará los números de canal lógico asociados para identificar la sesión ente los dos ETD. Existen también otros campos de facilidad que pueden emplearse cuando los ETD deseen aprovechar algunas de las opciones del estandar X.25. Por último, el paquete puede transportar datos de llamada del propio usuario. El espacio máximo para datos de usuario que admiten los paquetes de solicitud de llamada es de 16 octetos. Este campo es útil para transportar ciertas informaciones dirigidas al ETD receptor, como por ejemplo palabras de acceso, información de tarificación, etc. Para determinadas opciones, como la llamada rápida, está permitido incluir hasta 128 octetos de usuario.

La cabecera del paquete se modifica con el fin de facilitar el movimiento de datos de usuario por la red. Como se ve en la figura I.1.11-3(a), el tercer octeto de la cabecera, normalmente reservado para el identificador de tipo de paquete, se descompone en dos campos independientes :

Bits	Descripción del valor
1	0
2-4	Secuencia de envío del paquete[P(S)]
5	Bit de "Más datos" (el bit M)
6-8	Secuencia de recepción de paquetes[P(R)]

Las misiones de estos campos son las siguientes: si el primer bit vale 0, indica que se trata de un paquete de datos. El número de secuencia de envío [P(S)] tiene asignados



tres bits. Otro bit lleva a cabo la función de bit M. Por último, los tres bits restantes se asignan al número de secuencia de recepción [P(R)]. A continuación veremos brevemente como se utiliza cada uno de estos campos. Obsérvese, sin embargo, que ahora existen números de secuencia tanto en este nivel (el de red) como en el nivel de enlace (HDLC/LAPB).

Los números de secuencia de envío y de recepción sirven para coordinar y asentar las transmisiones que tiene lugar entre ETD Y ETCD. A medida que un paquete atraviesa la red de un nodo a otro, es posible que los números de secuencia cambien durante el paso por los centros de conmutación. Pese a ello, como vemos en la figura I.1.11-3, para asentar un paquete concreto, el ETD ó ETCD receptor tiene que saber qué número de recepción ha de enviar al dispositivo emisor. El empleo de P(R) y P(S) en el nivel de red, exige que el P(R) sea una unidad mayor que el P(S) del paquete de datos. X.25 proporciona secuenciamientos independientes para (R) y para (S).

## **EL BIT D**

La facilidad "bit D" sirve para especificar una de las siguientes funciones: cuando este bit vale 0, el valor de P(R) indica que es la red la que asiente los paquetes; cuando el bit D vale 1, la confirmación de los paquetes se realiza de extremo a extremo, es decir, es el otro ETD el que asiente los datos enviados por el ETD transmisor. La figura I.1.11-5 ilustra ambas modalidades. Cuando se utiliza el bit D con valor 1, X.25 asume una de las funciones del nivel de transporte: la contabilidad de extremo a extremo.

## **EL BIT M**

El Bit M (Más datos) indica que existe una cadena de paquetes relacionados atravesando la red. Ello permite que tanto la red como los ETD identifique los bloques de datos originales cuando la red los ha subdividido en paquetes más pequeños. Así., por ejemplo, un bloque de información relativo a una base de datos debe presentarse al ETD receptor en un determinado orden. Este aspecto es muy importante cuando se encuentran interconectadas varias redes.

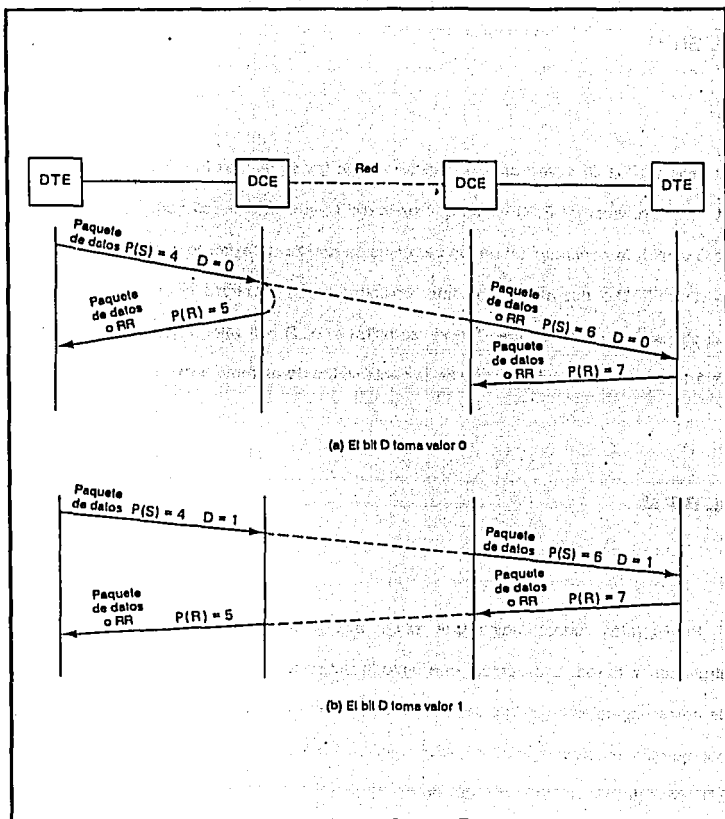


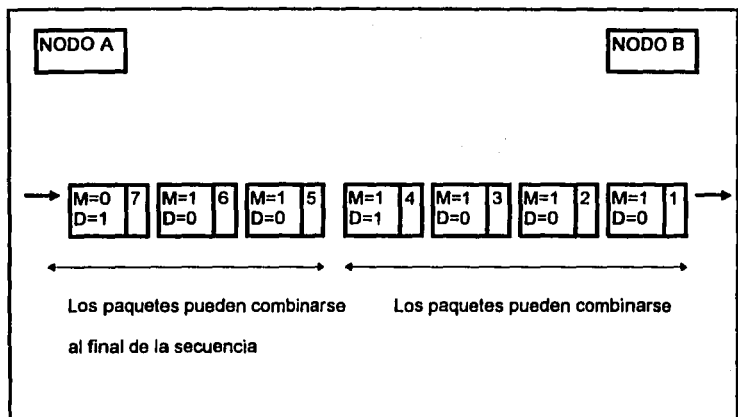
Figura I.1.11-5. Bit D en X.25

## PAQUETES A Y B

La combinación de los bits M y D establece dos categorías dentro del estándar X.25, que se designan como paquetes A y paquetes B. Gracias a ello, los ETD o ETCD pueden indicar el secuenciamiento de dos o más paquetes (figura I.1.11-6), y la red puede también combinar en paquetes. En X.25, una secuencia de paquetes completa se define como un único paquete B y todos los paquetes contiguos tipo A que lo precedan (si es que hay alguno).

Un paquete de categoría B sirve para cerrar una secuencia de paquetes relacionados tipo A. Por contra, los paquetes A representan la transmisión en curso, han de contener los datos, y deben llevar el bit M a 1 y el bit D a 0. Solo los paquetes tipo B pueden tener el bit D a 1 para realizar combinaciones de extremo a extremo. La red puede agrupar una serie de paquetes A y el paquete B subsiguiente dentro de un solo paquete, pero los paquetes B han de mantener las entidades independientes en paquetes independientes.

La combinación de paquetes puede resultar útil cuando se empleen paquetes de distintas longitudes a través de una ruta de la red, o cuando las subredes de un sistema de redes interconectadas empleen diferentes tamaños de paquetes. De este modo es posible manejar los paquetes a nivel lógico como un todo. En este caso, puede usarse el bit M para señalar al ETD receptor que los paquetes que llegan están relacionados y siguen una determinada secuencia.



**Figura I.1.11-6.** Paquetes de categoría A y B en X.25

En la tabla 1.11.4 se indica cómo maneja X.25 los bits M y D enviados por el ETD fuente.

Como comentábamos anteriormente, uno de los objetivos de los bits M y D es la combinación de paquetes. Por ejemplo, si el campo de datos del ETD receptor es más largo que el del ETD emisor, la red puede combinar los paquetes dentro de una secuencia completa. Para ilustrar mejor esta idea, consideremos el flujo de paquetes de la figura I.1.11-6. Los paquetes 1,2,3 y 4 están relacionados; el valor del bit D de 1,2 y 3 indica que se trata de paquetes de categoría A. El paquete 4 es de categoría B, y

cierra la secuencia de paquetes, lo cual permite combinar estos cuatro paquetes. Los paquetes 5, 6 y 7 pertenecen a otra secuencia y el paquete 7 (de categoría B) tiene a 0 su bit M para identificar el final de la secuencia de paquetes.

Categoría	Bit M	Bit D	¿Combinar con paquetes	
			¿Lleno?	subsiguientes?
B	0 ó 1	0	no	no
B	0	1	no	no
B	1	1	no	no
B	0	0	sí	no
B	0	1	sí	no
B	1	1	sí	no
A	1	0	sí	sí

**Tabla I.1.11-4. Procesado de los bits M y D procedentes del ETD fuente en X.25**

## **EL BIT Q**

Este bit es opcional, y puede usarse para distinguir entre datos de usuario e informaciones de control. Puesto que uno de los estándares PAD, el X:29, utiliza este bit Q.

## **CONTROL DE FLUJO Y VENTANAS**

X.25 emplea técnicas de control de flujo y ventanas muy similares a las de HDLC, LAPB, SDLC y otros protocolos de línea. Como se ve en la figura 1.1.11-3, en un paquete de datos se combinan dos números de secuencia (el de envío y el de recepción) para coordinar el intercambio de paquetes entre el ETD y el ETCD. El esquema de numeración extendida permite que el número de secuencia tome valores hasta 127 (Módulo 128). En el interfaz ETD/ETCD, los paquetes de datos se controlan separadamente para cada dirección basándose en las autorizaciones que los usuarios envían en forma de números de secuencia de recepción o de paquetes de control "Receptor preparado" (RR) y "Receptor no preparado".

¿Cuál es la razón de que exista control de flujo tanto en el nivel de red como en el de paquetes ? Lo que sucede es que, como en X.25 se multiplexan muchos usuarios en

un mismo enlace físico, si se emplease un RNR en el nivel físico podrían estrangularse todos los canales lógicos incluidos en este enlace. El control de flujo que incorpora X.25 permite aplicar este estrangulamiento de forma más electiva. Además, la incorporación del secuenciamiento en el nivel de interfaz con la red proporciona un grado adicional de confiabilidad y seguridad para los datos del usuario.

La numeración de los paquetes en este tercer nivel se lleva a cabo de forma muy similar a la del segundo nivel del estándar HDLC/LAPB. El ciclo de los números de secuencia de los paquetes va de 0 a 7, y regresa a cero de nuevo. Si se emplea el sistema Módulo 128, el ciclo de secuenciamiento va de 0 a 127 y vuelve a 0.

El flujo de datos del esquema basado en el bit D, que aparece en la figura I.1.11-5, nos muestra como se coordinan entre si los números de secuencia de envío y de llegada. En X.25 las ventanas que establece el esquema de Módulo sirven para prevenir la saturación de paquetes. No obstante, en X.25 se recomienda un tamaño normalizado de ventana de 2 posiciones, aunque pueden incorporarse también otros tamaños en las redes. Este valor 2 limita el flujo de paquetes que pueden estar pendientes de servicio en un momento dado. Tal limitación obliga a procesar más de prisa los asentimientos de los paquetes que llegan al ETD receptor. Además, reduce el número de paquetes que pueden tener pendientes la propia red en un determinado instante.



## **FACILIDADES X.25**

Las facilidades se invocan mediante instrucciones concretas dentro del paquete de solicitud de llamada. Se clasifican en :

1. Facilidades internacionales (en la recomendación X.2)
2. Facilidades de ETD especificadas por el CCITT
3. Facilidades ofrecidas por la red pública de datos de origen
4. Facilidades ofrecidas por la red pública de datos de destino

Notificación de la facilidad en la línea. Esta facilidad permite al ETD, en cualquier momento, solicitar facilidades u obtener los parámetros (valores) de las facilidades, tal y como los entiende el ETCD. Para el diálogo entre el ETD y el ETCD se emplean los paquetes de notificación que aparecen en la tabla 1.11.1. Estos mismos paquetes indican si puede gestionarse el valor de la facilidad.

Numeración de paquetes extendida. Esta facilidad proporciona el esquema de numeración de secuencias Módulo 128. En su ausencia, lo que se emplea es el módulo 7. En 1984 se consideró importante añadir esta facilidad, para hacer frente a los grandes retardos de propagación que aparecen en las comunicaciones vía satélite ó en los enlaces por radio con unidades marítimas.

**Modificación del bit D.** Esta facilidad está pensada para usarse con equipos ETD desarrollados con anterioridad a la introducción del procedimiento del bit D. Permite trabajar con asentimiento de extremo a extremo.

**Retransmisión de paquetes.** Un ETD puede solicitar al ETCD la retransmisión de uno o varios paquetes de datos. Para ello, el ETD especifica, dentro de un paquete de rechazo, el número de canal lógico y un valor de P(R). El ETCD deberá transmitir todos los paquetes comprendidos entre el de número P(R) y el siguiente que tuviera que enviar por primera vez.

**Obstrucción de llamadas entrantes. Obstrucción de las llamadas salientes.** Estas facilidades impiden que el ETCD presente llamadas entrantes al ETD, o que el ETCD acepte llamadas salientes del ETD.

**Canal lógico unidireccional entrante. Canal lógico unidireccional saliente.** Estas dos facilidades solo permiten al canal lógico aceptar (en el primer caso) o enviar llamadas (en el segundo), pero no ambas cosas. Su función es similar a la de las facilidades de obstrucción, salvo en que ahora la restricción afecta solo a canales individuales.

**Tamaño de paquetes por omisión no estándar.** Permite seleccionar el tamaño de paquetes que la red admitirá por omisión. Para gestionar el tamaño de los paquetes pueden emplearse paquetes de notificación.

**Tamaño de ventanas por omisión no estándar.** Permite ampliar el tamaño de las ventanas  $[P(R), P(S)]$  por encima del valor por defecto, 2, para todas las llamadas.

**Asignación de clases de velocidad de transmisión por defecto.** Esta facilidad permite seleccionar una de las siguientes velocidades de transmisión (en bits por segundo) : 75, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 48000. Pueden gestionarse también otros valores.

**Negociación de los parámetros de control de flujo.** Esta facilidad permite variar el tamaño de la ventana  $[P(R), P(S)]$  de una llamada a otra. A veces un ETD sugiere el tamaño de la ventana durante el establecimiento de la llamada. En algunas redes estos parámetros deben ser los mismos para ambos ETD.

**Negociación de la clase de velocidad de transmisión. Permite modificar la velocidad de transmisión de una llamada a otra.**

**Grupo cerrado de usuarios (CUG). Conjunto de funciones que permiten a los usuarios formar grupos de ETD de acceso restringido. Esta facilidad proporciona a la red pública un nuevo grado de seguridad y privacidad. Incluye diversas opciones, como el acceso en un solo sentido, entrante o saliente. Por lo general la estación que llama especifica el grupo cerrado de usuarios que desea mediante los campos de facilidad incluidos en el paquete de solicitud de llamada. Si la estación solicitada no es miembro de ese grupo, la red rechaza la llamada.**

**Grupo cerrado de usuarios bilateral. Esta facilidad es similar a la anterior, pero permite establecer restricciones de acceso entre pares de ETD.**

**Selección rápida. Aceptación rápida de la selección.**

**Cobro revertido. Aceptación del cobro revertido.** Estas facilidades permiten cargar el costo de la llamada al ETD receptor. Pueden usarse con llamadas virtuales y con selecciones rápidas.

**Prevención de cobros locales.** Esta facilidad autoriza al ETCD a rechazar las llamadas que tenga que pagar su ETD. Por ejemplo, un ETD puede no estar autorizado a aceptar cobros revertidos de ningún ETD que llame.

**Identificación del usuario de la red.** Esta facilidad permite que el ETD que llama entregue a su ETCD la información de tarificación, seguridad o gestión, llamada por llamada. Si no es válida esta información, la llamada no se cursa.

**Información de tarificación.** Esta facilidad permite que el ETCD informe a su ETD sobre las condiciones de tarificación de la sesión de paquetes en curso.

**Selección de compañía.** Permite que el ETD que llama escoja una o varias compañías telefónicas para gestionar su sesión de paquetes.

Grupo local. Esta facilidad se encarga de distribuir las llamadas que lleguen entre un grupo preestablecido de interfaces ETD/ETCD. Esto , permite a los usuarios seleccionar múltiples puertos de un ordenador o procesador frontal, o escoger entre varios de estos sistemas dentro de un mismo nodo de usuarios. Se trata de una posibilidad muy útil en aquellas organizaciones equipadas con grandes sistemas informáticos que necesiten flexibilidad para asignar tareas a los distintos recursos.

Redireccionamiento de la llamada. Esta facilidad redirige la llamada cuando el ETD de destino está averiado, comunicado, o cuando ha solicitado expresamente que se reoriente la llamada. Permite orientar las comunicaciones entrantes hacia algún ETD de apoyo, que se encargará de solucionar los posibles problemas y de mantener al usuario final aislado de los fallos. El redireccionamiento de llamadas permite también redirigir la llamada a distintas zonas de un país o continente por cuestiones relacionadas con los husos horarios.

Notificación del cambio en la dirección de la llamada. En caso de que se haya producido la redirección de una llamada, esta facilidad explica al ETD que llama por qué la dirección de destino de la llamada conectada o del paquete indicador de liberación es distinta de la dirección del paquete de petición de llamada del ETD.

**Notificación de redireccionamiento de llamada.** Cuando se produce un redireccionamiento de llamada, esta facilidad informa del hecho al ETD alternativo, indicándole además por qué ha cambiado la dirección del ETD original

**Indicación y selección del retardo de tránsito.** Esta última facilidad permite al ETD seleccionar un determinado tiempo de tránsito por la red de paquetes. Esta función puede ser de gran utilidad para el usuario final, pues le confiere un cierto control sobre la velocidad de respuesta de la red.

Para invocar estas facilidades se emplean algunos campos específicos dentro del paquete de control X.25. En la figura I.1.11-3 (c) aparece una visión general acerca de la relación entre los campos de facilidades y el paquete X.25.

Para invocar estas facilidades se emplean algunos campos específicos dentro del paquete de control X.25. En la figura I.1.11-3 (c) aparece una visión general acerca de la relación entre los campos de facilidades y el paquete X.25.

La figura I.1.11-7 muestra la jerarquía de un protocolo de red. Los niveles 1 a 3 corresponden a los tres niveles menores de la jerarquía de protocolo ISO. Es de nuestro interés el estudio del tercer nivel, el cual proporciona el control de

comunicaciones de alta eficiencia para dirigir el flujo de información a través de la red. Es en este nivel en donde el estandar X.25 hace su contribución definiendo las capacidades y características que la red proporciona al usuario.

Una de las principales características del estandar X.25 para transmisión de datos, es el que este aprovecha estandares existentes para interfaces de redes públicas donde sea aplicable. Por ejemplo en el nivel 1 correspondiente a la interface eléctrica, el estandar de la red de transmisión, hace el llamado para el uso de la interface estandar CCITT X.26 (Para conexiones eléctricas desbalanceadas) ó la CCITT X.27 (Para conexiones eléctricas balanceadas).

En el nivel 2, una vez más el estandar X.25 aprovecha un estandar existente para los procedimientos de control de enlaces. Esto supone que el usuario comunicará la red usando un control de enlace de datos de relativamente alta velocidad y de forma síncrona.

Otra de las principales características del estandar para el nivel 2 de X.25, es el mecanismo de control de errores. Los errores en el bit de transmisión, son detectados y corregidos por un proceso denominado Chequeo Redundante Cíclico (CRC) para detección de errores y retransmisión de bloques.

Tomando como referencia la figura 1.1.11-8, observaremos como opera esta forma de detección de errores.



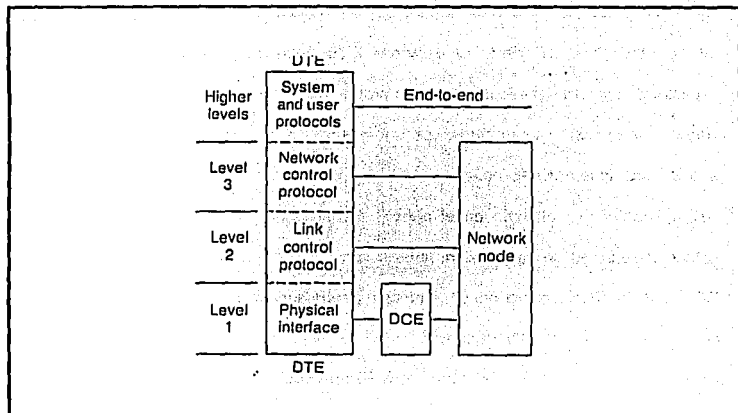


Figura I.1.11-7. Niveles bajos del protocolo de interface para redes.

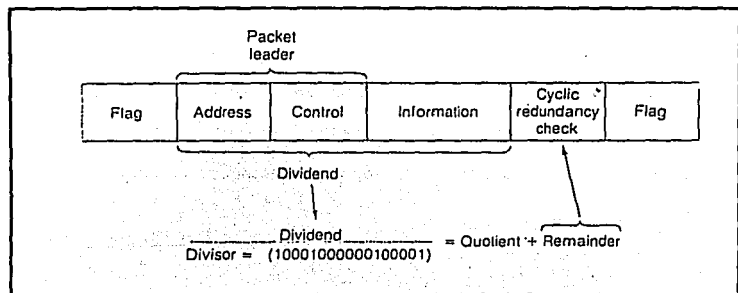


Figura I.1.11-8. Operación del código de redundancia cíclica (CRC)

## **EL PROCEDIMIENTO CRC.**

El concepto CRC trata la cadena binaria de unos y ceros contenida en la dirección de trama, control y campos de información como un solo número binario largo, y utiliza ese número como el dividendo en un largo problema de división. El dividendo es dividido, en cada caso, por el divisor binario representado por la secuencia binaria 10001000000100001. Esta operación digital resulta en un cociente binario más un residuo (debido a la magnitud del divisor, puede tener hasta 16 bits). Como en aritmética decimal, el divisor puede ir dentro del dividendo un número exacto de veces, por lo que el residuo debe ser cero.

El proceso de división tiene lugar en el transmisor al final de la transmisión del enlace, y el residuo de 16 bit es anexado al paquete de datos en la secuencia de chequeo de la trama, ó campo CRC. Cuando el paquete ó trama es recibido en el extremo final, los últimos 16 bits antes de que la bandera sea removida, y la misma división, usando el mismo divisor, es repetida en el receptor. El residuo obtenido en el receptor es comparado con el recibido con los datos del enlace. Si son los mismos, se asume que todos los datos son correctos. Si ellos difieren en cualquier bit, se asume que el error fué generado en la transmisión, por lo que el receptor pide al transmisor el repetir la trama errónea (paquete).

## EL PROTOCOLO X.25 - NIVEL 3 CARACTERISTICAS Y FACILIDADES

La principal contribución de X.25 es el set de funciones de switcheo que están bajo el control de una computadora de usuario. La tabla 1.11.5 presenta un resumen de las funciones en la interface de la red de usuario y los niveles de protocolo que controlan e implementan esas funciones.

<b>Nivel 1</b>	-	Sincronización
<b>Nivel 2</b>	-	Detección de Error
	-	Corrección por retransmisión
	-	Transparencia
<b>Nivel 3</b>	-	Secuencia
	-	Control de flujo
	-	Multiplexión
	-	Llamada de "set-up" y "clearing"
	-	Previsión de trabajo entre redes
	-	Señalización lógica en-banda
	-	Señalización lógica fuera de banda

**Tabla 1.1.11-5. Funciones en la interface Usuario-Red**

Las redes gobernadas por X.25, deben de asegurar una alta probabilidad de transmisión exitosa, que generalmente implica una serie de rutas alternas en caso de fallas en la red y un método para controlar el congestionamiento de red, en caso de que se presente. El protocolo de interface también debe de asegurar la secuencia correcta de los paquetes entregados y el acumulamiento de los paquetes ya entregados. Finalmente, se requiere que la red implemente las funciones fundamentales de switcheo, permitiendo conexiones múltiples entre las diferentes combinaciones de puertos de la red.

## **OPERACION**

En la red X.25 dos posibles modos de operación son usados Circuitos virtuales permanentes (PVC) y Circuitos virtuales de switcheo (SVC). La única diferencia entre estos dos modos, se encuentra en la función de interface de llamada "set-up" y llamada de "clearing".

Las características proporcionadas por la red pueden ser mejor definidas tomando como referencia la estructura del paquete de requisición de llamada, que debe ser enviado del usuario al switch en orden, para enviar una nueva requisición de llamada. La estructura general del paquete de requisición de llamada se muestra en la figura I.1.11-9.

**Paquete de requisición de llamada.**

Si intervenimos la línea entre el usuario y el switch, y observamos la iniciación de una nueva llamada, podremos ver el comienzo de un paquete de requisición de llamada marcada por la secuencia de bandera 01111110. Siguiendo la secuencia de bandera, cada campo de dato tiene una longitud predefinida o especificada, y una serie de códigos convenidos.

La estructura básica del formato mostrado en la figura I.1.11-9, se describe a continuación :

**Bandera (8 bits)**

La secuencia 01111110, significa el comienzo y fin del paquete. Dos paquetes sucesivos necesitan solamente una bandera simple entre ellos para marcar el final de un paquete y el comienzo del otro.

**Dirección de enlace (8 bits) [Link Address]**

Parte del nivel 2 de control de enlace. La dirección es limitada a los dispositivos en cada extremo final del enlace de conexión entre el DTE y el DCE. La dirección de red está contenida en el encabezado del paquete.

#### **Control de Enlace (8 bits) [Link Control]**

Este es usado para conteo local y control, principalmente para control de errores y corrección entre el DTE y el DCE..

#### **Identificador de formato (4 bits) [Format Identifier]**

El formato ID define la naturaleza del paquete que sigue y define el rango de número de secuencia de rango (8-128)

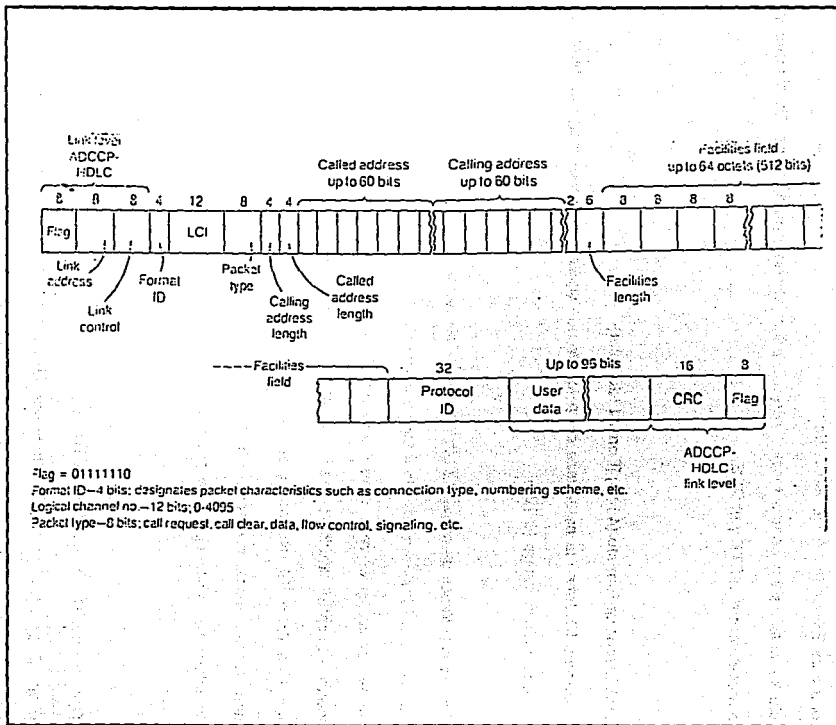
#### **Identificador lógico de canal (12 bits) [Logical Channel Identifier]**

Este designa el número de canal lógico para esta llamada de datos en particular. Este puede ser cualquier valor desde cero hasta 4095, en principio permitiendo a un solo usuario el control simultáneo de hasta 4096 diferentes flujos de datos individuales sobre una sola línea. El usuario selecciona el número más alto disponible para nuevas llamadas de salida, mientras que la red selecciona el número menor disponible para complementar las llamadas de entrada de datos.

#### **Tipo de paquete (8 bits) [Packet Type]**

El tipo de paquete además define la función y contenido de este paquete, tal como una llamada de "clear", llamada de "reset", identificando varias acciones bajo el flujo de control ó restricciones de datos

Figura 1.1.11-9. La Trama de requisición de llamada y estructura de paquete para X.25



#### **Longitud de Dirección de llamado (4 bits)**

Esta define la longitud, en dígitos, de la dirección de la llamada compartida, contenida en un campo subsecuente. Así como la longitud de dirección llamada, ésta es una representación binaria de un número de cero a 15 que define el tamaño del campo de dirección del usuario.

#### **Longitud de dirección llamada (4 bits)**

Esta define la longitud en dígitos, de la dirección de la llamada compartida, contenida en el campo subsecuente.

#### **Dirección llamada (Hasta 60 bits) [Called Address]**

Este campo, cuya longitud es determinada por el campo previo, es la dirección del grupo destino. Cada grupo de 4 bits representa un dígito de la dirección, usando codificación binaria en representación decimal.

#### **Dirección de llamado (Hasta 60 bits) [Calling Address]**

Este campo, cuya longitud es determinada por el campo de longitud de dirección de llamado, es la dirección de la red de la llamada compartida. Esta es codificada de la misma manera que la dirección llamada y proporciona, en efecto, la dirección de



regreso para información devuelta a la llamada compartida. Esta también sirve para verificar, en el destino, de dónde proviene la llamada en la red. El campo de Dirección de llamado es seguido por dos ceros.

#### **Longitud de facilidades (6 bits)**

Este campo es la representación binaria de un número de cero a 63. Este muestra en, octetos de 8 bits, el campo de facilidades que a continuación se explica.

#### **Campo de facilidades (Hasta 512 bits)**

Este campo, cuya longitud es determinada por el campo previo, proporciona para un gran número de facilidades opcionales de red, como el cobro revertido, un grupo cerrado de usuarios, conexiones en un solo sentido (transmisión o recepción), etc.

#### **Identificador de protocolo (32 bits)**

Este campo puede ser usado por el suscriptor para ciertas características a nivel de usuario de protocolo, tal como la identificación del usuario y procedimiento de entrada (logon) para iniciar la nueva conexión.

#### Datos de usuario (Hasta 96 bits)

El usuario puede transmitir hasta 96 bits de datos con el paquete requerimiento de llamada. Este dato puede ser, por ejemplo, la clave de usuario (password) como parte del procedimiento de establecimiento de llamada dentro de la computadora destino.

#### Chequeo de redundancia cíclica (16 bits)

Este es el checador de error que se aplica a todos los bits que siguen la bandera, hasta el final del campo de usuarios de datos.

#### Bandera (8 bits)

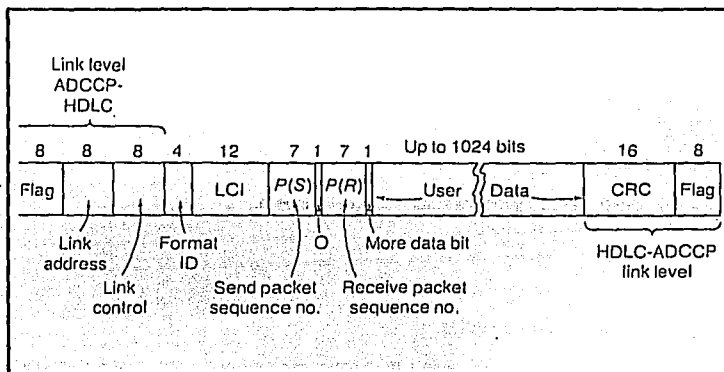
La secuencia 01111110 indica la finalización del paquete.

#### Paquete de transferencia de datos.

Una vez establecida la llamada, una versión abreviada de esta estructura de paquete, es usada en la función de transferencia de datos. La aceptación de la llamada por el destinatario se indica de regreso a su origen, con los apropiados códigos en el formato y tipo de campos identificadores. La red, en efecto, establece una llamada en dirección inversa para proporcionar un patrón bidireccional dúplex, con lo que el flujo de datos de usuario ahora puede continuar.

La estructura de los paquetes de usuario de datos tiene el formato que se muestra en la figura I.1.11-10.

El gasto asociado con el paquete de datos, es considerablemente menor, que el requerido para la iniciación de una llamada, o paquete de requisición de llamada, por lo que permite un eficiente uso del circuito entre el usuario y el switch. La información necesaria para rutear los paquetes a través de la red es ahora es almacenada en los switches referidos al subscritor fuente y el identificador de canal lógico actual.



**Figura 1.1.11-10.** La trama y estructura del paquete de datos de la llamada virtual.

De este modo, cuando un paquete de datos de usuario llega al switch fuente de un usuario en particular, este sigue la estructura simple mostrada en la figura 1.1.11-10, la cual es descrita a continuación.

**Bandera (8 bits)**

La secuencia 01111110 indica el inicio del paquete.

**Dirección de enlace (8 bits)**

Parte del nivel 2 de control de enlace. La dirección es limitada a los dispositivos en cada punto final del enlace de conexión entre el DTE y el DCE.

La dirección de la red viene incluida en el encabezado del paquete.

**Control de enlace (8 bits)**

Este es usado para conteo y control local, principalmente para control y corrección de errores entre el DTE y el DCE.

**Identificador de formato (4 bits)**

La identificación del formato, el cual define la naturaleza del paquete, en este caso puede ser codificado para indicar un paquete de datos en un establecimiento previo de llamada.

**Identificador de canal lógico (12 bits)**

Este se refiere al canal lógico asociado a esta llamada en particular durante el proceso de establecimiento de la llamada.

**Numero de secuencia de envío de paquete (3 ó 7 bits)**

Este es el número secuencial asignado a cada paquete sucesivo en este canal lógico. El contador incrementa de cero a 7 ó de cero a 127 dependiendo del código en el campo identificador de formato. El tamaño de este campo depende de la velocidad de operación de la red y del número máximo de paquetes permitido que un determinado usuario puede tener pendientes en la red en cualquier momento. En la mayoría de los casos, el campo de extensión debe ser usado para prever cualquier ambigüedad en el número de secuencia limitando la cuanta al rango de cero a 7.

El bit que sigue al numero de secuencia de transmisión no realiza ninguna función, sin embargo debe estar fijo en cero.

**Numero de secuencia del paquete recibido (7 bits)**

Este es el número del paquete del último paquete recibido correctamente en esta conexión. Este es el método principal de reconocimiento de datos. Los switches de la red dicen al usuario el número de secuencia del último paquete correctamente recibido

y reconocido por el otro usuario en la conexión. Similarmente, este permite al usuario señalar al switch el último número de paquete que ha sido recibido.

#### **Bit de más datos (1 bit)**

Este bit es puesto en uno si el usuario está preparado a recibir más datos. Es puesto a cero si es solo un reconocimiento y no son deseados datos adicionales en ese momento.

#### **Campo de datos de usuario (Hasta 1024 bits)**

Este es el campo de datos transparente para hasta 1024 bits ó 128 caracteres de datos. La longitud no necesita ser conocida con anticipación, mientras el final del paquete este marcado por la bandera, y los 16 bits antes de la bandera se presume que son los de CRC.

#### **Chequeo de redundancia cíclica (16 bits)**

Este es el cheque de error aplicado a todos los bits siguiendo la bandera hasta el final del campo de datos de usuario.

#### **Bandera (8 bits)**

La secuencia 01111110 indica el final del paquete.

Una serie de paquetes de propósito especial pueden ser contruidos en base a estos dos formatos básicos de paquetes, utilizando una combinación de los campos identificadores de formato, tipo de identificador de paquete y campos de direcciones. Estos paquetes pueden ser manejados en una gran variedad de formas en condiciones anormales de la red, tales como restablecimiento ó interrupciones de usuario o red, solicitud de limpiar la conexión, preguntas y respuestas de señalización, etc. Por supuesto que también en respuestas normales, confirmaciones de conexión y reconocimiento de paquetes son manejados como parte del formato básico del paquete.

## **I.1.12 CONCEPTOS DE INGENIERIA DE TRAFICO (ERLANG)**

### **RESPUESTA ESTADISTICA DE USUARIOS DE REDES**

Uno de los aspectos más importantes de intercambio en redes de comunicaciones es el compartimiento, la premisa básica es que no todos los usuarios de una red desean comunicarse con otro al mismo tiempo, esto solo puede definirse estadísticamente, mediante dos aspectos, relación de llamadas y duración promedio de la llamada o tiempo de espera.

**PROMEDIO DE LLAMADAS.** Existe una longitud de tiempo aleatorio conocido como tiempo de interlegada, entre la iniciación de una llamada de usuario y la respuesta del otro usuario. Por ejemplo cuando la red esta llena, existe un tiempo de dos segundos entre la iniciación de las dos llamadas sucesivas, mientras que el tiempo entre llamadas sucesivas puede ser de dos minutos cuando la red no esta ocupada.



Otro aspecto es el tener un intervalo de tiempo común como referencia y determinar el promedio de cuantas llamadas (o mensajes o paquetes de datos) entran a la red durante ese intervalo. Por ejemplo podemos tener un promedio de 25 llamadas por minuto, lo cual es equivalente a  $25 \times 60 = 1500$  llamadas por hora o,  $25/60 = 0.433$  llamadas por segundo.

La razón de llamadas y el intervalo de tiempo son de relación inversa. Si la razón de llamadas es grande, implica un alto número de llamadas por minuto, entonces el promedio de tiempo de interllegada es pequeño, el tiempo entre llamadas sucesivas en la red tiende a ser corto.

**POSESIÓN DE TIEMPO.** El otro aspecto importante en el diseño de red es el tamaño de las llamadas de usuarios que son transferidas a través de la red. Para llamadas de voz, este tamaño es usualmente medido en minutos y segundos; para transacciones de datos el número de bits es generalmente la medida más usual. Las llamadas de voz son aproximadamente de 5 minutos (300 segundos) en promedio. La comunicación de datos es una aplicación dependiente y varia desde unos cuantos bits hasta muchos millones de bits de longitud.

El principio de compartir las funciones de intercambio en redes depende de la naturaleza aleatoria del proceso de llegada de llamada y del proceso de duración de la llamada. Si hay un gran número de usuarios, y suficientes recursos

disponibles, el tiempo de usuario es cubierto con el servicio recibido de la red. Los factores esenciales pueden ser estimados por reconocimiento estadístico del total de demanda de la red y el número de recursos disponibles. El desarrollo matemático e información estadística fue desarrollado por A. K. Erlang en 1920.

## EL ERLANG

La demanda de red se define en términos de la razón de llamadas y el tiempo promedio de espera, donde:

$\lambda$  = razón de llamadas, en llamadas por hora

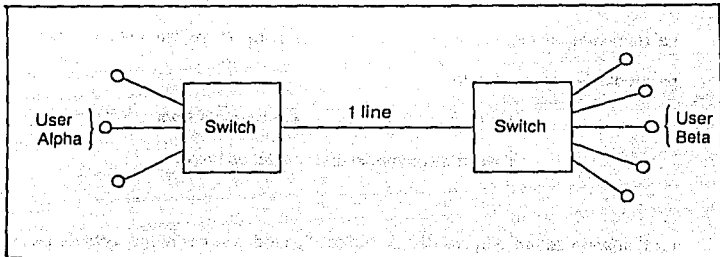
$\tau$  = tiempo promedio de llamada, en horas

La demanda de red o intensidad de tráfico (E) se define por el producto de estos dos:

$$E = \lambda\tau \quad (\text{medido en Erlangs})$$

**UN ESCENARIO DE TRÁFICO.** En este escenario el usuario alfa llama al usuario beta (Ver figura I.1.12-1) y se comunica con él durante una hora. Durante este tiempo nadie puede usar el circuito, pero mientras alfa paga por la llamada, la capacidad de la red esta llena durante una hora por la utilización de la línea de transmisión. De acuerdo a nuestra definición  $\lambda$  es igual a una llamada por hora, y  $\tau$  es igual a 1 (longitud de llamada de 1 hora). Por lo que  $E = \lambda\tau = 1$  Erlang, lo cual

cual nos indica un factor del 100% de posible utilización de la línea, y que la línea esta trabajando a su máxima capacidad durante una hora. Si la línea es usada el 100% de tiempo (1 Erlang de tráfico), la probabilidad de que una nueva llamada llegue es de 1, lo cual es muy baja.



**Figura I.1.12-1.** Utilización de una línea simple conectando dos switches.

**UN ESCENARIO FAVORABLE.** Asumiendo un tiempo promedio de 5 minutos, lo cual implica 12 llamadas durante 1 hora, en teoría alcanza un total de 60 minutos, o 100% de utilización durante la hora completa, para esto cada llamada tiene que empezar en el instante exacto de terminación de cada llamada. Si todos los

usuarios de cada switch son independientes del otro, lo cual no es muy probable que ocurra. Una situación real requiere de tiempos iguales en la conexión de canal entre el fin de una llamada y el comienzo de la siguiente. En este escenario  $\lambda$  es igual a 12 llamadas por hora, y el tiempo de espera de cada llamada es  $\tau$  igual a 5/60 o 1/12 horas. La intensidad de tráfico en este caso es  $E = \lambda\tau$ , o  $E = 12 \times 1/12 = 1$ . La intensidad de tráfico es 1 Erlang, representando el 100% de utilización de la línea.

## PROMEDIO DE INTENSIDAD DE TRAFICO

Se ilustran tres ideas, primero la medida de intensidad de tráfico, la cual es producto de la razón de llamadas y el tiempo promedio de espera, es independiente de los valores de los parámetros individuales. Segundo, llegar al 100% de utilización de los recursos de comunicación, es imposible en una situación real. Finalmente el funcionamiento del sistema puede contar con una parte de los recursos y la probabilidad de nuevos intentos puede ser realizada. Se entiende por intensidad promedio de tráfico a la suma del tráfico de los usuarios en forma individual sobre el periodo de medida:

$$E_{\text{promedio}} = \sum_{N=1..K} \tau_N$$

Donde  $k$  es el número total de llamadas sobre el periodo de medida, y  $\tau_N$  es la longitud de cada llamada.

Adicionalmente a la intensidad promedio de tráfico, existe una expresión análoga, la intensidad de tráfico ofrecida, nos indica el total de tráfico que puede llevar sin límite de recursos y todos los requerimientos para el servicio.

Es imposible conocer la demanda a futuro de cada usuario, por lo cual es necesario calcular el promedio de carga ofrecido, por ejemplo si en un sistema se cuenta con 500 miembros en cada switch, y si cada miembro origina una llamada por hora, y la longitud promedio de cada llamada es de 5 minutos, podemos calcular la carga ofrecida como  $1000 \times 5 / 60 = 83.33$  Erlangs, donde  $\lambda = 1000$  llamadas por hora,  $\tau = 5$  minutos o  $5/60$  hrs. Si la carga ofrecida tiene un factor de 83.33 Erlangs, y solo esta disponible una línea entre los switches, al menos el 99% del tráfico ofrecido esta ocupado, ya que una línea puede tener al menos 1 Erlang de tráfico, por otro lado si hubiera 100 líneas disponibles entre los switches, existe bastante capacidad disponible para acomodar 83.33 Erlangs.

Otro ejemplo de calculo de tráfico durante una hora concurrida se muestra a continuación, en este ejemplo las llamadas son agrupadas en tres tipos de tráfico, cada uno con sus características de longitud promedio, el calculo es hecho en segundos con el número total de llamadas por segundo (CS) dividido por 3600 (número de segundos en 1 hora).

Total de tráfico durante un periodo de 1 hora(1 hora/3600 segundos)

420 llamadas;  $\tau = 100$  segundos

40 llamadas;  $\tau = 200$  segundos

20 llamadas;  $\tau = 300$  segundos

$$\text{Tráfico} = E = \frac{(420 \times 100) + (40 \times 200) + (20 \times 300)}{3600} = \frac{56000}{3600} = 15.6 \text{ Erlangs}$$

La relación entre un Erlang y la unidad de tráfico de telecomunicaciones comúnmente usada el CCS, el cual es 100 llamadas por segundo. Una llamada por segundo implica que en 5 minutos, de uso de la red representa 300 llamadas por segundo o 3 CCS. Mientras que Erlangs tradicionalmente definido por un periodo de una hora y una hora tiene 3600 segundos, por lo que hay 3600 llamadas por segundo (36 CCS's). Revirtiendo el proceso podemos ver que 1 CCS = 1/36 de un Erlang.

$$1 \frac{\text{CS}}{\text{hr}} = \frac{1 \text{ CS}}{3600 \text{ seg}} = \frac{1}{3600} \text{ Erlang}$$

$$1 \frac{\text{CCS}}{\text{hr}} = \frac{1}{36} \text{ Erlang}$$

$$1 \text{ Erlang} = 3600 \text{ CS} = 36 \text{ CCS}$$

Con el Erlang como la medida de intensidad de tráfico en una red de comunicaciones, podemos identificar la relación entre el tráfico ofrecido y la cantidad de recursos disponibles. La relación está definida por una expresión matemática compleja de probabilidad como una función de carga ofrecida y el número de líneas disponibles, la fórmula comúnmente usada es conocida como Erlang B, o pérdida de llamada.

$$P_s = B(s, E) = \frac{E^s/s!}{\sum_{k=0, \dots, s} E^k/k!}$$

Donde:  $P_s$  = sistema grado de servicio.

$B(s, E)$  = bloqueo como una función del número de recursos ( $s$ ) y el número de Erlangs ( $E$ )

$$S! = s(s-1)(s-2) \cdots (3)(2)(1)$$

Esta no es una expresión fácil de evaluar, en forma inversa nos sirve para evaluar cuantas líneas son necesarias para satisfacer un nivel de tráfico ofrecido, normalmente se usa una tabla o gráfica de resultados para un gran número de datos que puedan ser usados para estimar el bloqueo como una función del tráfico ofrecido y de los recursos disponibles.

La figura I.1.12-2 muestra un grupo de curvas, donde la escala horizontal muestra el tráfico ofrecido medido en Erlangs, y la escala vertical muestra el bloqueo de

red estimado. Cada curva es para un valor diferente de el número de canales disponible en un rango de 10 a 70 canales. Este tipo de formulación es aplicable con ciertas modificaciones para redes complejas, con una línea simple reemplazada por un grupo de canales. Podemos usar las curvas para ilustrar las características importantes de redes de switcheo y tráfico.

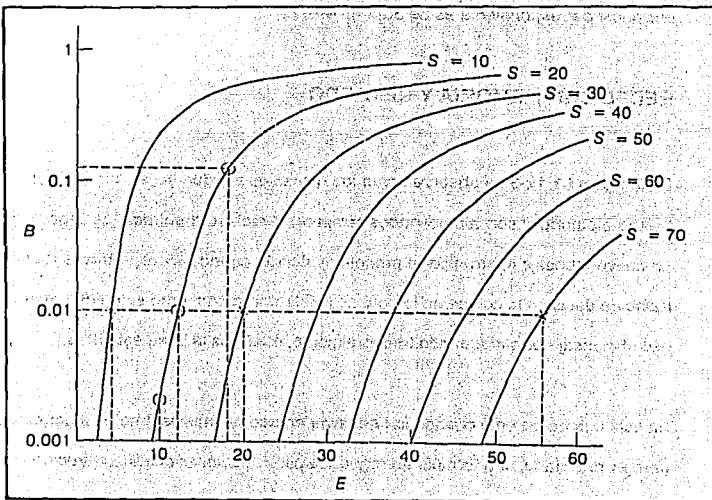


Figura 1.1.12-2. Gráfica de aproximación de la fórmula Erlang B: Probabilidad de bloqueo contra total de tráfico (Erlang).

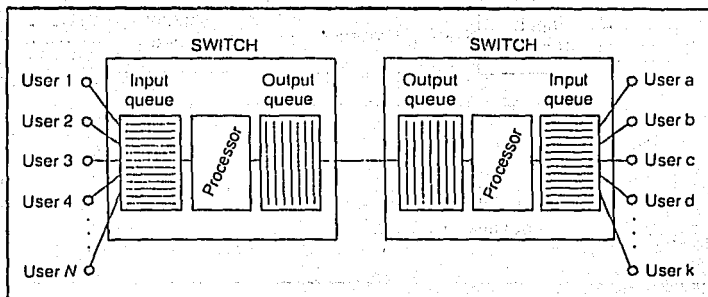


Para un valor de bloqueo igual a 0.01 (1%), un valor de 20 Erlangs, 30 líneas son requeridas para tener un nivel de funcionamiento de 1% de bloqueo. Con 20 Erlangs de tráfico en 30 líneas es  $20/30$  o 67%. Si 70 líneas están disponibles, 58 Erlangs de tráfico pueden ser llevadas a un nivel de funcionamiento igual a 1% de bloqueo, resultando una eficiencia de operación de 83%. Por otro lado 3 Erlangs de tráfico pueden ser llevados en un grupo de 10 líneas con un nivel del 1%, la eficiencia correspondiente es de 30% en este caso.

## **REDES CON MEMORIA Y RETARDO**

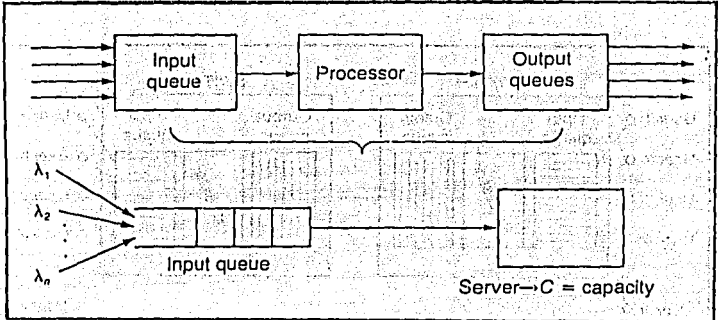
En la figura 1.1.12-3 se observa como los mensajes pueden llegar al switch en un tiempo aleatorio y son almacenados temporalmente en la entrada, la llegada de un nuevo mensaje interrumpe el proceso, y decide cuando se va, a través de una rutina de decisión lo coloca en la cola de salida apropiada, pero si la línea esta en uso el mensaje es almacenado temporalmente, mientras la línea esta libre.

En este tipo de sistema cuando la línea esta en uso , el mensaje no es bloqueado, pero es retardado, una formula es requerida para relacionar el tráfico ofrecido con el retardo. La teoría de encolamiento proporciona esta relación.



**Figura 1.1.12-3.** Diseño de switches con memoria y capacidad de acoplamiento.

Para explicar esta teoría, la figura 1.1.12-3 se puede simplificar de acuerdo al modelo mostrado en la fig. 1.1.12-4. La cola de entrada es mostrada como una entrada secuencial almacenada en un buffer, donde cada mensaje espera su turno al servidor, el cual tiene una capacidad total  $C$ .



**Figura I.1.12-4.** Modelo simplificado de un switch con almacenamiento y capacidad de acoplamiento.

Para este modelo de retardo de tráfico, cada usuario tiene una razón promedio de llamada,  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ . La razón de llegada de mensajes total es la suma de todas.

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_N$$

La longitud promedio de cada mensaje tiene que ser medida en minutos o segundos, para este caso, la longitud promedio del mensaje esta definida como  $k$  bits. Tal que:

$$k = 1/\mu = \text{número promedio de bits por mensaje.}$$

La analogía al número de Erlangs, o tráfico ofrecido, es similar al producto de la razón de mensaje y la longitud promedio del mensaje, como la razón de llegada esta definida en mensajes por segundo, y la longitud es bits por mensaje, el tráfico ofrecido es:

$$E_d = \lambda k = \lambda \mu \text{ bits/segundo}$$

El camino normal para especificar la capacidad de una línea ( $C$ ) usada para comunicación de datos, esta definida en términos del número de bits por segundo de información que este puede llevar. Así como se muestra en el caso del bloqueo, algún camino puede tener a lo más 1 Erlang de tráfico, lo cual representa 100% de capacidad, en forma similar, alguno de los mensajes pueden ser almacenados temporalmente, el mayor de estos puede tener el 100% de capacidad de línea o un total de flujo de datos de  $C$  bits por segundo. El radio de tráfico  $E_d$ , y la capacidad  $C$  proporcionan una medida de la utilización de los recursos alcanzados. El factor de utilización, definido como  $\rho$  es:

$$\rho = \frac{E_d}{C} = \frac{\lambda k}{C} = \frac{\lambda}{\mu C}$$

Un factor adicional necesario es la longitud promedio del tiempo para llevar el mensaje. Si la longitud promedio del mensaje es  $k$  bits, y el servidor opera a  $C$  bits por segundo, entonces el tiempo promedio de servicio es:

$$\tau = k/C = 1/\mu C = \text{tiempo promedio de servicio.}$$

Si representamos el número promedio de mensajes en la cola de entrada como  $N$ , el tiempo promedio que se tiene que esperar es  $N\tau$ . Podemos designar el tiempo promedio de espera como  $W$ :

$$W = N\tau = N/\mu C = \text{tiempo promedio de espera.}$$

Para calcular el número promedio de mensajes en espera en un tiempo dado, es necesario visualizar la operación en la cola de espera del sistema, lo cual se puede conocer por intuición y experiencia, para el tipo de sistema que estamos considerando, podemos definir la probabilidad para este, dentro de un intervalo de tiempo, un cierto número de llamadas en la cola de espera. Con este proceso conocido como "proceso de llegada de Poisson", matemáticamente establecido como:

$P(k)$  = probabilidad de que ocurran  $k$  llegadas en  $\tau$  segundos.

$$P(k) = \frac{(\lambda\tau)^k e^{-\lambda\tau}}{k!}$$

Donde  $k = k$  factorial.

$\lambda$  = razón promedio de llegada de nuevas entradas en el sistema.

Para un sistema que opera en una condición estable, el número de clientes atendido en un intervalo de tiempo dado, tiene igual número de llegadas. La condición de estabilidad es derivada de la definición de los procesos de llegada de Poisson y de la razón de servicio del sistema para definir el promedio de llegada y la relación de salida, el número promedio de usuarios en espera en la cola depende de que tan concurrido este el sistema, y esta dado por:

$N = \rho/(1-\rho)$  = número promedio en la cola de entrada.

Donde:  $\rho = \lambda\tau = \lambda/\mu C$

El tiempo promedio de espera es:

$$W = N\tau = \rho\tau/(1 - \rho) = \rho/\mu C(1 - \rho)$$

Podemos estimar el retardo promedio del sistema como la suma de los tiempos promedio de espera y el tiempo de llegada, en otras palabras:

retardo promedio =  $T$  = tiempo de servicio + tiempo de espera

$$T = \tau + W = \tau + N\tau = \tau(1 + N)$$

$$T = \tau(1 + \rho/(1 - \rho)) = \tau(1/(1 - \rho))$$

$$T = \tau/(1-\rho)$$

El retardo promedio esta estimado por el tiempo promedio de servicio y la carga relativa de el sistema comparado con la capacidad del sistema.

## **ALGUNOS EJEMPLOS DE CAPACIDAD DE REDES:**

Considerando dos comunidades de usuarios conectados a un circuito de switches mediante una sola línea entre ellas, en base a mediciones y por experiencia podemos establecer, un alto grado de concurrencia para la demanda total durante las horas pico del día de 0.5 Erlang de tráfico entre los dos switches. Asumiendo que hay una gran población de usuarios creando la demanda total, podemos aplicar la formula de Erlang para el bloqueo y determinar el grado de servicio durante estas horas:

Datos:

E = 0.5 Erlang de tráfico

s = 1 línea de comunicación.

Desarrollo:

$$P_s = B(s, E) = \frac{E^s/s!}{\sum_{k=0, \dots, s} E^k/k!}$$

$$B(s, E) = \frac{(0.5)^1/1!}{(0.5)^0/0! + (0.5)^1/1!} = \frac{0.5}{1 + 0.5} = \frac{0.5}{1.5}$$

**Resultado:**

**B(s,E) = 33%**

Lo que significa que se tiene un bloqueo del 33%, o en otras palabras, una tercera parte de las llamadas es bloqueada por las llamadas que están usando la línea entre los switches.

Considerando una demanda de 2 Erlangs y cuatro líneas para el servicio entre las dos localidades, se tiene:



Datos:

E = 2.0 Erlangs

s = 4 líneas

Desarrollo:

$$P_s = B(s, E) = \frac{E^s/s!}{\sum_{k=0, \dots, s} E^k/k!}$$

$$B(s, E) = \frac{(2)^4/4!}{\frac{(2)^0}{0!} + \frac{(2)^1}{1!} + \frac{(2)^2}{2!} + \frac{(2)^3}{3!} + \frac{(2)^4}{4!}} = \frac{0.67}{7}$$

**Resultado:**

**B(s,E) = 0.096 ≈ 10%**

Lo que significa un porcentaje de bloqueo de aproximadamente el 10%.

Se tomara un total de 8 Erlangs y se incrementara el número de líneas a 16, el calculo de esta formula seria tedioso, por lo que se requiere interpolar un valor de bloqueo de acuerdo a las curvas representadas en la figura 1.1.12-2, donde se puede observar que el bloqueo es aproximadamente de 0.01 o 1%.

## I.1.13. TOPOLOGIA

### CONCEPTOS INTRODUCTORIOS.

En telecomunicaciones una red puede definirse como un método de conexión que permita a un suscriptor en la red comunicarse con cualquier otro. Hay tres métodos básicos de conexión en la telefonía convencional: a) malla, b) estrella y c) doble, o de orden superior, estrella. La conexión en malla es aquella en la cual todos y cada uno de los puntos de intercambio (centrales) se conectan por troncales (o uniones) a todos y cada uno de los otros puntos de intercambio, como se muestra en la figura I.1.13-1A. Una conexión en estrella utiliza centrales de intervención, llamadas centrales tándem. Un ejemplo de una conexión estrella se muestra en la figura I.1.13-1B. Una configuración de doble estrella tiene subredes con configuración estrella conectadas por una central tándem de orden mayor, como se muestra en la figura I.1.13-1C.

Como regla general podemos decir que las conexiones en malla son usadas cuando hay un alto nivel de tráfico entre centrales, como en una red metropolitana. Por otro lado, una red tipo estrella puede aplicarse cuando los niveles de tráfico son comparativamente bajos.

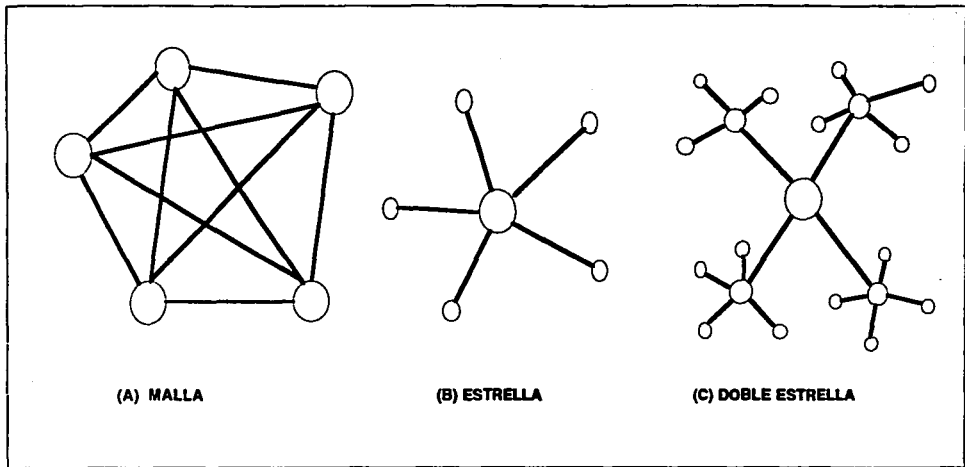
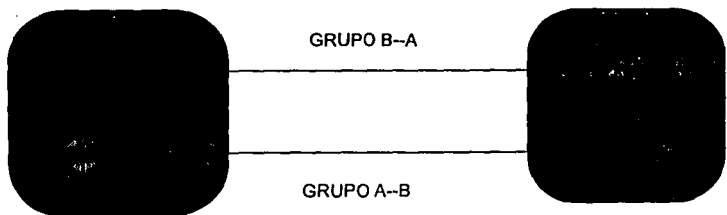


Figura I.1.13-1.

Ejemplo de configuraciones estrella, doble estrella y malla.

Otro factor que nos conduce a las configuraciones de estrella y doble estrella, es lo complejo de la red en las troncales de salida (o de entrada) de un conmutador en una configuración de malla llena. Por ejemplo, una área con 20 centrales requeriría de 380 grupos de tráfico (o líneas) y 100 centrales, 9900 líneas. Esto involucra los llamados grupos de una sola dirección. Un grupo de una sola dirección (one-way group) se define mejor considerando las conexiones entre dos centrales, A y B. El tráfico originado de A a B es conducido en un grupo, y el tráfico originado de B a A en otro grupo, como se muestra en el diagrama



Un ejemplo real de la relación entre las configuraciones de malla, estrella y doble estrella, se muestra en la figura I.1.13-2.

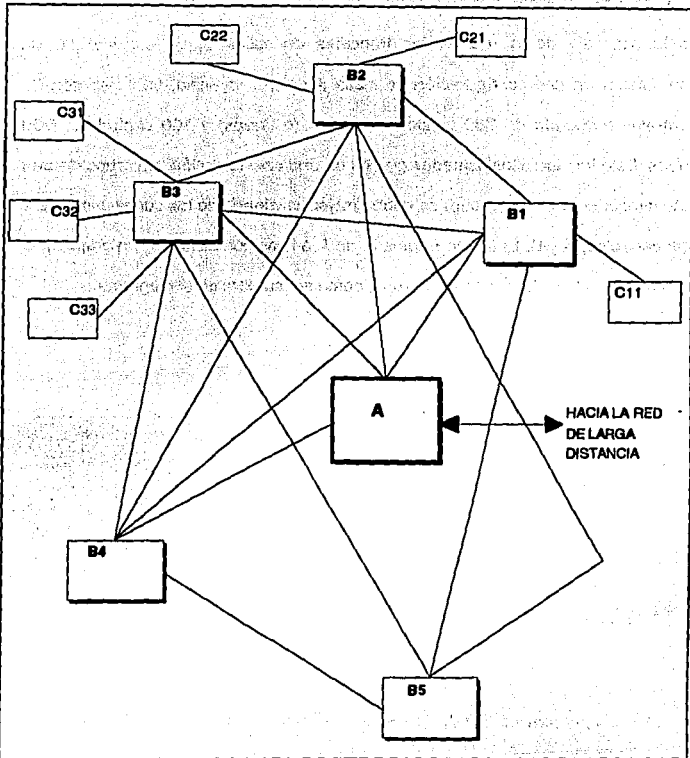


Figura 1.1.13-2.

Una típica red telefónica de una ciudad pequeña nos sirve de ejemplo para observar la relación entre la configuración de malla y estrella.

A es un centro primario (CCITT), clase 4 (ATT).

B es una central local, clase 5.

C es una central por satélite o un concentrador.

## REDES JERARQUICAS.

Se diseñó una red sistemática que redujera las salidas de grupos de troncales de salida (y de entrada) de un conmutador a una cantidad razonable que permitiera el manejo de altas cantidades de tráfico en las rutas en que fuere necesario, y que permitiera el establecimiento de sobrecargas bajo ciertas circunstancias. Consideremos la figura I.1.13-3, en la cual se ha simplificado un ejemplo de una red de estrella de alto orden. El término "orden" es significativo para permitir la discusión de las redes jerárquicas.

Una red jerárquica tiene un orden de importancia de nivel asignado para cada central que compone la red y ciertas restricciones para el flujo de tráfico. Por ejemplo, en la figura I.1.13-3, hay tres rangos o niveles de central. Las cajas pequeñas en el diagrama son las centrales de bajo rango, las cuales han sido marcadas con un "3" para indicar el tercer nivel o rango. Hay que notar las restricciones en el flujo del tráfico. Como se ve en la figura, el tráfico de  $3A_1$  hacia  $3A_2$  tiene que pasar a través de la central  $2A_1$ . De la misma manera, el tráfico de la central  $2A_2$  a la central  $2A_3$  tiene que fluir a través de la central 1A. Manejando el mismo concepto, el tráfico de cualquier central A hacia una B debe pasar siempre por la central 1A.

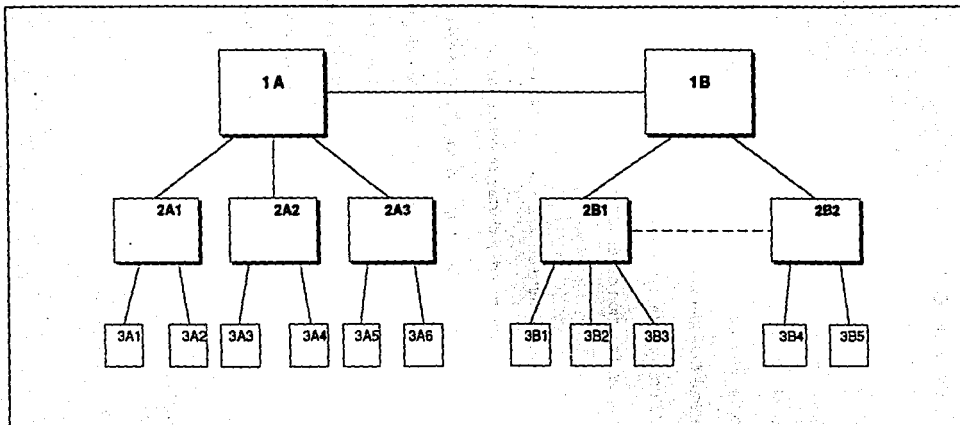


Figura I.1.13-3.

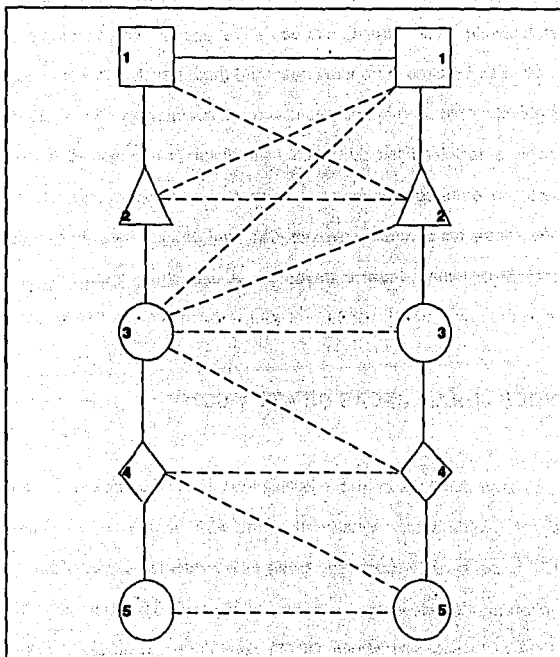
Una red configuración estrella de alto orden.

La siguiente consideración es la *ruta de alto uso*. Por ejemplo, si encontramos que hubo una intensidad de tráfico muy grande entre las centrales 2B<sub>1</sub> y 2B<sub>2</sub>, las troncales y los conmutadores asociados pueden ser aliviados mediante el establecimiento de rutas de alto uso entre ambas. Así, podemos llamar a una ruta de alto uso un circuito de alta capacidad (high traveled shortcut). Por supuesto, el establecimiento de rutas de alto uso entre cualquier par de centrales en la red es factible si la intensidad de tráfico y las distancias involucradas así lo indican sin afectar la estrategia económica. Cuando se establece una ruta de alto uso, el tráfico entre las centrales involucradas será dirigido hacia la ruta de alto uso y la sobrecarga tomará lugar a través de la estructura jerárquica. Si el ruteo es a través del nivel más alto en la jerarquía, llamamos a esa ruta la *ruta final*.

## REDES JERARQUICAS DE ATT Y CCITT.

Existen dos tipos de redes jerárquicas, las cuales abarcan alrededor del 50% de la telefonía actual. Estas son la red ATT, usada en Norteamérica, y la red CCITT, usada en Europa y las áreas bajo influencia europea. Es realmente poca la diferencia desde el punto de vista del ruteo. Cada uno tiene cinco niveles o rangos en la jerarquía, si bien CCITT continúa hasta un sexto nivel. La diferencia básica es la nomenclatura usada. La figura I.1.13-4 ilustra la jerarquía ATT y la figura I.1.13-5, la jerarquía CCITT.





**Figura I.1.13-4.** La red jerárquica norteamericana (ATT).  
 Note como los rangos más altos se conectan en malla.

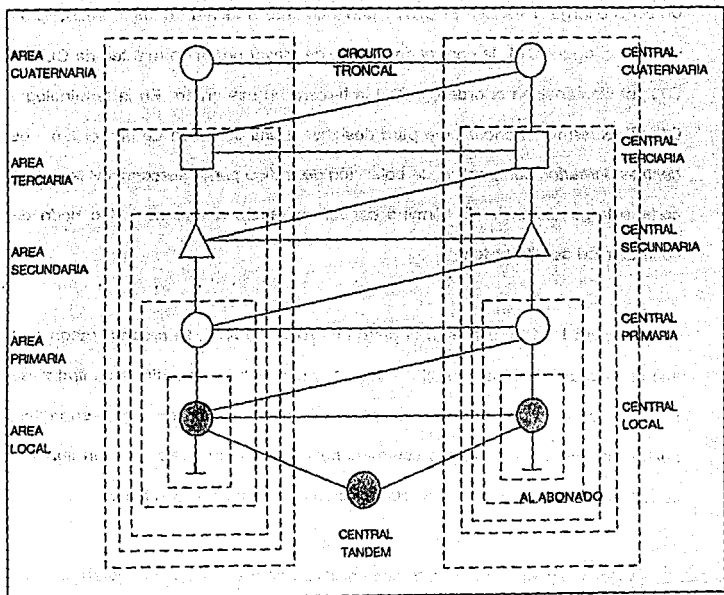


Figura 1.1.13-5.

Estructura Jerárquica de CCITT.

Particularmente en Europa, la terminología distingue centrales tándem de las centrales de tránsito. Si bien ambos realizan la misma función, la conmutación de troncales, una central tándem sirve a un área local, como se muestra en la parte inferior de la figura 1.1.13-5. Una central de tránsito conmuta troncales en una área de corta o larga distancia. El CCITT generalmente coloca un número después de CT, como sigue: CT1, la central de tránsito de mayor orden en el ruteo de CCITT; CT2, el siguiente en el orden; y CT3 la tercera en ese orden. En la terminología CCITT, el término *troncal* sirve para designar a una conexión de alto orden. Los *centros primarios* son centros de colección de tráfico para interconectar la red de corta o larga distancia. El término *central* se refiere a una central o nodo de conmutación de alto orden.

La figura 1.1.13-4 presenta el patrón de ruteo de ATT. El orden o rango más alto en la jerarquía es la central de clase 1, y el más bajo una oficina central clase 5. Debe notarse que un grupo troncal de alto uso (HU por sus siglas en inglés) puede establecerse entre dos centrales de conmutación cualquiera sin importar su localización o rango, siempre que el volumen de tráfico lo justifique.

La tabla siguiente muestra la nomenclatura de los dos tipos de jerarquía, con el más alto rango al principio.

	<b>ATT</b>	<b>CCITT</b>
Clase 1.	Central regional	Central cuaternaria
Clase 2.	Central seccional	Central terciaria
Clase 3.	Central primaria	Central secundaria
Clase 4.	Central	Central primaria
Clase 5	Oficina final	Central local

Una estructura de backbone para una red jerárquica se muestra en las figuras 1.1.13-4 y 1.1.13-5: El CCITT llama a las rutas mostradas en la figura 1.1.13-6 "rutas finales teóricas". Una ruta final es una ruta sobre la cual no se permite sobrecarga. Una red jerárquica se caracteriza por tener llenas sus rutas finales de la fuente al destino. Un sistema jerárquico de ruteo permite simplificar el diseño del conmutador.

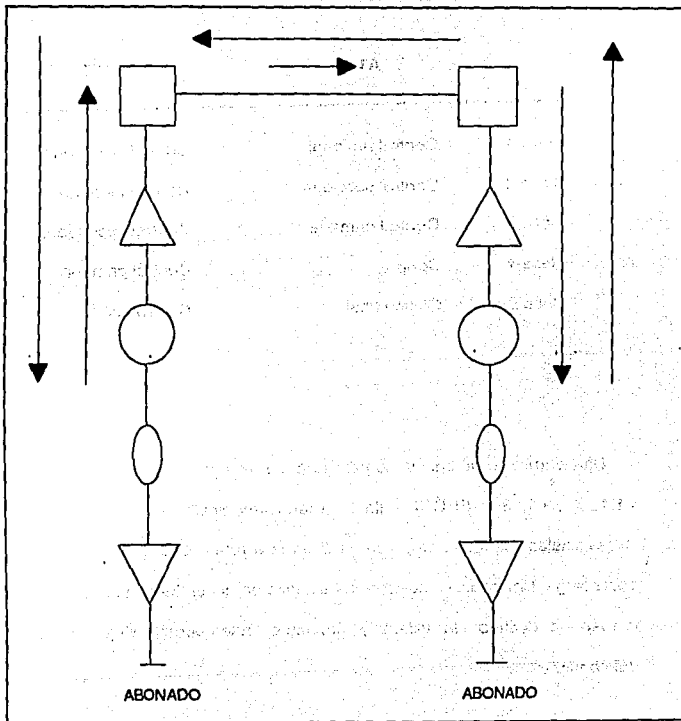


Figura I.1.13-6.

## **1.2 CONCEPTOS DE TRANSMISION DE DATOS**

### **1.2.1 MODOS DE TRANSMISION DE DATOS**

Los dispositivos terminales, los modems y los mainframes se caracterizan por el modo de transmisión mediante el cual se comunican. Son tres las clases de modos de transmisión: simplex, half-duplex y full-duplex.

#### **TRANSMISION SIMPLEX**

La transmisión simplex es aquella transmisión que ocurre en una sola dirección, inhibiendo al receptor la capacidad de responder a la transmisión. Un ejemplo de comunicación simplex es un radio de AM, el cual recibe la señal transmitida de una estación de radio. Para el caso de transmisión de datos, la comunicación simplex se utiliza para activar ó desactivar dispositivos a cierta hora del día ó en caso de una eventualidad. Un ejemplo de este tipo sería un sistema ambiental controlado por computadora en donde una caldera es activada ó desactivada dependiendo del nivel del termostato y de la temperatura en varias partes de un edificio. Normalmente, la transmisión simplex no se utiliza donde se requiere la interacción máquina-hombre, debido a la incapacidad del receptor de poder responder al transmisor (origen).

## TRANSMISION HALF DUPLEX

La transmisión Half-Duplex permite la comunicación en ambos sentidos; sin embargo la transmisión ocurre en una sola dirección al mismo tiempo. La transmisión Half-Duplex es utilizada, por ejemplo en el radio de banda civil (CB), en donde el operador puede recibir o transmitir pero no puede realizar ambas funciones al mismo tiempo. Cuando el operador ha completado la transmisión, la otra parte debe ser advertida de que se ha terminado y debe estar lista para recibir mediante el término "cambio"(over).

Cuando se transmiten datos a través de la línea telefónica mediante un módem, el transmisor y el receptor deben de estar adecuadamente coordinados (encendido/apagado) conforme la transmisión se este realizando. La transmisiones duplex y half-duplex requieren de de dos hilos para completar el circuito eléctrico. La parte superior de la figura 1.2.1-1 muestra la interconexión de un modem half-duplex mientras que en la parte de abajo se observa una secuencia típica de eventos de una terminal en el acceso a una computadora. En el proceso de acceso, el usuario primeramente transmite la palabra NEWUSER para informar a la computadora que un nuevo usuario desea conexión a la misma. La computadora responde mediante la petición de la clave de usuario (user's password), la cual es suministrada por este.

En la parte superior de la figura 1.2.1-1, cuando se transmiten datos desde un mainframe a una terminal, las señales de control son enviadas desde este al modem A, el cual activa a su transmisor para que el receptor del modem B responda. Cuando los datos son transmitidos desde la terminal al mainframe, el receptor del modem B es deshabilitado y su receptor se activa. El tiempo necesario para efectuar estos cambios se llama tiempo de transmisión de regreso (turnaround), y durante este intervalo la transmisión es temporalmente detenida. La transmisión half-duplex puede realizarse

en circuitos de dos ó cuatro hilos. La Red de Telefonía Pública Conmutada es de dos hilos, mientras que las líneas privadas pueden ser de dos ó cuatro hilos. Un circuito de cuatro hilos es esencialmente un par de dos hilos que puede ser utilizado para la transmisión en ambas direcciones simultáneamente. Este tipo de transmisión se denomina Full-duplex.

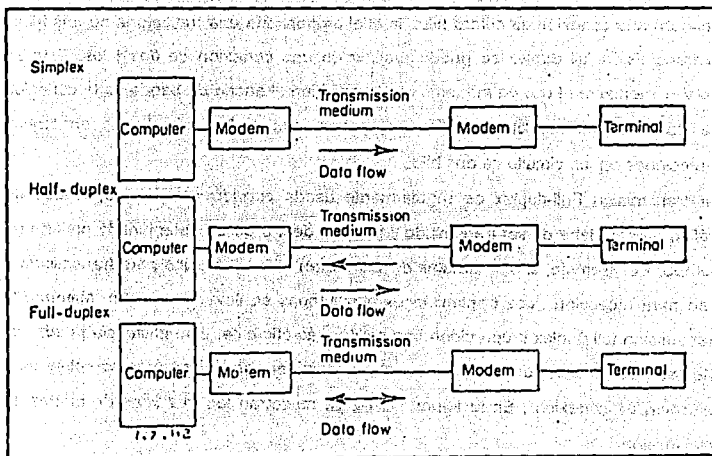


Figura 1.2.1-1 Transmisión half duplex. arriba: señales de control del mainframe y de la terminal. cuando el mainframe del modem a esta operando, el receptor del modem b opera; cuando el transmisor del modem b opera, el receptor del modem a opera. sin



embargo, solo un transmisor opera a la vez en el modo de transmisión half-duplex. abajo: durante la secuencia de acceso, la transmisión es regresada varias veces.

## **TRANSMISION FULL-DUPLEX**

A pesar de que normalmente se espera que la comunicación full-duplex sea llevada a cabo en una conexión de cuatro hilos la cual proporciona una trayectoria de dos hilos, la transmisión full duplex se puede realizar en una conexión de dos hilos. Esto es posible mediante el uso de modems que subdividen el ancho de banda de la conexión de dos hilos en dos canales distintos, permitiendo el flujo simultáneo en ambas direcciones en un circuito de dos hilos .

La transmisión Full-duplex es regularmente usada cuando grandes cantidades de tráfico alterno debe de ser transmitido y recibido dentro de un determinado periodo de tiempo. Por ejemplo, si dos canales de CB fueran utilizados , uno para transmisión y otro para recepción , dos transmisiones simultáneas se llevarían a cabo. Mientras la transmisión full-duplex proporciona una salida más eficiente, esta eficiencia puede ser afectada por el costo de dos líneas y el requerimiento de equipo más complejo para este tipo de conexión . En la figura 1.2.1-2 se muestran los tres tipos de modos de transmisión.

Observe la tabla 1.2.1-1, en donde la columna de la CCITT se refiere al Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía. La CCITT se desempeña como parte de la Unión Internacional de las Telecomunicaciones. (ITU), la cual es una agencia de la ONU.

<b>SIMBOLO</b>	<b>ANSI</b>	<b>INDUSTRIA DE TELECOM (USA)</b>	<b>CCITT</b>	<b>REQUERIMIENTO DE LINEA FISICO</b>
↑	Solo una dirección	Simplex		2 hilos
↑ ↓	Dos direcciones alternas	Half Duplex (HDX)	Simplex	2 hilos
↕	Dos direcciones simultáneas	Full Duplex(FDX )	Duplex	4 hilos

**TABLA 1.2.1-1 COMPARACION DE LOS MODOS DE TRANSMISION**

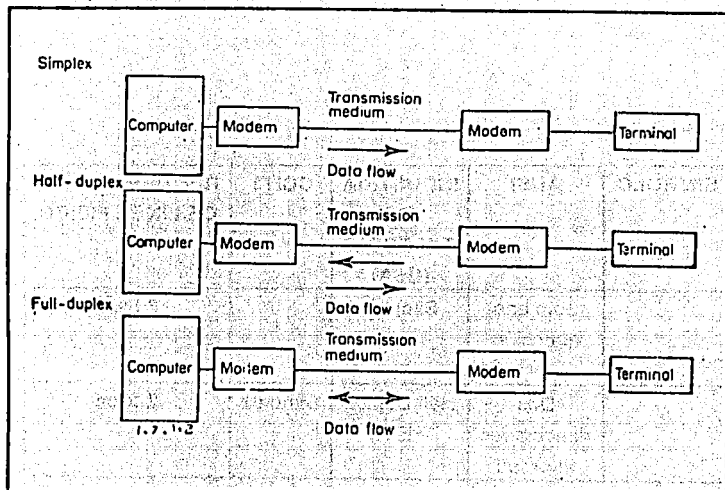


Figura 1.2.1-2 Modos de transmisión: arriba: transmisión simplex es en una dirección solamente, centro: transmisión half duplex permite la transmisión en ambas direcciones pero solo una al vez, abajo: full-duplex permite la transmisión en ambas direcciones simultáneamente.

## TECNICAS DE TRANSMISION

Los datos pueden ser transmitidos sincrona ó asincrónamente. La transmisión asincróna está comúnmente referida como la transmisión inicio-paro (start-stop) en

donde un solo caracter es transmitido ó recibido a la vez. Los bits de paro e inicio son usados para separar los caracteres y sincronizar al receptor con el transmisor, reduciendo la posibilidad de un posible mutilamiento en los datos.

La mayoría de los dispositivos de Interacción con el hombre transmiten datos de manera asincrona. Estos pueden ser terminales , computadoras personales., teletipos. En la figura 1.2.1-3 se muestra la transmisión asíncrona.

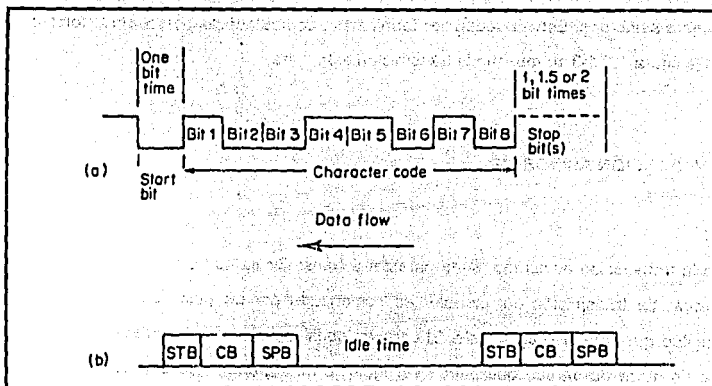
## **TRANSMISION ASINCRONA**

En la transmisión asincrona, cada caracter a transmitir es codificado en una serie de pulsos. La transmisión del carácter es comenzada por un pulso de inicio de igual longitud que un pulso codificado. El caracter codificado (series de pulsos) es seguido por un pulso de parada que puede ser igual ó más grande que el pulso codificado, dependiendo del código de transmisión utilizado.

El bit de inicio representa una transición de una marca a un espacio. Debido a que en la condición de desocupado cuando no se transmiten datos la línea es sostenida en una condición de marca, el bit de inicio sirve como un indicador al dispositivo receptor que un caracter de datos sigue a continuación. Similarmente, el bit de stop origina que la línea sea devuelta a su condición de marca., lo cual significa para el receptor que el caracter de datos está completado.

Como se ilustra en la parte de arriba de la figura 1.2.1-3, la transmisión de un caracter de 8 bits requiere de 10 a 11 bits, dependiendo de la longitud del bit de parada. En la actualidad el bit ocho se puede usar como bit de paridad para propósitos de corrección de errores. En la transmisión de inicio-paro (start-stop), se inicia y termina en cada caracter. Esto se indica en la parte de abajo de la figura 1.2.1-3. Debido a que la

sincronización empieza en cada carácter, cualquier discrepancia es borrada al final de cada uno de estos, y la sincronización se mantiene en base a carácter por carácter.



**Figura 1.2.1-3 Transmisión asincrónica (a) transmisión de carácter de ocho bits. (b) transmisión de varios caracteres. stb=start bit; cb= bits de carácter; spb=stop bits; tiempo desocupado es el tiempo entre la transmisión de cada carácter.**

La transmisión asincrónica normalmente se utiliza a velocidades menores de 9600 bps en canales telefónicos de la red pública ó líneas privadas, mientras velocidades mayores a 19.2 Kbps son posibles en cables de conexión directa en distancias no mayores a 50 pies.

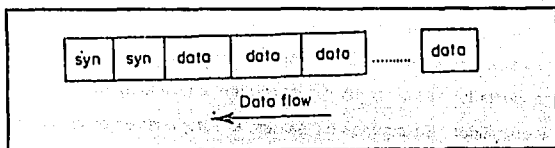
El término TTY ó TTY compatible se refiere al protocolo asíncrono (start stop) empleado originalmente por terminales Teletype y es aquel donde los datos son transmitidos en línea entre un dispositivo terminal y una computadora mainframe. A diferencia de algunas terminales con tubo de rayos catódicos (CRT) las cuales están diseñadas para transferir los datos a través de la pantalla.

Los usuarios de computadoras personales requieren solo de un adaptador de comunicaciones asíncrono y de un programa de software para transmitir y recibir datos a través de líneas telefónicas para conectarse a mainframes que soporten terminales TTY compatibles. En este caso, el programa que transmite y recibe datos a través de la línea es denominado por lo regular como emulador de terminal TTY, siendo muy común en las computadoras personales.

Existe un segundo tipo de transmisión que involucra el envío de caracteres en un flujo continuo de bits. Este tipo de transmisión es denominada como sincronización síncrona. En la transmisión síncrona los modems que se encuentran al final del medio de transmisión normalmente proporcionan el reloj ó la señal de temporización, el cual se utiliza para establecer la velocidad de transmisión de los datos y permitir que los dispositivos conectados a los modems identifiquen adecuadamente a los caracteres enviados y transmitidos. En algunas ocasiones, el reloj puede ser proporcionado por una la terminal, ó un dispositivo de comunicaciones, tal como un multiplexor ó un canal de un procesador frontal (FEP). No importa que fuente es utilizada como reloj, antes del comienzo de la transmisión de datos, los dispositivos de transmisión y de recepción deben establecer la sincronización entre ellos. Con el objeto de mantener al reloj de recepción en sincronía con el reloj de transmisión durante la transmisión, la comunicación es precedida por la transmisión de uno ó de más caracteres especiales. Esta sincronización especial están al mismo nivel de código (número de bits por caracter) que la información codificada a transmitir. Sin embargo, sólo tienen una

configuración única de ceros y unos, los cuales son interpretados como caracter SYN. Una vez que un grupo de caracteres syn es transmitido, el receptor los reconoce y se sincroniza el mismo con una trama de caracteres syn.

Después de lograr la sincronización , la transmisión de datos procede, la transmisión síncrona como se ilustra en la figura 1.2.1-4. En las transmisiones síncronas, los caracteres son agrupados ó bloqueados en grupos de caracteres, requiriendo un espacio de memoria de tal manera que los caracteres son agrupados conjuntamente. Además de tener un área de buffer, se requiere de un circuitería más complicada debido a que el dispositivo receptor debe permanecer en fase con el transmisor durante la transmisión del bloque de información. La transmisión síncrona se usa normalmente para velocidades de transmisión que exceden a los 2000 bps.



**Figura 1.2.1-4 Transmisión síncrona.** En la transmisión síncrona, uno o mas caracteres syn se transmiten para establecer el reloj antes de la transmisión de datos.

## TIPOS DE TRANSMISION

Los dos tipos de transmisión que se pueden considerar son en serie y en paralelo. Para la transmisión serial los bits que componen un carácter son transmitidos en secuencia a través de una línea; mientras que en paralelo la transmisión de caracteres es en serie pero los bits que representan al carácter son transmitidos en paralelo. Si un carácter consiste de ocho bits, entonces la transmisión en paralelo requerirá de ocho líneas.

Líneas adicionales serán necesarias para las señales de control y para la transmisión del bit de paridad. -aunque la transmisión en paralelo se usa de manera extensiva con los periféricos de una computadora, no se usa normalmente en otras aplicaciones de comunicaciones debido al costo de circuitos extras.

Se podría pensar que la transmisión en paralelo reduciría el costo de la circuitería de la terminal debido a que la terminal no tendría que convertir la representación del carácter interno a serial para la transmisión. Sin embargo, el costo en el medio de transmisión y en la interface se incrementa ya que se requiere un número adicional de conductores. Debido a que el total de caracteres que se pueden transmitir se hace al mismo tiempo, se pueden obtener mayores velocidades de transmisión con respecto al caso de la transmisión en serie. Por esta razón, la mayoría de las comunicaciones locales entre computadoras y periféricos se realizan utilizando la transmisión en paralelo. A diferencia, las comunicaciones entre terminales y mainframes se realiza de forma serial ya que esto requiere sólo de una línea para interconectar dos dispositivos con otro, la figura 1.2.1-5



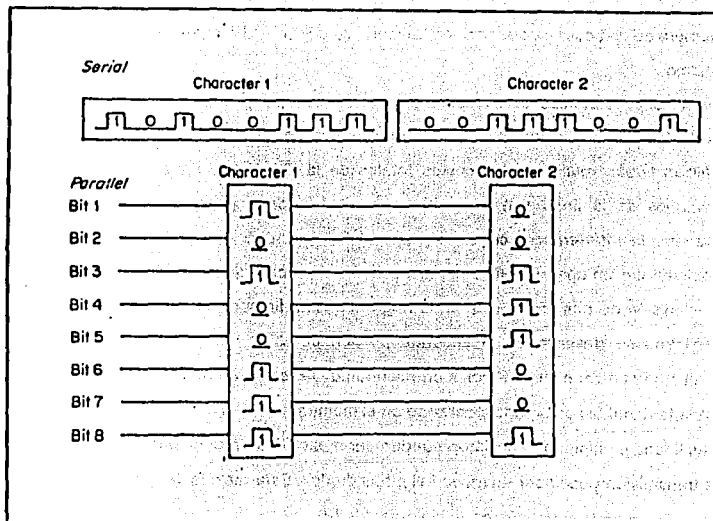
## **ESTRUCTURA DE LINEA**

La distribución geográfica de los dispositivos terminales y la distancia entre cada dispositivo y lo que transmite este son parámetros importantes que deben ser considerados en el desarrollo de la configuración de la red. El método utilizado para interconectar las computadoras personales y terminales a las computadoras mainframes se conoce como estructura de línea.

### **Tipos de Estructura de Línea**

Los dos tipos de estructura de línea utilizados en las redes son punto a punto y multipunto, el último también se le conoce como líneas multidrop. Las líneas de comunicación que sólo conectan dos puntos se conocen como líneas punto a punto. Un ejemplo de esta estructura de línea se describe en la figura 1.2.1-6.

Como se ilustra, cada terminal transmite y recibe datos desde y hacia una computadora a través de una conexión individual que enlaza una terminal específica a la computadora. la conexión punto a punto puede utilizar un circuito dedicado ó una línea privada, ó a través de una línea conmutada.



**Figura 1.2.1-5** Tipos de transmisión. En la transmisión serial, los bits que componen los caracteres que se van a transmitir son enviados en secuencia a través de la línea. En la transmisión en paralelo, los caracteres son transmitidos serialmente pero los bits que representan el carácter que se va a enviar en paralelo.

Cuando dos ó más terminales comparten una línea común, la línea es una línea multipunto o multidrop. A pesar de que dos dispositivos no pueden transmitir por esa línea al mismo tiempo, dos ó más dispositivos pueden recibir un mensaje a la vez. El

número de dispositivos que reciben tal mensaje depende de la dirección asignada en el mismo.

En algunos sistemas la dirección de transmisión permite a todos los dispositivos conectados a la misma línea multidrop recibir el mensaje al mismo tiempo. Cuando se utilizan líneas multidrop, los costos totales de las líneas se reducen ya que partes comunes de la línea son compartidas por todos los dispositivos conectados. Para prevenir la interferencia de datos transmitidos con otro dispositivos se tendrá que implementar un control dedicado para este fin. Este control es el encargado de que la transmisión de dos terminales no se haga al mismo tiempo. La estructura de línea de multidrop se describe en la segunda porción de la figura 1.2.1-6. Para una línea multidrop enlazar  $n$  dispositivos a un mainframe, se requieren de  $n+1$  modems, uno por cada terminal así como uno localizado en el mainframe.

Las líneas multipunto y multidrop pueden ser mezcladas en el desarrollo de una red, y la transmisión puede ser en modo full ó half duplex. Esta mezcla de estructura de línea se muestra en la parte inferior de la figura 1.2.1-6

Cuando varios dispositivos comparten el uso de una línea común multidrop, solamente un dispositivo puede transmitir al mismo tiempo, aunque uno ó más dispositivos puedan recibir información simultáneamente. Para prevenir que dos ó más dispositivos transmitan al mismo tiempo, una técnica llamada "poll y select" se utiliza como control para líneas multidrop. Para utilizar poll y select, cada dispositivo de la línea debe de tener una dirección única de uno o más caracteres así como circuitería para reconocer el envío del mensaje de la computadora a esa dirección. Cuando una computadora patea una línea, pregunta a cada dispositivo en una secuencia predefinida si tiene datos para transmitir. Si el dispositivo no tiene nada que transmitir, este informa a la computadora de este hecho y la computadora continúa su secuencia de poleo hasta que encuentra a algún dispositivo

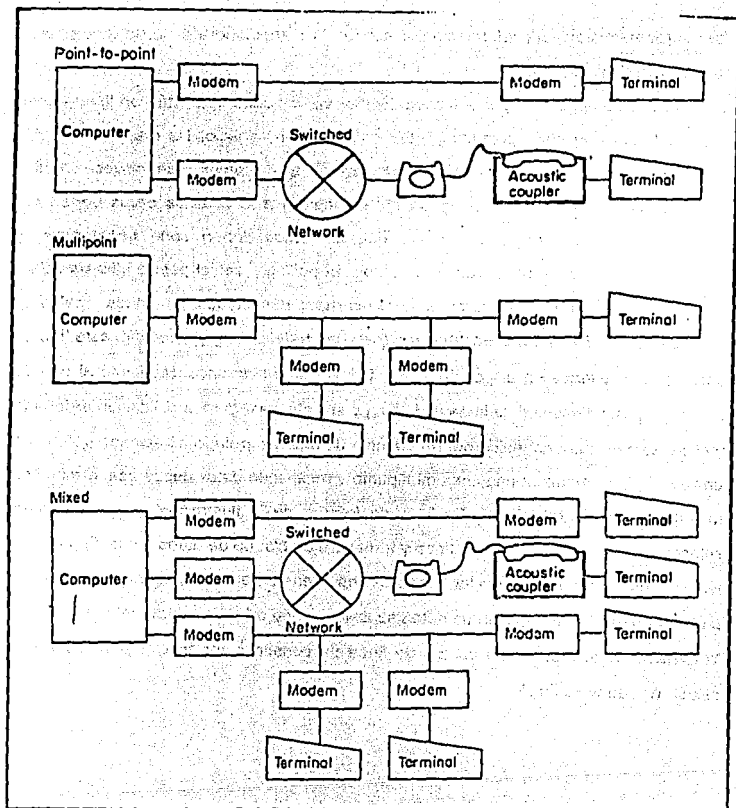


Figura 1.2.1-6 Estructura de línea en redes. Arriba: punto a punto. Centro: multipunto (mullidrop). Abajo: estructura de línea mixta

que si requiera transferir información. Entonces la computadora procede a realizar la transmisión de datos.

Conforme la computadora polea a cada dispositivo, los otros que están en línea deben esperar hasta que sean poleados antes de entrar en servicio. De manera similar, la transmisión de datos desde una computadora a cualquier dispositivo se realiza mediante la selección de la dirección del dispositivo a la cual los datos deben ser transferidos, informando al dispositivo que los datos deben serle transferidos, y entonces se realiza la transferencia de datos. El polling y select puede utilizarse para dispositivos terminales asincronos y sincronos conectados a líneas multidrop independientes. Debido a el encabezado (overhead) del polling y selecting, este tipo de servicios son usados en dispositivos de alta velocidad sincronos. Mediante el uso de señales y procedimientos, la línea de polling y selecting asegura la utilización ordenada y eficiente de las líneas multidrop. Un ejemplo de una computadora haciendo poleo con una segunda terminal en una línea multipunto y recibiendo datos desde esa terminal se muestra en la figura 1.2.1-7. En la parte inferior de la ilustración, la computadora selecciona la tercera terminal en línea y transfiere un bloque de datos a ese dispositivo. Cuando las terminales transmiten datos en una línea punto a punto a una computadora o otra terminal, la transmisión de datos se lleva a cabo a la discreción del operador de la terminal. Este método de control de línea se conoce como transmisión "no poll y select" o "free-wheeling"

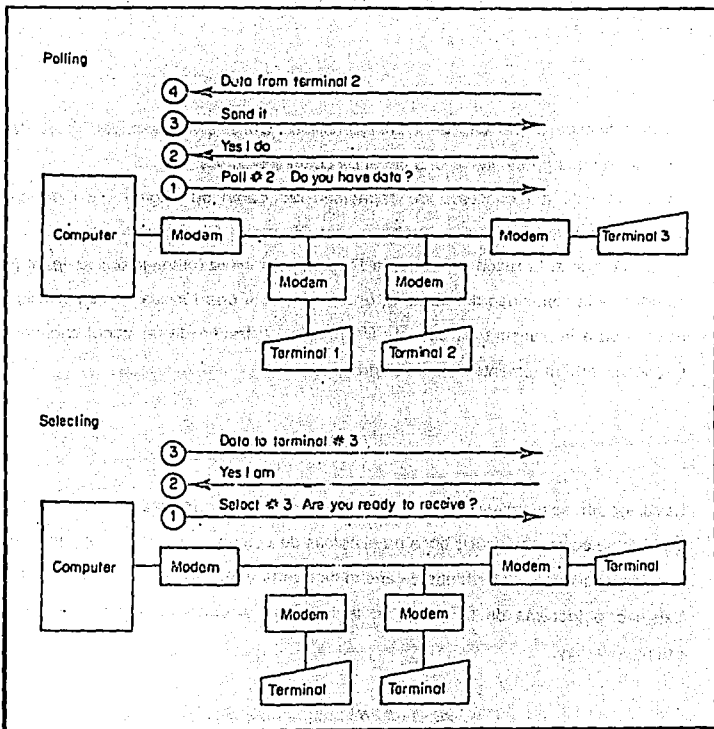


Figura 1.2.1-7 Poll y select. Poll y select es un método que permite a varios dispositivos usar una línea común de una manera ordenada.

## 1.2.2 CAPACIDAD DE TRANSFERENCIA DE UN CANAL

Se le denomina Capacidad de Transferencia de Canal a la capacidad límite de información que puede llevar una canal de comunicaciones.

La importancia del concepto de capacidad del canal se origina del teorema primeramente establecido y probado por Shannon. El teorema de Shannon establece que si la razón de entropía  $R$  (promedio de la información) es igual ó menor que la capacidad del canal  $C$ , entonces existe una técnica de codificación posible para la transmisión de esta información a través de un canal con una frecuencia arbitrariamente baja de errores, esto es:

$$R \leq C$$

La restricción se mantiene aun en la presencia de ruido en el canal.

Cuando se comparan varios tipos de sistemas de comunicaciones es conveniente considerar al canal en términos de ancho de banda y relación señal a ruido ( $S/N$ ). Existe otro teorema de la teoría de la información conocido como la ley de Shannon-Hartley:

$$C = B \log_2(1 + S/N) \dots\dots\dots 1.2.2.1$$

En donde  $B$  es el ancho de banda del canal y  $S/N$  es la relación señal a ruido. Aunque se restringe al caso Gaussiano, este modelo es de gran importancia en los sistemas de comunicaciones debido a que una gran cantidad de canales pueden ser modelados a través de este mismo caso. Este modelo es aplicable tanto a canales discretos como a continuos.

Quando se sustituye en la fórmula  $S/N=1$ , entonces  $C=B$ ; en otras palabras, la capacidad del canal en bps es igual al ancho de banda del canal en Hertz. Sin embargo si  $S/N=3$ ,  $C=2B$ ; si  $S/N=7$  entonces  $C=3B$ . Esto quiere decir que la capacidad del canal se incrementa conforme  $S/N$  se incrementa. Simultáneamente para una capacidad fija el ancho de banda puede reducirse a cambio del incremento de la relación señal a ruido. A continuación se expone un ejemplo donde se utiliza la fórmula de Shannon.

**Ejemplo:** Una televisión blanco y negro puede considerarse que está compuesta de  $3 \times 10^5$  elementos de pantalla. Asuma que cada elemento es equiprobable entre 10 niveles de brillo distinguibles. Treinta cuadros por segundo son transmitidos. Calcule el ancho de banda mínimo para transmitir la señal de video, asumiendo que para una reproducción satisfactoria la relación señal a ruido es de 30 dB.

*Solución:*

*Información por cada elemento de llamada =  $\log_2 10 = 3.32$  bits*

*Información por cuadro =  $(3.32)(3 \times 10^5) = 9.96 \times 10^5$  bits*

*Razón de información =  $(3.30)(9.96 \times 10^5) = 29.9 \times 10^6$  bps*

*Ya que  $R$  debe ser menor ó igual a  $C$ , se asume que  $R = C = 29.9 \times 10^6$  y de la ecuación 1.2.1.1 se tiene:*

$$B_{\min} = \frac{C}{\log_2(1 + S/N)}$$

$$B_{\min} = \frac{29.9 \times 10^6}{3.32(3.004)} \approx 3 \text{ Mhz.}$$

Las transmisiones de la televisión comercial utilizan un ancho de banda de 4 MHz.



Resumiendo, la transferencia de datos en un canal tiene las siguientes características:

- Todo canal de comunicaciones tiene una capacidad limitada de transmisión de datos entre DTE y DTE.
- El principal impedimento es el ruido y la impedancia intrínseca del medio
- La capacidad de un canal se define como la velocidad de transmisión de datos que pueden ser enviados a través de un canal ó ruta.
- Esta capacidad de un canal puede ser conocida a partir de la relación obtenida por C.E. Shannon, también conocida como Ley de Shannon.
- Para un canal libre de ruido Nyquist encontró en 1927 que la relación establece que:

Señalización binaria

$$C = 2W \text{ [bps]}, \text{ } W \text{ es el ancho de banda en el canal}$$

Señalización multinivel:

$$C = 2W \log_2(M), \text{ donde } M = \text{No de niveles de señales discretas}$$

Para un canal ruidoso Shannon establece en 1949 la siguiente relación:

Niveles de señal no definidos

$$C = W \log_2(1 + S/N), \text{ donde } S/N \text{ es la relación señal a ruido en el canal}$$

## 1.2.3 VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN

### Velocidad de Transmisión y Velocidad de Señalización

La velocidad de señalización es generalmente expresada en Baud (Bd). Aunque en la mayoría de los sistemas esta velocidad es equivalente a bits por segundo (b/s), el baud no debe confundirse con la velocidad de transmisión, bits por segundo, pues esta es la velocidad de transmisión de datos. Una baud puede contener uno ó mas bits de datos.

El siguiente ejemplo distingue estos dos conceptos:

Ejemplo : En un sistema de 9600 b/s el método QAM (quadrature amplitude modulation), la velocidad de señalización es de 2400 Bd; la cantidad de señales discretas en un segundo es de 2400, ya que cada señal discreta representa un combinación de 4 bits, la velocidad de transmisión es de 9600 bits /s.

Son varios los factores que influyen en la velocidad de transmisión a la cual son transferidos los datos. Los tipos de modems, así como el tipo de canal al cual se conectan las computadoras, juegan un papel muy importante dentro de las velocidades de transmisión; sin embargo el medio de transmisión en sí es el factor más importante para determinar la velocidad de transmisión.

Los servicios de transmisión de datos ofrecidos por operadores telefónicos tales como AT&T , Western Union (TELMEX en México) están basados en sus propios equipos. Dependiendo de la ubicación de la terminal y la computadora, existen dos tipos de transmisión. El primer tipo de servicio, transmisión analógica, es el más disponible y puede ser empleado en líneas conmutadas o privadas. La transmisión digital sólo es disponible en ciudades grandes, y se requieren extensiones analógicas para conectar este servicio en locaciones con servicio no-digital. Dentro de cada servicio existen varios niveles de transmisión a considerarse.

### **Servicio Analógico**

En general, el servicio analógico ofrece tres niveles de transmisión: banda estrecha (narrowband), banda de voz (voice band) y banda ancha (wideband). Las capacidades de velocidades de transmisión en cada uno de estos niveles depende del ancho de banda y de las propiedades eléctricas de cada circuito. Básicamente la velocidad de transmisión es función del ancho de banda de la línea de comunicación: a mayor ancho de banda mayor la velocidad posible de transmisión.

El operador telefónico (AT&T o TELMEX) genera las facilidades de banda estrecha mediante la subdivisión del circuito de banda de voz o mediante el agrupamiento de transmisiones de diferentes usuarios dentro de una porción simple de un circuito por tiempo. Las velocidades de transmisión obtenidas en la banda estrecha se encuentran dentro del intervalo de 45 y 300 bps.

Mientras las facilidades de banda estrecha tienen un ancho de banda entre 200 y 400 Hz, las facilidades de banda de voz tienen un ancho de banda en el intervalo de 300 a 3000 Hz. La velocidad de transmisión que se obtiene en la banda de voz difiere del tipo

de facilidad de banda de voz que se utilice- transmisión por línea conmutada ó por línea privada. Para la transmisión por línea conmutada, la velocidad máxima de transmisión está normalmente entre 4800 y 7200 bps. Ya que las líneas privadas pueden ser acondicionadas, se pueden emplear frecuentemente velocidades de 9600 a 19,200 bps.

A pesar de que se utilizan velocidades bajas en los circuitos de bandas de voz y banda estrecha, no se debe confundir una con otra, ya que una velocidad baja de datos en un circuito de voz es una transmisión a una velocidad mucho menor al máximo permitido por este tipo de circuito. Mientras que una velocidad baja en una facilidad de banda estrecha está cerca de la máxima transmisión permitida por ese tipo de circuito.

Las facilidades que tienen un mayor ancho banda que la banda de voz son denominadas facilidades de banda ancha ya que proporcionan un ancho de banda mucho mayor que el proporcionado por las de banda de voz. Las facilidades de banda ancha están disponibles solamente en líneas privadas y permiten velocidades de transmisión arriba de 19,200 bps. las velocidades de transmisión en facilidades de banda ancha varían dependiendo del operador telefónico. Las velocidades normalmente son de 19.2, 40.8, 50, 230 kbps y 1.544 Mbps.

Para conexiones directas, las velocidades de transmisión son funciones de la distancia entre la terminal y la computadora así como el grueso del calibre del conductor.

## **SERVICIO DIGITAL**

En el caso digital, los operadores telefónicos proporcionan diferentes servicios a los usuarios. El servicio digital de datos ofrecido por AT&T en USA (Digital Data Service, DDS). Proporciona una línea full-duplex, punto a punto y multipunto así como

transmisión digital a velocidades de 2400, 4800, 9600 y 56 000 bps y hasta 1.544 Mbps entre áreas de servicio de muchas ciudades.

La tabla 1.2.3-1 muestra las principales facilidades analógicas y digitales, el rango de velocidad de transmisión y su uso general.

<b>Facilidad</b>	<b>Velocidad de Transmisión</b>	<b>Uso</b>
<b>Analogico</b>		
Banda Angosta	45-300 bps	Commutación de mensajes; acceso a información; transferencia de archivos Computadora a computadora, acceso remoto; transmisión cinta a cinta; terminal de alta velocidad a terminal de alta velocidad
Banda de Voz	menor a 4800-19 200 bps	
Conmutada	hasta 19 200	
Privada	hasta 19 200	
Banda Ancha	arriba de 19 200	
<b>Digital</b>		
Privada	2.4, 4.8, 9.6, 56 kbps y 1.544 Mbps	Acceso remoto; computadora a computadora, fax de alta velocidad
Conmutada	56 kbps	Terminal a terminal; computadora a computadora; terminal de alta velocidad a computadora

**Tabla 1.2.3-1 Facilidades de transmisión**

## I.2.4 DISTORSIÓN DE UN CANAL DE COMUNICACIONES

Cuando una señal pasa a través de un sistema de comunicación, esta sujeta a una variedad de formas de deterioramiento. Algunos de estos provienen del mismo sistema, otros se presentan como un resultado de la unión con otros sistemas de transmisión, y algunos se presentan como una influencia del medio ambiente de la fuente, e interferencia de las líneas.

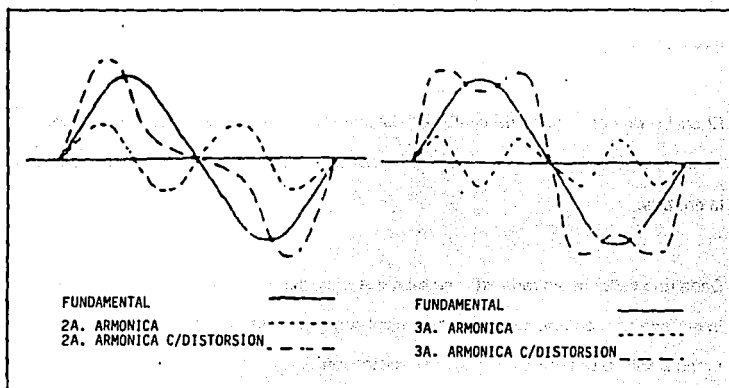


Figura I.2.4-1. Señal distorsionada.

Distorsión es la alteración de la señal debida a la respuesta imperfecta del sistema a ella misma. A diferencia del ruido y la interferencia, la distorsión desaparece cuando la señal deja de aplicarse. En teoría es posible lograr una compensación perfecta. En la práctica debe permitirse cierta distorsión, aunque su magnitud debe estar dentro de los límites tolerables.

La distorsión es debida a la falta de linealidad en los amplificadores y demás dispositivos electrónicos que añaden componentes a la señal de entrada, estos componentes indeseables son armónicos los cuales provocan que la señal a la salida pueda resultar irreconocible, en circuitos de voz los que más afectan son la segunda y tercer armónica.

El ancho de banda finito de cualquier sistema real produce distorsión de la señal. La transmisión sin distorsión no implica de manera necesaria que la salida sea idéntica a la entrada.

Dada una señal de entrada  $x(t)$ , se dice que la salida no posee distorsión si difiere de la entrada solo en una constante de multiplicación y en un retardo finito de tiempo. En forma analítica se tiene transmisión sin distorsión si:

$$y(t) = kx(t-t_d) \quad \text{-----} \quad (1)$$

donde  $k$  y  $t_d$  son constantes.

Las propiedades de una red sin distorsión se encuentran con facilidad examinando el espectro de salida.

$$Y(f) = F(y(t)) = Ke^{-j\omega t_d} X(f)$$

Ahora, por la definición de función de transferencia,  $y(f) = H(f) X(f)$ , tal que:

$$H(f) = Ke^{-j\omega t_d} \quad \text{-----} \quad (2a)$$

Lo que significa que una red en la que se tiene transmisión sin distorsión debe tener respuesta de amplitud constante y corrimiento de fase lineal negativo, o sea:

$$H(f) = K \quad \arg(H(f)) = -2\pi t_d f \pm m180^\circ \quad \text{-----} \quad (2b)$$

Se ha agregado el termino  $\pm m180^\circ$  para calcular los valores positivos o negativos de la constante. La fase cero es permisible, puesto que ello implica cero retardo en el tiempo.

En la practica la transmisión sin distorsión es una condición estricta, la cual en el mejor de los casos, solo puede ser satisfecha en forma aproximada. La cual se puede reducir con un diseño apropiado.



## CLASIFICACIONES PRINCIPALES DE DISTORSIÓN:

- 1.- Distorsión de amplitud:  $H(f) \neq K$
- 2.- Distorsión de fase (retardo):  $\arg(H(f)) \neq -2\pi t_d f \neq 180^\circ$
- 3.- Distorsión no lineal.

Un tipo importante de distorsión es la llamada característica de distorsión de atenuación, que es debida a la falta de linealidad en el modulo de la función de transferencia y cuyo valor se puede obtener de dos formas:

En la primer forma se obtiene la característica estática de distorsión de atenuación, restando a la atenuación en cada frecuencia el valor de la atenuación del tono de prueba (1004 Hz), pero esta característica solo proporciona una idea de la estructura del canal.

El segundo método de medida proporciona la característica dinámica de distorsión y se obtiene al enviar dos tonos, uno de ellos es el tono de prueba y el otro el tono de medir; de esta forma en vez de enviar una frecuencia pura al medio de transmisión, se envía un espectro de señal para simular la transmisión de datos. Una vez recibidos los dos tonos, se comparan y se obtiene en el receptor la diferencia entre los niveles de uno y de otro.

La diferencia en magnitud entre los dos procedimientos oscila alrededor de 1dB .

Para compensar esta distorsión se proporcionan retardos adicionales a la propagación de la banda del circuito, con unos dispositivos llamados igualadores de retardo.

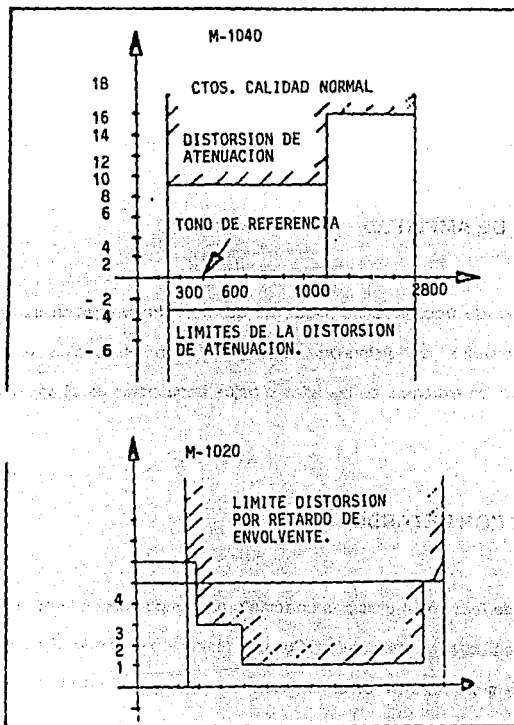


Figura I.2.4-2. Límites de distorsión por atenuación y por retardo de envoltura.

## **DISTORSIÓN LINEAL**

La distorsión lineal proviene del ancho de banda limitado y de la salida llamada "desviación de transmisión", de amplitud constante o del retraso a través de la banda de paso de un canal determinado, en cualquier sistema de transmisión. Las características de respuesta de frecuencia de un canal siempre son especificadas en términos de la frecuencia límite y distorsión de amplitud permisible (o retardo).

## **DISTORSIÓN DE AMPLITUD**

Las componentes de frecuencia de salida no están en la proporción correcta, las formas más comunes de distorsión de amplitud son atenuación excesiva o levantamiento de los extremos de las altas o bajas frecuencias en el espectro de la señal.

## **DISTORSIÓN POR RETARDO**

Un corrimiento de fase lineal ocasiona un retardo de tiempo constante para todas las componentes de frecuencia de la señal. Con una respuesta de amplitud constante, se tiene una salida sin distorsión. Si el corrimiento de fase no es lineal, las diferentes componentes de frecuencia sufren diferentes retardos de tiempo, y a la distorsión resultante se le denomina "distorsión de fase o distorsión por retardo".

Para un corrimiento de fase arbitrario, el retardo en tiempo es una función de la frecuencia, llamado  $t_d(f)$ , y se puede encontrar escribiendo  $H(f) = -2\pi f t_d(f)$ , tal que:

$$t_d(f) = -\arg(H(f)) / 2\pi f \quad (3)$$

lo cual es independiente de la frecuencia solo si  $H(f)$  es lineal con ella.

El retardo en tiempo constante es deseable y se requiere para transmisión sin distorsión, mientras que el corrimiento de fase constante causa distorsión.

Supóngase un sistema con corrimiento de fase constante  $\theta$ , entonces cada componente de frecuencia de la señal será retardado en  $\theta/2\pi$  ciclos de su propia frecuencia; este es el significado de corrimiento de fase constante. Pero los retardos en el tiempo serán diferentes, las componentes de frecuencia se mezclaran en el tiempo, y resultara la distorsión. Sin embargo son aceptables los corrimientos de fase constante  $\theta = 0$  y  $\pm 180^\circ$ .

## FRECUENCIAS LIMITE

Las frecuencias limite definen los puntos de ventaja de la banda de transmisión donde la menor atenuación a una frecuencia media es 10 dB. Las frecuencias limites para un canal de mensajes son un compromiso entre el ancho de banda necesario para la

mejor comunicación, el desarrollo del ancho de banda deseado para permitir colocar más canales en un sistema de banda de portadora y el costo y complejidad de los filtros de límite de banda. Para el espacio de canal de 4 kHz usado en el sistema de portadora analógica y de 8 kHz usado en los sistemas de portadora digital.

## **DISTORSIÓN EN BANDA**

Las variaciones de la amplitud ideal (constante) o características de retardo a través de la banda de frecuencia ocupada por la señal, debe ser pequeña para obtener buena calidad en la transmisión de la señal analógica. Amplificadores y repetidores son diseñados para tener un aumento en las características de compensación o ecualizar las características negativas. Los pares de hilos usan frecuencias de portadora y espacio en banda media como los cables coaxiales, canales de radio y fibra ópticas, los cuales no tienen amplitud significativa o desviaciones de retardo sobre la banda ocupada por una señal de mensajes, pero sin desviación significativa sobre el ancho de banda. Para tales sistemas, la amplitud y las variaciones de retardo incluye componentes, los cuales son variables e invariables en el tiempo. La ecualización de estas desviaciones es de consideración en el diseño del sistema.

## DISTORSIÓN NO LINEAL

Dos tipos básicos de no linealidades son comunes en los sistemas de transmisión. El primero es la fuerte o no linealidad intencional, cuando el funcionamiento no lineal es deseado y controlado para alguna aplicación específica. La segunda clase de no linealidad es la débil o no deseada esta algunas veces se presenta para extenderse en un circuito de transmisión en el cual solo el funcionamiento lineal es deseado. En general los efectos de esta es limitar la amplitud de señal máxima que puede ser usada en un sistema. Comúnmente los elementos de circuito usados tienen residuos no lineales que son dispositivos semiconductores.

Bajo condiciones de entrada de señal pequeña, es posible hacer lineal la característica de transferencia en una modalidad a tramos. La aproximación más general es una aproximación polinómica a la curva de la forma:

$$y(t) = a_1x(t) + a_2x^2(t) + a_3x^3(t) + \dots \quad (4)$$

Son las más altas potencias de  $x(t)$  en esta ecuación que dan lugar a la distorsión no lineal.

Aun cuando no se tiene la función de transferencia, se puede encontrar el espectro de salida, al menos de una forma formal, transformando la ec. (4). De manera específica recurriendo al teorema de convolución:

$$Y(f) = a_1X(f) + a_2X^2 * X(f) + a_3X^3 * x^2(f) + \dots \dots \dots (5)$$

Empleando una onda cosenoidal simple  $x(t) = \cos w_0t$  como la entrada, e insertando en la ecuación 4 se llega a:

$$y(t) = (a_2/2 + 3a_4/8 + \dots) + (a_1 + 3a_3/4 + \dots)\cos w_0t (a_2/2 + a_4/4 + \dots)\cos 2w_0t + \dots$$

Por lo que la distorsión no lineal aparece como armónicas de la onda de entrada. La cantidad de distorsión por segunda armónica es la relación de la amplitud de este término a la de la fundamental, o en porcentaje:

$$\text{Distorsión por 2a armónica} = (a_2/2 + a_4/4 + \dots) / (a_1 + 3a_3/4 + \dots) \times 100\%$$

Las armónicas de orden superior se tratan igual, sin embargo, sus efectos son mucho menores, y muchas se pueden remover por completo por medio de filtros.

## **DESACOPLAMIENTO DE IMPEDANCIAS**

Las rutas de transmisión nunca están aisladas del mundo externo. Los mecanismos no solo acoplan señales indeseadas de otros canales de comunicación, también pueden acoplar ruido o interferencia de líneas, estaciones de radio, oficinas de

switchero y muchas otras fuentes de radiación electromagnética. El balance de pares tiene la ventaja de inducir interferencias iguales en ambos hilos de el par.

Al meter equipos de prueba se tiene desacoplamiento de impedancias, el cual puede producir perdida de energía, perdida de señal y ecos. Ver Figura I.2.4-3.

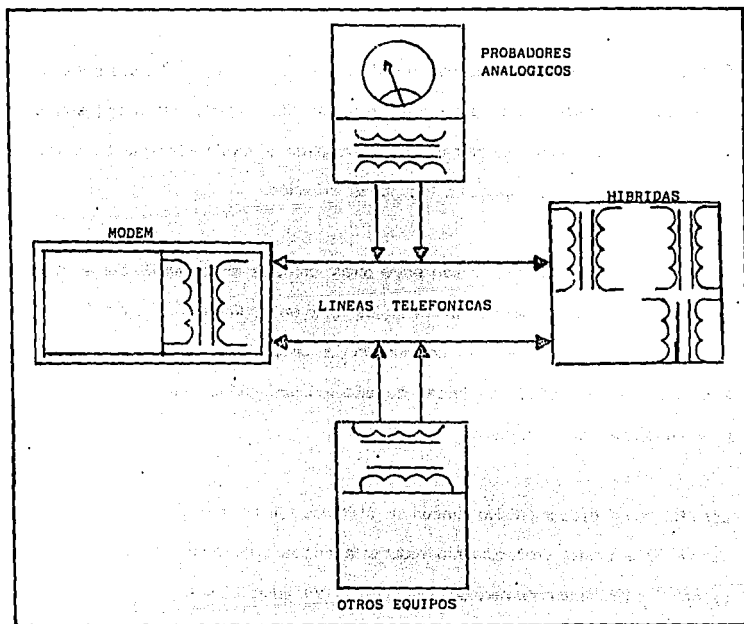


Figura I.2.4-3. Desacoplamiento de impedancias.



## **RUIDO IMPULSIVO**

El ruido impulsivo consiste de cortas espigas de tensión teniendo una pequeña frecuencia espectral sobre el rango de frecuencia de interés. Este tipo de ruido proviene de algunas fuentes como switcheo transitorio y descargas.

En transmisión de datos es el de mayores efectos perturbadores, producidos por la red telefónica conmutada, esta constituido por impulsos relativamente estrechos (cerca de 1 ms), con una amplitud comparable y a veces superior al nivel de la señal transmitida y que se presenta en ráfagas de un segundo de duración.

Las causas del ruido impulsivo son entre otras: defectos en tomas de tierra en las centrales, acoplamiento tanto en las centrales como en las líneas, montaje defectuoso en las centrales de transmisión y conmutación, si un cable no tiene maya o no esta aterrizada, la proximidad con líneas de alta tensión y vfas férreas electrificadas produce también ruido impulsivo.

Los efectos del ruido impulsivo pueden ser aliviados por un circuito o filtro limitador de banda. Este primer procedimiento reduce la amplitud de todos los componentes espectrales y reduce el numero de componentes. Ver figura 1.2.4-4.

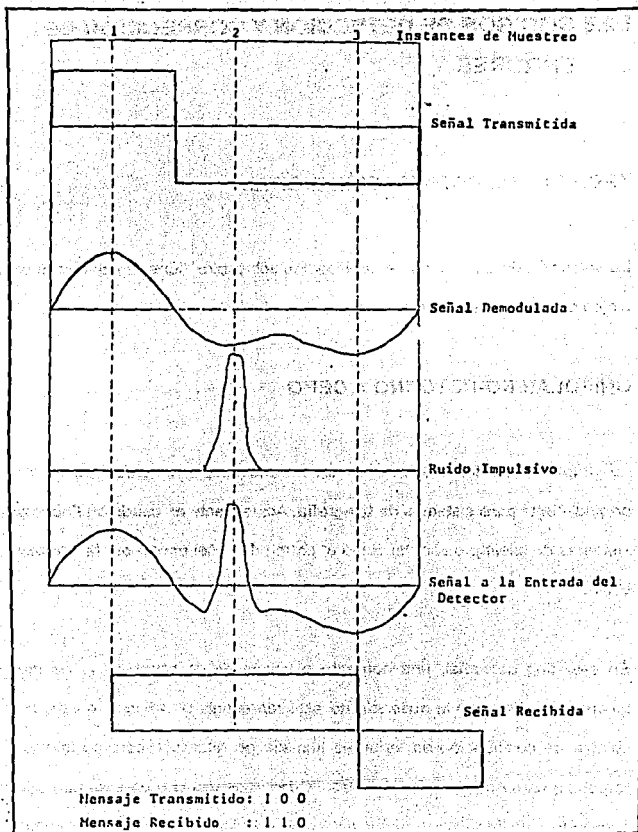


Figura I.2.4-4. Efecto del Ruido Impulsivo.

## **I.2.5 CÓDIGOS DE DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE ERRORES**

### **TÉCNICAS DE CODIFICACIÓN DIGITAL**

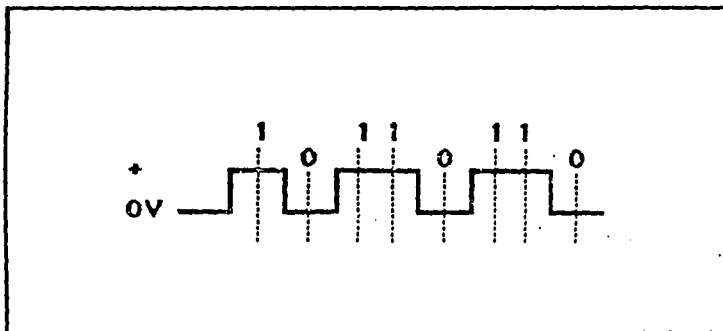
La selección de un método de codificación sobre otro, tiene efectos en el costo de los sistemas de transmisión, teniendo como resultado la calidad en la misma.

#### **UNIPOLAR NO-RETORNO A CERO**

La Unipolar no-retorno a cero es un método simple de señalización digital usado originalmente para sistemas de telegrafía. Actualmente es usado en líneas privadas de sistemas de teleimpresión, tal como el patrón de señal usado por la interface RS-232 / V.24.

En este tipo de señal, una corriente o voltaje de dc representa una marca o uno binario, mientras que la ausencia de este representa un espacio o cero binario. Esta técnica de codificación de señal es llamada no retorno a cero porque el voltaje no regresa a cero entre un bit adyacente. Cuando se usa con un sistema de transmisión, el muestreo de línea determina la presencia o ausencia de corriente o voltaje.

Este método de señalización es posible de usar en sistemas de transmisión de baja velocidad, y no es recomendable en sistemas de grandes cantidades de datos. Este método tiene una componente de dc residual, el cual ocasiona una conexión física y directa de los componentes de transmisión en la construcción de la red. Permite el acoplamiento mediante el uso de transformadores, los cuales proporcionan un aislamiento eléctrico para reducir interferencia.



**Figura 1.2.5-1.** Señalización Unipolar no-retorno a cero. La corriente o voltaje no regresa al valor cero entre bits "unos" adyacentes.

## UNIPOLAR RETORNO A CERO

Este método es una variación del anterior, la señal siempre retorna al cero después de cualquier bit uno. Mientras esta señal es fácilmente muestreada, cada marca tiene un pulso, el cual requiere de un mayor número de circuitos para implementarlo, por lo que no es comúnmente usado.

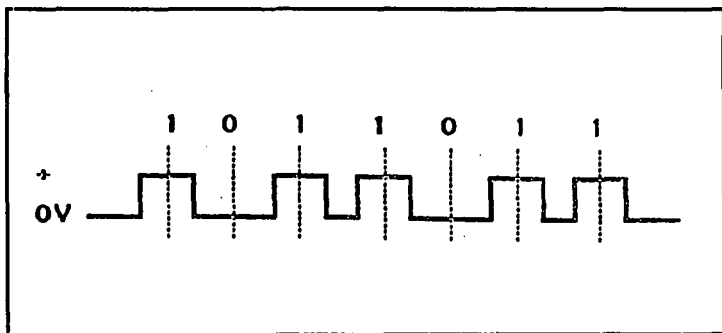


Figura 1.2.5-2. Señalización unipolar retorno a cero. La señal siempre retorna al nivel cero después de cada bit uno.

## POLAR NO RETORNO A CERO

En la señalización polar no retorno a cero una corriente positiva es usada para representar una marca y una corriente negativa es usada para representar un espacio. Esta técnica de señalización elimina la componente residual de dc. asociada a la señalización Unipolar, ya que durante un largo periodo de tiempo, el número de ceros y unos binarios tiende a ser igual. Como no ocurre transición entre dos bits consecutivos de el mismo valor, la señal es muestreada para determinar el valor de cada bit recibido.

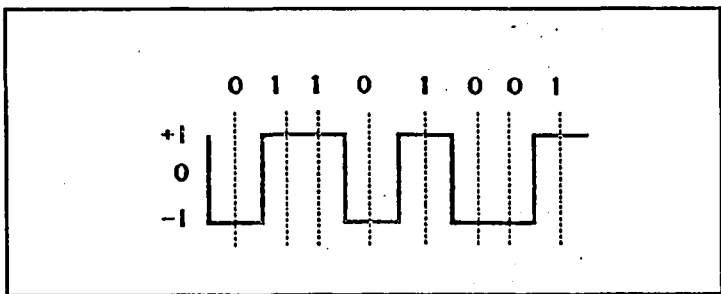


Figura 1.2.5-3. Señalización polar no-retorno a cero.

## POLAR RETORNO A CERO

Este tipo de señalización usa polaridades opuestas de corriente, sin embargo esta señal regresa a cero después de que cada bit es transmitido. Una secuencia de ceros o unos transmitidos puede resultar en una formación de voltaje de dc, sin embargo hay un pulso que tiene un valor discreto para cada bit..

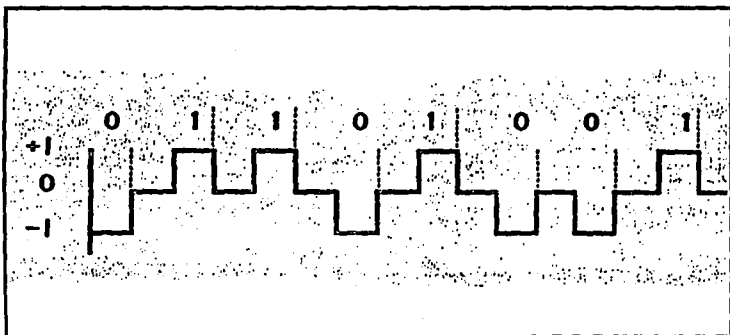


Figura I.2.5-4. Señalización polar retorno a cero.

## BIPOLAR NO-RETORNO A CERO

Dos señales similares al método de codificación retorno a cero, pero que eliminan el problema del componente de voltaje DC, son las señalizaciones bipolar no retorno a cero y bipolar retorno a cero. En este tipo de señalización, los pulsos de polaridad alternos son usados para representar marcas, mientras los pulsos ceros son usados para representar espacios. Este método de codificación no requiere señalización de línea mientras los niveles de voltaje pueden ser examinados para determinar el estado de la señal.

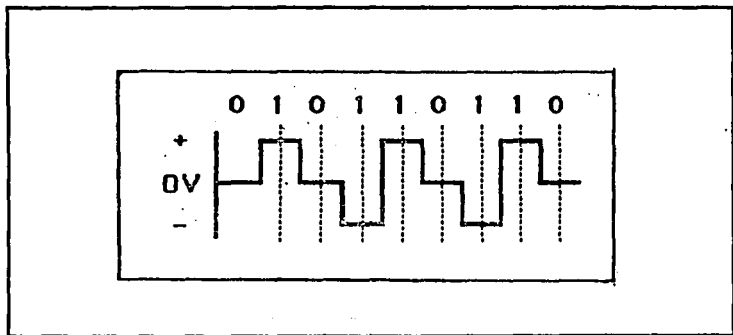


Figura 1.2.5-5. Señalización bipolar no-retorno a cero.



## BIPOLAR RETORNO A CERO

La señal bipolar retorna a cero después de cada marca, este tipo de señalización asegura que no exista una componente de dc en la línea, de lo cual resulta un acoplamiento por el uso de transformadores para proporcionar aislamiento eléctrico y reducir la posibilidad de que ocurra interferencia cuando los datos son llevados a una línea común. Este método de codificación permite repetir a relativas localidades en comparación con otras técnicas de señalización. Es empleada en distintas formas de redes digitales.

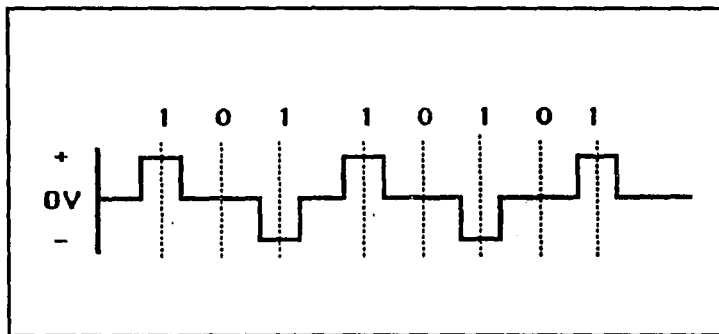


Figura 1.2.5-6. Señalización bipolar retorno a cero.

## FORMA DE ONDA BIPOLAR DEL 50%

Para ayudar a eliminar los componentes de alta frecuencia que pueden interferir con otras transmisiones, se utiliza este tipo de señalización. Esta técnica concentra la potencia transmitida en la mitad del ancho de banda de la transmisión, esta técnica minimiza la distorsión que pueda ocurrir a la señal resultante. El pulso bipolar resultante es conocido como inversión de marca alternante o señalización AMI.

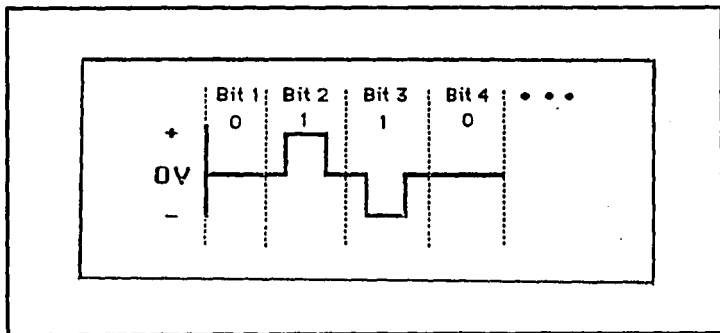
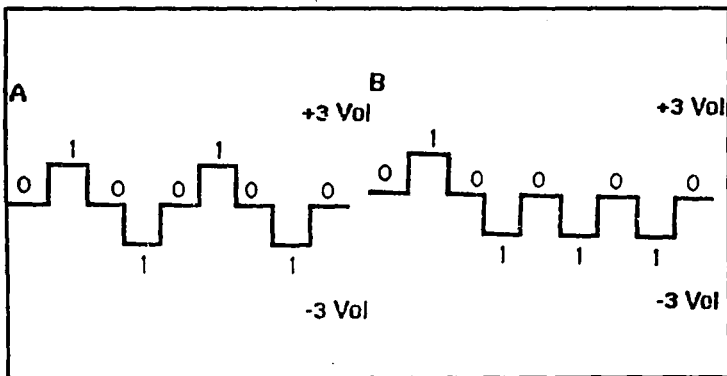


Figura 12.5-7. Señalización bipolar de 50% RTZ (AMI).

## VIOLACION BIPOLAR

La transmisión bipolar requiere que cada pulso de datos representando por un uno lógico, sea transmitido con polaridad alternante. Una violación de esta regla es definida cuando dos pulsos sucesivos tienen la misma polaridad y son separados por un nivel cero. Una violación bipolar indica que un bit es perdido. Algunas violaciones bipolares son intencionales.



**Figura 1.2.5-8.** Violación bipolar. Dos pulsos positivos o negativos sucesivos representan una violación bipolar de una técnica de señalización retorno a cero. A) codificación bipolar de datos. B) violación bipolar.

En la selección de un código apropiado de línea para la transmisión en banda baja es considerada la naturaleza de la transmisión del sistema línea/repetidor, también el tipo de señal del regenerador al repetidor o terminal de recepción, esto es para minimizar la relación de error de bit.

### **CARACTERÍSTICAS DESEABLES EN LA SELECCIÓN DE UN CÓDIGO DE LÍNEA:**

- 1.- La formación del espectro de frecuencia en la forma de onda del código de línea, particularmente la atenuación de D.C. y componentes de baja frecuencia.
- 2.- La relativa complejidad de los circuitos codificador y decodificador asociado.
- 3.- La capacidad del código para proporcionar información temporizada al regenerador, particularmente en los eventos de largas cadenas de 0's o 1's en el dato de entrada.
- 4.- La capacidad del código de proporcionar detección de error y una indicación de su corrección. Esto permite el monitoreo simple de los sistemas de error en transmisión de bits.
- 5.- La capacidad del decodificador para proporcionar propagación de una cadena de errores en el decodificador debidos a errores generados aisladamente en la entrada del decodificador.
- 6.- La eficiencia del código con respecto a la velocidad de transmisión máxima en un determinado ancho de banda.

## **CODIGO AMI**

### **PROPIEDADES**

El código AMI cumple los incisos 1, 2, 4 y 5, pero no cumple con el inciso 3.

El código AMI consiste de una suma en modulo-2, un elemento de retardo y amplificador diferencial. La suma modulo-2 puede ser implementada por un circuito OR

Exclusivo:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 0$$

El amplificador diferencial funciona convencionalmente como una substracción. Esto es la salida es la diferencia entre sus dos voltajes de entrada (usando álgebra normal).

El elemento de retardo puede ser implementado por un cambio de tiempo en el registro de velocidad de transmisión.

Un decodificador para un código AMI consiste de dos comparadores, la señal de entrada al circuito puede tener uno de tres niveles  $-V$ ,  $0$ , y  $+V$ , para cada comparador

el nivel es  $-V/2$  y  $+V/2$  volts. La salida de el comparador en la parte alta del circuito es alta si el voltaje de entrada excede  $+V/2$  volts. Ambos comparadores son arreglados para proporcionar una función de inversión. Su salida es baja si el voltaje de entrada excede  $-V/2$  volts. Ver Figura I.2.5-9.

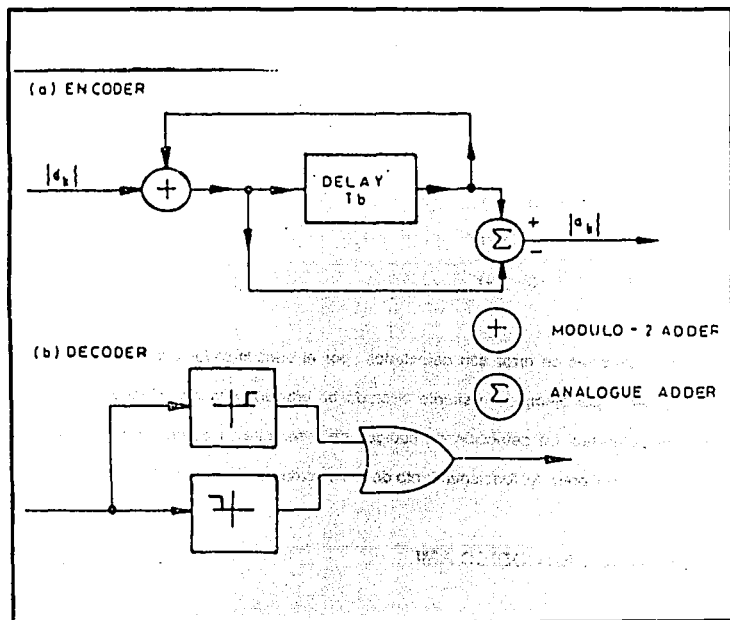


Figura I.2.5-9. Codificación y decodificación para el código de línea AMI.

Esto puede ser definido por la siguiente ecuación:

$$A_k = C(k-1) - C_k$$

donde:  $C_k = D_k + C(k-1) \pmod{2}$

$D_k$  : entrada al codificador

$C(k-1)$ : resultado elemento de retardo

$A_k$ : código AMI en la salida del circuito.

Usando esta relación se puede establecer la siguiente secuencia:

$D_k$  1 0 0 1 1

$C_k$  1 1 1 0 1

$A_k$  -1 0 0 1 -1

Muchos patrones de error son detectados por el decodificador por la estructura del código AMI, por ejemplo un simple error de bit produce dos sucesivos pulsos de la misma polaridad. La detección de códigos de error directa puede proporcionar una forma de monitoreo del funcionamiento de la velocidad de transmisión en un sistema.

## VENTAJAS DEL CODIGO AMI

- Los componentes de DC y baja frecuencia son atenuados.

- **Facilidad para la detección de errores.**
- **No ocurre propagación de errores como resultado de errores regenerados.**

## **DESVENTAJAS DEL CODIGO AMI**

- hay una pérdida de sincronización de información para cadenas de datos con baja densidad. Si cadenas grandes de ceros ocurren, no hay transmisión para sincronización en el circuito de recuperación de reloj para el regenerador. Si el código de línea AMI fue usado para un sistema PCM cuando un canal de entrada es desocupado, todos los ceros del código pueden ocurrir repetidamente.

- otra desventaja del código AMI es su inherente baja eficiencia de transmisión . Este es un código de nivel-3 transmitiendo un bit por símbolo. Un código de nivel-3 puede emplearse para ser capaz de transmitir  $\log_2(3) = 1,6$  bits por símbolo. El código AMI es aproximadamente 60% menos eficiente que un código binario.

## **CODIGO MANCHESTER**

También llamado binario repetido o código de fase dividido. Este código garantiza la transmisión de voltajes de señal al menos una vez en cada intervalo de bit, por lo que es superior al AMI desde el punto de vista de recuperación de reloj. Este código es algunas veces usado en sistemas de redes de área local como Ethernet, la desventaja



del código Manchester es que es menos eficiente en requerimientos de banda baja para velocidad de señalización. Ver Figura I.2.5-10.

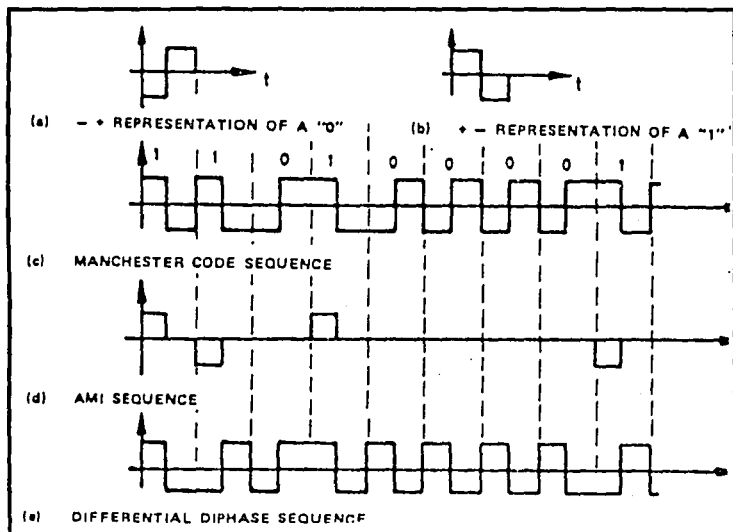


Figura I.2.5-10. Ilustración de códigos manchester.

La figura I.2.5-10 (a) y (b) ilustra la representación de la secuencia del código, la figura (c) ilustra el código manchester para una secuencia simple de datos, la figura (d) muestra la secuencia equivalente AMI para su comparación, donde podemos observar que la secuencia del código Manchester ocupa dos veces el ancho de banda comparado con el código AMI.

## **CODIGO DIFERENCIAL DE DOBLE FASE**

Otro código de línea que proporciona facilidad de recuperación de reloj es el código diferencial de doble fase (código DD). En este código cada bit de dato es codificado con una transmisión en el centro del intervalo de bit . Como resultado un cero es codificado con una transmisión al comienzo de cada intervalo de bit. Este código es utilizado en transmisión digital sobre pares de cable (local loops) en velocidades de transmisión del orden de 64 kbit/s. Este código requiere mayor ancho de banda que el código AMI para la misma velocidad de transmisión. La figura 1.2.5-10 (e) ilustra este código.

## **CODIGO BIPOLAR DE ALTA DENSIDAD (HDBn)**

Una familia de códigos conocidos como HDB1, HDB2, HDB3, . . . . HDBn, fueron propuestos en 1970. El concepto básico es que cuando ocurre un alto número de ceros, los  $(n+1)$  ceros son reemplazados por una marca. Esto garantiza que la temporización de la información siempre este disponible cuando un patrón de datos empieza a ser transmitido , el más importante de estos códigos es el HDB3.

## **CÓDIGO HDB3**

Este es uno de los códigos más populares. El código HDB3 es comúnmente usado en salida de multiplexaje primario y multiplexores de alta densidad superior a 34 Mbit/s. Este código utiliza inversión de señal para permitir pérdida de temporización en largas cadenas de ceros.

Es un código de línea usado para PCM y otros tipos de transmisión digital, es un código de tres niveles, el cual usa tres niveles discretos positivo, negativo y cero, este tipo de código es algunas veces referido como un bipolar de retorno a cero.

El bipolar de retorno a cero básico es conocido como AMI (Alternate Mark Inversión), donde el valor binario 0 es codificado como un cero, y el valor binario 1 es alternado como pulsos positivos y negativos, esto elimina la componente de DC presente en los dos estados simples de señalización, pero para largas cadenas de 0's no asegura que se mantenga la sincronización. Por esta razón HDB3 cambia cada cuarto cero consecutivo por un 1, este bit es alternado positivo y negativo, pero violando el patrón original.

## **ESTE CÓDIGO ESTA CARACTERIZADO POR LAS SIGUIENTES TRES REGLAS:**

**REGLA 1.-** Si ocurre una entrada de "0000", el cuarto "0" es reemplazado por una marca de substitución. Esto garantiza la información al menos una vez por cada cuatro bits de entrada. Esto es necesario para distinguir la marca substituida para la secuencia de datos de entrada 0001.

**REGLA 2.-** Las marcas de substitución son de la misma polaridad que la marca previa.

En la figura I.2.5-11 (a) se muestra como el cuarto cero es representado por un pulso positivo, violando la regla AMI. La siguiente entrada 1 es representada por un pulso negativo, si la entrada consiste de una larga secuencia de 0's, podemos tener un cadena de salida de la forma 000v000v000v ... donde "v" representa la marca de substitución. Todos estos de la misma polaridad para satisfacer la regla 2. El resultado puede ser codificado en secuencias que contengan frecuencia baja, para facilitar esto se realiza una substitución sucesiva alterna de marcas (violación AMI), como se especifica por la regla 3.

**REGLA 3.-** Si la cadena de 0000 ocurre en la cadena binaria de entrada, entonces cada una de las dos secuencias 000v o m000v es transmitida, donde "m" es una

marca de sustitución obedeciendo la regla AMI y "v" es una marca violando la regla AMI. m00v es usado si hay un numero par de unos en la ultima secuencia.

En la figura 1.2.5-3 (b) se muestra como ocho sucesivos 0's son representados por dos secuencias m00v, como resultado una larga cadena de zeros son codificados con una secuencia especial 1001 y -100-1.

El efecto de aislar errores individuales facilita el ser detectado por el decodificador.

El promedio de potencia en la forma de onda del HDB3 es 10% mayor que el AMI.

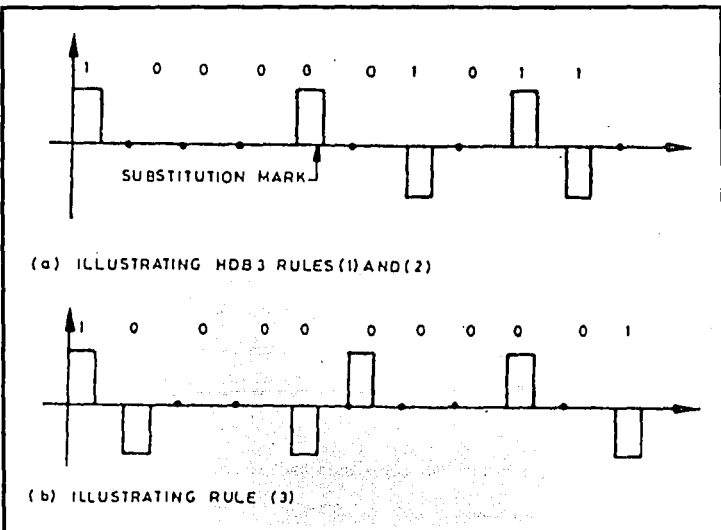


Figura 1.2.5-11. Código de línea HDB3.

## USOS Y UTILIDAD

HDB3 es usado para la transmisión de octetos PCM vía unión de circuitos, líneas de satélites y fibras ópticas. En el caso de fibra óptica el cero corresponde a un medio de intensidad de luz, con un estado positivo y negativo, representado por una intensidad luminosa y oscura respectivamente. HDB3 es usado para la transmisión de datos por modems de banda ancha.

Este código es comúnmente usado con sistemas de multiplexaje PCM de primer, segundo y tercer orden, esto es 2048, 8448, 34368 Kbit/s, respectivamente en sistemas de multiplexaje de 30 canales.

Como ejemplo para la cadena de datos de entrada asociada a la forma de onda HDB3

1 0 1 1 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1.

Se asume que el pulso de línea básico  $p_T(t)$  es un pulso rectangular de ancho  $T_b/2$ .

La señal de código HDB3 se muestra en la Figura 1.2.5-12, observar que la selección de las primeras secuencias M00V o 000V son arbitrarias.

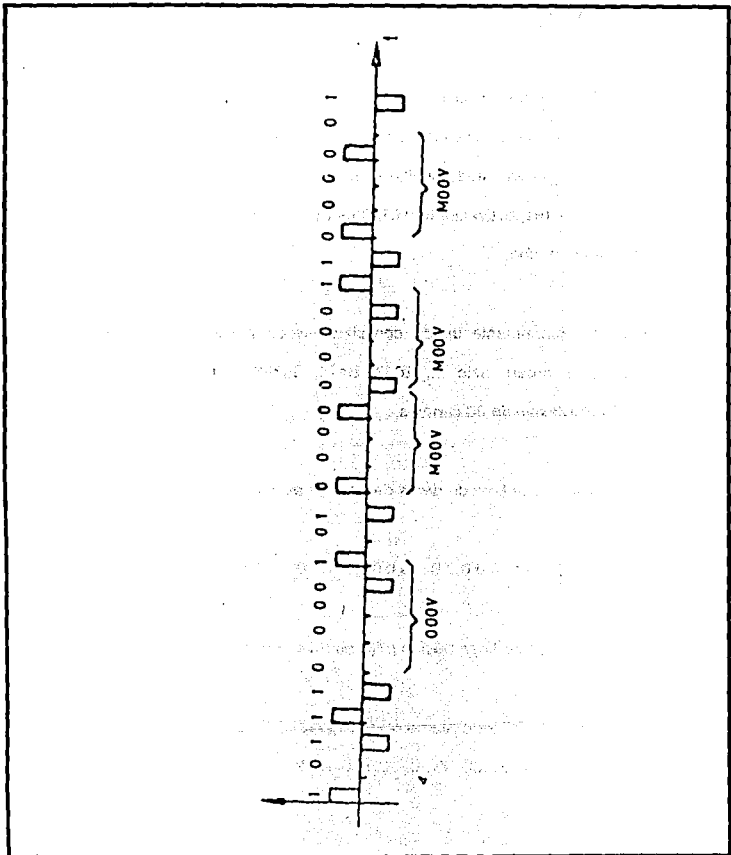
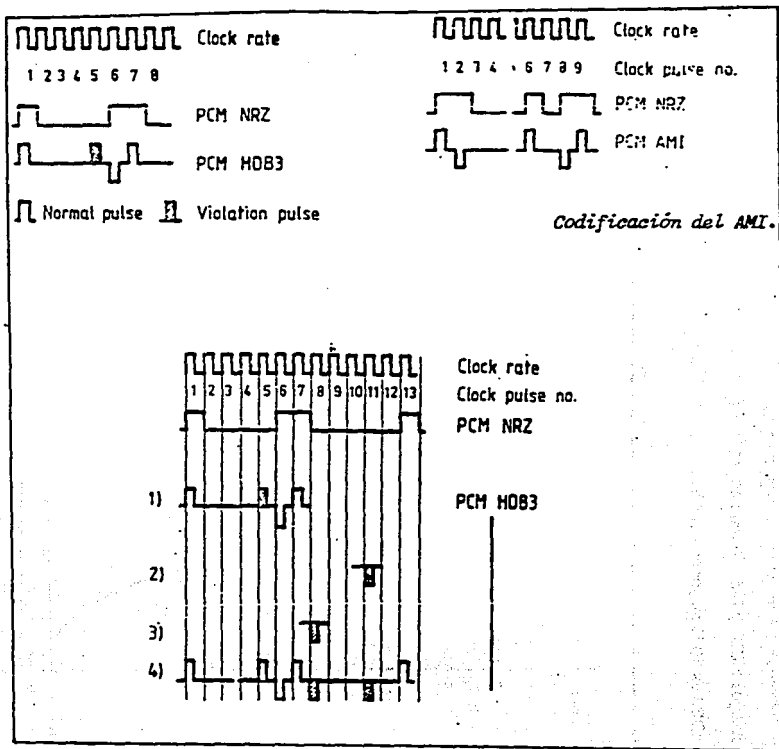


Figura 1.2.5-12. Ejemplo de una señal HDB3.

Figura 1.2.5-13. Codificación HDDB3 y AMI.





El cálculo de la densidad espectral de potencia  $S_x(f)$  de una forma de onda para los códigos HDB3 y AMI, se muestra en la Figura I.2.5-14. El promedio de potencia en el HDB3 es 10 % mayor que el AMI.

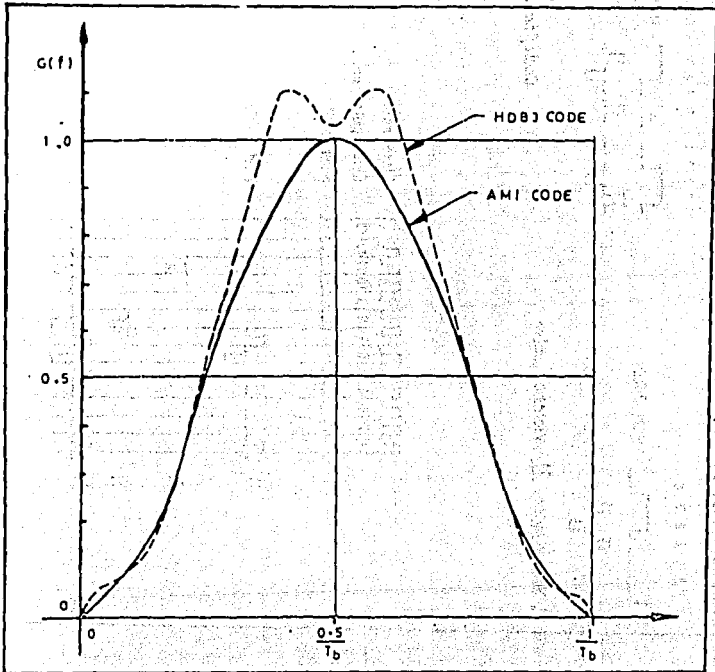


Figura I.2.5-14. Espectro de potencia  $S_x(f)$  para los códigos HDB3 y AMI.

## **I.2.6 MODELO OSI (OPEN SYSTEM INTERCONNECTION)**

Los fabricantes de sistemas operativos y de software en general, comprenden la necesidad de que sus productos se adapten fácilmente a cualquier computadora de cualquier fabricante, para que los usuarios puedan tener un acceso fácil a todos los recursos no importando en que marca de equipo se encuentren estos. Debido a esta situación surge la necesidad de estandarizar las comunicaciones que se pueden establecer entre las diferentes computadoras que existen en el mercado.

En 1978 la Organización Internacional para Estandarización (ISO) empieza a desarrollar un diseño y establecer estándares para la distribución de futuros sistemas de información. Esta organización establece una trama de trabajo para estandarizar los sistemas de comunicación, llamado modelo de referencia OSI (Sistema Abierto de Interconectividad).

La arquitectura OSI define los procesos de comunicación como un grupo de siete capas con funciones específicas aisladas para asociarse con cada nivel. Cada capa permite las características que proporciona esta para cambiar sin impactar el rendimiento del modelo. Una de las grandes ventajas de estas capas, es que el usuario puede mezclar y combinar el modelo conformando productos de comunicaciones para satisfacer un requerimiento particular de red.

## COMUNICACIÓN OSI

Todos los sistemas de computadoras tienen un componente de memoria para almacenar datos, un componente de procesamiento para manipular datos, y un componente de comunicaciones para transmitir datos entre sistemas. Estos sistemas de computo, operan dentro de su único ambiente, basados en diferentes diseños, y no pueden interconectarse con otros, son llamados "sistemas cerrados", y son capaces de comunicarse solo dentro de su ambiente específico. Ver Figura I.2.6-1.

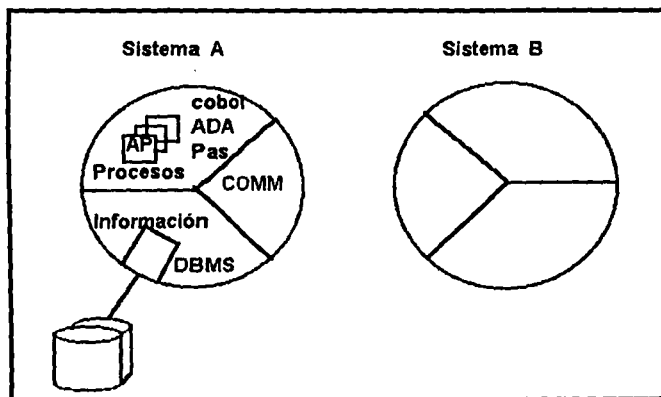


Figura I.2.6-1. Sistema cerrado.

Por otro lado el modelo OSI permite la comunicación entre sistemas sin importar su tecnología, diseño e implementación. OSI es solo posible con la estandarización de los protocolos de intercambio de información procesados por cada sistema abierto.

Ver Figura I.2.6-2.

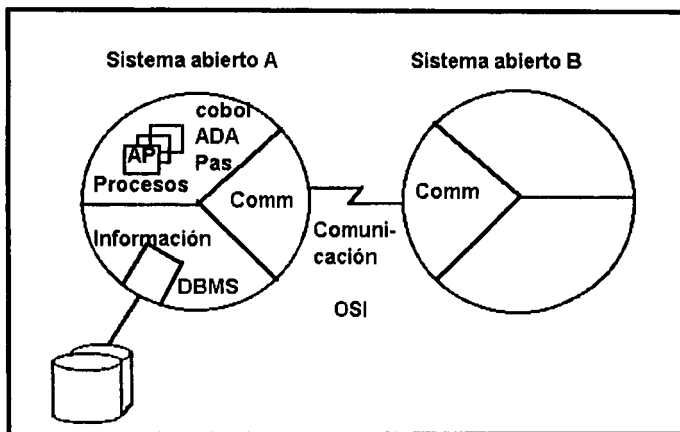


Figura I.2.6-2. Sistema abierto.

## **MODELO DE REFERENCIA OSI**

En la arquitectura básica del ambiente OSI desarrollada en 1978, fueron establecidas las principales funciones requeridas para la comunicación y desarrollo de una estructura modular, estas funciones fueron agrupadas en capas, cada capa tiene una identidad única y una tarea para soportar la comunicación en el ambiente OSI.

### **LAS METAS DEL MODELO OSI SON:**

- Proporcionar estándares para la comunicación entre sistemas.
- Eliminar cualquier impedimento técnico para la comunicación entre sistemas.
- Eliminar las dudas con la descripción de la operación interna de un solo sistema.
- Define los puntos de interconexión para el intercambio de información entre sistemas.
- Describe las opciones en orden para incrementar la capacidad para comunicarse sin conversiones costosas y traslación entre productos.
- Proporciona un razonable punto de partida aparte de los estándares en caso de no conocer todas las necesidades.

El modelo de referencia OSI esta basado en el establecimiento de capas o arquitectura dividida para aprovechar la arquitectura de cada una, el proceso de comunicación fue dividido en 7 distintas particiones llamadas capas. Cada capa consiste de funciones diseñadas para proporcionar una serie definida de servicios. Figura 1.1.2.6-3.

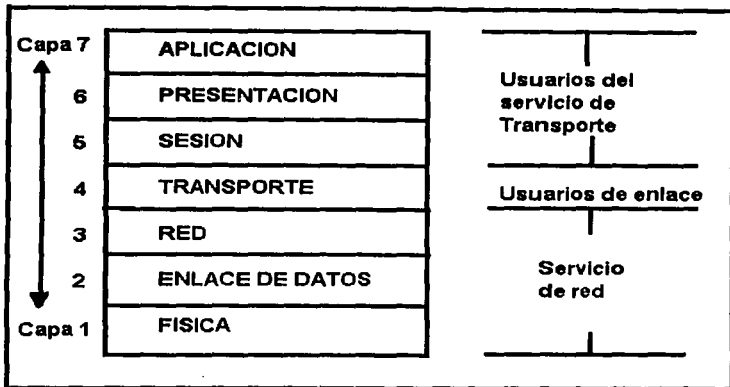


Figura 1.1.2.6-3. Capas del modelo OSI.

## CAPA 1 - PHYSICAL LAYER

Las funciones en esta capa son responsables de mantener una conexión eléctrica y física entre dispositivos. Esta capa especifica el cableado de conexión y las reglas eléctricas necesarias para transferir datos entre dispositivos. La conexión física corresponde al establecimiento de interfaces estándares tales como RS - 232 - C y V.24.

## **LA CAPA FÍSICA CUMPLE CON CUATRO IMPORTANTES CARACTERÍSTICAS:**

- 1.- Mecánica.
- 2.- Eléctrica.
- 3.- Funcional.
- 4.- De Procedimiento.

Los aspectos mecánicos incluyen el cableado y conectores necesarios para unir los equipos de comunicaciones a el medio. Las características eléctricas como voltaje e impedancia permiten el balance entre dispositivos. Las características funcionales incluyen los pines asignados a la interface y el sentido preciso e interpretación de las diversas señales de interface y datos de control. Los procedimientos cubren las reglas de secuencia para ejercer las funciones de control necesarias para proporcionar servicio a las siguientes capas y establecer una conectividad a través de la red.

Algunos estándares de la ley física son:

- EIA RS-232C/D, RS-449, RS-422, y RS-423.
- CCITT V.10, V.11, V.24, V.28, X.20, X.21, y X.21 bis.
- ISO 2110, 2593, 4902, y 4903.
- US 1020A, 1030A, y 1031.
- Interface física multiplexada ISDN.
- Interfaces físicas de red de área local (LAN).

## INTERFACES FISICAS X.21 Y X.21 BIS

Estas interfaces son usadas por circuitos switcheados CCITT X.21 y redes publicas de datos. La interface fisica X.21 opcionalmente usa 5 o 6 circuitos de intercambio en un conector de 15 pines, X.21 bis es actualmente una RS-232 (V.24 y V.28) a 20 Kb/s y V.35 a 48 o 56 Kb/s. La figura I.2.6-4 muestra las señales de la interface fisica OSI.

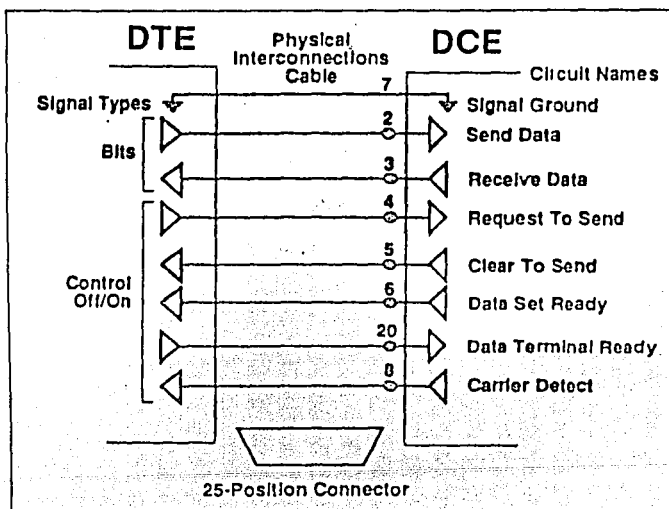


Fig. I.2.6-4 Señales de interface física OSI.

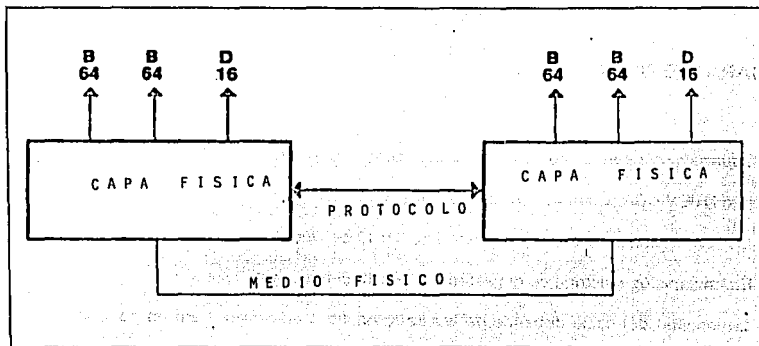


## **INTERFACE FISICA MULTIPLEXADA ISDN**

La especificación ISDN (Integrated Services Digital Network) define dos tipos de interfaces:

- Básica BRI (BASIC Rate Interface)
- Primaria PRI (Primary Rate Interface)

La interface básica define una configuración de tres canales, dos canales de 64 kb/s llamados canales B, los cuales proporcionan el intercambio transparente de usuarios de datos en cualquier circuito de conexión o en un servicio packet-switched. El tercer canal, llamado canal D opera a 16 kbs y transfiere información de señalización para el control de los canales B. El canal D permite un servicio X.25 y de telemetría. Los tres canales interactúan usando la técnica TDM para el nivel físico. Ver figura 1.2.6-5.



**Figura 1.2.6-5. Capa física ISDN.**

### **INTERFACE RS-232-C**

La interface entre DTE (Equipo Terminal de Datos) y DCE (Equipo de Comunicación de Datos) que utiliza intercambio de datos binarios en serie es llamada RS-232-C, la cual es muy similar al estándar CCITT V.24 usado en Europa.

EIA se refiere a Electronic Industries Association.

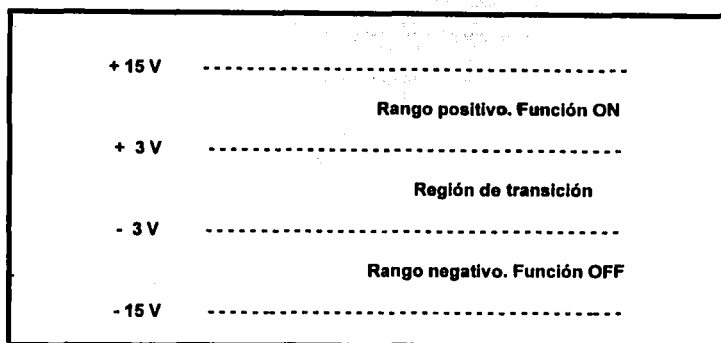
RS se refiere a Recommend Standard.

232 se refiere al numero de identificación de un estándar particular de comunicación.

C se refiere a la cuarta versión aprobada en 1981.

## **CARACTERISTICAS**

- Especifica el intercambio de 25 circuitos o conductores para controlar el flujo de datos entre DTE y DCE. Conector típico utilizado DB-25.
- En transmisión asíncrona se requieren de 9 a 12 conductores.
- En transmisión síncrona se requieren de 12 a 16 conductores.
- La longitud del cable depende de las características eléctricas, pero en general no debe superar 15 metros.
- La capacidad máxima del cable, recomendada son 2500 picofaradios.
- Una señal es considerada en "ON" cuando el voltaje en su circuito se encuentra entre +3 V y +15 V, un voltaje entre -3 y -15 V implica una condición "OF", el rango entre -3 V y +3 V es una región de transición sin efecto en la condición del circuito. Como un 1 binario es normalmente representado por un voltaje positivo en un dispositivo terminal, este es invertido en señales de datos para su efectiva transmisión. Ver Figura I.2.6-6.



**Figura I.2.6-6.** Niveles de voltaje de intercambio del circuito.

### INTERCAMBIO DE VOLTAJE EN CIRCUITOS

	NEGATIVO	POSITIVO
ESTADO BINARIO	1	0
CONDICION DE SEÑAL	MARCA	ESPACIO
FUNCION	OFF	ON

### REFERENCIA DEL CIRCUITO CONDUCTOR

- Especificando el numero de pin del conector.(1,2,..)

- Con dos o tres letras usadas por el estándar para el nivel de los circuitos, la primera letra indica la categoría del circuito al cual pertenece, la segunda letra diferencia al circuito. (AA, AB, BA, etc.)

- Describe al circuito por su función. (TD, RD, GND, etc.). Ver figura I.2.6-7.

PIN Number	Interchange circuit	CCITT equivalent	Description	Gnd	Data		Control		Timing		Testing	
					From DCE	To DCE	From DCE	To DCE	From DCE	To DCE	From DCE	To DCE
1	AA	101	Protective Ground (Shield)	X								
7	AB	102	Signal Ground/Common Return	X								
2	BA	103	Transmitted Data		X	X						
3	BB	104	Received Data				X	X				
4	CA	105	Request to Send					X	X			
5	CB	106	Clear to Send				X	X				
6	CC	107	Data Set Ready (DCE Ready)					X	X			
20	CD	108.2	Data Terminal Ready (DTE Ready)					X	X			
22	CE	125	Ring Indicator				X	X				
8	CF	109	Received Line Signal Detector				X	X				
21	(RLV)											
CG	110		(Remote Loopback) Signal Quality Detector				X	X				
23	CH	111	Data Signal Rate Selector (DTE)				X	X				
23	CI	112	Data Signal Rate Selector (DCE)				X	X				
24	DA	113	Transmitter Signal Element Timing (DTE)						X	X		
15	DB	114	Transmitter Signal Element Timing (DCE)						X	X		
17	DD	115	Receiver Signal Element Timing (DCE)						X	X		
14	SBA	118	Secondary Transmitted Data		X	X						
16	SBD	119	Secondary Received Data				X	X				
19	SCA	120	Secondary Request to Send					X	X			
13	SCB	121	Secondary Clear to Send				X	X				
12	SCF	122	Secondary Received Line Signal Detector				X	X				
8	—	—	Reserved for Testing									X
9	—	—	Reserved for Testing								X	
18	(LL)		(Local Loopback)									X
25	(TM)		(Test Mode)								X	

Figura I.2.6-7. Circuitos de intercambio RS-232-C/D y CCITT V:24.

## **FUNCION DE LOS CIRCUITOS**

**TIERRA DE PROTECCION (PIN 1).**- El conductor esta conectado eléctricamente al chasis del equipo.

**TIERRA DE RETORNO (PIN 7).**- Tierra común a todos los circuitos, establece la referencia del potencial de masa para el resto de las líneas.

**TRANSMISION DE DATOS.**- Señales de datos que se transmiten desde el DTE hasta el DCE. Cuando no se transmiten datos, la terminal mantiene este circuito en marca o condición lógica 1.

**RECEPCION DE DATOS.**- Señales de datos de usuario que se transmiten desde el DCE hasta el DTE.

**P. TION DE TRANSMISION.**- Notifica al DCE que el DTE dispone de datos para transmitir, el cambio de estado off-on notifica al DCE que debe tomar las acciones necesarias para permitir la transmisión.

**PERMISO PARA TRANSMITIR.**- Señal procedente del DCE, con la que se indica al DTE que ya puede transmitir sus datos. Se puede activar al detectar portadora.

**EQUIPO DE DATOS PREPARADO.**- Procede del DCE, indica que: (a) la terminal esta conectada a una línea conmutada, (b) el DCE esta en modo transmisión de datos, (c) el DCE ha completado las funciones de sincronización y responde con tonos.

**TERMINAL DE DATOS PREPARADO.**- Señal del DTE indica que la terminal esta encendida y no se detecta algún mal funcionamiento

**INDICADOR DE TIMBRE.-** El DCE indica que se esta recibiendo una señal de timbre a través de un canal conmutado.

**DETECTOR DE RECEPCION DE SEÑALES EN LINEA (DCD).-** El DCE indica que se esta detectando la señal portadora generada por el módem remoto.

**SELECTOR DE VELOCIDAD BINARIA.-** Indican la capacidad de señalización de los datos.

**SEÑALES DE TEMPORIZACION.-** Son usadas en transmisión síncrona con una frecuencia igual a la velocidad de transmisión en el módem. Estas señales de temporizaron sirven como un reloj con el cual la terminal sincroniza su transmisión de datos en el pin 2 al módem. El pin 15 es referenciado. Cuando el módem recibe una señal de la línea telefónica este pone una señal en el pin 17 (receiver clock).

Los procesos donde un módem síncrono o algún otro dispositivo genera un reloj, es conocido como "reloj interno". si un DCE es configurado para recibir reloj de un DTE, el DCE es seleccionado como "reloj externo".

**DETECTOR DE CALIDAD DE SEÑAL.-** Este circuito se mantiene en una condición de "on" cuando la calidad de la señal es aceptable y cambia a "off" cuando hay una alta probabilidad de error.

**CIRCUITOS SECUNDARIOS.-** Se usan en circuitos con capacidad de transmitir datos en un canal secundario en forma simultánea con el canal primario. La velocidad de transmisión en el canal secundario es una fracción del canal primario. Para el control del flujo de datos el canal secundario emplea cinco circuitos (pin 14, 16, 12, 13, 19).

## OPERACIÓN ASINCRONA

Se requiere únicamente de un conductor de 10 hilos, Ver Figura I.2.6-8.

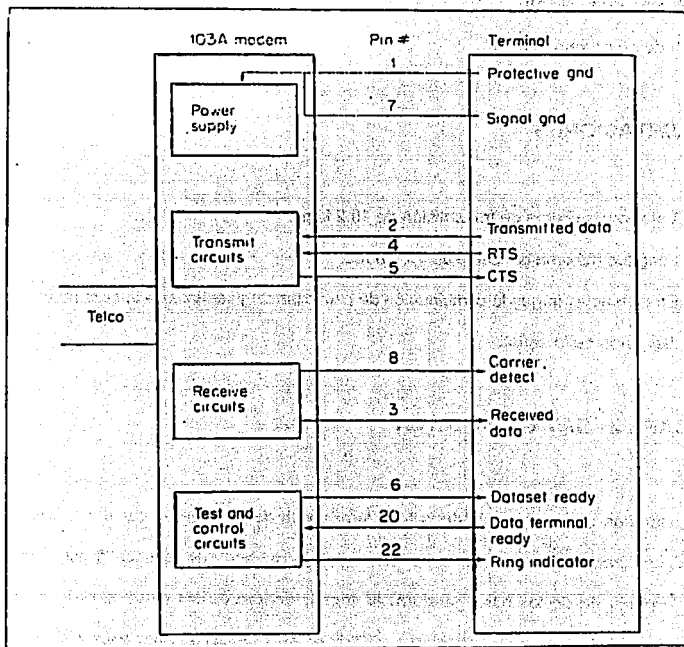


Fig. I.2.6-8 Ejemplo de interfaz DTE-DCE.



## **CIRCUITOS DE PRUEBA**

Prueba remota, pin 21.

Prueba local, pin 18.

Modo de prueba, pin 25.

## **LIMITACIONES**

- Velocidad máxima de transmisión de 19.2 kbps.
- Longitud máxima del cable de 15 metros.
- En distancias largas la combinación de capacitancia y resistencia implica mayor distorsión de la señal.

## **CAPA 2 - DATA-LINK LAYER**

Esta capa es responsable de la transferencia de datos sobre el canal, proporciona la sincronización de datos para delimitar el flujo de bits de la capa física, facilita la identificación de los bits, garantiza la llegada segura de los datos al DTE, facilita el control de flujo para garantizar que el DTE no se sobrecargue por exceso de datos al mismo tiempo. Una de sus más importantes funciones es la de proporcionar la detección de errores de transmisión y facilitar mecanismos para recuperar los datos perdidos, duplicados o erróneos.

## **ESTA CAPA PERMITE LAS SIGUIENTES FUNCIONES:**

- Permite la conexión lógica entre 2 estaciones y el flujo de información ordenadamente.
- Detecta transmisión de errores usando un sistema de chequeo de paridad por carácter, chequeo por block, o el mas sofisticado CRC (Cyclic Redundancy Check).
- Proporciona procedimientos para la recuperación de errores sin usar las funciones de las capas de arriba.
- Proporciona técnicas de control de flujo para asegurar que la capacidad del buffer no sea excedida.

El propósito primario de esta capa es proporcionar la retransmisión de errores sobre un medio físico. Mediante el uso de protocolos, esta capa maneja el establecimiento, mantenimiento y liberación de conexiones de datos. Estos protocolos controlan el flujo de datos y supervisan la recuperación de errores.

Algunos de los protocolos más comunes manejados en esta capa son:

- ISO HDLC (High-level Data Link Control), ISO 3309, 4375.
- CCITT LAP-B (Link Access Procedure) y LAP-D.
- IBM BSC, SDLC (Synchronous Data Link Control).
- DEC DDCMP.

- ANSI ADCCP (Advanced Data Communication Control Procedure), solo en el gobierno de los Estados Unidos.

Todos estos protocolos están basados en los mismos principios, orientados a bits y usan bits de relleno para la transparencia de datos, usando una estructura de trama.

## **TRAMA**

Para facilitar el servicio a la capa de red, la capa de enlace de datos usa el servicio de la capa física. Cuando la capa física no acepta una cadena de bits, se reintenta entregar esta a su destino. El número de bits recibidos puede ser menor, igual o mayor que el número de bits transmitidos y estos pueden tener valores diferentes, esto es lo que la capa de enlace de datos detecta, y si es necesario corrige los errores mediante algoritmos de chequeo de suma, cuando la trama llega a su destino, la suma es recalculada, si el nuevo cálculo es diferente del otro contenido en la trama, esta capa reconoce que un error a ocurrido, se descarta la trama y se envía un reporte de error.

La figura 1.2.6-9 muestra una estructura de trama donde el campo de dirección es de gran importancia en líneas multidrop, donde este es usado para identificar una de las terminales. Para líneas punto a punto, es algunas veces usado para distinguir comandos de respuestas. El campo de control es usado para números de secuencia, reconocimientos y otros propósitos. El campo de datos contiene información arbitraria

de longitud variable. El campo de chequeo de suma es una pequeña variación del código de redundancia cíclica. La trama es delimitada con una bandera.

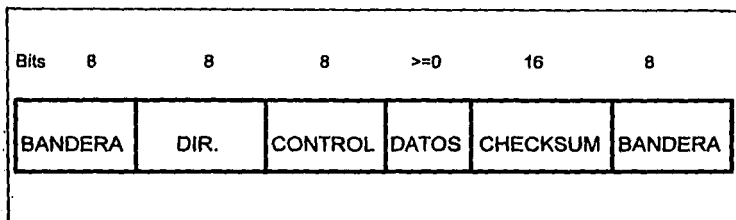
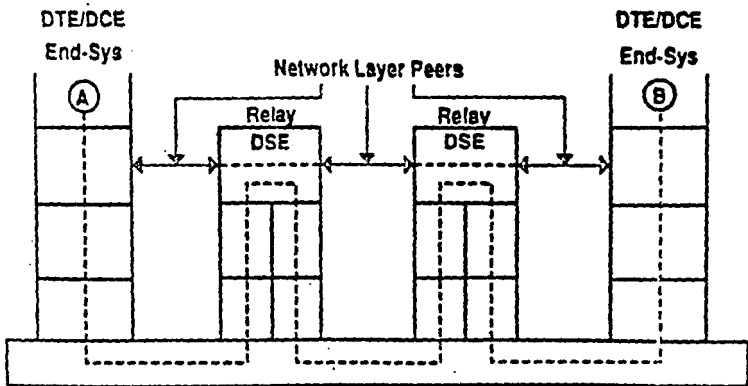


Figura 1.2.6-9. Formato de trama para protocolos orientados a bits.

### CAPA 3 - NETWORK LAYER

Es responsable de disponer una conexión lógica entre una fuente y un destino en la red, para incluir la selección y manejo de una ruta para el flujo de información entre fuente y destino. Los servicios proporcionados por esta capa son asociados con el movimiento de datos a través de la red, para incluir direccionamiento, selección de ruta, switcheo, secuencia y procedimientos de control de flujo. La fig. 12.6-10 muestra una red usando el modelo OSI.

Figura 12.6-10. Ruta y switcheo de Red.



El DSE (Digital Switching Exchanges es un sistema intermedio OSI en la red que proporciona una función de retransmisión dentro de la capa de red.

La capa de red proporciona un servicio a la capa de transporte. Esta capa facilita el diseño orientado a las siguientes metas:

- 1.- Los servicios se emplean para ser independientes de la tecnología de la sub-red.
- 2.- La capa de transporte se emplea para ser protegido del número, tipo y topología de la presente sub-red.
- 3.- La dirección de la red esta disponible para la capa de transporte permitiendo el uso de un plan de numeración uniforme a través de LAN's y WAN's.

La capa de red proporciona las funciones de switcheo y ruteo, secuencia, control de canal lógico, control de flujo, y funciones de recuperación de costo. Esta capa facilita y maneja las conexiones lógicas del canal entre puntos en una red, así como circuitos virtuales a través de redes de conexión pública (PSN). Una red de conexión de paquetes es un ejemplo típico donde la capa de red es requerida.

El estándar más conocido para la capa 3 es la recomendación X.25 del CCITT para la operación de paquetes. La recomendación X.21 del CCITT facilita un estándar para las funciones de la capa de red para la operación de circuitos y switches.

## **CAPA 4 - TRANSPORT LAYER**

Proporciona control end-to-end e intercambio de información con un nivel de relativa seguridad requerido para los Procesos de Aplicación (Aps). Este servicio facilita que las capas sean independientes para la implementación de la red.

Esta capa es responsable de ajustar las diferencias en los servicios de línea para asegurar que la calidad requerida de servicio sea proporcionada para los usuarios en las capas más altas. Algunas de las funciones de transporte incluyen servicios de calidad, optimización de costos, control de error, control de flujo, secuencia y multiplexaje.

Su operación es independiente de las características de todas las redes involucradas. Los servicios que proporciona esta capa son:

- 1.- MANEJO DE CONEXIÓN.** Esto incluye establecimiento y conexiones de terminación entre los usuarios, identifica cada conexión y asigna valores a todos los parámetros necesarios.
- 2.- TRANSFERENCIA DE DATOS.** Involucra la distribución confiable de datos entre los usuarios, todos los datos son distribuidos en secuencia, sin duplicación o pérdida de partes.

**3.- CONTROL DE FLUJO.** Permite una conexión básica para asegurar que los datos no son distribuidos en forma defasada.

## **CAPA 5 - SESSION LAYER.**

Facilita reglas para el establecimiento y terminación de cadenas de datos entre nodos y una red, facilita el establecimiento y terminación de conexión de nodos, mensajes de control de flujo. El usuario puede seleccionar el tipo de sincronización y control necesario de la capa, tales como:

- 1.- Alternar dos diálogos, o en forma simultánea.
- 2.- Sincronizar puntos intermedios, checar y recuperar archivos de transferencia.
- 3.- Abortar y restaurar.
- 4.- Apresuramiento del flujo de datos.

Esta ley tiene el propósito de facilitar un medio para transferir datos e información de control en una forma organizada y sincronizada. Esta capa permite los siguientes servicios a usuarios:

- 1.- El establecimiento de una sesión de conexión con negociación de parámetros de conexión entre usuarios.



- 2.- La actualización ordenada de conexión cuando el tráfico intercambiado es completado.
- 3.- Control de dialogo para manejar el intercambio de sesiones de usuarios de datos.
- 4.- Un medio para definir actividades entre usuarios y un camino transparente a esta capa.
- 5.- Mecanismos para establecer puntos de sincronización en el dialogo y en caso de error, un resumen de un punto especifico.
- 6.- Interrumpir un dialogo y resumir este, facilitando una conexión de sesión diferente.

## **CAPA 6 - PRESENTATION LAYER**

Facilita los servicios para permitir los procesos de aplicación para interpretar el significado de la información, la cual puede ser intercambiada entre los sistemas. Esta capa identifica y revisa la sintaxis de los datos usada para comunicaciones, la traslación de datos puede ser manejada localmente por cada sistema. Esta capa cubre dos aspectos complementarios de representación de información:

- Representación de datos transferidos entre aplicación con negociación de representación alternativa.
- Representación de estructura de datos referida por aplicación en su comunicación y las acciones que pueden funcionar en la estructura de datos.

## **LA CAPA DE PRESENTACIÓN TIENE CUATRO FUNCIONES PRIMARIAS:**

- 1.- Facilitar a los usuarios un camino para ejecutar los servicios de sesión.
- 2.- Proporcionar un camino específico para estructuras complejas de datos.
- 3.- Manejo de estructuras de datos requeridas frecuentemente.
- 4.- Conversión de datos entre formas internas y externas.

La representación de datos es diferente para los sistemas, los mainframes IBM usan EBCDIC como código de caracteres, mientras que otras computadoras usan ASCII.

## **CAPA 7 - APPLICATION LAYER**

Facilita una ventana entre los procesos de aplicación y OSI. Esto establece la asociación intercomunicando procesos de aplicación, soporta las acciones de comunicación tales como:

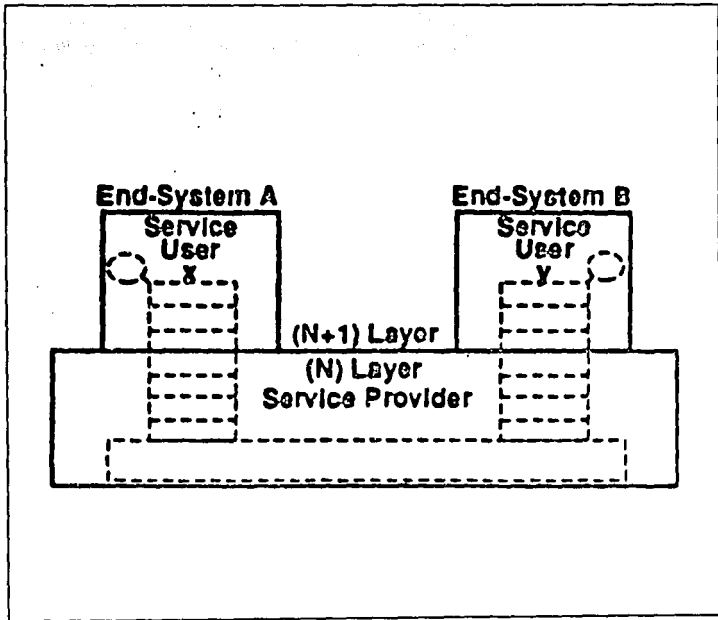
- Transferencia de archivos, acceso y manejo.
- Proceso distribuido.
- Procesamiento de transacciones
- Correo electrónico.
- Terminal virtual.

OSI consiste de dos ambientes, el ambiente local, el cual soporta las aplicaciones y sistemas componentes de bases de datos, y el ambiente OSI, el cual comprende las siete capas de protocolos OSI. La razón de tener estos dos ambientes separados, es facilitar un interface con vendedores de sistemas independientes en diseño e implementación. Un sistema operativo cerrado existe en un sistema de ambiente local.

#### **ASPECTOS IMPORTANTES DEL MODELOS OSI:**

- Cada capa OSI funciona única y específicamente con tareas.
- Una capa solo tiene conocimiento de su inmediata adyacente.
- Una capa usa los servicios de la capa de abajo.
- Una capa funciona y proporciona servicios a la capa de arriba.
- Un servicio de capa es independiente de su implementación.

Los conceptos de servicios proporcionados y servicios a usuarios, son esenciales para la correcta operación funcional del ambiente OSI, el cual puede ser visto por cualquier capa, las capas arriba del limite son conocidas como usuarios de servicio, mientras que las funciones de las capas abajo del limite son llamados proveedores de servicios. Un servicio particular de la capa comprende las funciones colectivas de esta y de cualquier capa abajo de esta. Los proveedores de servicios incluyen las funciones de estas capas en cualquier sistema de retardo intermedio en la red, puede incluir circuitos de paquetes o-switches. Ver Figura I.2.6-11.



**Figura I.2.6-11.** Proveedores de servicios y usuarios.

El usuario de servicio X representa las funciones de las capas más altas en un fin de sistema, mientras que el usuario de servicio Y representa las capas más altas en otro sistema. El proveedor de servicio representa las funciones colectivas en todas las capas conectando los sistemas.

La operación del modo de conexión es normalmente asociada con telecomunicaciones cuando una ruta para flujo de información es establecido y mantenido para la duración de la comunicación.

Todas las funciones OSI no son necesarias para cualquier comunicación, OSI es diseñado para facilitar un camino común para garantizar la compatibilidad en comunicación entre sistemas de hardware de vendedores independientes . Las funciones necesarias para obtener compatibilidad varía entre diversas configuraciones y ambientes de operación, por lo tanto los vendedores solo necesitan seleccionar funciones OSI cuando y donde sea necesario.

## I.3 ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE TELEFONIA MOVIL CELULAR

### I.3.1 INTRODUCCION

El sistema celular es un moderno sistema de Telecomunicaciones que satisface las necesidades de comunicación Telefónica, permitiendo a los usuarios del sistema estar en contacto a toda hora y desde cualquier lugar dentro del área de servicio celular. Este sistema viene a revolucionar a la Telefonía convencional, ya que deja atrás los cables y los sustituye por frecuencias de radio, dando la opción de servicio telefónico móvil. El término celular se refiere a la estructura del sistema, el cual está compuesto por áreas geográficas llamadas células cuya agrupación forma una zona de servicio ó zona de cobertura. Figura I.3.1-1

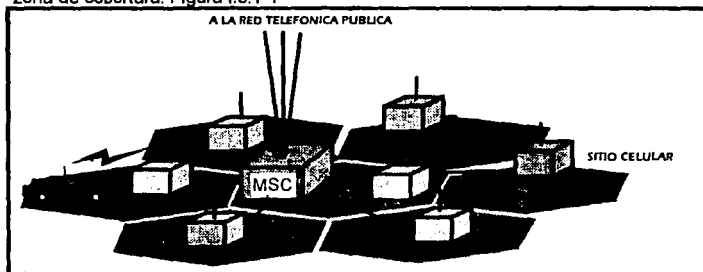


FIGURA I.3.1-1 Elementos de un sistema de Telefonía Móvil Celular.

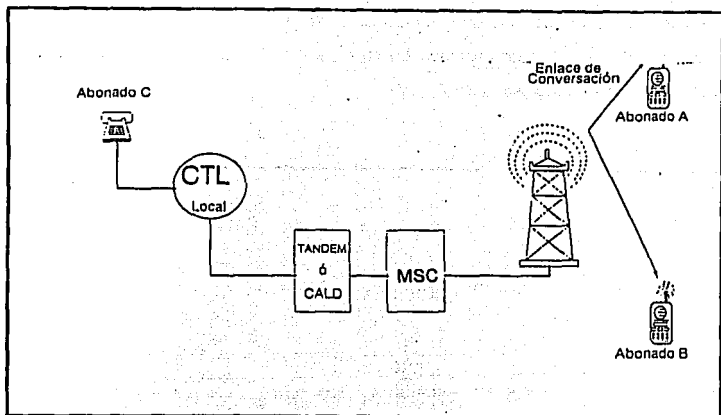
Cada una de estas células se cubre con la señal de un Radiobase para recibir y transmitir las llamadas a las unidades móviles que se encuentran localizados en esta área. Cada célula tiene asociado su correspondiente equipo de radio y de control.

Los sitios celulares ó Radiobases están conectados con la Central de Servicios Móviles ó MSC. La MSC es básicamente una Central Telefónica convencional pero con mayores capacidades de control de software. Se interconecta con la Red Pública (RTPC) y es la encargada , entre otras cosas, de conmutar las llamadas desde y hacia los abonados (usuarios) proporcionando todas las funciones de señalización necesarias para la comunicación y de realizar el monitoreo y grabación de las llamadas para propósitos de facturación.

También proporciona el servicio de Larga Distancia Nacional o Internacional a través de la RTPC local, ya que está directamente conectado a los Centros Automáticos de Larga Distancia (CALD) de Telmex. Figura 1.3.1-2

Cada Radiobase del sistema está conectada al MSC por medios de transmisión digital para permitir la comunicación de voz y datos de señalización necesarios para realizar la conexión telefónica de los suscriptores celulares.

En el MSC es donde se realizan las funciones de supervisión de la calidad de la comunicación y la decisión de realizar por ejemplo, una transferencia (Handoff) de la llamada entre dos células para mantener la comunicación sin permitir que el nivel de calidad caiga a niveles inferiores de los permitidos. Es aquí también donde se ejecutan las acciones necesarias para poder ofrecer los servicios especiales de abonado tales como: transferencia de llamada, llamada en espera y conferencia tripartita.



**Figura I.3.1-2.** Interconexión de la Central Celular con la Red Pública de Telefonía Comutada y el Sistema de Telefonía Celular

Las Radiobases constituyen la Interface de radio entre el MSC y el teléfono celular y tiene como función principal mantener la conexión telefónica del suscriptor mientras se desplaza dentro de la zona de servicio como lo muestra la figura I.3.1-3 en la mayoría de los casos la Radiobase más cercana es la que proporciona la conexión. Esto se hace con el fin de asegurar la mejor recepción y calidad de señal posible. Básicamente una Radiobase se compone de una torre, antenas, unidades transreceptoras de radio (canales de voz) y las unidades de control. La unidad de control efectúa entre otras cosas, el intercambio de datos con el MSC y la señalización digital de la Radiobase con el teléfono por medio del "canal de control", éste es un canal de radio al cual están sintonizados todos los teléfonos que están siendo atendidos por esa Radiobase.



Los canales de voz son los que comunican la señal de voz desde la Radiobase al teléfono y viceversa de una llamada en curso, de tal forma que sólo son ocupados hasta que dicha llamada se inicie.

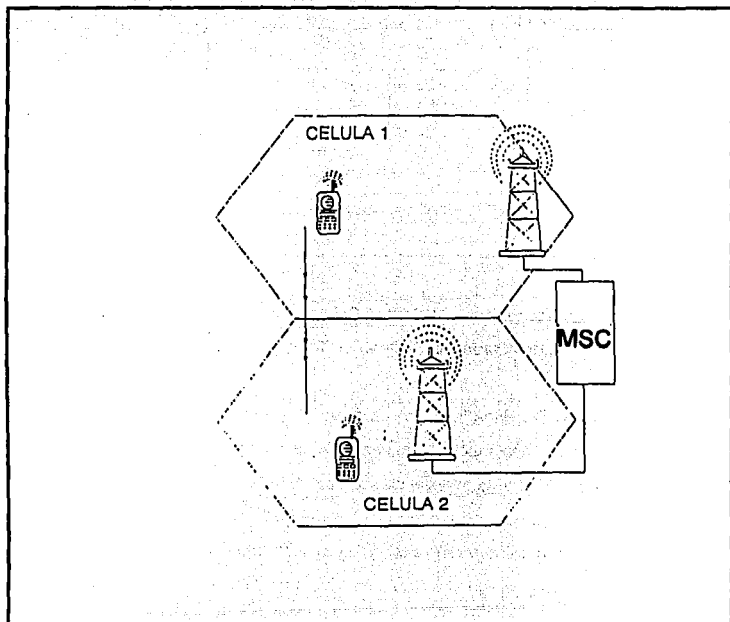
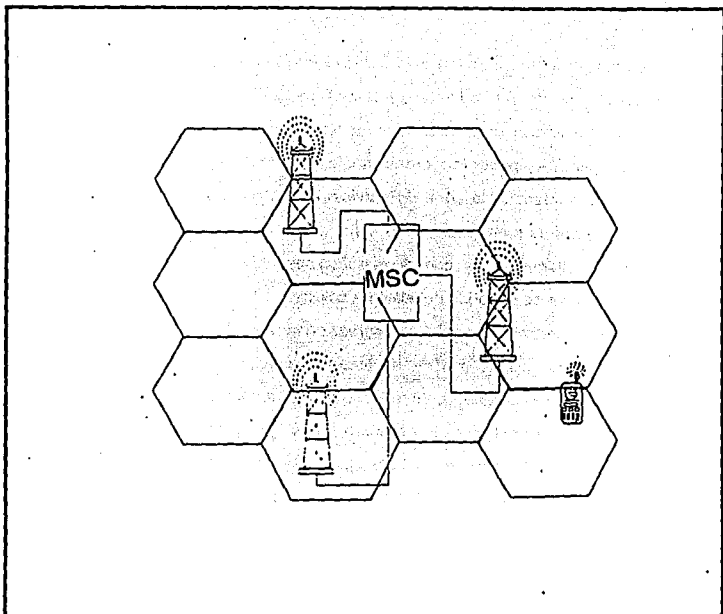


Figura I.3.1-3 . Comportamiento de la Radiobase y células de un suscriptor en la zona de servicio.

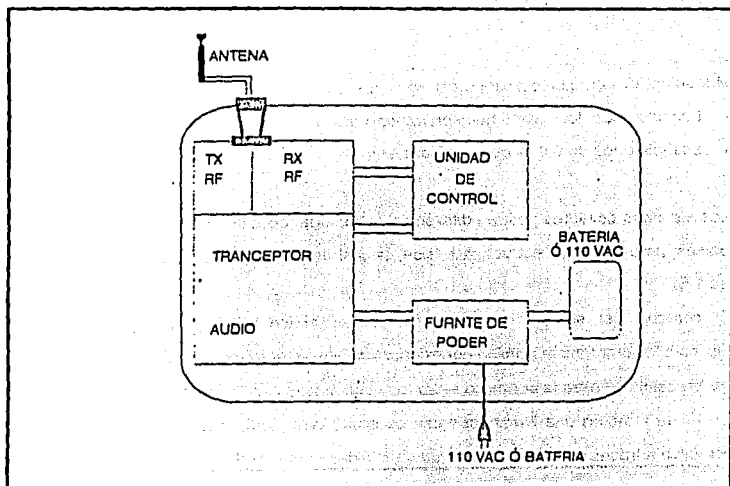
Una Radiobase puede formar desde una hasta tres diferentes zonas de cobertura ó "células" en el caso de la configuración de tres sectores pero pueden ser más, a los que pueden dar servicio en forma independiente. Esto se hace con el fin de poder reusar las frecuencias y poder tener más canales de voz disponibles por cada célula.

El propósito de "sectorizar" la zona de servicio en múltiples células, es el de permitir que se lleve a cabo la mejor calidad de señal posible, la comunicación telefónica del mayor número de llamadas aún cuando el tráfico sea alto en horas pico, debido al gran número de llamadas de usuarios del sistema celular.

Para un mejor entendimiento se debe observar primeramente que un enlace de radio y aún más las frecuencias utilizadas en telefonía celular la calidad de la señal se deteriora cuando la distancia entre el teléfono y la célula aumenta. Ahora, supongamos que un suscriptor con una llamada en curso se está desplazando y al mismo tiempo alejando de la célula que lo atiende. En este caso se hace necesario una "transferencia" ó "Handoff" a la célula que está más próxima y disponible a dicho suscriptor sin que éste note el cambio alguno o interrupción en la conversación , para permitir la continuidad de la comunicación. Este proceso continuará efectuándose cada vez que el suscriptor celular se aleje de nuevo de la célula que le está prestando el servicio. Como lo muestra 1.3.1-4



**Figura I.3.1.-4.** Area de servicio de las diferentes células entre las cuales se realiza el handoff de acuerdo al deterioro de la señal de la célula que se encuentra dando servicio.



**Figura I.1.3-5 Estructura básica de un radioteléfono.**

Se les denomina Radioteléfonos ó teléfonos celulares a los aparatos con los que el suscriptor celular se comunica al hacer las llamadas. Estos equipos electrónicos son fabricados por diferentes compañías, lo que implica que su precio y características varíen de uno a otro. Sin embargo, todos los equipos serán compatibles con el sistema que tenga el estándar Norteamericano AMPS (EIA IS 19B).

Un teléfono celular se compone básicamente de 4 partes ó sistemas, como lo muestra la figura I.1.3-5, unidad de control, unidad transreceptora de radio, antenas y unidades de alimentación (batería ó eliminador de CA).

Por su potencia radiante podemos dividir a los teléfonos celulares en dos grupos:

- Los teléfonos de 3 Watts que son transportables fijos y móviles.
- Los teléfonos de 0.6 W que son portátiles.

Los sistemas celulares poseen diferentes estructuras de diferente forma en diferentes países, pero no así su estructura básica, la cual de manera más detallada en la figura 1.3.1-6.

El corazón del sistema celular reside en el switch celular, el cual tiene una disponibilidad completa para la conexión de cualquier entrada con cualquier salida. El switch celular realiza la conexión entre las Radiobases con la red de telefonía pública, así como también una Radiobase con cualquier otra Radiobase, el switch realiza la conexión a través de troncales con rutas definidas para la red pública.

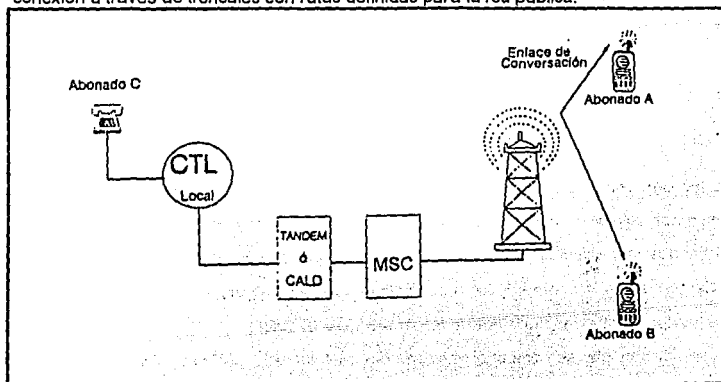


Figura 1.3.1-6. Estructura básica de los Sistemas Celulares

Una arquitectura semejante se tiene con el continuo monitoreo de las llamadas en progreso y la habilidad de configurar el sistema rápidamente lo cual ocurre sin disturbios para los usuarios.

El tiempo de handoff varía de 0.5 a 1 segundo y cerca de los 100 milisegundos en los nuevos sistemas, como se muestra en la figura 1.1.3-6 cuando un móvil se desplaza de la Radiobase 1 a la Radiobase 2, eventualmente se encontrará fuera de área de cobertura de la Radiobase 1. Cuando sucede esto el sistema censa el decremento de la intensidad de la señal y la compara con la que es captada de las radiobases vecinas, si alguna de ellas reporta un mejor nivel de señal, el sistema puede dar instrucciones al móvil, para cambiar de canal o lo que es lo mismo, la realización de un Handoff a la mejor Radiobase, en este caso la RB 2.

Los primeros sistemas utilizaban SPC (Structured Program Control) en el switch. Generalmente en éste se encontró que la capacidad del procesador no fué suficiente por lo cual fué necesario de sistemas celulares extras. Los switches celulares modernos tienen un procesador que está planeado para las demandas del sistema con el número de puertos que soporta.

Los switches celulares pueden ser también específicamente diseñados ó modificados según la demanda requerida. El switch es usualmente un procesador controlado, el cual maneja muchas funciones entre las cuales se incluyen por mencionar algunas: validación de usuarios, monitoreo de llamadas, diagnóstico del sistema e intercomunicaciones con otros switches celulares y radiobases. La radiobase tiene algunas funciones de inteligencia lógica pero esencialmente es controlada por el switch.

La mayoría de los sistemas utilizados en nuestros días usan transmisión analógica de voz en modo FM, sin embargo el control de canales (canales de datos) utilizan FFSK

(Fast Frequency Shift Keying) de señalización digital pero futuros sistemas serán digitales totalmente.

No existe ninguna definición específica para los sistemas celulares, pero si se podría decir que cuentan con los siguientes puntos:

- Reuso de frecuencias
- Habilidad de realizar Handoffs de un móvil en una célula de acuerdo a la intensidad de señal y/o los requerimientos del ruido.
- Configuraciones multicélula y multiradiobases
- Acceso para reparar la red telefónica con llamadas receptoras móviles con llamadas receptoras móviles básicamente individuales (Un grupo de llamadas que sea únicamente disponibles utilizando la red del switch)
- Habilidad de trabajar en situaciones de interferencia controlada.

El patrón hexagonal populamente asociado con la telefonía celular se muestra en la figura 1.3.1-7a. Para comprender la radiotelefonía celular, es muy importante el entender lo que no es.

Sería posible crear este hexágono si:

- Todos los sitios tuvieran el mismo tipo de antena (Esto es todos omni ó todos sectoriales)
- El terreno fuera perfectamente plano (no hay floresta ó construcciones)
- Las alturas de las antenas fueran idénticas.

A este tipo de terreno se denomina desierto. A los sistemas que satisfacen estas condiciones se ilustra en la figura 1.3.1-7. Con un sistema celular análogo esto es lo más parecido a un patrón hexagonal. Los sistemas digitales permiten definir de manera rígida los límites de la fronteras mediante la triangulación de la posición del móvil.

Dada la simetría en este tipo de terreno, ha sido posible obtener sistemas celulares de alta densidad a través de la división sistemática de células. Se han generado varios planes celulares para optimizar el reuso de frecuencias (minimizar el radio de la portadora de interferencia) para estos sistemas teóricos, los cuales pueden ser trasladados directamente a un ambiente real de modo que el más eficiente en papel será también el más eficiente en la práctica.

La forma hexagonal puede ser utilizada como punto de partida, pero el ambiente determinará la configuración real del sistema.

El patrón de 4 células es más complicado, sin embargo, la construcción del modelo de siete y doce células es más amigable,. Existen otras configuraciones que son posibles.

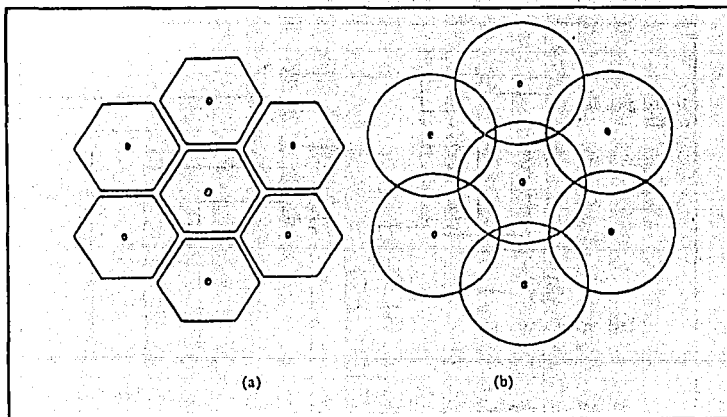


Figura I.3.1-7. Patrón familiar de Hexágono (a)Teórico (b) Real



### 1.3.2 MSC O CENTRO DE SERVICIOS MOVILES

La conmutación y el sistema de radio, en los sistemas celulares, interactúan de una forma muy especial por lo que en ambas áreas las personas involucradas en el soporte técnico deben tener conocimientos en dos temas, que por tradición no están relacionados entre sí.

La parte de conmutación funciona de la misma forma que en la telefonía convencional. Esto quiere decir que los teléfonos celulares ó estaciones móviles se conectan en forma temporal por medio de una ruta dedicada por el tiempo que dure la llamada.

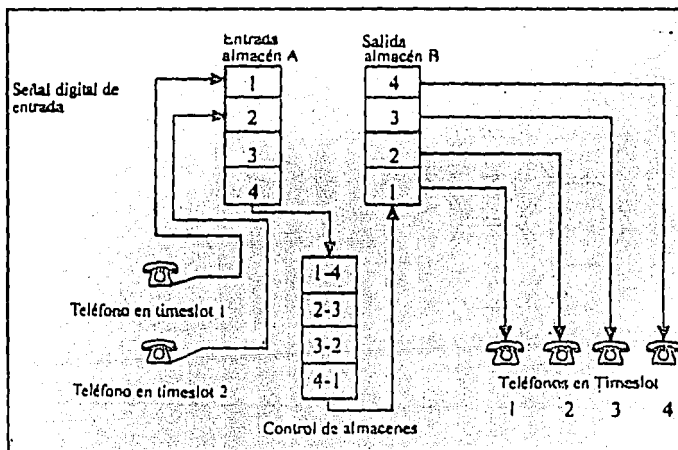


Figura 1.3.2-1 Conmutador de Tiempo, utiliza timeslots para conectar cualquier entrada a cualquier salida.

Los conmutadores en tiempo se pueden manejar con técnicas digitales. Estos conmutadores funcionan bajo el principio de conmutar una entrada en particular a una salida en particular en un cierto intervalo de tiempo

En la figura 1.3.2-1 cada línea telefónica se muestra en su respectivo timeslot ó ranura de tiempo; el teléfono de time slot 1 del almacén A está conectado al teléfono en el timeslot 4 del lado B. Observe que la conmutación se realiza al rearmar los time slots, no mediante un cableado físico, de modo que la información pueda ser enviada a través de una sola trayectoria entre los conmutadores A y B.

Las centrales telefónicas modernas (y los conmutadores de radio celular) generalmente utilizan una combinación de conmutación en tiempo y espacio para minimizar el hardware empleado.

## **TIPOS DE CONMUTADORES**

### **CONMUTADORES SPC O DE CONTROL DE PROGRAMA ALMACENADO**

Los conmutadores del tipo SPC ó de control de programa almacenado utilizan ordinariamente ambos tipos de conmutación en un sólo switch ó conmutador. Dichos conmutadores vienen en varios tamaños, dependiendo de la capacidad requerida y vienen diseñados para instalarse en cuartos que cuenten con aire acondicionado.

## CONMUTADOR CONCENTRADO

La figura 1.3.2-2 muestra un conmutador concentrado simple. El conmutador no se bloquea fácilmente dado que cada entrada tiene acceso potencial a cada salida. Aún así, la llamada puede ser bloqueada debido a que el número de llamadas permitidas está limitado por el número de rutas salientes; en el conmutador mostrado se pueden realizar tres llamadas en forma simultánea.

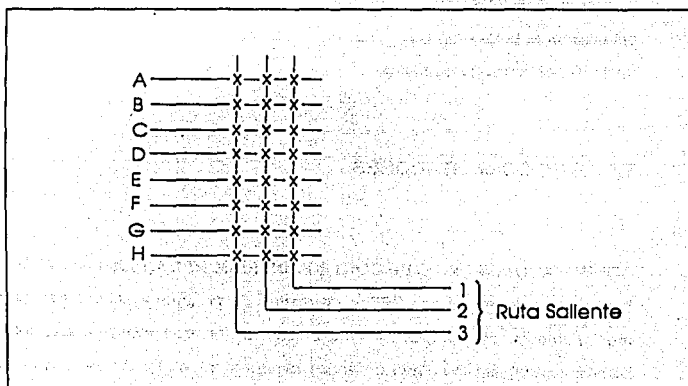


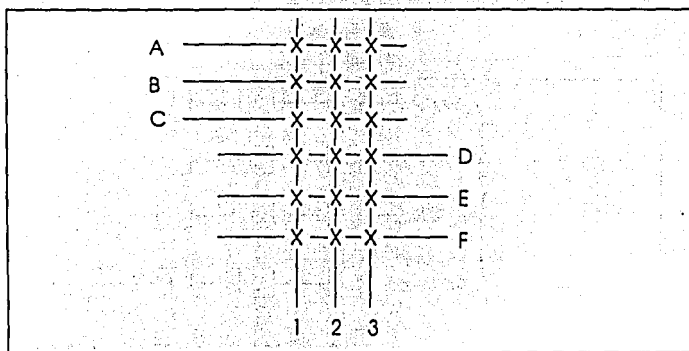
Figura 1.3.2-2. Conmutador de disponibilidad limitada

Las ocho entradas A-H son concentradas hacia las rutas salientes (1-3) mediante la activación de las intersecciones; sólo el interruptor en cualquier renglón ó.

columna puede cerrarse a la vez. Este principio, llamado concentración de línea, se utiliza de manera extensiva en todos los conmutadores analógicos.

Una Radiobase actúa como un concentrador de línea, ya que enlaza a los suscriptores móviles con el conmutador celular, de modo que aproximadamente 20 de estos pueden comunicarse con el MSC a través de ella.

Los conmutadores vistos anteriormente tienen una desventaja práctica muy significativa: la conexión entre cualquier ruta de entrada con otra salida ocurre por medio de una sola trayectoria. La falla en algún punto de cruce significa que ciertas trayectorias no estén disponibles más tiempo. Sin embargo, esta limitación se puede superar introduciendo una segunda línea de interruptores, como se ve en la figura 1.3.2-3



**Figura 1.3.2-3** Conmutador con trayectorias internas múltiples entre entradas y salidas

En la figura 1.3.2-3 se puede observar que la trayectoria entre los dos puertos (por ejemplo B y D) pueden conectarse mediante la unión entre líneas B y D en cualquiera de las rutas 1 a 3. Por ejemplo, B puede conectarse uniendo la intersección B-1 con 1-D ó B-2 con 2-D y así de manera similar para otros casos. Esto produce tres trayectorias conectando B con D. Si bien esta configuración duplica el número de interruptores, tiende a redundar en forma costosa las trayectorias internas

**MARCACION DTMF O POR TONOS.** En muchos sistemas aún es común el empleo de la marcación por tonos (DTMF ó Dual Tone Multifrequency). En dichos sistemas dos tonos se envían simultáneamente por una línea para indicar el número deseado. La figura 1.3.2-4 muestra parejas de tonos y sus frecuencias asociadas. Las teclas A, B, C y D no se aplican más para propósitos especiales.

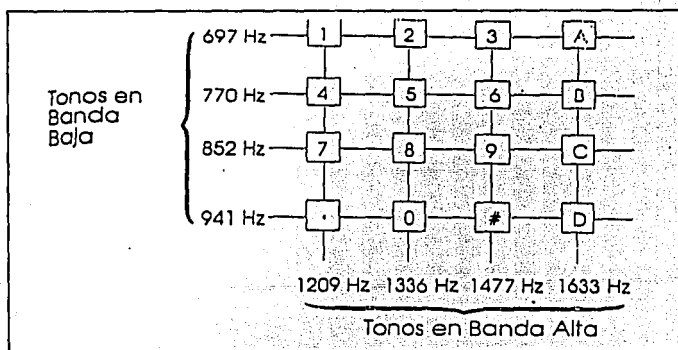


Figura 1.3.2-4 Sistema estándar por marcación por tonos.

La marcación por DTMF ha estado disponible por varias décadas. Se diseñó para aprovechar el incremento en la velocidad de marcación debido al uso de los decodificadores con memoria para almacenar los dígitos y enviarlos tan pronto como la central los requiera.

En los sistemas por tonos (SXS ó paso a paso), cada número marcado representa un tren de pulsos que causa la conmutación mecánica en tiempo real, haciéndose necesariamente lenta.

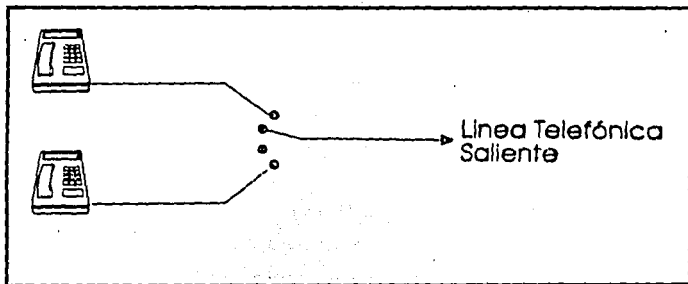
Con los sistemas por cruce (y en algunos SXS modificados) los receptores de código se introdujeron como equipo de la central: estos se "conmutaban" a través de la línea del suscriptor, el tiempo que duraba el discado del número telefónico, para decodificarlo y posteriormente almacenar los pulsos DTMF, los cuales podían enviarse posteriormente con la velocidad deseada. A pesar de que la marcación por tonos es una característica de casi todos los teléfonos celulares, esto no es una idea nueva.

Cada par de tonos en el esquema DTMF consiste de un tono de banda alta y un tono de banda baja; esto incrementa la inmunidad ante una falsa decodificación por voz ó ruido; también permite una mínima relación señal a ruido y un correspondiente nivel de entrada bajo entre los niveles de tono para la correcta decodificación de estos. Los tonos están estructurados en base a números primos lo cual evita una falsa decodificación por señales de voz ó ruido.

## CONMUTADORES DE BLOQUEO O DE DISPONIBILIDAD LIMITADA

En su forma más simple estos conmutadores pueden transmitir información por una sola salida, de modo que si por otra se está mandando información, este se pierde durante el tiempo que transmita por otra salida.

El conmutador telefónico más simple, se deriva de dicho concepto, como se ve en la figura 1.3.2-5



**Figura 1.3.2-5** Conmutador de línea de selección única

Este conmutador tan simple permite a cierto número de teléfonos compartir una sola línea, pero sólo uno de ellos puede utilizarlo a la vez. Las etapas de conmutación en los teléfonos de los suscriptores estarán siempre limitadas a la disponibilidad de los conmutadores. Esto es porque una de las principales funciones del conmutador del suscriptor es concentrar un gran número de líneas

telefónicas de bajo tráfico en un pequeño número de líneas de alta capacidad para distribuir el tráfico eficientemente. Ahora bien, una vez que el tráfico se concentra en paquetes de 0.5 Erlangs por circuito, su eficiencia permite el uso de conmutadores de disponibilidad completa para uso de troncales.

## **CONMUTADORES DE DISPONIBILIDAD COMPLETA O DE NO BLOQUEO**

Es un conmutador a través del cual es posible conectar cualquier salida disponible a cualquier entrada disponible, sin importar que otras conexiones hayan sido realizadas. Dado que un conmutador debe tener enlaces para cada entrada como para cada salida, el número de enlaces se eleva al cuadrado del número de entradas. Esto en conmutadores grandes se vuelve prohibitivo.

En 1953 C. Cross de los Laboratorios Bell publicó un análisis de conmutadores de tres estados, mostrando la relación entre la configuración del conmutador central y los enlaces. Él demostró que para no bloquearse, es necesario que cada etapa sea no bloqueable y que el número de puntos sea:

Número de intersecciones =  $2n - 1$  donde  $n =$  (Número de entradas/ Número de salidas de grupo)

La trayectoria de una llamada puede enrutarse desde cualquier grupo de entradas a cualquier grupo central por un enlace y desde cualquier grupo central a cualquier grupo de salidas por otro enlace. Entonces hay  $K$  trayectorias a través del conmutador desde cualquier entrada a cualquier salida.



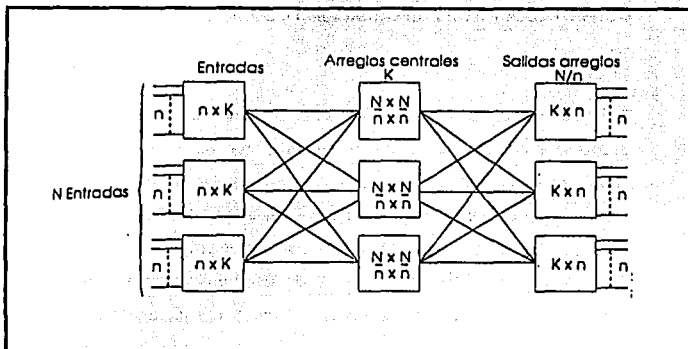
El número total de intersecciones para el conmutador de la figura 1.3.2-6 es:

$$T = 2NK + K \left[ \frac{n}{m} \right]$$

donde  $N$  = Número de entradas/salidas

$n$  = Tamaño de cada grupo de entradas/salidas

$K$  = Número de arreglos centrales



**Figura.3.2-6.** Conmutador de tres estados tiene  $K$  grupos de  $N$  entradas y el mismo número de salidas

El número de arreglos centrales en un conmutador se puede determinar imaginando un conmutador que tiene todos los circuitos ocupados, a excepción de una entrada y una salida. Así, el peor caso es en el cual un grupo de entradas tenga  $n - 1$  salidas activas e intente conectarse a un grupo de salidas que así mismo tiene sólo una salida libre, pero que accesa de un grupo distinto de interruptores centrales. De esta forma para que el conmutador tenga disponibilidad completa, debe ser aún capaz de conmutar la trayectoria entre la

entrada y la salida deseada, de modo que, por lo menos exista una trayectoria libre. El número mínimo de puntos de cruce es:

$$(n-1) + (n-1) + 1 = 2(n-1)$$

Ver figura 1.3.2-7

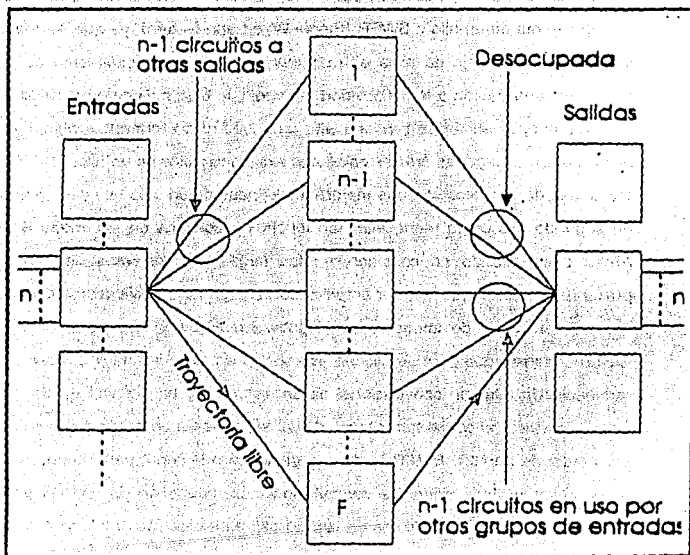


Figura 1.3.2-7 Conmutador con  $n$  entradas que tiene  $n-1$  circuitos ocupados. A la salida también hay  $n-1$  circuitos ocupados; para evitar el bloqueo siempre debe existir una trayectoria disponible

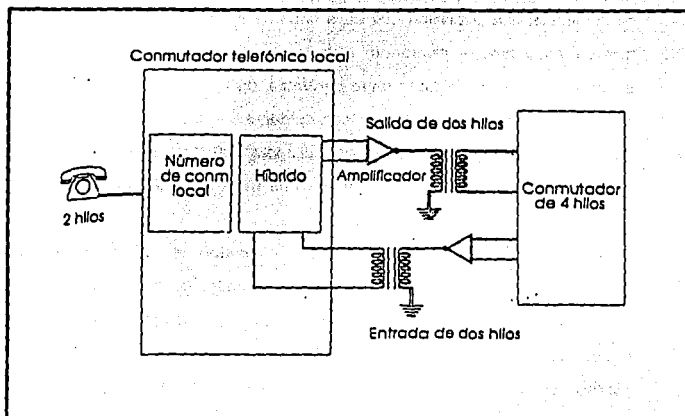
## TRANSMISION Y TRONCALIZACION

El tráfico puede ser enviado por medio de uno, dos, cuatro ó seis circuitos. Cada uno de estos circuitos tiene su lugar y vale la pena considerarlo separadamente. Los circuitos de un hilo tienen una tierra física como retorno del sistema (la tierra provee la segunda línea del par). los primeros enlaces telefónicos eran principalmente de un hilo o SWER (Single Wire Earth Return), ya que su costo es menor. La desventaja de ellos es que eran muchos y el rendimiento de cada enlace variaba debido a la resistividad del suelo, la baja inmunidad al ruido y los posibles riesgos en áreas con una alta probabilidad de tormentas eléctricas. A pesar de ello en algunas áreas rurales aún existen circuitos de un hilo.

Las líneas de dos hilos son una mejora a las líneas de un solo hilo ya que al usar un segundo hilo como tierra, eliminan muchos problemas de las líneas SWER. Ahora bien, cuando se consideran rutas largas, los sistemas de dos hilos presentan limitaciones al utilizar amplificadores. Algunos amplificadores conocidos como Repetidores de Impedancias Negativas ó NIR por sus siglas en Inglés, fueron desarrollados para amplificar las señales en rutas largas con sistemas de dos hilos. Un teléfono convencional es un ejemplo de un sistema de dos hilos, este se conecta al conmutador local el cual se enlaza a un segundo conmutador por medio de un NIR. El NIR le da una ganancia a la señal para compensar las pérdidas de la línea entre los conmutadores. La operación de un NIR permite teóricamente proveer la máxima ganancia posible en una ruta (0 dB de extremo a extremo). En la práctica, las ganancias de -6 dB son más comunes.

En rutas muy largas se hace necesario darle a la señal un considerable nivel de ganancia para compensar las pérdidas del sistema. La única manera práctica de lograrlo es transmitir con cuatro hilos (esto es, separar las trayectorias de transmisión y recepción y amplificarlas por separado). Las centrales de alto nivel

(de troncales) tienen usualmente conmutadores de cuatro hilos, como el mostrado en la figura I.3.2-8. Con la conmutación de cuatro hilos, la transmisión sin pérdidas puede llevarse a la práctica sin problemas, teniendo en cuenta las limitaciones de ganancia debidas a ruido y a fugas en la parte de hibridación.



**Figura I.3.2-8.** La transmisión por cuatro hilos permite amplificación independiente de transmisión y recepción.

La conmutación en seis hilos se puede entender como la de 4 hilos con dos hilos extras para propósitos de señalización. Los dos hilos de señalización se conocen E y M los cuales llevan la señal entrante y saliente respectivamente.

## **JERARQUIA DE CONMUTACION**

Una central telefónica consiste de un conmutador el cual sirve normalmente de 50 a 50 000 abonados. Dichos suscriptores normalmente tienen acceso mundial por marcación directa, esto significa que las llamadas tienen una amplia dispersión. Si se considera una población que para fines de ejemplo, tenga tres suscriptores y que se encuentre relativamente aislada, un gran porcentaje del tráfico puede enviarse por medio de rutas entre centrales, de modo que se justifica el uso de troncales directas entre dichos conmutadores: Cuando se considera tráfico saliente (por ejemplo a otro poblado distante 200 Km), el tráfico no será muy denso, de modo que la instalación de tres rutas separadas no es muy buena solución en términos de economía.

En este caso, un conmutador jerarquizado, llamado troncal, puede utilizarse de manera eficiente para concentrar los tres flujos de tráfico de cualquier conmutador en dicho pueblo son demasiado pequeñas para justificar que un circuito directo pueda ser switchado a través de un conmutador local. En la práctica, el conmutador troncal puede ser físicamente uno de los tres conmutadores para abonados, pero la parte troncal de este funciona como el conmutador troncal de la figura 1.3.2-9.

Este principio también se aplica a larga distancia; algunos conmutadores recogen todos el tráfico internacional y lo dispersa a puntos distantes. En el extremo lejano, las llamadas se envían a su destino a través de troncales cada vez de menor capacidad, hasta que finalmente entran al conmutador local.

Los conmutadores digitales no utilizan una estructura rígida y jerarquizada, más bien reconfiguran sus rutas para utilizar la que tenga la mejor disponibilidad. Entonces, el conmutador local puede ser terminal y troncal y además puede

manejar tráfico como Tandem. Los conmutadores que pueden realizar dicha función se les denomina Nodos.

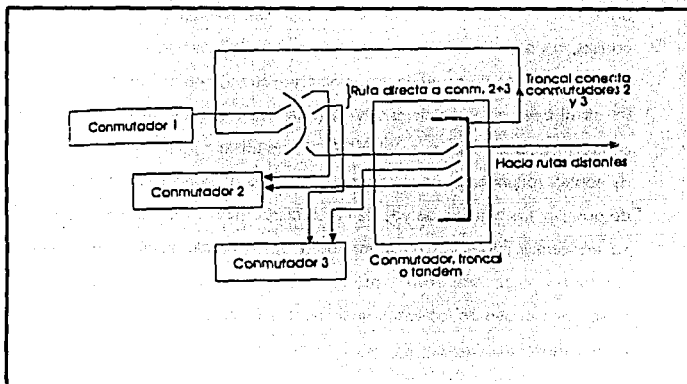


Figura 1.3.2-9. Configuración de un Conmutador de Troncal Simple

## SEÑALIZACIÓN DE TRONCALES

La forma más común de señalización de troncales es la señalización por canal común, aunque todavía se usa la señalización por canal de voz.

### **I.3.3 RADIOBASE**

Las estaciones Radiobase o BS (Base Station) permiten la conexión o interface entre Central Celular y el teléfono celular. las Radiobases tienen un canal de control, o de señalización para dicho fin. En algunos casos el canal de control podría usarse como canal de voz, siempre y cuando no maneja la señalización; tal es el caso de los sistemas NTM (que usa un canal de voz como canal de control) y algunos sistemas AMPS/TACS que utilizan un canal de voz como canal de control redundante, en caso de que el canal de control en línea falle. A pesar de que por los canales de voz se envía cierta información de señalización, esta se encuentra contenida en tonos fuera de la banda audible. Los canales de control por lo general envían instrucciones en un formato digital ya que es más rápido que el uso de los tonos analógicos y presenta mayor inmunidad al ruido. En las situaciones siguientes se utiliza el sistema AMPS para describir llamadas originadas y terminadas por un móvil y casos de handoff.

#### **LLAMADA A UNA ESTACION MOVIL**

Para llamar a un móvil es necesario enviar un tono de *page* o de llamado a todas las radiobases para localizar en que radiobase se encuentra el móvil, un tono de respuesta del móvil a la radiobase, un tono de llamada al móvil y finalmente la conexión del circuito de voz. Este proceso se describe a continuación.

Primero supongamos que un abonado del servicio telefónico convencional marca el número de un abonado celular. La Red de Telefonía Pública Conmutada (RTPC) envía al número del conmutador celular para su verificación. La central

celular ó MSC envía un tono de llamada en progreso al móvil, todos los teléfonos móviles reciben la llamada del *page* y sólo el móvil que tenga ese número responderá enviando una identificación a la radiobase en la que se encuentre. A continuación la Radiobase selecciona un canal de voz libre, lo enciende y transmite su tono de SAT ó Tono Supervisor de Audio. Después el móvil se sintoniza al canal apropiado y se le dice que tono de SAT debe de esperar. Cuando el móvil se cambia al canal de voz, este automáticamente hace un LOOP del tono del SAT, el cual informa a la radiobase que la conexión se ha completado. Tono de llamada (de 10 KHz) le dice al móvil que llamada está en línea.

Se genera un tono de timbrado en el móvil y se envía a la red pública por medio de el conmutador celular. Cuando se levanta el auricular, el móvil envía de vuelta el tono de SAT para indicarle a la Radiobase que detenga el tono de timbrado y que la llamada está en progreso. Durante la conversación, la supervisión de llamada prosigue mientras esta continúe para asegurar la calidad y la continuidad de la llamada. Ver figura 1.3.2-2

## **LLAMADA ORIGINADA POR EL MOVIL**

El procedimiento para iniciar una llamada es muy parecido al de una llamada a un móvil sólo que esta vez el móvil llama a la Radiobase. El móvil sabe si está fuera del área de cobertura y por ello no intenta acceder al sistema si no detecta un canal de control, aún así continúa buscando la presencia de un canal de control. Periódicamente la Radiobase transmite la información de *Overhead* ó encabezado, que entre otras cosas define lo que el móvil debe enviar para identificarse



Dado que todos los móviles utilizan el mismo canal de control, para solicitar una llamada, se debe considerar que dos móviles podrían intentar originar una llamada al mismo tiempo; en tal caso, un algoritmo interno asegura que el móvil realice un reintento de llamada en un instante distinto al de otro móvil.

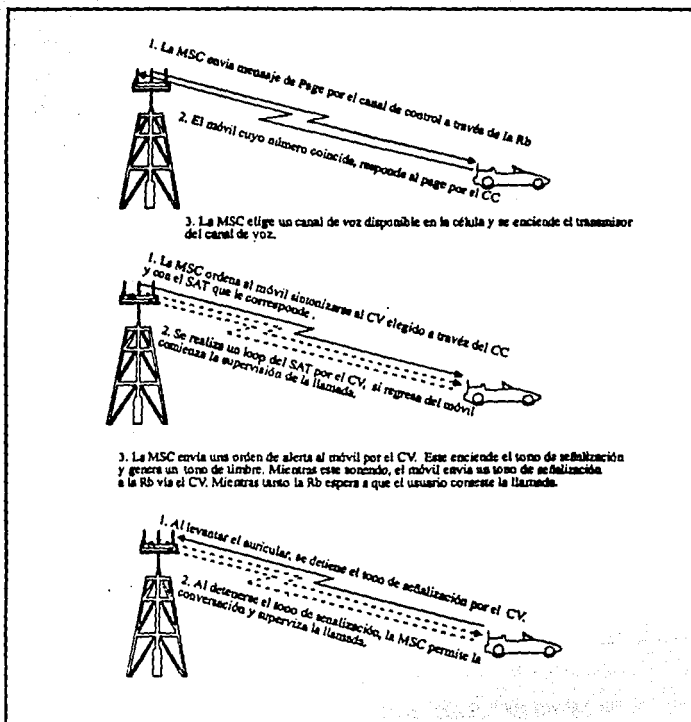


Figura I.3.3-1. Proceso de llamada a un móvil.

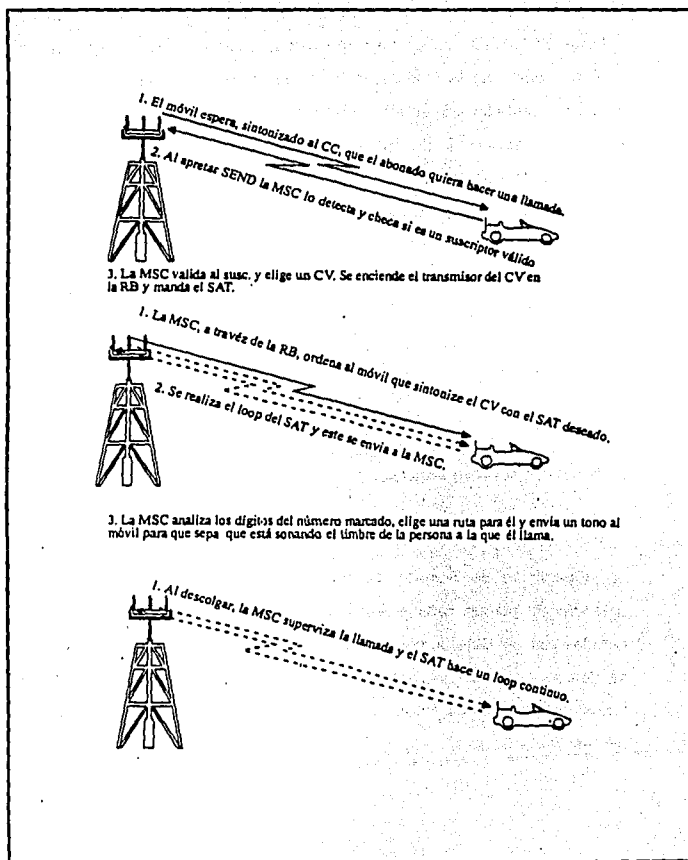


Figura 1.3.3-2. Proceso de llamada desde un móvil

Para originar una llamada el suscriptor móvil teclea el número deseado y oprime el botón de "SEND"; en este momento el teléfono se sintoniza instantáneamente con el canal de voz correcto ya que cuando no atiende una llamada, constantemente busca el mejor canal de control

Para ello el móvil envía una identificación denominada MIN2 la cual está asociada al número telefónico del suscriptor y el número de serie del teléfono. Esta información se revisa para su validación en la central; también se envía el número marcado.

A continuación, la radiobase elige un canal de voz y envía un tono de SAT como señal de confirmación. La llamada se enlaza y el tono de llamada de la Red Pública se recibe hasta que contestan; entonces la supervisión de la llamada comienza. Ver figura I.3.3-2

## **SUPERVISIÓN DE LLAMADA**

La supervisión de llamada se realiza mientras esta dure. Su calidad es determinada por un radio que muestrea la señal recibida de cada uno de los canales activos. Este proceso toma cerca de 50 milisegundos por canal. También se detecta la posible interferencia al muestrear constantemente la presencia de tonos de SAT de las Radiobases vecinas y , de ser necesario, se solicita el "Handoff"(Ver figura I.3.3-3)

## LLAMADA DE UN TELEFONO MOVIL A OTRO

El procedimiento para establecer una llamada entre móviles, es muy parecido a los descritos anteriormente donde se involucraba a una central telefónica externa, sólo que, en este caso, la central celular es la única encargada de completar la llamada.

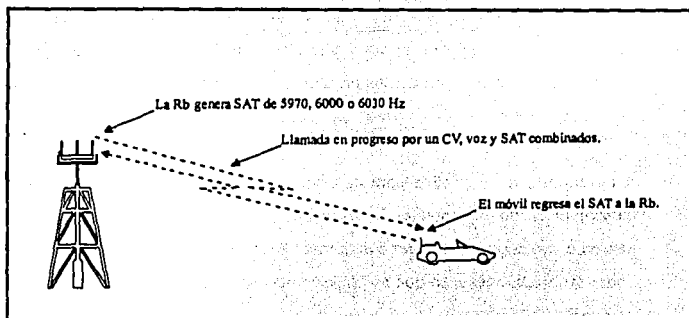


Figura 1.3.3-3 Proceso de Supervisión de llamada

La petición de llamada enviada por un móvil en una célula que llamaremos A, es enviada vía un canal de acceso o de control hasta el circuito de terminación; este circuito separa señales de control de salida (manejadas por un controlador), de las señales de voz (manejadas por la central. El circuito terminal envía la petición

de un canal al controlador, el cual examina el número de A(análisis para determinar las características del móvil que hace la llamada).

El controlador revisa lo siguiente:

- El que llama, ¿es un suscriptor local o un Roamer (pertenecer a una central en otra área geográfica ya sea ciudad ó país)?
- ¿Cuál es la categoría del que llama? (restricción de llamadas internacionales, de llamadas salientes, etc)
- ¿Existen algún tipo de facilidades?

Asumiendo que la llamada es legítima, se marca como BUSY (ocupada) para evitar conflictos con otras llamadas que pudieran ingresar en la conversación de A. La conversación de B (ó el número al que se llama) se analiza, por lo regular sólo los primeros tres ó cuatro dígitos para determinar la tasa de cobro, la longitud del número y la ruta.

La categoría B se analiza para determinar si la persona a la que llama es un suscriptor válido. A continuación se verifica si la línea B está libre, de estarlo, se marca como ocupada. Se llama al número B por medio de los canales de control a todas las Radiobases, ya que su posición aún no se conoce, por medio del circuito terminal.

Cuando B responde, se elige la célula más apropiada (el móvil B se encuentra monitoreando siempre el mejor canal de control). Se le asigna al Móvil B un canal de voz y se le indica que se sintonice a él. Una vez en la frecuencia del canal de voz envía la confirmación de ello por medio de los controladores.

De manera similar, se le asigna un canal de voz a A y el controlador le indica a la central que enlace los dos canales de voz.

La supervisión de llamada comienza a través del circuito terminal hasta el controlador, se evalúa la calidad de la llamada; se determina la relación señal a

ruido, la fuerza de la señal; se detecta la interferencia a través de la llamada y, de ser necesario, se realiza la petición de handoff con las células vecinas. Al mismo tiempo, el sistema monitorea las posibles señales de corte o fin de llamada de A ó de B con lo que se termina la conexión.

## **HANDOFFS**

Un Handoff es el proceso por el cual un móvil, al ir desplazándose, se sintoniza a varias radiobases sin que el usuario note durante la conversación, dichos cambios.

El Handoff se inicia cuando la señal, al ser monitoreada en la Radiobase por el receptor de nivel de señal, disminuye por debajo de cierta calidad. Esta calidad se puede juzgar simplemente por la fuerza de la señal ó también puede involucrar mediciones de señal a ruido S/N.

En la Radiobase de cualquier sistema, existe un receptor cuya función es buscar a todos los móviles dentro de su área de cobertura y monitorear la señal de cada uno.

El tiempo de búsqueda es usualmente de 50 milisegundos por canal. El receptor ó SRM puede ser un transreceptor normal ó un monitor dedicado. Una unidad dedicada es más barata que un transreceptor ya que no cuenta con una unidad de transmisión pero también requiere piezas de repuesto especiales. Cuando un móvil se juzga que está por debajo de cierto nivel (definido por un parámetro especial), el controlador en la Radiobase solicita al conmutador un intento de Handoff. El Conmutador pregunta entonces a cada uno de ellos que

busquen la frecuencia de transmisión del móvil y que reporten la fuerza de la señal (ó la S/N) que reciben. los parámetros obtenidos se comparan con aquellos que reportó la Radiobase; si son mejores (por lo regular en 3 dB), entonces se inicia el Handoff a un canal libre de la mejor candidata.

El móvil tiene un periodo de tiempo (50 ms aprox.) para reportarse en el nuevo canal. El SRM primero detecta una trayectoria de señal por debajo del promedio y entonces solicita el handoff al conmutador. Como el conmutador busca en su tabla a todas las vecinas a la célula que solicita el handoff, sólo se definen las vecinas más próximas en esa tabla para no consumir demasiado tiempo de procesador. Ver figuras 1.3.3-4 y 1.3.3-5

## **FORMATO DE SEÑALIZACION AMPS**

La señalización en el espacio libre se consigue enviando códigos binarios en flujo de bits llamados palabras. Una palabra enviada al móvil consiste de 28 bits; una palabra enviada por el móvil contiene 36 bits a los cuales se agregan 12 bits más para el código de detección de errores; por lo que se tienen palabras de 40 y 48 bits respectivamente. Por su seguridad cada palabra se repite cierto número de veces.

Una palabra comienza con puntos, un término usado para describir la señal enviada para sincronizar a los móviles. La puntuación se forma con los dígitos 1010..10. Estos van seguidos por una palabra de sincronía codificada como





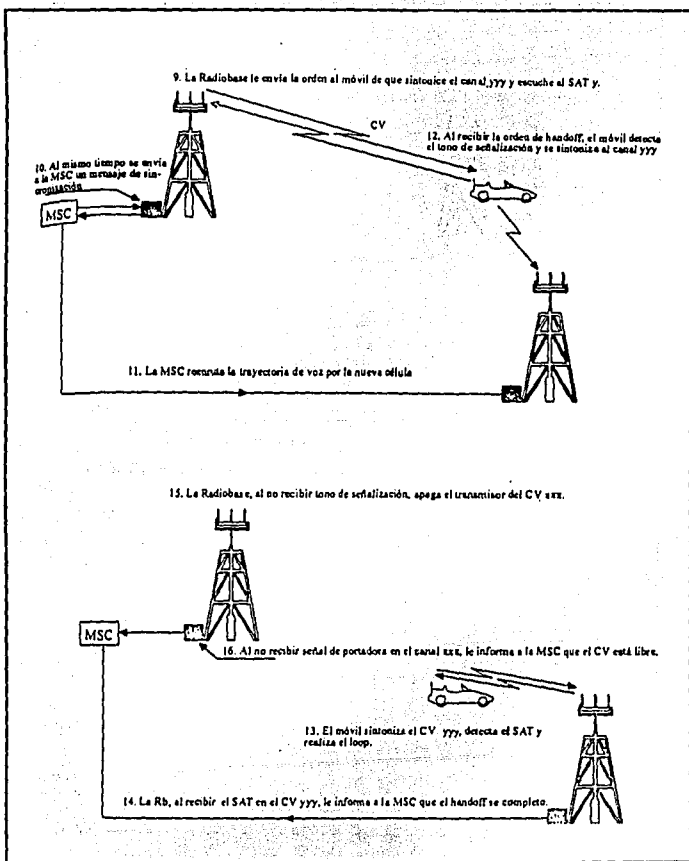


Figura 1.3.3-5. Finalización del Handoff

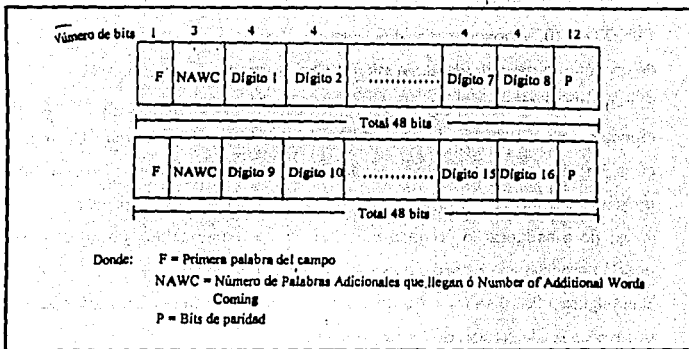


Figura 1.3.3-6 Formato del mensaje que origina el móvil

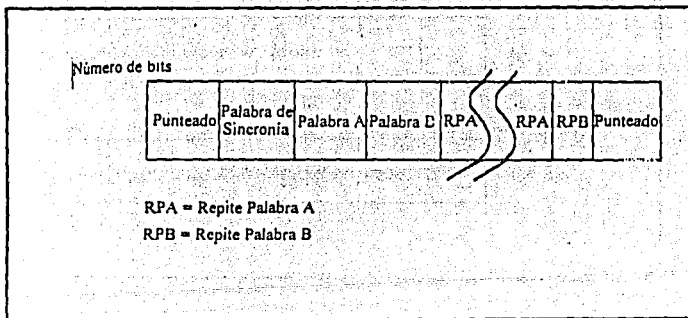


Figura 1.3.3-7. Formato general de un mensaje hacia un móvil.

11100010010, y después por dos palabras. un móvil puede solicitar la conexión de un número dado enviando la información mostrada en la figura 1.3.3-6

El mensaje es precedido por los puntos y la palabra de sincronización, después el mensaje es repetido cinco veces. Se toma un número de 16 dígitos. Un mensaje de la Radiobase hacia el móvil tiene la misma estructura. La forma de un mensaje en general tiene la forma siguiente (ver fig 1.3.3-7); la palabra se repite cinco veces para asegurar la correcta transferencia de información que de otra forma podría perderse en un medio congestionado de mensajes.

En la figura 1.3.3-8 se muestra una palabra típica enviada por una radiobase para el caso de la asignación de un canal de voz

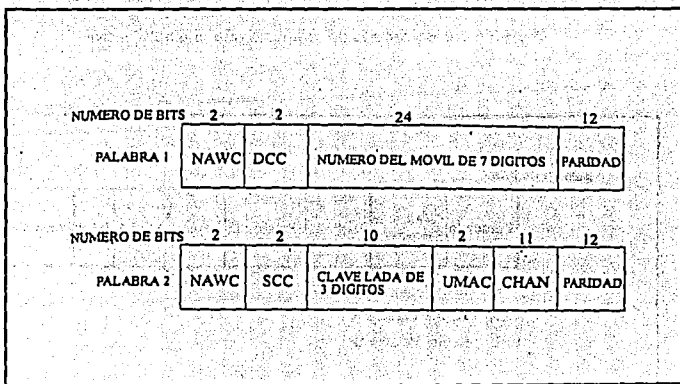


Figura 1.3.3-8 Mensaje típico hacia el móvil enviado por el canal de control

## PARAMETROS RELACIONADOS CON LA INTENSIDAD DE SEÑAL

Existen un cierto número de parámetros del sistema definidos por el usuario que determinan el desenvolvimiento de una Radiobase. La tabla siguiente muestra algunos de los parámetros más importantes del sistema y sus valores típicos.

INTENSIDAD DE SEÑAL	PARAMETRO
-72dBm	SSD=decremento de potencia en el móvil
-82dBm	SSI= Incremento de potencia en el móvil
-95dBm	SSH=Nivel para solicitud de Handoff
-110dBm	SSB=Nivel de bloqueo de canal

**Tabla I.3.3-1.** Parámetros del sistema y sus valores promedio.

Otros parámetros son el SSHY que fija la histéresis para un intento de handoff (por lo regular se toman 3dB, lo cual significa que la Radiobase candidata para recibir el Handoff debe recibir la señal 3 DB mejor antes de que el Handoff se realice), y el SUH, el cual determina el tiempo de supervisión para una llamada antes de que el handoff se declare como exitoso.

Muchos sistemas también miden la relación señal a ruido S/N; por ello usan el SNH que es el nivel señal a ruido con el que solicitan el Handoff (usualmente 25-30 dB) y el SNR que es el nivel por debajo del cual la llamada se interrumpe (por lo generales de 12-15 dB).

**Descripción de las partes que componen una Radiobase:**

- **Controlador o CT (Channel Tester)**
- **Transreceptores**
- **Combinadores y divisores de potencia**
- **Líneas de conducción entre antenas y equipo de radio (Feeders)**
- **Antenas**
- **Equipos de aire acondicionado**
- **Rectificadores y Baterías**

**Ver figura 1.3.3-9.**

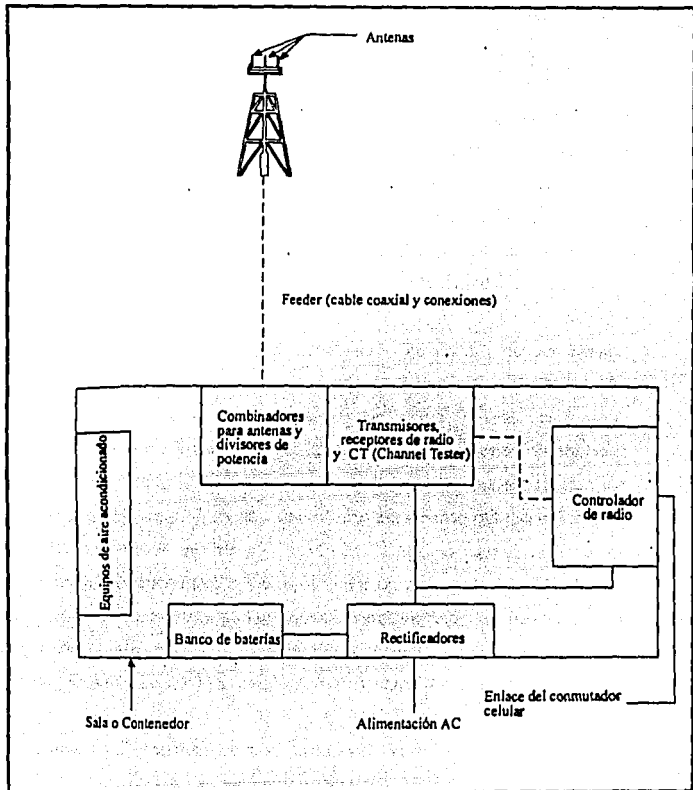


Figura 1.3.3-9 Diagrama de una Radiobase Típica.

### **I.3.4 ESTACION MOVIL**

El equipo que maneja el suscriptor celular se denomina estación móvil ó MS. Dicho equipo es un transreceptor capaz de ajustar su potencia de transmisión, sintonizarse a las frecuencias de transmisión ó recepción dentro de la banda reservada a telefonía celular y además responde a las señales de control ó también las que le son enviadas desde la Radiobase ya sea por medio del canal de control ó también las que se envía en los canales de voz (como parte del mensaje).

Las MS pueden dividirse en los siguientes tipos:

*Portátiles* ó de mano. Son de poco peso y tamaño, utilizan baterías que pueden durar hasta hora y media de conversación continua, no requieren equipo asociado. Pueden convertirse en teléfonos móviles adaptándose al encendedor del auto; con equipo adicional se pueden tener conversaciones a manos libres; también es posible conectarles una antena exterior para mejorar la calidad de la llamada en zonas de débil cobertura; también se les puede adaptar un amplificador o Booster para aumentar la potencia de transmisión hasta 3 Watts e inclusive existen adaptadores para equipos de FAX y/o computadoras portátiles.

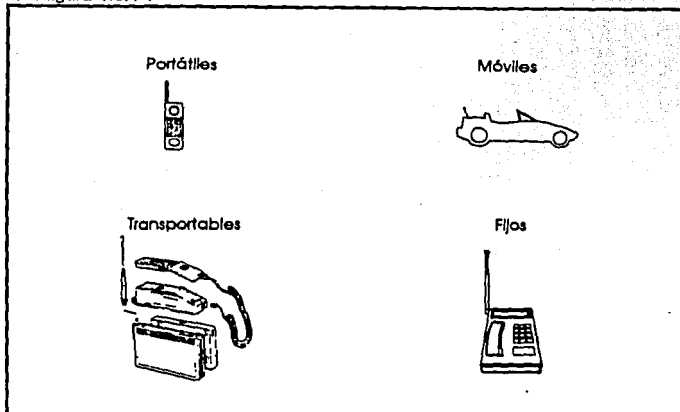
*-Transportables.* Son de tamaño de un maletín, se llevan en el hombro; poseen una batería externa de mayor tamaño para permitir un mayor tiempo de conversación.

*-Móviles.* Son los equipos instalados permanentemente en vehículos; se alimentan con la batería del auto y manejan potencias de 3 W.

*-Fijos.* Su uso es exclusivamente residencial por lo que es necesario conectarlos a la línea de 110 V para que puedan operar. Por lo general se utilizan en áreas donde no existe la red de telefonía convencional pero tienen cobertura celular. Se

pueden usar también como teléfonos públicos en áreas rurales, en trenes, barcos, etc. ,para lo cual la tarificación se envía a través de canal de voz.

Ver figura 1.3.4-1



**Figura 1.3.4-1** Tipos de Estaciones Móviles

La potencia de un MS es relativamente baja, ya que la radiobase es capaz de detectar señales débiles por medio de un sistema de diversidad. Dicha potencia puede variar desde 0.56 W como máximo, para el caso de los teléfonos portátiles, hasta 3 W en el caso de teléfonos móviles. Al encender el teléfono este envía una marca de clase para informar a la Radiobase su potencia máxima de salida. Esta a su vez le informa a la MS a que potencia debe ajustarse dependiendo del tamaño de la célula y de los reusos cercanos.



Durante la conversación, la potencia de salida cambia dependiendo de que tan cerca ó que tan lejos se encuentre el móvil; para ello la MS puede atenuar en siete pasos la potencia máxima de salida. ver tabla 1.3.4-1

Paso	Nivel de Atenuación
0	sin atenuación
1	4 dB
2	8 dB
3	12 dB
4	16 dB
5	20dB
6	24 dB
7	28 dB

**Tabla I.3.4-1 Pasos de atenuación utilizados por la MS**

La MS consta de las siguientes unidades:

-Unidad de operación. Esta controlada por un microprocesador y permite la implementación de funciones especiales a las cuales tiene acceso el usuario. Se encuentra incorporada en el auricular, contiene un teclado y una pantalla para interactuar con el usuario.

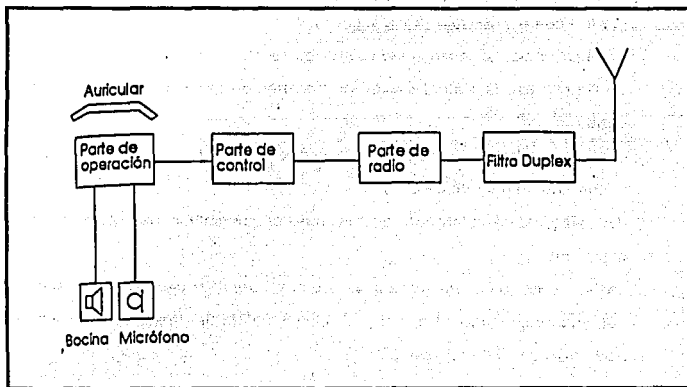
Unidad de Control. Trabaja con un segundo microprocesador y se encarga de realizar las siguientes funciones:

1. Señalización de datos

2. Control de la unidad de radio para elegir un canal , comenzar a transmitir, realizar loop para el SAT, etc.
3. Comunicarse con la unidad de operación por ejemplo, para remarcar el último número en memoria

-Unidad de radio. Se encuentra formada por un transmisor, un receptor y un amplificador parecidos a los que están en la Radiobase.

Filtro Duplex. permite la transmisión y recepción simultáneos a través de la misma antena.



**Figura I.3.4-2** Unidades Funcionales de la Estación Móvil

Para sintonizarse con el mejor canal de control la MS se sintoniza con el primer canal de control, mientras el receptor mide la calidad de la recepción, de no ser

buena la búsqueda continua en la siguiente CC hasta que termina con los 21 canales de control. Si ninguna es buena la MS despliega en la pantalla que no existe servicio celular en el área.

Antes de poder utilizar el servicio celular por primera vez, un teléfono celular debe de ser programado con la siguiente información:

-El MSNB ó número de identificación de la MS que consta de dos partes, la primera con los tres dígitos más significativos y la otra con 7 dígitos menos significativos.

El número de serie ya viene dado de fábrica y por ello no se puede alterar.

El tipo de sistema A ó B, en el que va operar.

-La marca de clase que indica la potencia máxima de transmisión y el tipo de MS. También indica si la MS puede sintonizarse en los canales de banda Extendida; de no ser así, la central elegirá primeramente alguno de los canales de dicha banda.

-La localización de los canales de control indicando, en frecuencia, donde se encuentran el primero de ellos.

-La categoría de la MS para que, en caso de congestión, permita ó no su acceso al sistema.

La MS contiene una memoria dinámica que puede ser cambiada, por el programa del microprocesador. En base al contenido de la memoria, se realizan las acciones de la MS, por ejemplo:

- Enviar número de serie.
- Enviar los últimos siete dígitos del MSNB
- Realizar registros periódicos
- La identificación del sistema y en los sistemas que manejan áreas de registro, la identificación de área.
- Utilizar una potencia inicial fija durante el acceso.

### **I.3.5 INTERCONEXION DE LA RED DE TELEFONIA CELULAR**

A pesar del crecimiento y la espectacularidad que experimentan los sistemas móviles de telecomunicaciones, el mercado no ha hecho más que empezar. El radioteléfono móvil, es nuevo logro que predice un importante futuro una vez superadas las barreras administrativas económicas o de otro tipo, que frenan su expansión, ya que tecnológicamente su desarrollo es muy importante y muy por arriba de la demanda del mercado.

La telefonía personal surgió en un principio como un nuevo servicio que hace posible dirigir llamadas a un suscriptor (abonado) asociado a cualquier terminación de la red telefónica (no a una prefijada de antemano), en virtud de la propia entidad del mismo, y sin requerir por parte del que llama conocimiento alguno acerca de la situación especial del llamado; la propia red es la encargada de la localización del mismo previa identificación en una determinada terminal, fija ó móvil, mediante la inserción de su clave ó código personal.

Por radiocomunicación se entiende la telecomunicación realizada por medio de las ondas radio eléctricas, que son ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio, y que técnicamente consiste en superponer la información que se desea transmitir sobre la misma. Radiación es el flujo saliente de energía de una fuente cualquiera en forma de onda electromagnética y emisión es la radiación de una estación transmisora radioeléctrica.

En el transmisor se genera la onda portadora que es modulada por la información; en el receptor se extrae ésta a partir de la señal recibida. Junto a estos dos elementos básicos se necesitan otros como "antenas" para acoplamiento de los equipos al medio de propagación. En los sistemas de radiocomunicación, la calidad de la comunicación viene limitada por la interferencia y por el ruido, que no siempre son posibles de evitar ya que la amplificación de la señal afecta a las señales útiles como a las que no lo son.

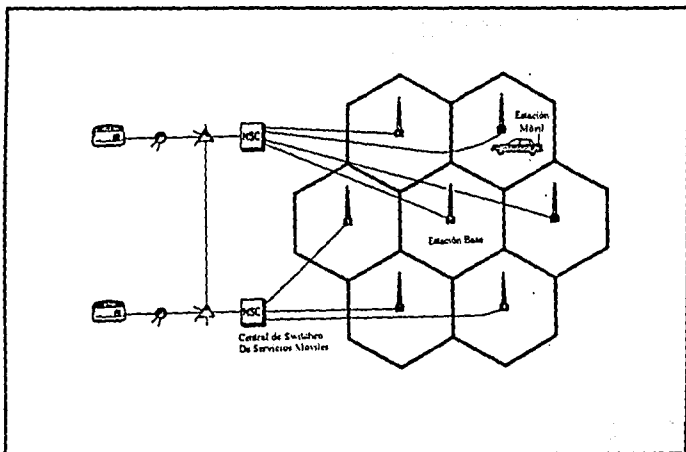


FIGURA I.3.5.1 Estructura de la Red Celular

Un aspecto importantísimo a contemplar al establecer un sistema de radio comunicación es la banda de frecuencias a utilizar ó banda asignada, que se define como la banda de frecuencias dentro del cual se autoriza la emisión de una estación determinada; la anchura de esta banda es igual a la anchura de la banda necesaria más el doble del valor absoluto de la tolerancia de la frecuencia. La frecuencia de la estación coincide con el centro de la banda asignada. Donde la clase de emisión es el conjunto de características que definen su emisión, tales como el tipo de modulación empleado, naturaleza de la señal portadora, potencia de la señal, tipo de modulación que se envía, aplicación a que se destina, etc.

La interconexión de la Red de Telefonía Celular consiste de una ó varias MSC, Radiobases y estaciones móviles. La red está diseñada modularmente por lo cual puede ser adaptada para la capacidad requerida adicionando centrales celulares y estaciones móviles, canales de radio y el equipo de transmisión necesario, la estructura de la red se muestra en la figura 1.3.5.1

La central celular constituye la interface de la red celular a la red de telefonía pública la cual puede ser local, de tránsito a diferentes niveles.

La interconexión entre troncales celulares es similar en la red de telefonía pública dado que básicamente se utiliza ésta. La interconexión con los sitios celulares está dada básicamente por la conexión de cables físicos o por enlaces de microondas en donde la duplicación de cualquiera de estos es necesaria para dar seguridad y exactitud. Esta trayectoria proporciona la comunicación de voz, ya que cada troncal está conectada físicamente a un radio de voz por lo cual el número de troncales se decide basado en el tráfico y en la probabilidad de bloqueo (grado de servicio requerido).

## **TELEFONIA MOVIL AUTOMATICA**

El establecimiento de redes móviles se inició ya hace unos pocos años, pero su uso se restringía a ciertos servicios de carácter público como el servicio de policía, bomberos, ambulancias, etc. Estas redes, de uso privado, no tenían conexión a la red de telefonía básica, por lo que cada entidad tenía que montar su propia infraestructura, posteriormente su uso se va extendiendo a otros servicios con lo que empieza a ser interesante y rentable disponer de una red amplia, con infraestructura común, que pueda dar servicio a flotas ó a todo el que lo requiera, en base a un estándar. Una red ó servicio de este tipo, cuyos usuarios son individuales, es lo que se denomina Telefonía Móvil Automática. o TMA.

En los sistemas avanzados de TMA es necesario manejar un gran número de suscriptores móviles dispersos en una amplia zona, esto supone abordar una serie de problemas técnicos y administrativos de control, localización, transmisión y facturación, y mantener al mismo tiempo una alta eficacia en la utilización del espectro radioeléctrico al mismo tiempo.

- Control: Conmutación automática de las comunicaciones y su continuidad, con selección automática de canales.
- Localización: Radiobúsqueda y localización de los móviles antes de proceder a establecer una comunicación.
- Transmisión: Selección automática de las estaciones para conseguir una calidad adecuada durante la comunicación.
- Facturación: En caso de movimiento por diversos países son necesarios acuerdos mutuos por transferir entre las diversas administraciones los costos que se producen.

Según la definición que del servicio móvil hace la Unión internacional de Telecomunicaciones , se puede considerar como una comunicación y estaciones terrestres, distinguiendo por medios terrestres exclusivamente o por satélite.

Servicio móvil terrestre: clasificado por la banda de frecuencias utilizada, el tipo de canal radio eléctrico (Simplex ó duplex) y el tipo de sistemas de control local ó remoto). Dentro de las bandas de VHF - 70 y 150 MHz y UHF - 450 y 900 MHz, donde los elementos que lo componen son:

- Estaciones base: Estación de radio fija explotada directamente desde la unidad de control situada en un punto de control, local o remoto, especificado.
- Estación de Control: Estación fija cuyas transmisiones se utilizan para controlar automáticamente las emisiones ó el funcionamiento de otra estación radiobase ó receptora en un emplazamiento especificado.
- Estación Repetidora: Estación fija que transmite las señales recibidas permitiendo una cobertura determinada del sistema.
- Estaciones Móviles Son estaciones de radio eléctricas previstas para su utilización en un vehículo en movimiento, debido a su portabilidad pueden ser también fuera del vehículo al que están asociadas.

Las bandas de frecuencias empleadas son las ya comentadas, y la modulación es en frecuencia ó en fase con una excursión de frecuencia en función de la amplitud de la banda, la cual a su vez depende de la separación entre los canales. Para estas bandas la distancia de cobertura, en terrenos no muy accidentados, coincide sensiblemente con el alcance óptico desde la antena transmisora, por lo que es conveniente, si se desea una gran cobertura, instalarlas en puntos elevados, y que además sea de una gran altura, una vez que se sobrepasa el límite de visión óptica aún es posible establecer una comunicación por difracción si la potencia del emisor es elevada por esta razón, puede ser posible algunas veces establecer una comunicación Radiobase-móvil y no al contrario, ya que la potencia de la estación móvil es mucho menor.



Superada la zona de alcance efectivo ya no es posible establecer una comunicación útil, pero sí en cambio se pueden producir interferencias con otras celdas. Por esta razón un juego de frecuencias sólo podrá ser utilizado en celdas que se encuentren fuera de estas zonas de interferencia no admisibles.

### **TELEFONIA MOVIL AUTOMATICA (TMA) CONEXION A LA RED PUBLICA.**

Este servicio puede ser considerado como una extensión del servicio básico telefónico, ya que su finalidad es proporcionar idénticos servicios al abonado que se encuentra desplazándose en su automóvil, mediante el teléfono instalado en sí mismo. Por consiguiente, el abonado TMA puede efectuar llamadas y recibir llamadas, desde su vehículo, a o desde cualquier abonado fijo o móvil, nacional o internacional dentro de la zona de cobertura y capacidad de tráfico, utilizando un número limitado de frecuencias, lo cual es posible sólo gracias al empleo de una estructura celular, la normalización es el paso más importante para conseguir una difusión lo más amplia nacional, intercontinental posible del sistema.

Los objetivos fundamentales que pretende este sistema son:

- Gran capacidad de suscriptores.
- Amplia zona de cobertura.
- Utilización eficiente del espectro.
- Calidad telefónica aceptable
- Conmutación automática de radio canales
- Capacidad de crecimiento.
- Costo adecuado al servicio.

El servicio TMA basado en el establecimiento de células múltiples y conocido popularmente como telefonía para autos, posee una serie de riesgos descriptivos que pueden formularse de la siguiente manera:

- Los teléfonos en vehículos enlazan vía radio con unas estaciones de radio (Estaciones base) emplazadas en lugares dominantes (Edificios de cierta altura, montañas, etc.) y espaciadas a lo largo y ancho del territorio al que se quiere ofrecer el servicio. Los teléfonos de vehículos se sintonizan automáticamente en cada momento a la estación base de la que están más cerca de modo que, al desplazarse, irán saltando de una a otra estación. Estas estaciones base están a su vez conectadas a la red telefónica convencional haciendo posible la comunicación entre vehículos y el resto de la red.
- Para ofrecer el servicio en una determinada región (nación, provincia, etc) habrá que instalar una cierta cantidad de estaciones base repartidas estratégicamente, de forma que el territorio en cuestión quede bien cubierto, dado que cuando un vehículo se mueve entre dos estaciones, se sintoniza a aquella de la que recibe mejor señal (dichas estaciones están transmitiendo continuamente una señal de referencia) cabe mencionar que cada estación mantiene con sus adyacentes un orden para establecer su área de influencia. El territorio puede dividirse en un conjunto de zonas de cobertura ó "celdas". De Ahí que se aluda a estas disposiciones como redes celulares.
- El número de estaciones necesario para cubrir un determinado territorio viene dado, no sólo por la extensión y circunstancias orográficas del mismo, sino también por el número de teléfonos de coche a atender. En efecto, el número de comunicaciones que una estación puede soportar simultáneamente no es limitado por lo que, en una porción del territorio se espera una densidad de vehículos más alta (por ejemplo, en áreas urbanas) será preciso establecer ahí un número mayor de estaciones a fin de que los vehículos se repartan entre ellas.

- Los sistemas TMA saben seguir a los vehículos dentro de la red. Es decir tienen información puntual sobre la posición aproximada de los vehículos dentro del territorio atendido de modo que, cuando alguien hace una llamada a un móvil, conocen en cada momento hacia qué estación base deben dirigirla para establecer la comunicación con el vehículo.
- Esta capacidad de seguimiento de la posición de los vehículos puede ser aludida bajo la denominación de Roaming (Visitante) ello da la posibilidad al usuario de moverse a voluntad por la red. Además, facilita la facturación en un punto único, independientemente del punto en el que se haya originado-recibido la llamada, ya que esta información se almacena en una base de datos para su posterior tratamiento, existiendo, por ejemplo en los sistemas dos tipos de registros, el denominado HLR (Home Location Register) y el VLR(Visitor Location Register).
- Al ir orientados al servicio de vehículos que , como los automóviles, pueden recorrer grandes distancias (varios centenares e incluso miles de Km), estos sistemas deben de ser capaces de cubrir posiciones de territorio realmente extensas, garantizando para el móvil la posibilidad de comunicarse en cualquier punto del mismo siempre y cuando se halle dentro del área de servicio que se afirme atender. En este sentido se dice que son sistemas de cobertura continua, que deben procurar no dejar fuera de cobertura ninguna porción de la zona en la que se ofrezca servicio por difícil que resulte su orografía. Es preciso conjugar a este respecto dos circunstancias que tienen a contraponerse; la amplitud de las áreas a cubrir aconseja una parcelación en celdas lo más amplias posible. (Siempre teniendo en cuenta la necesidad de dar un grado de servicio adecuado a la densidad de móviles predecible en esa porción del territorio) a fin de reducir las inversiones en infraestructura. Pero al

mismo tiempo, no pueden olvidarse las exigencias de continuidad de cobertura, lo que a veces lleva a células más reducidas.

- Si un vehículo en comunicación está viajando es posible que dicha comunicación pase de la zona de influencia de una estación a la de otra es decir, que cambie de celda con lo que, en principio, la llamada podría perderse o, en cualquier caso, la calidad de la señal de radio se degradaría. Los sistemas celulares de TMA prevén a este respecto un mecanismo automático de traspaso de la comunicación de una a otra estación base considerando los problemas anteriormente mencionados. También aquí es frecuente el empleo de la expresión "Hand off" para aludir a esta facilidad, esta expresión que podría traducirse como "traspaso de llamadas entre celdas".

## CAPITULO II

---

# **ANALISIS Y EVALUACION DEL SISTEMA ACTUAL**

## **II. ANALISIS Y EVALUACION DEL SISTEMA ACTUAL**

### **INTRODUCCION**

En los párrafos siguientes describiremos la red prototipo de un sistema de telefonía celular, en dónde se explicará cada una de las partes que integran la misma y su interacción entre cada una de ellas.

En esta exposición se mostrarán los servicios que son inherentes a la prestación del servicio celular.

Los servicios de voz son proporcionados tanto a los usuarios celulares como a la empresa, mientras que los servicios de datos son solo de uso interno y exclusivo de la empresa para llevar a cabo la prestación del servicio celular.

Como se explicó en el capítulo anterior, un sistema celular se compone de MSC's, radiases y móviles, este modelo se muestra en la figura II.1-1.

La figura II.1-1 representa un esquema básico de un sistema de telefonía celular, sin embargo en un caso real la empresa deberá tener varios MSC's distribuidos en las ciudades más importantes del país para poder proporcionar una cobertura a nivel nacional. Por lo tanto, si distribuimos varios MSC's a lo largo del país, se genera la necesidad de interconectarse entre sí con el objeto de llevar a cabo el servicio de voz de un abonado de una central a otra, así como la transferencia de datos entre estas para el servicio de viajero.

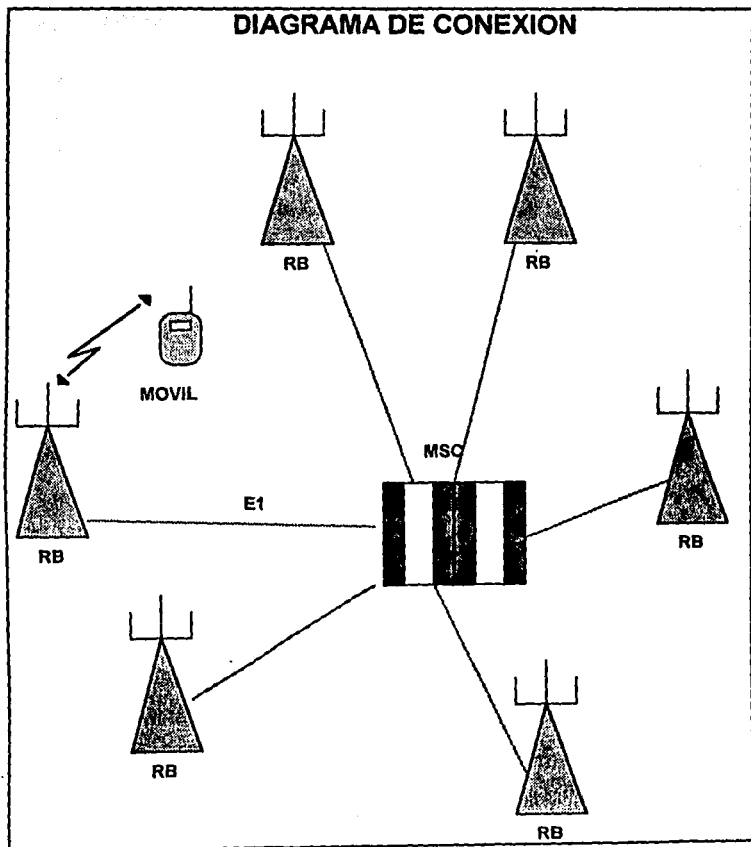


FIGURA II.1-1. Esquema básico de un sistema de telefonía celular.

## II.1 SERVICIO DE VOZ

La conexión de voz entre centrales celulares se realiza en conjunto con los Centros Automáticos de Larga Distancia (CALD) y las Centrales Locales de la Red de Telefonía Pública Conmutada (RTPC).

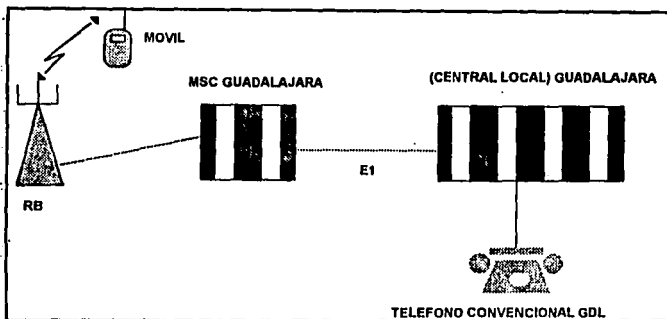


Figura II.1-2. Diagrama de conexión entre celulares.

En la figura II.1-2 se muestra el diagrama de conexión entre centrales celulares, y centrales locales de la RTPC, como se puede observar mediante estas conexiones es posible que un abonado celular pueda comunicarse con un abonado de la RTPC ya que existe una trayectoria para la comunicación de voz, este diagrama es sólo aplicable en caso de llamadas locales, es decir llamadas cuyo origen y destino este dentro de la misma ciudad. La conexión difiere para una llamada de larga distancia.



Para el caso de una llamada entre centrales celulares de ciudades geográficamente distantes, por ejemplo Guadalajara-Monterrey, se considera a esta una llamada de larga distancia, por lo tanto el enlace de comunicación entre centrales celulares no es directo, si no que es llevado a Centros Automáticos de Larga Distancia de la RTPC para que estas comuniquen a las dos centrales celulares en cuestión. Esto se ilustra en la figura II.1-3.

La estructura de las Centrales Telefónicas de la RTPC está jerarquizada debido a que todas las centrales del país no pueden tener enlaces directos entre sí porque no es práctico ni económico para la RTPC, por lo tanto los enlaces son a través de centrales superiores (tales como los CALD) que concentran las líneas por niveles, a este tipo de estructura se le denomina red jerárquica.

Una red jerárquica es un sistema que agrupa bajo una estructura de más de dos niveles prioritarios las centrales que componen la red telefónica. Cualquier categoría puede realizar funciones de otras inferiores si así es requerido.

Para el caso de una Centro Automático de Larga Distancia esta es una central de jerarquía superior, teniendo como función principal cursar tráfico originado y terminado en centrales subordinadas a ella, las cuales pueden ser centrales locales u otros CALD's, de ahí que no haya ningún abonado este conectado a ella.

Este tipo de centrales llevarán todo el tráfico telefónico de larga distancia que se genere en las centrales celulares conectadas a esta.

Las MSC's cuentan con dispositivos que sirven para interconectar troncales entre ellas, ó con otra central de la RTPC ó CALD, denominados módulo de troncal digital. Cuando nos referimos a una troncal, nos referimos al enlace de comunicación entre dos centros de interconexión. Los módulos de troncal son la interface entre el medio y la central celular, estos circuitos pueden ser del tipo

analógico ó digital, siendo más común para nuestro caso en análisis este último. Estos dispositivos digitales utilizan enlaces norma G.703, es decir enlaces de 2.048 Mbps (E1). La información de señalización se extrae del tren de bits PCM en la interface digital y se aplica al elemento de control terminal para ser analizada.

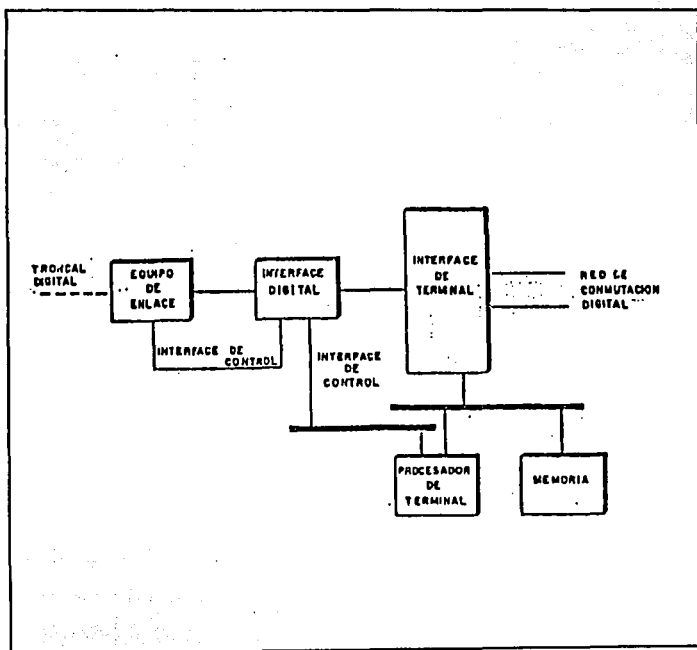


Figura II.1-3 Módulo Troncal Digital de una Central Telefónica.

La información saliente de señalización del elemento de control terminal es insertada en la corriente saliente de bits. En la Figura II.1-3 se muestra el diagrama de bloque de este tipo de dispositivo.

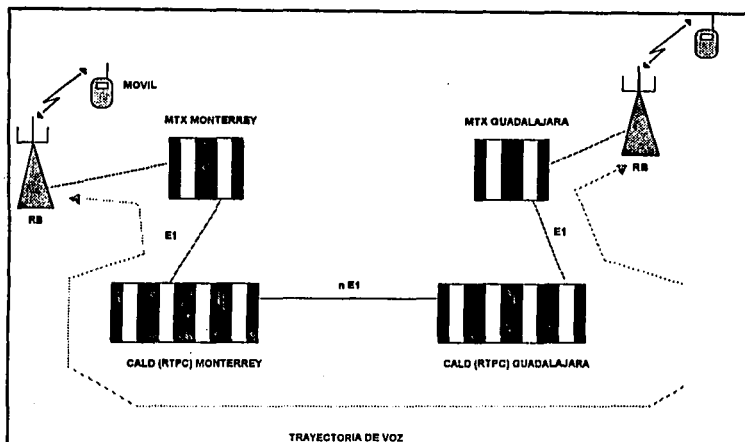


Figura II.1-4. Conexión de los MSC con los CALD

El enlace de 2.048 Mbps proporciona 32 canales de 64 Kbps de los cuales 30 se utilizan para voz y los dos restantes uno para sincronía y otro para señalización para el caso de CAS (señalización por canal asociado) y para CCS (señalización por canal común) utiliza sólo un canal para la sincronía y los restantes para voz.

Aparentemente para las centrales celulares el enlace de 2.048 Mbps es directo y transparente, pero en la realidad este pasa por varios centros de larga distancia, así como de centros de interconexión de la RTPC.

La trama E1 comunica a las centrales, celulares utilizándose en el tráfico entre ciudades, por ejemplo si un abonado celular realiza una llamada de Monterrey a Guadalajara, el proceso que se llevará a cabo será el siguiente : primero el móvil se conectará a la MSC propia, en este ejemplo será Monterrey, a través de la radiobase, la MSC analizará el número y establecerá la llamada por medio del CALD tanto de Monterrey como de Guadalajara, el CALD de Guadalajara hará un llamado a la MSC Guadalajara y establecerá la conexión de voz entre estas dos ciudades a través de las centrales de larga distancia de la RTPC, con este proceso se logra la comunicación de un móvil de Monterrey con otro de Guadalajara.

### **Viajero (Voz)**

Para lograr un servicio celular para una abonado fuera de su área de cobertura, se utilizará un canal denominado canal viajero, el cual es establecido a través líneas privadas a 9600 bps arrendadas a la RTPC.

El concepto de viajero es el siguiente :

Todo abonado celular está suscrito a una MSC, dónde se almacenan los datos referidos a este, es decir su categoría la cual define las facilidades del abonado tales como : autorización para llamadas de larga distancia, llamada en espera, conferencia tripartita, etc...

### **SERVICIOS Y FACILIDADES DE ABONADO**

Una de las demandas más importantes en un sistema celular es que los abonados, sin importar los movimientos en la red, puedan experimentar el servicio de telefonía móvil sin restricciones, comparado con el servicio RTPC ordinario. El abonado móvil podría entonces ser capaz de usar su teléfono de igual manera que el teléfono ordinario, ambos considerando el procedimiento de llamada así como la reconsideración del acceso a los *servicios de abonado*.

Los servicios de abonado están implementados en el software del MSC. Esos servicios son, con excepciones menores, los mismos que en las aplicaciones para abonados RTPC ordinarios.

Algunos servicios también están implementados en las estaciones móviles y son llamados *facilidades de abonado*.

## **SERVICIOS DE ABONADO**

Los servicios de abonado disponibles son :

- Desviación de llamada, Al habilitar llamadas a un abonado móvil serán automáticamente desviadas por el MSC a otro número. Este número también puede ser fijado y asignado a el abonado por la administración ( por comando en MSC) o este puede ser activado por el abonado (pulsando el código de servicio + el número) y cambiarlo en cualquier momento.

- Desviación de llamada en estado ocupado, la desviación de llamada solo tomara lugar cuando el abonado móvil está ocupado.

- Desviación de llamada cuando no contesta. Esta desviación toma lugar sólo cuando el abonado móvil no contesta la llamada en un tiempo definido. De inmediato la transferencia de llamada toma lugar cuando la estación no está activa.

- Servicio de abonado ausente, es parecido al anterior pero la llamada es direccionada a un operador o a una máquina anunciadora. Este puede ser activado también por el abonado o por la administración.

- No molestar, es como el servicio de abonado ausente.

- Exclusión de llamada saliente, previniendo el uso sin autorización de la estación móvil. Esto puede ser activado también por el abonado o por la administración.

- Llamada en espera, indicando con un tono que otra llamada entrante está esperando. La llamada en espera puede ser activada también por el abonado o por la administración.

- Llamada en conferencia, para conversación telefónica tripartita. Este puede ser controlado por el abonado móvil.

- Rastreo de llamada maliciosa, para el rastreo automático en MSC de los datos acerca del abonado llamante a el abonado móvil.

## **FACILIDADES DE ABONADO**

Las facilidades de abonado están usualmente implementadas en las estaciones móviles; éstas pueden sin embargo, variar a algunas extensiones dependiendo del hecho de que las estaciones móviles son suministradas por diferentes proveedores. A continuación se presenta una lista de las facilidades más comunes:

- Marcación en el microteléfono, marcación y microteléfono en una simple unidad.

- Display de cristal líquido, el display claro con el mínimo consumo de energía.

- Presentación de los dígitos marcados.

- Marcación sin descolgar, dejando el aparato en su lugar hasta que el abonado llamado conteste.

- Velocidad de marcación, almacenaje conveniente y rellamada instantánea de hasta los 30 números marcados más frecuentemente.

- Remarcación del último número, repetición del último número mediante una tecla especial.

- Candado electrónico (código de 4 dígitos) previene la realización de llamadas sin autorización.

- Indicador de llamada recibida, indica que el abonado ha sido llamado mientras estaba lejos del vehículo.

- Conexión de la terminal de datos con el acceso al sistema de datos vía la RTPC.

- Alerta, se activa una alarma externa en el vehículo cuando el abonado es llamado.

- Operación a manos libres, la conversación se realiza sin tomar el microteléfono.

Esta categoría es válida para el abonado dentro de la propia área de cobertura de la MSC a la que está suscrito ó MSC de casa. Cuando el abonado se encuentra en otra zona de cobertura que no es su propia MSC, se le conoce como abonado viajero.



El abonado viajero podrá efectuar llamadas sólo si se ha transferido su categoría en la MSC de visita, esta transferencia se lleva a cabo mediante un enlace analógico a través de líneas privadas entre centrales. A este canal se le denomina "canal de viajero" y tiene un ancho de banda de 9600 bps. A través de este canal se hace la transferencia de registros entre las MSC.

Para el enrutamiento de llamadas (en la red celular y algunas veces en la RTPC) de un abonado viajero, se emplea un número especial denominado número viajero (RN).

Cuando se detecta a un abonado visitante, se toma un RN y se le asigna al número de estación móvil del visitante (durante su presencia). Las llamadas de los viajeros se manejan en la misma forma que las llamadas de los propios abonados.

El proceso de señalización viajero se describe a continuación :

- 1) El MSC visitante detecta a un abonado que no es propio mediante el intento del móvil al marcar o por la sola presencia de este a través del reporte de su registro.
- 2) La MSC visitante reconoce al móvil como viajero ya que no lo encuentra dentro de sus registros.
- 3) La MSC visitante proporciona al viajero un número temporal (número viajero) con la activación de la categoría de abonado estándar.
- 4) El MSC visitante determina mediante su registro la MSC de casa a la que pertenece el viajero. Mediante el enlace entre centrales la MSC visitante se

comunica con la MSC de casa indicándole que en su área de servicio se encuentra un abonado de esta.

5) El MSC de casa encuentra el registro del abonado, actualiza su posición y asigna la categoría de abonado correspondiente.

6) El mensaje de señal viajero es enviado por la MSC devuelta a la MSC visitante, el cual contiene entre otras cosas las propias categorías del abonado.

7) Las categorías son actualizadas en el MSC visitante.

Este proceso se ilustra en la figura II.1-5.

Cuando el abonado viajero se traslada a otra área de servicio, el MSC visitante enviará un mensaje a la MSC de casa reportando que ese abonado no se encuentra dentro de su área de cobertura. Los datos son removidos del registro de visitante (bloque MSC visitante) y el número viajero se libera para ser otorgado a un nuevo visitante.

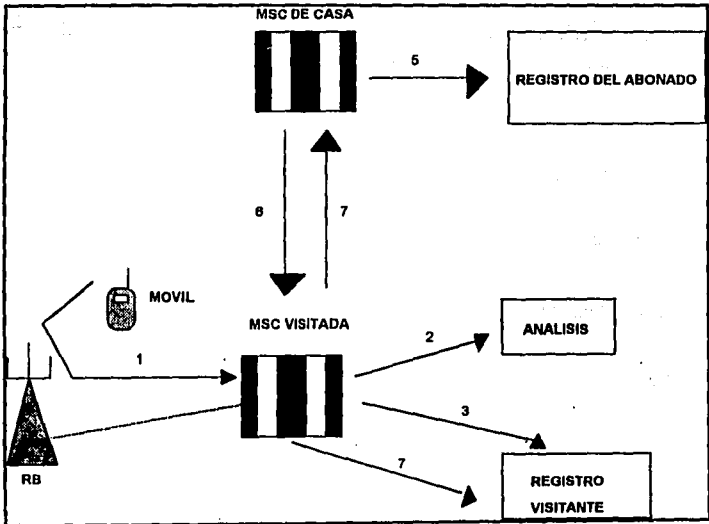


Figura II.1-5. Señalización viajero

## II.1.1 ESTADISTICAS DE TRAFICO DE MSC Y PBX

Nuestro sistema esta compuesto por los siguientes elementos a nivel conmutación: MSC's y PBX's. Existe un MSC considerado como principal, ya que se encuentra ubicado en la ciudad más importante de la región, un MSC secundario localizado en una ciudad de menor importancia y por último los conmutadores ó PBX (private branch exchange) de las oficinas correspondientes a cada una de estas ciudades.

Los MSC's y los PBX poseen rutas definidas, es decir troncales que están asociadas a un nemónico que ayudará para su identificación y relación con datos importantes, para la comunicación de voz, ya sea de llamadas locales ó llamadas de larga distancia. Los rutas del tipo MSC-RTPC son rutas en donde se cruza tráfico de llamadas locales, en cambio la ruta del tipo MSC-CALD cursa tráfico de llamadas de larga distancia. Esto quiere decir que si un abonado celular desea llamar a un abonado de la telefonía fija, el MSC lo conectará a través de estas rutas y viceversa para el establecimiento de la llamada. De la misma forma si un abonado celular desea hacer una llamada de larga distancia, la MSC se hará cargo de hacer la conexión correspondiente, pero ahora a través de los enlaces hacia los CALD.

Como se había explicado anteriormente la conexión entre CALD y RTPC se hace a través de enlaces digitales de 2.048 Mbps.

Mediante el software apropiado se realiza la recolección de información vital de las centrales y los conmutadores para su posterior procesamiento y análisis. En la tabla II.2-1 y II.2-2 se muestra el tráfico en la interconexión MSC-CALD, MSC-RTPC, PBX-CALD y PBX-RTPC de las centrales celulares y los conmutadores de las oficinas de una región, esta estadísticas son tomadas por las centrales y los

pbx para su monitoreo y con ello poder llevar un control y planeación del tráfico cursante.

La primera columna se refiere a la ciudad de la cual se esta hablando, la segunda es el nemónico de la ruta, que representa la clave que tiene la central celular para identificar el enlace digital, ya sea ruta hacia L.D. ó hacia RTPC. El campo consecuente se refiere si la ruta es de entrada ó salida , seguido el número de canales ó dispositivos (E0) que se poseen en este enlace. El campo "Capacidad Erlangs" muestra la capacidad que se tiene con esa cantidad de dispositivos con una probabilidad de bloqueo de .01%, la cual se tomó como estándar de calidad para rutas de este tipo. Este parámetro nos define que calidad de servicio se obtiene cuando un usuario desea hacer uso del celular.

Tráfico (Erlangs) es el dato real de tráfico que se cursa en esa ruta en promedio. Porcentaje de ocupación es la relación entre la Capacidad y el Tráfico real cursado en esa ruta , esto significa que tanto por ciento del enlace esta ocupado. La columna de distribución de tráfico muestra el porcentaje que tiene el tráfico de larga distancia vs tráfico local.

Las gráficas II.1-6 a II.1-11 siguientes muestran la información del tráfico de las MSC y los PBX de las tablas II.1-1 y II.1-2 donde se representa el porcentaje del tráfico entrante vs tráfico saliente y el tráfico hacia la red pública vs el tráfico de larga distancia. Las tablas II.1-3 y II.1-4 muestran el resumen de las estadísticas del porcentaje de ocupación y porcentaje de distribución de tráfico de cada uno de los MSC y PBX del país. Se observa que existen características similares para las centrales y los PBX . En las gráficas II.1-12 y II.1-13 se muestran el porcentaje de ocupación de las rutas de tráfico de llamadas de larga distancia de las ciudades más importantes donde se tiene MSC y PBX. Se observa que existe un porcentaje de ocupación alto en llamadas de larga distancia en el PBX; sin embargo hay que

tomar en cuenta que se tiene un bajo número de dispositivos. Para el caso de las MSC el porcentaje de ocupación no es muy alto, lo cual significa que esos enlaces están subutilizados.

Por último se muestran en las gráficas II.1-14 y II.1-15 la evolución del tráfico en las rutas de larga distancia de los MSC y los PBX en años anteriores, en estas se observa un crecimiento acelerado en los primeros años, pero después de cierto periodo se observa una estabilización.

Las estadísticas de tráfico son un aspecto fundamental para cualquier sistema telefónico, en base a estas se hace el dimensionamiento y la planeación de la planta telefónica- Mediante estos datos es posible conocer las capacidades de los MSC y los PBX y hacer predicciones del futuro crecimiento.

Fecha de muestreo: 950102-950106 Enero

**TRAFICO EN LA INTERCONEXION: MSC - RTPC, MSC-CALD**

**MSC MONTERREY**

Población	Descripción de las Rutas	Clave de las Rutas	Tipo de Ruta	No. de Dispositivos	Capacidad Erlangs	Tráfico Erlangs	% de Ocupación	Distribución Tráfico
-----------	--------------------------	--------------------	--------------	---------------------	-------------------	-----------------	----------------	----------------------

MONTERREY	CALD_MITRAS	LDMITI	I	15	6.08	1.15	19%	38%
MONTERREY	CALD_MITRAS	LDMITO	O	15	6.08	4.68	77%	47%

MONTERREY	TD_MTY	TDMTYI	I	15	6.08	1.85	30%	62%
MONTERREY	TD_MTY	TDMTYO	O	15	6.08	5.18	85%	53%

<b>TOTALES</b>	<b>60</b>	<b>24.32</b>	<b>66.5</b>
----------------	-----------	--------------	-------------

Distribución del Tráfico Monterrey

Entrante:	3	23% Erlangs
Saliente:	9.86	77% Erlangs
Total	12.86 Erl.	

**MSC MONCLOVA**

MONCLOVA	CALD_MONCL	LDMONCI	I	15	6.08	0.86	14%	34%
MONCLOVA	CALD_MONCL	LDMONCO	O	15	6.08	3.56	59%	45%

MONCLOVA	TANDEM_MON	RTPMONI	I	15	6.08	1.66	27%	66%
MONCLOVA	TANDEM_MON	RTPMONO	O	15	6.08	4.41	73%	55%

<b>TOTALES</b>	<b>60</b>	<b>24.32</b>	<b>10.49</b>
----------------	-----------	--------------	--------------

Distribución del Tráfico Monclova

Entrante:	2.52	24% Erlangs
Saliente:	7.97	76% Erlangs
Total	10.49 Erl.	

**TABLA II.1-1**

**TRAFICO EN LA INTERCONEXION: PBX - RTPC, MSC-CALD  
PBX MONTERREY**

Población	Descripción de las Rutas	Clave de las Rutas	Tipo de Ruta	No. de Dispositivos	Capacidad Erlangs	Tráfico Erlangs	% de Ocupación	Distribución Tráfico
-----------	--------------------------	--------------------	--------------	---------------------	-------------------	-----------------	----------------	----------------------

MONTERREY	CALD_MITRAS	LDMITI	I	5	0.762	0.36	47%	25%
MONTERREY	CALD_MITRAS	LDMITO	O	5	0.762	0.63	83%	23%

MONTERREY	TD_MTY	TDMTYI	I	10	3.09	1.09	35%	75%
MONTERREY	TD_MTY	TDMTYO	O	10	3.09	2.09	68%	77%

<b>TOTALES</b>	<b>30</b>	<b>7.704</b>	<b>66.5</b>
----------------	-----------	--------------	-------------

**Distribución del Tráfico Monterrey**

Entrante:	1.45	35% Erlangs
Saliente:	2.72	65% Erlangs
Total	4.17 Erl.	

**PBX MONCLOVA.**

MONCLOVA	CALD_MONCL	LDMONCI	I	5	0.762	0.25	33%	35%
MONCLOVA	CALD_MONCL	LDMONCO	O	5	0.762	0.48	63%	42%

MONCLOVA	TANDEM_MON	RTPMONI	I	5	0.762	0.46	60%	65%
MONCLOVA	TANDEM_MON	RTPMONO	O	5	0.762	0.65	85%	58%

<b>TOTALES</b>	<b>20</b>	<b>3.048</b>	<b>1.84</b>
----------------	-----------	--------------	-------------

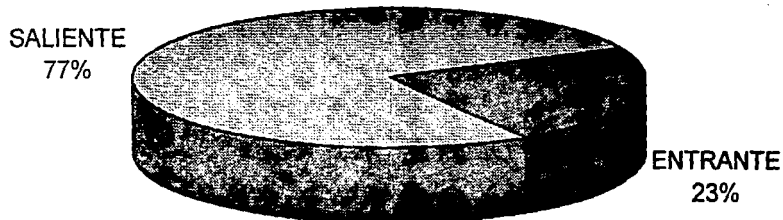
**Distribución del Tráfico Monclova**

Entrante:	0.71	39% Erlangs
Saliente:	1.13	61% Erlangs
Total	1.84 Erl.	

**TABLA II.1-2**



**DISTRIBUCION DEL TRAFICO TOTAL  
EN LA INTERCONEXION MSC-RTPC  
MONTERREY**

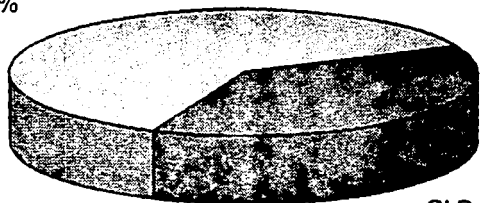


443

**GRAFICA II.1-6**

**DISTRIBUCION DEL TRAFICO ENTRANTE  
EN LA INTERCONEXION MSC-RTPC  
MONTERREY**

**TDEM\_MTY**  
62%



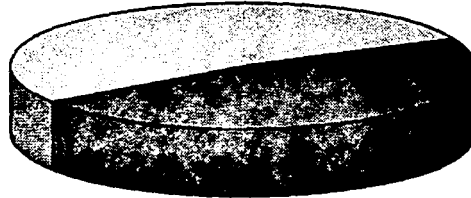
**CLD\_MITRAS**  
38%

444

**GRAFICA II.1-7**

**DISTRIBUCION DEL TRAFICO SALIENTE  
EN LA INTERCONEXION MSC-RTPC  
MONTERREY**

TDEM\_MTY  
53%



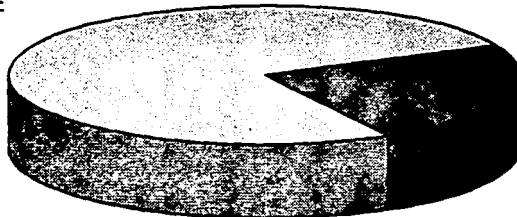
CLD\_MITRAS  
47%

445

GRAFICA II.1-8

**DISTRIBUCION DEL TRAFICO TOTAL  
EN LA INTERCONEXION MSC-RTPC  
MONCLOVA**

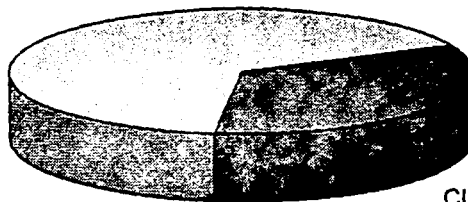
**SALIENTE**  
76%



**ENTRANTE**  
24%

DISTRIBUCION DEL TRAFICO ENTRANTE  
EN LA INTERCONEXION MSC-RTPC  
MONCLOVA

TDEM\_MONC  
66%



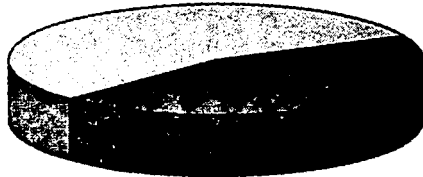
CLD\_MONCL  
34%

447

GRAFICA II.1-10

**DISTRIBUCION DEL TRAFICO SALIENTE  
EN LA INTERCONEXION MSC-RTPC  
MONCLOVA**

TDEM\_MONC  
55%



CLD\_MONCL  
45%

448

GRAFICA II.1-11

# MSC

Región	Nodo	% DE OCUPACION				DISTRIBUCION DEL TRAFICO			
		ENTRANTE		SALIENTE		ENTRANTE		SALIENTE	
		CALD	RTPC	CALD	RTPC	CALD	RTPC	CALD	RTPC
4	Monterrey	19%	30%	77%	85%	38%	62%	47%	53%
	Monclova	14%	27%	59%	73%	34%	66%	45%	55%
5	Guadalajara	16%	26%	75%	78%	35%	65%	32%	68%
	La Piedad	11%	23%	54%	71%	39%	61%	27%	73%
7	Puebla	14%	25%	70%	79%	32%	68%	26%	74%
	Oaxaca	9%	18%	51%	54%	44%	56%	42%	58%
8	Mérida	18%	22%	68%	67%	30%	70%	24%	76%
	Campeche	8%	12%	34%	34%	33%	67%	35%	65%
9	México	32%	35%	79%	86%	28%	72%	49%	51%
<b>Promedio</b>		<b>16%</b>	<b>24%</b>	<b>63%</b>	<b>70%</b>	<b>35%</b>	<b>65%</b>	<b>36%</b>	<b>64%</b>

TABLA II.1-3

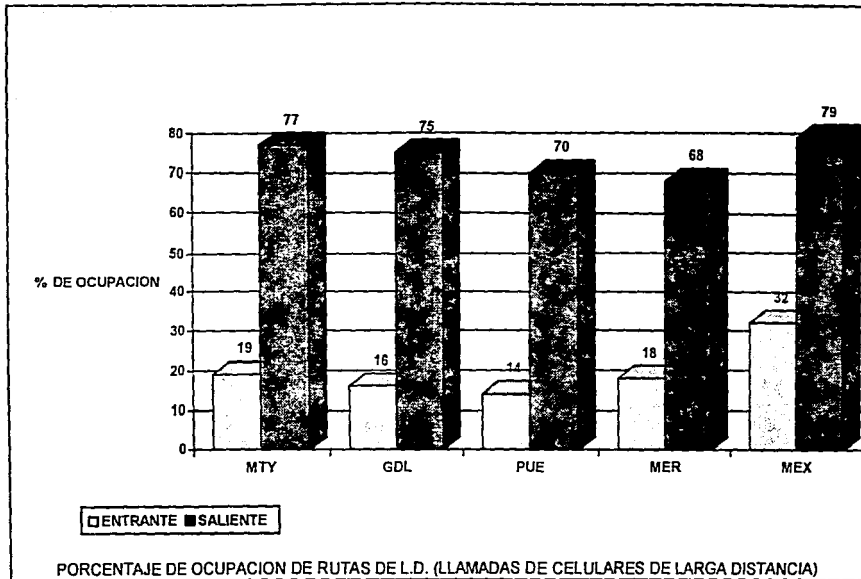
# PBX

450

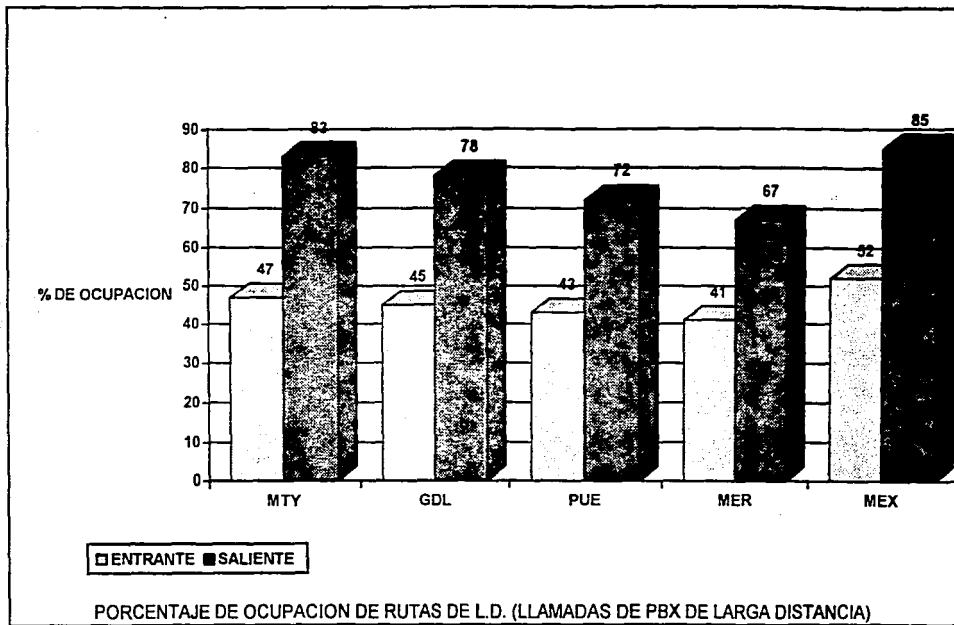
Región	Nodo	% DE OCUPACION				DISTRIBUCION DEL TRAFICO			
		ENTRANTE		SALIENTE		ENTRANTE		SALIENTE	
		CALD	RTPC	CALD	RTPC	CALD	RTPC	CALD	RTPC
4	Monterrey	47%	35%	83%	68%	25%	75%	23%	77%
	Monclova	33%	60%	63%	85%	35%	85%	42%	58%
5	Guadalajara	45%	33%	78%	65%	24%	76%	25%	75%
	La Piedad	28%	56%	54%	81%	12%	88%	18%	82%
7	Puebla	43%	36%	72%	62%	28%	72%	33%	67%
	Oaxaca	25%	58%	51%	78%	24%	76%	24%	76%
8	Mérida	41%	28%	67%	66%	22%	78%	21%	79%
	Campeche	18%	45%	44%	58%	15%	85%	12%	88%
9	México	52%	47%	85%	72%	33%	67%	35%	65%
<b>Promedio</b>		<b>37%</b>	<b>44%</b>	<b>66%</b>	<b>71%</b>	<b>24%</b>	<b>78%</b>	<b>26%</b>	<b>74%</b>

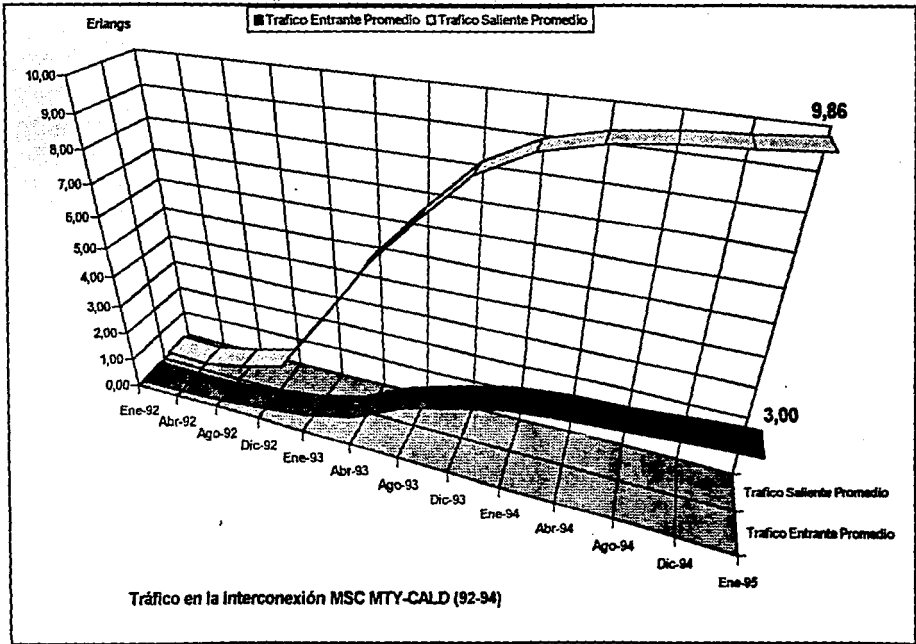
TABLA II.1-4



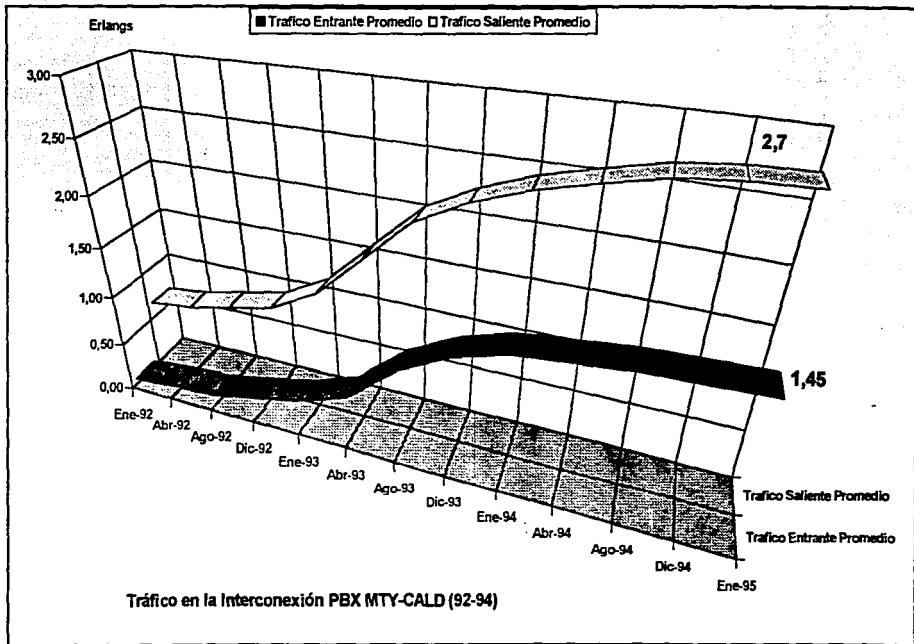


GRAFICA II.1-12





GRAFICA II.1-14



GRAFICA II.1-15

## **II.2 SERVICIO DE DATOS**

El sistema celular requiere de varios servicios de datos para la prestación de su servicio. Estos datos son necesarios para un mejor desempeño y por lo tanto un mejor servicio al abonado.

Una adecuada integración de estos servicios, repercute en una adecuada organización y control de la información que se maneja, la cual es de vital importancia en el desarrollo de una empresa. Ya que se busca satisfacer los siguientes objetivos:

- Obtener estadísticas de información para el adecuado desarrollo y crecimiento del sistema celular.
- Organización de la información para poder disponer de ella cuando se requiera en forma fácil y rápida.
- Monitoreo y control de fallas en el sistema celular
- Control de servicios de facturación.
- Seguridad y confiabilidad en el manejo de la información.

Los servicios de datos que se utilizan dentro de la empresa celular son los siguientes :

- Sistema de monitoreo y Recolección de Datos
- Viajero Nacional
- Viajero Internacional
- Facturación
- Altas
- Operación y Mantenimiento

A continuación se describirán cada uno de estos rubros :

#### **SISTEMA MONITOR DE ALARMAS (Automated System Monitor)**

El sistema monitor de alarmas es un sistema usado para el monitoreo de alarmas que provienen de las Centrales Celulares, este sistema tiene la capacidad de realizar voiceos de alarmas a través de una compañía de paging hacia los beepers de los Ingenieros de servicio, también es posible establecer diálogos remotos con las centrales celulares para obtener más información sobre las alarmas y si es posible, dar una solución vía remota.

Si el sistema detecta anomalías en el hardware y/o software, se inicia una alarma. La alarma se imprime automáticamente en una impresora y se indica visualmente en un panel de alarmas; En éste panel se pueden observar y, de acuerdo a su color, tomar medidas correctivas o preventivas de las posibles anomalías en el sistema.

Las alarmas pueden ser clasificadas en diferentes tipos, clases y categorías. En una situación de alarma dada, ésta clasificación permite al sistema alertar al personal en forma correcta e indicar el grado de emergencia.

**TIPO DE ALARMA.**- Existen dos tipos de alarmas:

- a) Alarmas inicializadas en forma automática.
- b) Alarmas de observación generadas como resultado del bloqueo de unidades del equipo por personal que atiende la central.

**CLASES DE ALARMA.**- Una clase de alarma indicando prioridad es asignado a todas las alarmas. El sistema tiene tres clases llamadas A1(alta prioridad), A2 y A3.

**CATEGORIA DE ALARMA.**- Una de las categorías de alarma se asigna a cada alarma. El propósito de éstas categorías es la de indicar el tipo de equipo que causa la alarma. Por ejemplo: procesadores, unidades de alimentación, líneas de abonados.

Todas las alarmas generadas en el sistema son almacenadas en una lista de alarmas. Esta lista es impresa a intervalos definidos por el personal que atiende la central.

Los mensajes de alarma se visualizan en un equipo PC, en el cual de acuerdo al color del mensaje se sabe si es un mensaje de orden alto o de orden bajo, para determinar el impacto que éste tiene en el servicio.

Las alarmas de los MSC's secundarios son visualizados en una PC gracias a un concentrador en el MSC principal, y para tal efecto el MSC secundario se comunica con el MSC principal vía una conexión por línea privada y módems.

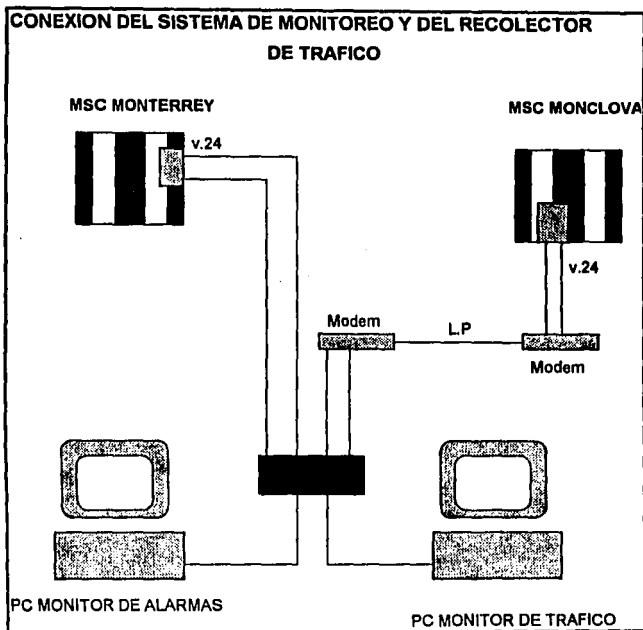
## RECOLECTOR DE DATOS

El Recolector de Datos es un sistema de colección de estadísticas de tráfico provenientes de las Centrales Celulares, el sistema almacena y compacta la información de estadísticas de tráfico por día, además cuenta con la posibilidad de realizar actividades programadas según un horario para el envío de comandos a las centrales celulares.

Como se explicó anteriormente, el Monitor de Alarmas y el Recolector de Datos es un software que se utiliza para la recolección de estadísticas de tráfico, así como envío de alarmas a una computadora personal. Esta computadora recolecta la información de tráfico y la almacena en archivos para su posterior procesamiento. Para el caso de Sistema de Monitor de Alarmas, la computadora almacena las alarmas asignándoles una categoría según su tipo; dependiendo de su clasificación la PC realizará una llamada a través de un módem, el cual marcará a un *pager* para localizar al personal que se encuentre encargado ó de guardia. Todo esto con el fin de detectar y reparar la falla.

El software del Monitor de Alarmas y el Recolector de Datos se encuentra en dos diferentes PC's, y reciben información tanto del nodo central (MSC) como de otros nodos de otras MSC's (remotas). Esta configuración se muestra en la siguiente figura II.1-1





**Figura II.2-1** Esquema de Conexión Típico del Monitor de Alarmas y del Recolector del Tráfico.

Como se observa, las centrales celulares proporcionan un puerto V.24 a través del cual se manda la información tanto alarmas como de tráfico. Esta es una configuración típica para todas las regiones, es decir los nodos de las ciudades con mayor importancia (Monterrey, Guadalajara, México, Puebla y Mérida) poseen un enlace con el nodo MSC de menor importancia.

El enlace entre los nodos remotos y el nodo central es a través de líneas privadas a 9600 bps. Este medio de comunicación es analógico, siendo una gran desventaja, ya que un medio digital tiene una mejor confiabilidad además de que se puede utilizar una velocidad mayor a la manejada por un medio analógico.

## **Viajero**

El viajero, como se había expuesto anteriormente, es la facilidad que se le proporciona a un abonado que se encuentra fuera del área de servicio en donde comúnmente reside para que pueda realizar llamadas en otra área de servicio diferente a la propia de manera automática.

El viajero puede ser automático ó manual, en el viajero manual a diferencia del automático no se utiliza el canal de datos sino que se utiliza a un operador para realizar la validación de la categoría del abonado.

La razón principal porque se genera esta situación de roamer manual se debe a la incompatibilidad de equipo entre centrales celulares, al no manejar de la misma forma el canal de datos de viajero.

Para el caso de la telefonía celular que estamos analizando, la empresa presta el servicio de viajero nacional automático, pero el viajero internacional es de tipo manual.

Las empresas de telefonía celular a nivel mundial realizan convenios para hacer posible el viajero internacional entre sus respectivos países. Para nuestro caso en estudio se tiene viajero internacional con Compañías Celulares de Estados Unidos y Canadá.

El canal de datos de viajero entre las centrales celulares de la empresa en cuestión se entrega en líneas privadas a 9600 bps enlace asíncrono.

Para el caso del canal de viajero internacional proveniente de las centrales celulares americanas se entrega en interface V.35. Este es un canal X.25 por lo tanto se tiene que hacer una conversión para la interconexión de las centrales.

Esquema Viajero Nacional Automático. En la figura II.2-2 se muestra el esquema de viajero nacional automático.



**Figura II.2-2** Esquema de Viajero Nacional Automático.

Para el caso del servicio de viajero nacional automático como se observa en la figura anterior, se cuenta con una topología en estrella siendo el nodo principal la CD. de México, estos enlaces funcionan en conexión punto a punto y hace la transferencia de datos en línea. debido a la importancia de este servicio es necesario un medio continuo de comunicación.

## **Facturación**

La facturación de las llamadas celulares se realiza a través de cintas magnéticas las cuales graban la duración de las llamadas así como los datos correspondientes a las mismas. Estas cintas se encuentran en la MSC y después de recolectar la información de cierta cantidad de llamadas, son desmontadas y enviadas físicamente al centro de cómputo para su procesamiento. El centro de cómputo cuenta con un equipo para realizar este procesamiento y generar las facturas a los clientes.

La facturación es realizada por el método toll ticketing (TT); de tal forma que el abonado móvil será tasado en el MSC desde el área de servicio en la cual se origina su llamada.

Los datos de tasación para cada número de abonado que llama o es llamado, denominado número de abonado (número marcado), día, tiempo, duración de la llamada, etc. se registran en una cinta de TT. La cinta de toll ticketing (TT) conteniendo los datos de tasación para más de 200,000 llamadas, es post procesada conjuntamente con cintas TT de otros MSC's en el centro de procesamiento de datos.

Con lo que podemos establecer que el mecanismo de facturación con que se cuenta en la empresa es el siguiente :

- 1) La llamada se establece, con lo cual se comienza con el registro de tasación, y se registra, entre otras cosas, la hora en que inició la conversación.

2) Al terminar la llamada, se procede a actualizar el registro de control para facturación, anotando la hora en que dicha llamada se finalizo, para efectos de calcular el tiempo efectivo al aire.

3) Se repiten los pasos 1 y 2 hasta que la cinta llegue a un límite preestablecido de datos almacenados (aproximadamente 200,000 llamadas) o que se llegue la fecha de corte, para entonces abrir otro grupo de cintas para el siguiente periodo de facturación.

4) La cinta es guardada en la MSC, esperando la fecha de corte, que para nuestro caso es cada mes.

5) Por último la o las cintas son enviadas por mensajería para ser procesadas en un centro de procesamiento de datos en México.

6) Ya en el centro de procesamiento de datos las cintas de cada MSC son analizadas para verificar el formato y la información almacenada, para que , en caso de falla, se pida a la MSC origen se envíe una copia de la o las cintas dañadas, para poder llevar a cabo el proceso de consolidación.

7) Ya que la información fue aprobada, se procede a generar un archivo único de datos, del cual se extraerá la información consolidada de cada abonado, y se generará su estado de cuenta correspondiente a la fecha de corte que corresponda.

8) Los estados de cuenta son enviados a las MSC's donde están dados de alta los abonados para su distribución.

9) Las cintas son almacenadas durante un periodo de tiempo pequeño para efectos de aclaraciones y quejas de los abonados, después de este tiempo las cintas son recicladas a las MSC's para ser utilizadas en otros procesos de facturación.

Como ya mencionamos anteriormente, el proceso de facturación se realiza en forma centralizada, ya que, como la tasación se efectúa en cada MSC de donde se originó la llamada, y un abonado puede hacer llamadas de varios sitios diferentes en un periodo corto de tiempo, se necesita consolidar todos los cargos que le pertenezcan.

Por lo tanto podemos resumir que éste proceso se efectúa como ya mencionamos, gracias al servicio de mensajería, ya que las cintas son trasladadas para poder ser consolidadas con las demás, a un centro de procesamiento de datos en donde una vez verificada la información contenida en dicha cinta, se procede a agrupar toda la información de las otras MSC en un archivo único de datos donde se acumulará la información para cada usuario y finalmente se obtiene un importe total correspondiente a los cargos que por concepto de llamadas deberá pagar el abonado.

Debido a que las cintas tienen una capacidad aproximada de 200,000 llamadas auditadas (registradas), éste proceso se efectúa de manera mensual, no obstante se generen más de 1 cinta procesada. De ésta manera se tiene el tiempo suficiente para corregir los posibles imprevistos que pudieran ocurrir en el envío y procesamiento de las cintas.

En caso de existir algún problema que impida que la información de una cinta sea consolidada en la fecha de corte que le corresponde, se procede a un proceso de rectificación en el que se elimina el error y la información será agrupada en el siguiente estado de cuenta del usuario (siguiente mes). Por éste motivo y para efectos de seguridad se genera una cinta de respaldo por cada cinta enviada al centro de procesamiento de datos, con el fin de prever cualquier inconveniente en el proceso de embarque y recepción de la información.

### **Altas**

La activación de los abonados celulares se realiza a través de terminales del tipo VT-100, estas terminales se ubican en las oficinas comerciales y se conectan a través de módems utilizando líneas conmutadas.

Estas terminales se conectan a la MSC . localmente, pero debido a que la empresa desea dar una mejor imagen al cliente, las ubica en las oficinas comerciales y las comunica con la MSC mediante módems con líneas conmutadas a 2400 bps.



## **Operación y Mantenimiento**

Debido a que las centrales celulares necesitan ser monitoreadas, se tienen terminales de operación y mantenimiento en las mismas, para su correcto funcionamiento.

Estas terminales son tipo VT-100 y podrán ser locales o remotas, la conexión remota se establece a través de módems en líneas conmutadas a 2400 bps. La conexión remota se hace indispensable para aquellos casos en que el personal asignado a una MSC en particular tuviera que resolver una falla de una Radiobase por ejemplo y no haya personal que los apoye para hacer pruebas sin tener que dejar el sitio de falla.

Para efectos de monitoreo, verificación y control de las actividades de una MSC, se cuenta con una terminal en la que se reciben todas las alarmas de la MSC en forma local, y dependiendo del nivel de afectación del error al servicio, se toman las medidas pertinentes para su corrección.

De tal forma que si se requiere monitorear una MSC de manera remota, se cuenta con una conexión punto a punto vía módem con la o las MSC's que se requiere auditar.

Debemos resaltar que la comunicación con nuestras MSC's del interior de la república está fundamentada en el empleo de módems, líneas privadas y líneas conmutadas. De tal forma que debemos verificar que la conexión punto a punto entre origen y destino este funcionando correctamente y en su caso, reportar a RTPC la falla en la línea que para efectos de comunicación se esté utilizando.

Para corregir los problemas que puedan ocurrir en un módem de alguna MSC, necesitamos establecer contacto con el encargado de comunicaciones de la MSC en cuestión para coordinar la tarea de reactivación en la conexión, ya que mientras la conexión punto a punto no esté activa será imposible comunicarse con la MSC remota.

La conexión de los servicios de altas y operación y mantenimiento se ilustra en la figura II.2-3

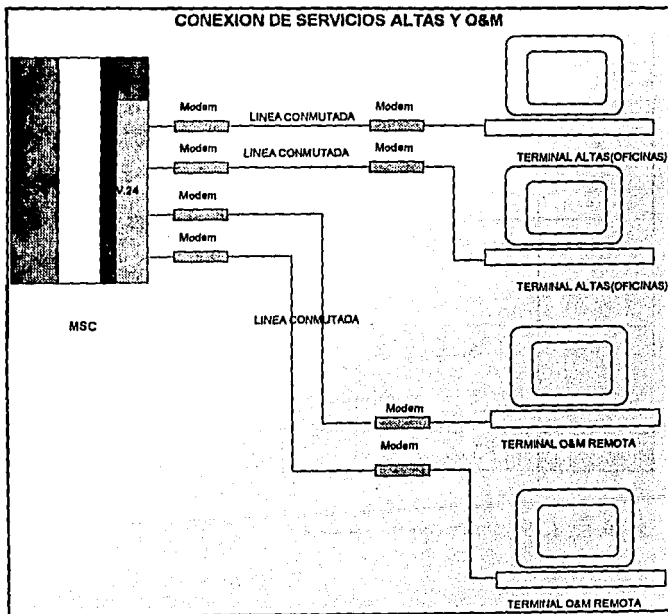


Figura II.2-3. Esquema de conexión de Altas y Operación y Mantenimiento.

## ESQUEMA NACIONAL

Para el servicio telefónico en general, se tiene dividido el país en 9 regiones de servicio. En la tabla II.2-1 se muestran las regiones involucradas en la red celular que se está analizando, así como los servicios que proporciona.

Nº Región	Región	Nodo Principal	Nodo Secundario
4	Noroeste	Monterrey	Monclova Oficinas Monterrey Oficinas Monclova
5	Occidente	Guadalajara	La Piedad Of. Guadalajara La Piedad
7	Golfo Sur	Puebla	Oaxaca Oficinas Puebla Oficinas Oaxaca
8	Sureste	Mérida	Campeche Oficina Mérida Oficinas Campeche
9	México	México	Oficinas México

Tabla II.2-1. Regiones celulares usadas a nivel nacional.

Los servicios que se prestan en todas las regiones son : Viajero Nacional e Internacional, Sistema Monitor de Alarmas Recolector de Datos, Altas, Facturación, Operación y Mantenimiento.

En la figura II.2-4 podemos observar la topología de la red actual a nivel nacional par el servicio de voz

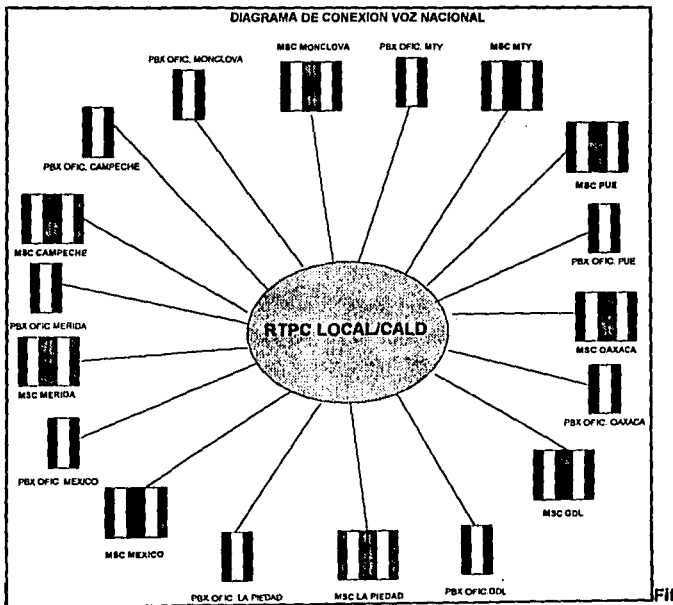


Figura II.2-4. Conexión de Voz a Nivel Nacional.

Como se puede observar tenemos una conexión de voz dependiente totalmente de la RTPC, es decir si existen fallas en ella, esto se nos refleja en nuestro sistema celular. En esta topología se pueden observar varios nodos que son: Nodos PBX, Nodos MSC's. Una llamada local en los Nodos PBX se hace a través de las Centrales Telefónicas Locales Convencionales correspondientes, mientras que una llamada de una ciudad a otra desde el PBX se realiza a través de los CALD. La llamada celular para este mismo caso tiene el mismo procedimiento. Para una llamada celular local, dependiendo de su destino (fijo ó celular), intervendrá la MSC local solamente ó la MSC en conjunto con la Central Local Convencional. El tipo de medio es digital, es decir un enlace a 2.048 Mbps (E1) ya que las centrales celulares utilizan este tipo de comunicación.

De lo anteriormente explicado y expuesto resulta esencial la comunicación de voz y datos para el sistema celular, y sobre todo es importante lograr una confiabilidad muy alta en este servicio ya que dependen de factores tales como monitoreo, facturación, control de alarmas, estadísticas; siendo todos estos elementos indispensables en el control del sistema celular. Si el medio a través del cual se obtiene esta información no tiene una confiabilidad total, es inútil disponer de hardware de comunicaciones con una alta tecnología (módems con alta velocidad, con propiedades de empaquetamiento) si de cualquier forma el medio de transmisión resulta ser analógico con las limitantes en cuanto a velocidad y capacidad de transmisión inherentes a dicho medio y sobre todo no se tienen propiedades de monitoreo sobre el mismo.

En esta sección explicamos la situación actual del sistema celular junto con cada uno de sus servicios, en donde se muestran los medios de transmisión involucrados así como sus principales características. En el siguiente apartado se hará énfasis de los problemas que posee el sistema actual

## II.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Tomando en cuenta la necesidad de eficientar, economizar y hacer más segura la infraestructura de comunicaciones de la empresa, a continuación se retomarán los puntos que se consideran más prioritarios dentro del estudio en cuestión, de tal forma que los consideramos puntos problema.

### FACTURACION

De acuerdo a lo establecido en la situación actual, la facturación es uno de los puntos que a la empresa le preocupa sobremanera, ya que como pudimos darnos cuenta, al utilizar un servicio de mensajería se tiene un alto factor de riesgo en la integridad de la información, lo cual nos obliga a tener un respaldo de cada cinta enviada y en proceso para poder terminar el ciclo de facturación en caso de existir algún problema, lo que representa un costo adicional en recursos para cada MSC puesto que debe contar con la cantidad suficiente de cintas para almacenar la información del mes en curso más la información del mes anterior que se encuentre en proceso de consolidación y las necesarias para almacenar los respaldos de por lo menos tres meses atrás para efectos de aclaraciones y reclamaciones de los abonados.

Lo que significa que una MSC en la que se tenga alrededor de 150,000 abonados y con un promedio de llamadas del 40% del total de abonados al día y, considerando los 30 días comerciales que se tienen por mes y con un factor de seguridad del 10% por concepto de daños físicos en las cintas, obtenemos la siguiente relación:

$$TC = (((LI * 30) * 2) * 5) * 1.1$$

Donde :

- TC** Total de cintas por MSC.
- LI** Total de llamadas promedio por día.
- 30** Los 30 días comerciales que se consideran por mes.
- 2** Respaldo de cada cinta generada.
- 5** Respaldo de por lo menos tres meses anteriores más el mes actual más el mes que se encuentra en facturación..
- 1.1** Factor de seguridad por daños físicos.

Con lo que obtenemos el resultado siguiente:

$$TC = ((( (150000 * 0.4) * 30) * 2) * 5) / 200000 * 1.1$$

$$TC = 99.$$

Con lo que concluimos que para poder contar con el número adecuado de cintas en la MSC se deberá contar con 100 cintas aproximadamente.

Si pensamos en una situación dada, en que la información llegue a su destino sin problemas, la facturación tiene para la empresa un costo ineludible por concepto de transporte al departamento de procesamiento de datos de México, más el retorno de los estados de cuenta para ser distribuidos a los abonados de cada MSC.

Más si consideramos un caso en el que las cintas de una MSC llegan con fallas que impidan que la información sea procesada en su primera fase, el costo por

concepto de mensajería de la empresa se incrementa al doble en esa MSC, y si consideramos el hecho de que la información no entra en la fecha de corte que para efectos contables le corresponde, interviene un factor adicional que es el interés que causaría el pago de la factura del abonado, mismo que no se refleja en la empresa, ya que es una pérdida que la empresa debe amortizar puesto que no se puede cobrar recargo al abonado ya que el pagará la renta del aparato y los minutos que consumió al aire con sus llamadas.

Por lo tanto podemos concluir que el proceso actual de facturación de la empresa no es el óptimo y podemos listar una serie de inconvenientes que se pueden destacar de este procedimiento :

- 1) Depende de un servicio de mensajería externo.
- 2) Además se debe tener un stock de cintas considerable en cada MSC para prever cualquier contingencia, lo cual significa un costo adicional a la empresa.
- 3) Otro factor negativo es el hecho de que no se tiene la certeza de que la información que se envía al centro de procesamiento de datos llegue al 100% y el proceso de facturación en un gran número de veces se ve detenido por éste problema.
- 4) El hecho de que se cobren las llamadas de un periodo en el periodo siguiente o dos periodos adelante con la respectiva pérdida de intereses que esto ocasiona puesto que éste capital no se recupera.



Por lo tanto es necesario que el procedimiento actual de facturación sea respaldado por una infraestructura más sólida y confiable de tal manera que el costo de mensajería sea abatido y los problemas por concepto de retraso en los cobros a los abonados se eliminen, de tal forma que se pueda contar con un proceso de facturación más rápido, eficiente y preciso del que se tiene actualmente.

## **OPERACION, MANTENIMIENTO Y MONITOREO DE ALARMAS**

Como se describió ya en la situación actual, los servicios de operación y mantenimiento y el monitoreo de alarmas, requieren de una conexión dedicada a cada uno de éstos servicios, donde el monitoreo de alarmas, de mayor prioridad, requiere de una línea privada y un módem para el transmisor y otro para el receptor, con el fin de establecer la comunicación entre dos puntos distantes, que en nuestro caso son el MSC principal y el MSC secundario, además requiere de una PC dedicada para poder monitorear los mensajes de alarma que deban ser atendidos ya sea en el MSC principal de forma local o en el MSC secundario. De igual manera la operación y mantenimiento requiere de otra línea, solo que en su caso por ser de menor prioridad se utiliza una línea conmutada, un módem en el transmisor y otro en el receptor, el MSC principal y el MSC secundario respectivamente.

También definimos que en base a los mensajes que se visualizan en la PC dedicada al monitoreo de alarmas, y dependiendo del color de dichos mensajes se toma la acción pertinente para corregir o prevenir los errores que pudieran darse.

Todo esto suena muy sencillo y monótono, pero desafortunadamente no es así, ya que por la naturaleza de las conexiones en las que está de por medio el uso de módems y líneas privadas o conmutadas, las comunicaciones entre ambos puntos sufren constantes y continuas interrupciones, las cuales nos obligan a buscar una forma más eficiente, segura y confiable para llevar a cabo éstas actividades.

Si consideramos una situación dada en que la línea privada por la que se registra el servicio de monitoreo de alarmas estuviese inactiva, el problema en que nos encontraríamos sería el siguiente:

Al no tener una vía alterna de comunicación con el MSC secundario y el MSC principal, no podríamos saber si la operación del servicio celular en dicho MSC se esta llevando a cabo de manera satisfactoria o tiene algunos problemas que, de no atenderse de inmediato, puedan causar que el servicio celular se suspenda por algún tiempo, lo cual se reflejaría notablemente en las estadísticas de servicio de la empresa celular y en la molestia de los abonados celulares.

Este hecho nos obliga a establecer contacto de manera remota vía una línea conmutada de operación y mantenimiento para saber si el servicio esta activo o a establecer contacto telefónico por alguna otra línea con el encargado de las comunicaciones del MSC secundario y empezar un procedimiento de reactivación de la comunicación en caso de que el problema esté a nivel de módem, ya que de otra manera, si el problema fuese en la línea privada, lo único que se puede hacer es reportar la línea a Telmex para que se repare en el menor tiempo posible.

Por el contrario, si la línea conmutada, por la que se lleva el servicio de operación y mantenimiento, fuese la que estuviese inactiva, el problema en que nos encontraríamos sería el siguiente:

Si el monitor de alarmas nos indica que existe una situación de cuidado en el MSC secundario, de tal forma que se debe tomar una medida de corrección mediante el sistema de operación y mantenimiento, al no poder comunicarnos con el MSC secundario y al no contar con vías alternas de comunicación con dicho MSC, tendríamos que establecer contacto con el encargado de comunicaciones del MSC secundario para tratar de solucionar el problema, en caso de que éste estuviese a nivel módem, podríamos restablecer la comunicación y conectarnos de manera remota al MSC en cuestión, en caso de ser la línea la que no respondiera solo podríamos reportarla a RTPC para que fuese atendida lo antes posible, la acción a tomar entonces sería establecer contacto telefónico con el encargado de operación y mantenimiento del MSC secundario para coordinar de manera conjunta las acciones a seguir para solucionar el problema en la red celular del MSC secundario.

Como podemos darnos cuenta, el reforzar éstos servicios con una infraestructura más confiable, segura, eficaz y flexible es un punto de vital importancia, ya que mientras no se tenga, el servicio distará mucho de ser el óptimo, de tal forma que en un mercado tan competitivo como el que está en puerta, no podríamos competir.

Por lo tanto, es necesario establecer una infraestructura que nos permita minimizar las fallas por caídas de enlaces, de tal forma que nos permita contar con varias vías alternas de conexión con las diferentes MSC's secundarias que pueda llegar a tener una MSC principal y que además nos permita homologar las conexiones entre los diferentes servicios complementarios que se necesitan para proporcionar un servicio de telefonía celular más eficiente y competitivo que el que tenemos actualmente.

## **SERVICIOS DE VOZ**

Siendo la voz el principal de los servicios del sistema celular, ya que la empresa presta el **servicio telefónico** a través de este esquema, este rubro posee una importancia capital para la misma. Por lo tanto el sistema debe funcionar bajo los estándares de calidad al nivel más alto de eficiencia. En el análisis de nuestro caso en estudio distinguimos varios problemas, que perjudican y reducen la calidad del servicio dado al cliente, el cual es el usuario final de la telefonía celular.

En el servicio de voz se pueden distinguir varios problemas:

1. Dependencia Total de la RTPC
2. Alto Costo de llamadas de larga distancia desde los PBX
3. Subutilización de los enlaces hacia los CALD de los MSC's

A continuación se explicará más a detalle cada uno de estos aspectos y de que manera afectan al sistema y a la empresa.

### **1. Dependencia Total de la RTPC**

Este punto se refiere a que todos los enlaces externos de voz, es decir llamadas de larga distancia entre celulares ó llamadas de celulares a abonados convencionales, etc, serán establecidas a través de los medios proporcionados por la RTPC. Esto quiere decir que si existe una falla en los equipos de los de la

Red Pública, estos se van a reflejar de manera directa e inmediata en el sistema celular. Esto se puede considerar como mala estrategia, pues la imagen de la empresa dependerá del trabajo externo de esta.

## 2. Alto Costo de llamadas de larga distancia desde los PBX

De lo mostrado en la tabla resumen se observa un tráfico elevado por las rutas de Larga Distancia de los PBX y un tráfico de menor magnitud para las rutas hacia los CALD de los MSC, esto quiere decir que existen un gran número de llamadas de larga distancia del PBX, mientras que existe un menor número de llamadas en los MSC de larga distancia hecha por los usuarios. Esto representa una saturación de los enlaces de larga distancia y un costo para la empresa por cada llamada, pues cada llamada que haga el empleado de la empresa se tendrá que pagar a la RTPC, pues este costo es proporcional al número de llamadas de la L.D.

Mediante el análisis de los reportes de tráfico de la central celular se pueden tomar una decisión respecto a esta problemática.

Por ejemplo, las llamadas de larga distancia para la comunicación de empleados de diferentes regiones para el caso de la Cd. de México ascienden a \$40,000.00 dólares. Esta cantidad es exorbitante, siendo esto inaceptable para una empresa de telecomunicaciones que debe optimizar su infraestructura y abalir costos.

Los costos de las llamadas de L.D. se tendrán que pagar a la RTPC, teniendo el riesgo de que una gran porcentaje de estas llamadas sean de tipo personal, siendo esta una situación desventajosa, pues se estarían desaprovechando los recursos económicos injustificadamente.

### 3. Subutilización de los enlaces hacia los CALD de los MSC's

En las estadísticas mostradas anteriormente se puede observar una subutilización de los canales de larga distancia de los MSC's, es decir que existen pocas llamadas de larga distancia de celulares, caso contrario sucede en los PBX, los cuales poseen un alto grado de ocupación, lo cual ya se explicó en el punto anterior. Esto representa pérdidas económicas a corto, mediano y largo plazo, pues no se están utilizando de manera eficiente estos canales, pudiéndose aprovechar de mejor manera.

### **SERVICIO VIAJERO NACIONAL**

El servicio de viajero nacional es uno de los servicios más importantes dentro del sistema celular. Como se vió en el capítulo anterior la red de viajero nacional posee una topología en estrella a través de líneas privadas, siendo la ciudad de México el punto central en donde se distribuye el servicio hacia todas las ciudades en donde se ofrece el servicio celular.

Este tipo de conexión posee un gran inconveniente ya que si el medio se pierde, es decir la línea privada, el servicio no podrá ser proporcionado a los usuarios que se encuentra fuera del área de servicio habitual. Los enlaces a través de líneas privadas son medios poco confiables y su capacidad está limitada. Este tipo de servicios son proporcionados por la RTPC, esto con lleva a la dependencia para este servicio. Por ejemplo, si se pierde el enlace entre dos centrales, el personal de la empresa de telefonía celular reportará a la RTPC la caída del enlace, el tiempo de respuesta para la solución del problema no es el

óptimo, pues se llegan a tener fuera el servicio por horas o por semanas. Esto resulta inaceptable porque la empresa celular tendrá varios problemas con los abonados que se encuentren en ciudades en las que se proporciona el servicio, pero estos no lo tendrán ya que no tienen transferida su categoría, traduciéndose en pérdidas de abonados por un mal servicio y a largo plazo en pérdidas económicas.

Por lo tanto resumiendo se tienen los siguientes problemas para la red actual, en lo que se refiere al servicio de viajero:

- 1) Dependencia de la RTPC.
- 2) Baja calidad y velocidad de Transmisión.
- 3) Dependencia del Nodo Central.
- 4) Falta de rutas alternas para la continuidad del servicio.

En los párrafos siguientes se resaltarán los problemas en específico que se tienen con las líneas privadas.

## **ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN EL SISTEMA DE DATOS**

Como sabemos existen diferentes servicios de datos que tiene la compañía celular; la diversidad de datos con la que cuenta, implica el uso de diferentes medios y dispositivos para su operación. Estos medios determinan de manera indiscutible la correcta operación de los servicios que se ofrecen así como la eficacia de los mismos.

En el análisis previo realizado a la estructura celular actual, se mostraron esquemáticamente los elementos que integran los diferentes servicios con que cuenta la compañía. Dentro de estos servicios es necesario tener un amplio panorama del funcionamiento de los elementos que interviene en los mismos, para que en base a ese funcionamiento se evalúe más tarde la eficiencia de su operación.

Por la forma en que se encuentran estructurados actualmente los servicios de datos en la empresa, se denota fácilmente que existen servicios operando en base a dos elementos de comunicación : líneas conmutadas y líneas privadas.

El área de servicio en la cual interviene uno u otro de estos dos elementos, se determina por la prioridad de su uso, por lo tanto conforme el esquema expuesto anteriormente se concluye que los servicios de monitoreo de alarmas, recolector



de datos y viajero por el hecho de utilizar para su operación líneas privadas, tienen una mayor prioridad que los servicios de altas, operación y mantenimiento, los cuales utilizan líneas conmutadas para llevar a cabo su servicio.

## **SERVICIOS CON LINEAS PRIVADAS**

Como se describió anteriormente, nuestro servicio recolector de datos, monitor de alarmas y viajero, utilizan cada uno como medio de enlace líneas privadas de comunicación y módems.

Las líneas privadas de comunicación son aquellas que han sido rentadas a la Red de Telefonía Pública Conmutada (RTPC) para uso exclusivo de la compañía, este tipo de líneas tienen como principal característica el hecho de no tener que pasar por conmutadores públicos, con esto se logra un medio de comunicación continuo y directo entre dos puntos, esto surge de la necesidad de comunicar de manera constante, para el caso de servicio viajero la Ciudad de México con las centrales principales del interior de la República Mexicana, y para los servicios de monitoreo de alarmas y recolector de datos las centrales celulares con la central regional principal.

Dentro de las principales ventajas que ofrece una línea privada la de más relevancia es su factibilidad de lograr comunicaciones a través de módems a

velocidades mayores a las permitidas por una línea comercial, esta velocidad está directamente relacionada con la capacidad de los módems que se utilicen, es posible obtener velocidades de hasta 19.2 Kbps, aunque para operar correctamente se toma un estándar de velocidad de 9.6 Kbps, con esto se asegura la correcta operación de la línea.

Estas líneas privadas están dedicadas exclusivamente al servicio de datos por medio de módems.

Los módems son dispositivos destinados principalmente a la conversión de señales digital-analógica y analógica-digital. Su nombre proviene de las contracciones modulación y demodulación.

Como estamos interesados en transmitir datos más allá de las centrales por medio de la red telefónica, necesitamos transformar los pulsos de datos de manera que puedan transmitirse por el canal telefónico. Dado que la red telefónica se ha diseñado para transmitir señales analógicas, lo más indicado para transmitir los datos será darles forma analógica. Los unos y ceros del flujo de datos que provienen del DTE se convierten en sonidos de frecuencias comprendidas entre los 300 y 3400 Hz.

Para llevar a cabo los servicios involucrados en este punto, se utilizan módems asíncronos de 9.6 Kbps Recomendación V.33. Este módem está especificado

para operar a 9.6 Kbps con degeneración automática a velocidades de 7.2 y 4.8 Kbps si la tasa de error es demasiado elevada.

Para el servicio de monitoreo de alarmas y recolector de datos, se utilizan dos puertos V.24, uno del nodo secundario y otro del regional, además de un concentrador, el cual sirve para rutear la información del servicio recolector de datos a una PC dedicada exclusivamente a ese servicio, y el monitoreo de alarmas a otra PC también exclusiva, a las cuales llega la información del nodo secundario y el nodo regional para el monitoreo de ambos.

Los requerimientos mínimos para estas PC son :

- Procesador 286
- 80 Mbytes en disco duro
- 2 Mbytes en RAM
- MS-dos 3.0
- Puerto de comunicaciones

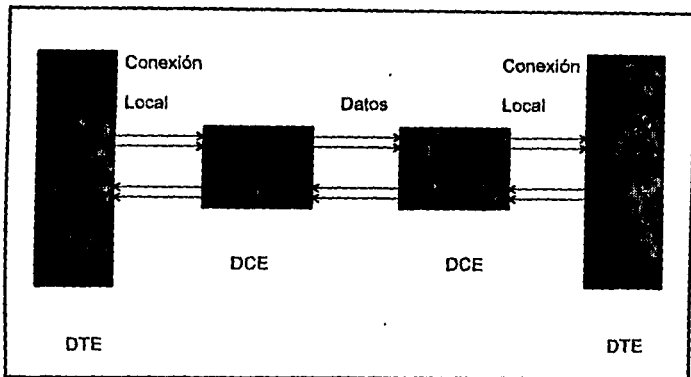
Para el servicio viajero, los módems se comunican directamente a la central por medio de un puerto V.24. Este puerto, mejor conocido como Recomendación V.24 es una interfaz serial de transmisión que se utiliza para conexiones entre DTE - DCE, esta recomendación trabaja en conjunto con la Recomendación V.28.

V.24 define el uso a ser dado a cada uno de los pins ó canales del conector, y V.28 describe las características eléctricas. Estas 2 recomendaciones están incluidas en el estándar RS-232C. Esta interfaz realiza las siguientes funciones básicas :

- Temporizar y Sincronizar la transferencia de datos.
- Regular la cantidad de bits, esto con el objetivo de no saturar de datos el dispositivo receptor
- Proporcionar una tierra eléctrica común entre dispositivos.

Este tipo de módems para líneas privadas utilizan enlaces a 4 hilos, esto es, se utilizan 4 hilos agrupados en dos pares de dos hilos cada uno. Dos de los hilos transmiten datos y los otros dos cierran los correspondientes circuitos. La conmutación se hace utilizando un trayecto o intervalo de tiempo distinto para cada sentido de conmutación.

En la figura II.3-1 se muestra un esquema de un enlace a 4 hilos.



**Figura II.3-1.** Circuito a cuatro hilos

Por último se presenta la siguiente tabla con el total de elementos que integran a nivel nacional cada uno de los servicios :

Servicio	Líneas Privadas	Módems	Puertos V.24	PC's
Viajero	4	8	8	-
Monitor de Alarmas	4	8	8	4
Recolector de datos	4	8	8	4

**Tabla II.3-1**

## **SERVICIOS CON LINEAS CONMUTADAS**

Para poder llevar a cabo los servicios de Altas, Operación y Mantenimiento, como se había ya visto, se utiliza como medio de enlace líneas conmutadas y módems.

Se habla de una línea conmutada de comunicación cuando una terminal origen y una terminal remota se comunican utilizando la línea telefónica pública, la cual pasa por centrales de comunicación (conmutador). A diferencia de las líneas privadas de comunicación, las líneas conmutadas no son exclusivas de uso de la compañía esto es cuando se requiere establecer el enlace entre terminales, el proceso a realizar es el siguiente : se marca en la terminal origen el número telefónico de la terminal remota, ocupándose la línea solo el tiempo que dure el enlace, concluido éste la línea puede ser utilizada por otros usuarios.

Este tipo de enlace de comunicación, para el servicio de altas, se lleva a cabo entre las oficinas de telefonía celular y la central celular, en tanto que para el servicio de operación y mantenimiento se utiliza para la comunicación entre centrales celulares y central regional.

Para lograr la comunicación entre terminales, es necesario contar con módems, los cuales debido a las características de la línea, como por ejemplo el ruido, no pueden ser de alta velocidad. Para el caso de los servicios de altas, operación y

mantenimiento se usan actualmente 1 módem por servicio en cada sitio, tanto en el extremo receptor como en el transmisor, cada uno de 2.4 Kbps asíncronos recomendación V.22 bis.

Los módems que se encuentran del lado de la central están conectados directamente a través de un puerto V.24 tanto para el servicio de altas como para operación y mantenimiento, mientras que los módems dónde se requiere la información están conectados a terminales VT100 con la característica de ser asíncronas y la velocidad máxima de operación es de 9.6 Kbps.

Los módems para estos servicios en líneas conmutadas, utilizan enlaces a 2 hilos, esto es, se conforman de 2 hilos uno de los cuales servirá para transmitir los datos y el otro es la línea de retorno eléctrico, en esta comunicación la conmutación se hace utilizando el mismo trayecto o intervalo de tiempo para ambos sentidos de transmisión, en la figura II.3-2 se muestra un circuito a 2 hilos.

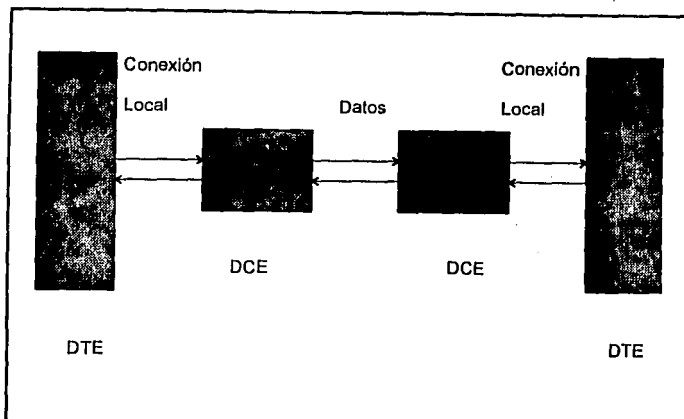


Figura II.3-2. Conexión a 2 hilos

Al igual que para los servicios de líneas privadas, a continuación se presenta una tabla resumen de los elementos con los que se conforman actualmente los servicios por línea conmutada :

Servicio	Líneas	Módems	Puertos V.24	Terminales
	Conmutadas			VT100
Altas	10	20	10	10
Operación y Mantenimiento	8	16	8	8

Tabla II.3-2



## **ESTADÍSTICAS DE COMPORTAMIENTO DE LÍNEAS PRIVADAS Y LÍNEAS CONMUTADAS CONECTADAS A TRAVÉS DE MODEMS**

Los parámetros de medición que pueden afectar la recepción de información a través de líneas privadas (L.P.'s) o líneas conmutadas (L.C.'s) son:

### **EL NIVEL DE RECEPCIÓN DE LA SEÑAL (S)**

#### **RELACIÓN SEÑAL A RUIDO (S/N)**

Estos parámetros influyen en el nivel de servicio ya que si no se encuentran dentro de los límites recomendados pueden influir en la siguiente forma:

- Respuesta de servicio lenta debido a la retransmisión de datos perdidos.
- Recepción de datos erróneos solicitando nueva retransmisión.
- Pérdida total del enlace.

En base a estos dos parámetros se realizó un estudio para medir el comportamiento de los principales enlaces y verificar que su operación se encuentre dentro de los niveles óptimos.

Estas mediciones se realizaron durante 7 días considerando los puntos máximos y mínimos durante cada día, para los siguientes enlaces:

**MONITOREO EN PUNTOS DE ENLACE CON LÍNEAS PRIVADAS.**

D.F. GUADALAJARA

D.F. MÉRIDA

MONTERREY MONCLOVA

PUEBLA OAXACA

**MONITOREO EN PUNTOS DE ENLACE CON LÍNEAS CONMUTADAS.**

OFICINAS GUADALAJARA NODO GUADALAJARA

OFICINAS MONTERREY NODO MONTERREY

OFICINAS MÉRIDA NODO MÉRIDA

OFICINAS PUEBLA NODO PUEBLA

En las siguientes tablas se muestra un resumen de las estadísticas obtenidas para los enlaces mostrados anteriormente.

A partir de estas estadísticas de monitoreo a los enlaces, se elaboraron las gráficas para visualizar el comportamiento del medio de comunicación.

Durante el monitoreo pudimos observar que el enlace entre dos puntos se comportaba en forma estable cuando se encontraba dentro de los siguientes límites:

Nivel de señal (DB):     - 10   >    S    <    - 20

Relación Señal a Ruido: S/N   >35

Cuando el enlace se salía de estos niveles, el módem realizaba retransmisiones, cuando la diferencia era muy alta definitivamente se cortaba el enlace, y para corregirlo era necesario el uso de tarjetas amplificadoras, o en algunos casos definitivamente se reemplazaba la línea por un enlace conmutado.

Esto implica un costo adicional, ya que se realiza una llamada de larga distancia, la cual llega a ser por largos periodos de tiempo.

Como se puede observar en las gráficas en casi todos los enlaces se presento este tipo de problemas, para algunos casos con una frecuencia de más de dos veces al día.

Este tipo de eventos requieren siempre de una persona para el monitoreo y corrección de los mismos ya que los niveles de transmisión y recepción no cuentan con la característica de autocorrección automática.

**TABLA II.3.3**

**ENLACE POR LÍNEAS PRIVADAS. MONTERREY - MONCLOVA**

	S. MÍNIMO	S. MÁXIMO		S/N MÍNIMO	S/N MÁXIMO
LUNES	-18	-11	LUNES	36	48
MART.	-20	-9	MART.	35	49
MIERC.	-26	-8	MIERC.	33	47
JUEV.	-24	-8	JUEV.	35	46
VIERN.	-28	-7	VIERN.	30	38
SAB.	-24	-9	SAB.	31	37
DOM.	-20	-10	DOM.	30	37

**TABLA II.3.4**

**ENLACE POR LÍNEAS PRIVADAS. PUEBLA - OAXACA**

	S. MÍNIMO	S. MÁXIMO		S/N MÍNIMO	S/N MÁXIMO
LUNES	-14	-11	LUNES	36	48
MART.	-22	-9	MART.	35	49
MIERC.	-24	-8	MIERC.	35	47
JUEV.	-26	-9	JUEV.	35	46
VIERN.	-28	-7	VIERN.	28	38
SAB.	-26	-9	SAB.	31	37
DOM.	-20	-10	DOM.	32	37

**TABLA II.3.5**

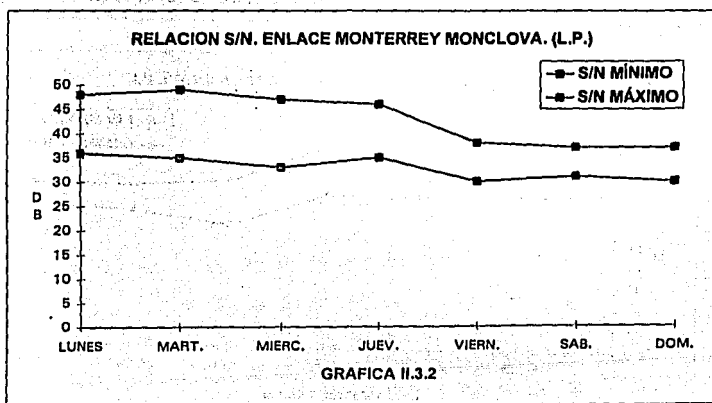
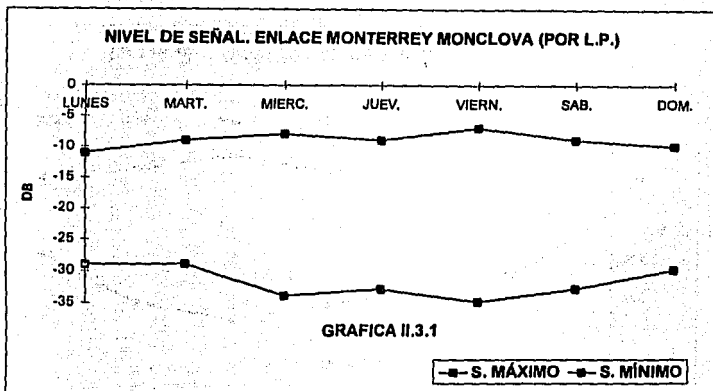
**ENLACE POR LÍNEAS PRIVADAS MÉXICO - GUADALAJARA**

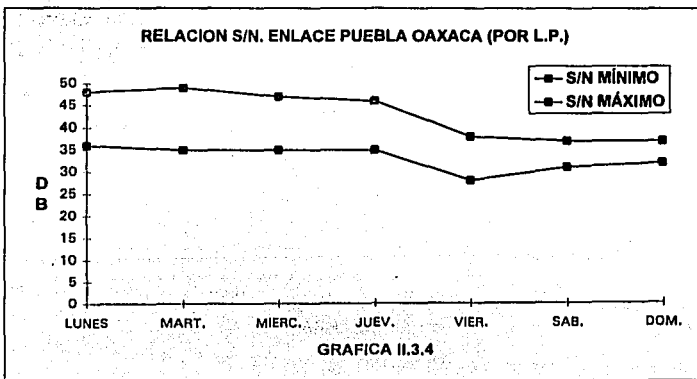
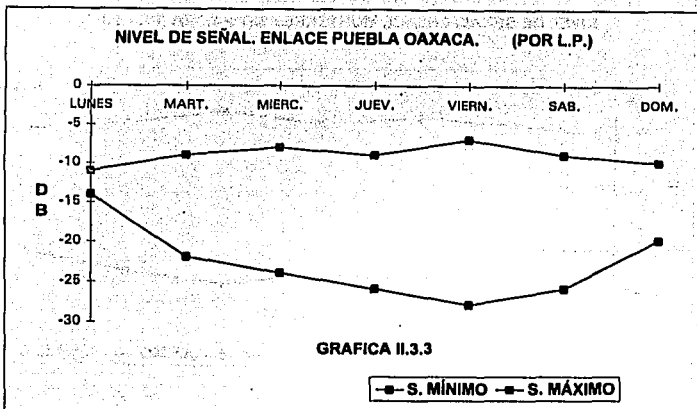
	S. MINIMO	S. MAXIMO		S/N MINIMO	S/N MAXIMO
LUNES	-18	-10	LUNES	36	40
MART.	-21	-9	MART.	36	42
MIERC.	-26	-9	MIERC.	34	38
JUEV.	-28	-12	JUEV.	30	39
VIERN.	-30	-12	VIER.	29	37
SAB.	-28	-12	SAB.	31	42
DOM.	-22	-14	DOM.	37	45

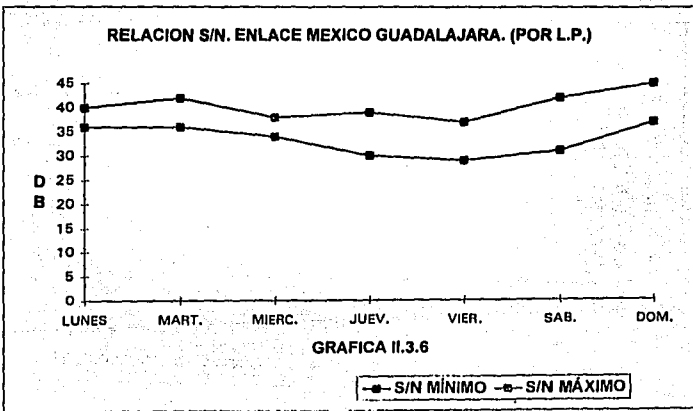
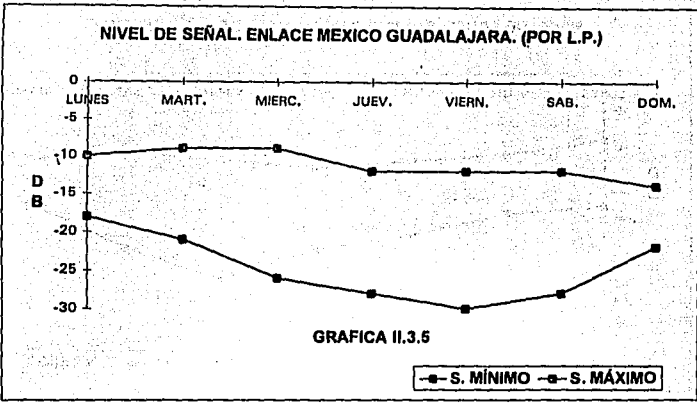
**TABLA II.3.6**

**ENLACE POR LÍNEAS PRIVADAS. MÉXICO - MÉRIDA**

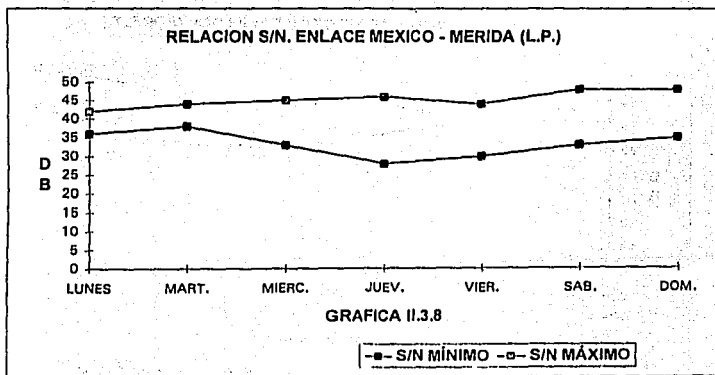
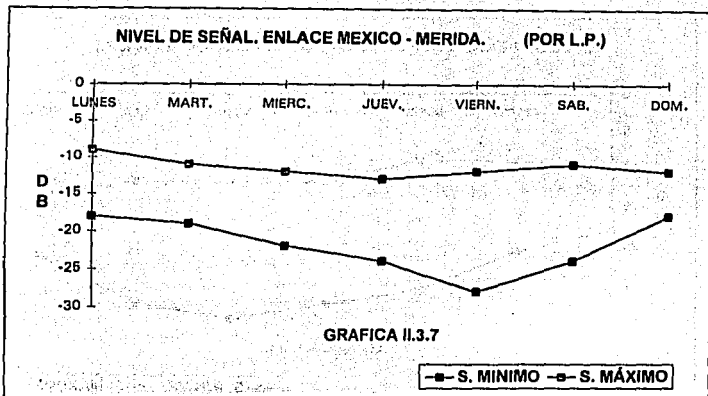
	S. MINIMO	S. MAXIMO		S/N MINIMO	S/N MAXIMO
LUNES	-18	-9	LUNES	36	42
MART.	-19	-11	MART.	38	44
MIERC.	-22	-12	MIERC.	33	45
JUEV.	-24	-13	JUEV.	28	46
VIERN.	-28	-12	VIER.	30	44
SAB.	-24	-11	SAB.	33	48
DOM.	-18	-12	DOM.	35	48











**TABLA II.3.7**

**ENLACE LÍNEAS CONMUTADAS. MONTERREY - MONCLOVA**

	S. MÍNIMO	S. MÁXIMO		S/N MÍNIMO	S/N MÁXIMO
LUNES	-16	-11	LUN.	34	47
MART.	-18	-10	MAR.	32	47
MIERC.	-22	-10	MIER.	32	46
JUEV.	-26	-9	JUEV.	31	44
VIERN.	-26	-8	VIER.	31	40
SAB.	-23	-9	SAB.	31	40
DOM.	-20	-10	DOM.	30	38

**TABLA II.3.8**

**ENLACE POR LÍNEAS CONMUTADAS. PUEBLA - OAXACA**

	S. MÍNIMO	S. MÁXIMO		S/N MÍNIMO	S/N MÁXIMO
LUNES	-18	-9	LUNES	35	47
MART.	-22	-9	MART.	34	47
MIERC.	-26	-8	MIERC.	36	47
JUEV.	-26	-9	JUEV.	32	48
VIERN.	-29	-11	VIER.	30	40
SAB.	-28	-9	SAB.	35	40
DOM.	-20	-10	DOM.	36	45

**TABLA II.3.9**

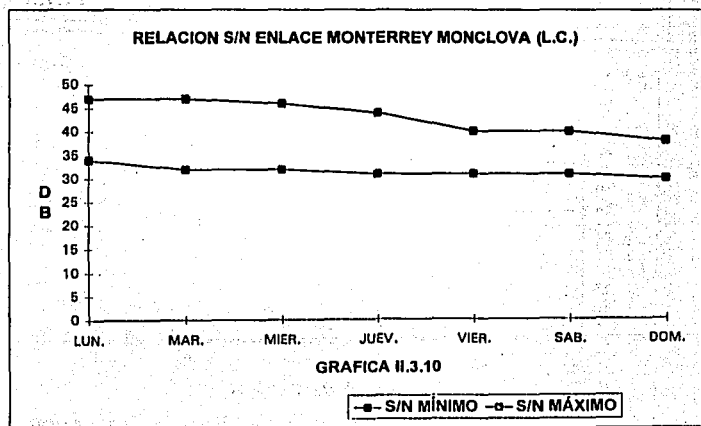
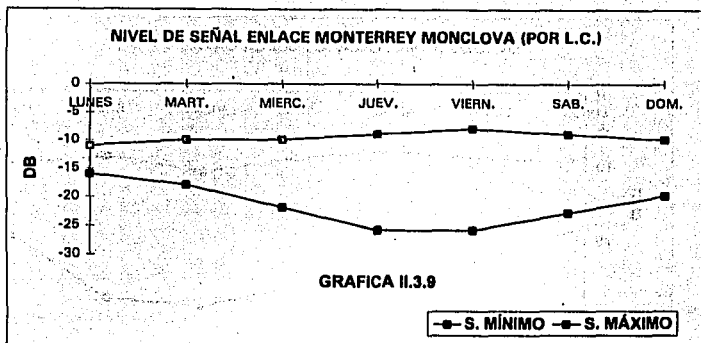
**ENLACE POR LÍNEAS CONMUTADAS. MÉXICO - GUADALAJARA**

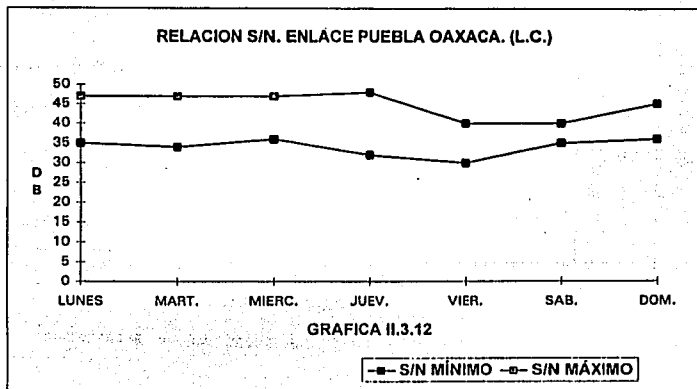
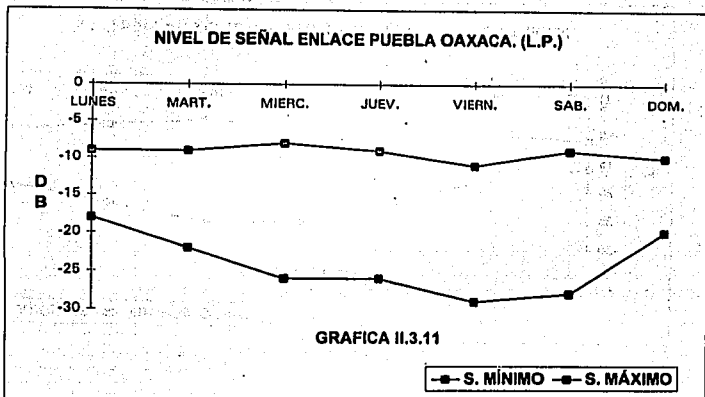
	S. MINIMO	S. MAXIMO		S/N MINIMO	S/N MAXIMO
LUNES	-20	-9	LUNES	35	42
MART.	-23	-9	MART.	35	41
MIERC.	-28	-10	MIERC.	33	39
JUEV.	-30	-11	JUEV.	30	39
VIERN.	-32	-11	VIER.	28	35
SAB.	-32	-12	SAB.	29	37
DOM.	-22	-13	DOM.	32	40

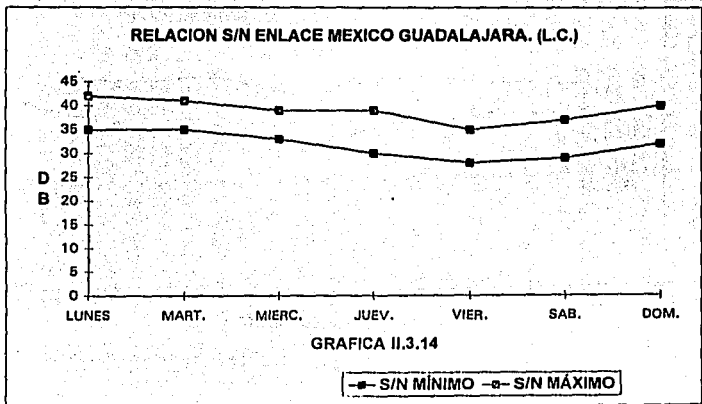
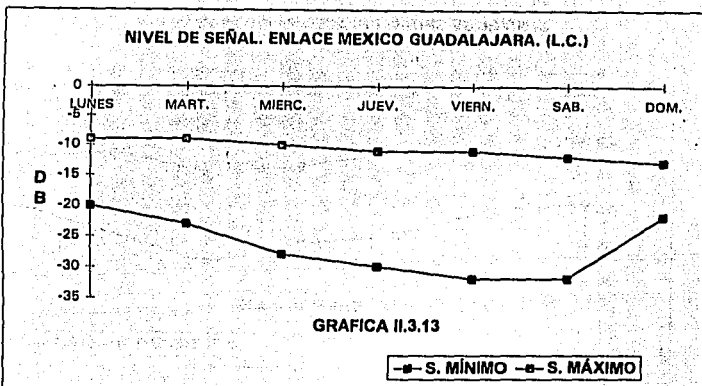
**TABLA II.3.10**

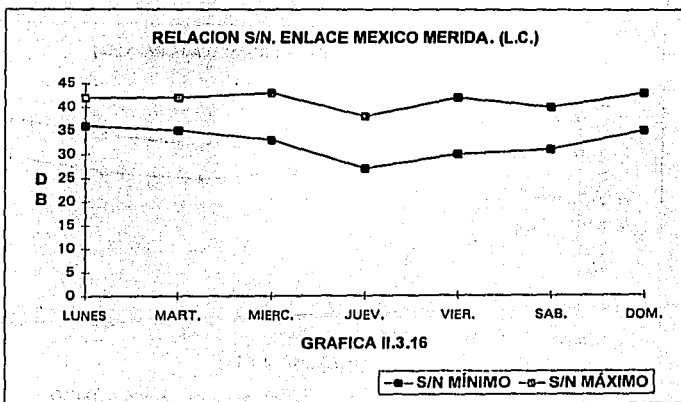
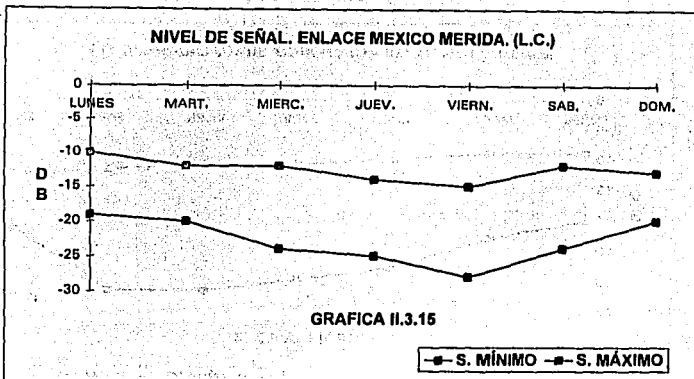
**ENLACE POR LÍNEAS CONMUTADAS. MÉXICO - MÉRIDA**

	S. MINIMO	S. MAXIMO		S/N MINIMO	S/N MAXIMO
LUNES	-19	-10	LUNES	36	42
MART.	-20	-12	MART.	35	42
MIERC.	-24	-12	MIERC.	33	43
JUEV.	-25	-14	JUEV.	27	38
VIERN.	-28	-15	VIER.	30	42
SAB.	-24	-12	SAB.	31	40
DOM.	-20	-13	DOM.	35	43









## CAPITULO III

---

**DISEÑO**

**DE LA**

**RED**



## **CAPITULO III DISEÑO DE LA RED**

### **INTRODUCCIÓN**

**En el capítulo anterior se describieron las carencias más relevantes, que impiden proporcionar un servicio eficiente, así como la falta de integración de los servicios de voz y datos, por lo que es necesario plantear una alternativa de solución a dicho problema.**

**La planificación efectiva de los sistemas nacionales de telecomunicaciones para soportar un servicio integral de telefonía celular, deben realizarse con las herramientas adecuadas para optimizar la utilización de los enlaces, ofreciendo la posibilidad de aplicar seguridad física y funcional.**

**Las redes públicas de conmutación (RTPC) están evolucionando hacia una estructura de dos niveles, con un nivel superior de tránsito completamente digital. Esta evolución, debida a los avances de la tecnología, produce un reajuste en la estructura jerárquica utilizada hasta ahora en los sistemas nacionales de comunicación. Las centrales**

locales junto con la parte de las centrales del nivel primario forman un nivel de centrales autónomas.

La planificación de un sistema nacional de telecomunicación debe por tanto incluir el análisis de la estructura que se desarrollará a nivel nodo, por lo que es necesario: tomar en cuenta el objetivo que se pretende alcanzar, planteando las necesidades y demandas que se desean cubrir con el diseño, y estar conscientes de la importancia y alcance del mismo, dentro de una base realista, respaldada con estadísticas, las cuales nos indican las carencias actuales.

Como en todo diseño, debemos ajustarnos a una serie de restricciones, las cuales deben acoplarse al diseño que se pretende llegar y determinar en que grado pueden afectar, o en su defecto sugerir la opción más óptima.

Partiendo de estos puntos podemos ajustarnos a un diseño que cumpla con las características deseadas para poder evaluar las posibles soluciones y determinar en base a sus características la que más convenga.

Esta evaluación debe estar documentada y justificada para cualquier nivel de sus componentes, ya que debe cumplir requisitos de funcionalidad y seguridad, ya que alguna falla del diseño se puede ver reflejada en enormes pérdidas.

**Las estructuras de seguridad se aplican tanto en plano físico como en el plano funcional, siendo la relación seguridad-costo la que se utiliza para determinar el camino más apropiado a seguir.**

**La planificación de un sistema nacional de telecomunicaciones exige la realización de las siguientes actividades:**

**Recoger datos actuales sobre la demanda de servicios y tráfico. Seleccionar los parámetros socioeconómicos que indiquen la evolución de la demanda. Definir la tecnología e infraestructura donde se integraran el conjunto de servicios.**

**Establecer el escenario de evolución. Definir el periodo de planificación, la cobertura, la calidad del servicio y el criterio de seguridad. Además basado en la demanda existente y en los volúmenes de tráfico actuales, pronosticar la evolución del tráfico interurbano para el servicio telefónico y nuevos servicios.**

**Diseñar la solución del sistema de enlaces final. El trabajo principal es la configuración funcional, el tipo de estructura, el número de niveles, los esquemas de encaminamiento y seguridad, así como el dimensionamiento óptimo. El diseño del sistema de transmisión incluye la definición del trazado físico, la seguridad de las rutas de transmisión y despliegue de la infraestructura que soporta la comunicación.**

**Planificar la evolución del sistema. Definir los planes para evolucionar desde la situación actual hacia el futuro. Definir el volumen del equipo de telecomunicaciones, la tecnología, la transición de arquitectura y el plan de inversiones.**

### **III.1 CONSIDERACIONES INICIALES DE DISEÑO**

Una vez analizada la situación actual de la red, es necesario determinar las consideraciones iniciales de diseño, las cuales se conformarán de las necesidades, demandas y restricciones de la compañía y de la misma red.

Resulta de suma importancia el establecer de manera exacta las consideraciones a tener para el diseño, ya que de estas dependerán los medios y tecnologías a utilizar para lograr un mejor funcionamiento y eficiencia de la misma.

Dentro de estas consideraciones se deben tomar en cuenta tanto necesidades primordiales de la compañía, así como también aspectos económicos, para así lograr un diseño que se adapte enteramente a las necesidades de la compañía de telefonía celular.

Primeramente se establecerán las necesidades a cubrir, las cuales se deberán de especificar claramente para tener un panorama exacto de las funciones que el nuevo diseño debe considerar, enseguida se darán las demandas de servicios que requiere la compañía, esto con la finalidad de contar con puntos para el establecimiento de jerarquías, y finalmente se darán las restricciones que la compañía impone para el diseño, es muy importante hacer notar que las restricciones son las primeras consideraciones a hacer dentro de nuestro diseño.

### **III.1.1- NECESIDADES**

Una vez que se ha planteado el problema que representa la infraestructura actual para cubrir las demandas de servicio que se tienen, podemos deducir que los puntos más importantes, y que serán tomados en cuenta, en el diseño de la nueva infraestructura de comunicaciones para la empresa, son :

- INTEGRACION DE SERVICIOS.
- CONTINUIDAD EN EL SERVICIO.
- ADMINISTRACION Y MONITOREO DE SERVICIOS.
- REDUCCION DE COSTOS.
- CONECTIVIDAD A NIVEL NACIONAL.

De tal forma que los denominaremos NECESIDADES, y deben ser analizados a mayor detalle para que sean un punto de partida para el diseño, de tal forma que es condición necesaria el cubrir éstas, para poder determinar que el diseño a proponer sea el adecuado, por lo que haremos una descripción más amplia de lo que representan éstos puntos a continuación.

## **INTEGRACION DE SERVICIOS**

Después de haber analizado las características de nuestra infraestructura actual y de como cada uno de los servicios que se prestan hoy día requieren de un equipo dedicado a cada uno de ellos, esto es enlaces punto a punto, lo cual significa un aislamiento de servicios, resulta importante el integrar éstos servicios en una infraestructura que permita el manejo tanto de voz como de datos, para cubrir las necesidades de telefonía interna, viajero, facturación, monitoreo de alarmas, activación, operación y mantenimiento mediante un medio y equipo común, con esto se tendrá una mejor planeación para la inclusión de nuevos servicios al sistema sin tener la necesidad de adquirir equipo y medios de comunicación nuevos.

Además de eliminar la alta demanda de equipo de comunicaciones en las MSC's, de tal forma que en un mismo enlace se puedan integrar los servicios mencionados, redundando en servicios más ágiles y de mejor calidad.

## **CONTINUIDAD EN EL SERVICIO.**

Un punto de gran importancia dentro de la empresa es el poder contar con una infraestructura, que le permita ser más eficiente, esta eficiencia se puede reflejar en la capacidad de la empresa de poder proporcionar en forma continua los servicios de voz y datos.

Este punto esta estrechamente relacionado con la infraestructura y topología que se elegirá, ya que nos debe permitir el poder comunicarnos desde cualquier punto, utilizando la ruta más practica, con la ventaja de poder utilizar una ruta alterna para corregir cualquier problema que se presente

En resumen, la conectividad debe estar basada en la prevención de posibles fallas en los enlaces, sin que la continuidad en la prestación de los servicios se vea afectada.

Este punto de gran importancia, nos puede llevar a tener un sistema más eficiente, lo cual se puede ver reflejado en el desarrollo de la empresa, por lo que es necesario contar con un medio de comunicación que sea capaz de cubrir este requerimiento.

## **ADMINISTRACIÓN Y MONITOREO DE SERVICIOS**

Como una consecuencia de la falta de integración de servicios, la administración y monitoreo de los mismos se hace ineficiente, ya que implica ejecutar esas acciones sobre servicios que tienen medios de comunicación diferentes.

Para lograr los niveles de eficiencia requeridos, es necesario que la administración y el monitoreo sean funciones constantes y confiables, ya que de ellos depende la continuidad y eficacia del sistema.



**En general, el establecimiento de una administración y monitoreo eficiente implica cubrir los siguientes objetivos :**

- Prevenir cualquier falla que pueda presentarse
  
- Contar con un mecanismo alternativo de solución
  
- En caso de falla, solucionarla en el menor tiempo posible.

**Además, el lograr que la administración sea eficiente nos permitirá reservar privilegios o restricciones para cada región en particular, y el monitoreo nos permitirá hacer más ágil esa administración al observar el estado del enlace o servicio en particular.**

## **REDUCCIÓN DE COSTOS**

**Uno de los objetivos fundamentales a considerar en el diseño de un sistema es el aspecto económico.**

**La reducción de los recursos a través de la implementación de la nuevas tecnologías, es la función principal del ingeniero, por lo tanto, la reducción de costos es una consecuencia de esta optimización.**

**Para nuestro caso en estudio debemos crear un diseño tal que se utilice al máximo el equipo ya existente, esto claro, sin olvidar el objetivo de mejorar e integrar los servicios para así proporcionar al cliente una más alta calidad de los mismos.**

**Como se expuso en las estadísticas del capítulo anterior existe una gran cantidad de llamadas de larga distancia entre las oficinas de las diferentes ciudades, por lo tanto surge la necesidad de crear una infraestructura tal que disminuya estos costos a la empresa.**

**Con el diseño de un sistema efectivo que integre los servicios de datos y voz, se redundará en una disminución de costos para la empresa celular.**

**Por lo tanto el hecho de integrar los servicios es parte importante en este empeño, así como el contar con enlaces en los cuales pueda mejorar tanto voz como datos, de tal forma que se elimine el pago de los servicios de voz de larga distancia y la renta de líneas privadas a la RTPC, lo que conlleva a un ahorro para la compañía**

**En resumen, nuestras necesidades de crecimiento a mediano plazo deberán ser cubiertas con costos en proporción menores a los actuales.**

## **CONECTIVIDAD A NIVEL NACIONAL**

Una premisa fundamental en cualquier esquema de comunicaciones actual es la conectividad, ya que un sistema que no cuente con ella es un sistema aislado. Se requiere, por lo tanto, de un sistema que al mismo tiempo que nos permita satisfacer las necesidades internas de comunicación, sea susceptible de ser integrado a otro sin menor el problema. En otras palabras: es necesario ajustarse a las normas internacionales que nos proporcionen esa conectividad, ya que en cualquier empresa de comunicaciones a nivel nacional (la telefonía está incluida obviamente ahí) existe una necesidad para comunicarse con cualquier otra sin importar su situación geográfica. De tal forma que al asegurar la conectividad nacional que nos permite un intercambio de voz y datos aseguremos, mediante el mismo esquema, la conectividad a nivel internacional.

Ahora bien, conforme el sistema celular vaya creciendo tendrá una complejidad mayor, ya que tendrá que implementar sus servicios en diferentes ciudades para la prestación del servicio. La infraestructura de un sistema a nivel nacional hará más flexible la implementación de cada uno de los servicios, pues si se tiene a cada una de las zonas de manera aislada la implementación de los servicios será más costosa en dinero y tiempo.

La conectividad nacional y los puntos anteriores complementan el esquema de nuestras necesidades a cubrir para el diseño de un sistema celular.

### **III.1.2.-DEMANDA DE SERVICIO**

En la tabla III.1.2-1 se muestra una relación de los servicios requeridos en cada una de las regiones de la república que serán objeto del estudio, los servicios que se están representando son el Monitoreo de Alarmas, el Recolector de Datos, la Facturación, la Operación y el Mantenimiento, la Activación, el Servicio de Viajero y el Servicio de Voz.

Los estados que comprenden éstas regiones están detallados de tal forma que se puede apreciar con claridad en cuál de ellos se requiere de mayor cuidado ya que, como podemos darnos cuenta, la demanda de servicio es mayor en las ciudades en donde se tiene un equipo central que en las que se tienen oficinas, con la salvedad de las oficinas en la Ciudad de México en donde se concentra la facturación

Esto resultará muy importante en el momento de decidir que tipo de infraestructura se empleará para cubrir las necesidades y demandas de servicio de cada región.

### REGION 4 MONTERREY

CIUDADES	MONITOR DE ALARMAS	COLECTOR DE DATOS	FACTURACION	OPERACION Y MANTENIMIENTO	ACTIVACION	VIAJERO	VOZ
MTY CENTRAL	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
MTY OFICINAS					SI		SI
MONCLOVA CENTRAL	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
MONCLOVA OFICINAS					SI		SI

### REGION 5 GUADALAJARA

CIUDADES	MONITOR DE ALARMAS	COLECTOR DE DATOS	FACTURACION	OPERACION Y MANTENIMIENTO	ACTIVACION	VIAJERO	VOZ
GDL CENTRAL	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
GDL OFICINAS					SI		SI
LA PIEDAD CENTRAL	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
LA PIEDAD OFICINAS					SI		SI

### REGION 7 PUEBLA

CIUDADES	MONITOR DE ALARMAS	COLECTOR DE DATOS	FACTURACION	OPERACION Y MANTENIMIENTO	ACTIVACION	VIAJERO	VOZ
PUEBLA CENTRAL	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
PUEBLA OFICINAS					SI		SI
OAXACA CENTRAL	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
OAXACA OFICINAS					SI		SI

TABLA III.1.2-1 DEMANDA DE SERVICIOS POR REGION.

### REGION 8 MERIDA

CIUDADES	MONITOR DE ALARMAS	COLECTOR DE DATOS	FACTURACION	OPERACION Y MANTENIMIENTO	ACTIVACION	VIAJERO	VOZ
MERIDA CENTRAL	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
MERIDA OFICINAS					SI		SI
CAMPECHE CENTRAL	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
CAMPECHE OFICINAS					SI		SI

### REGION 9 MEXICO

CIUDADES	MONITOR DE ALARMAS	COLECTOR DE DATOS	FACTURACION	OPERACION Y MANTENIMIENTO	ACTIVACION	VIAJERO	VOZ
MEXICO CENTRAL	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
MEXICO OFICINAS			SI		SI		SI

TABLA III.1.2-1 DEMANDA DE SERVICIOS POR REGION (cont.).

### **III.1.3 RESTRICCIONES**

**La compañía de telefonía celular estableció como restricciones de diseño, debido a su infraestructura y necesidades de crecimiento los siguientes puntos :**

- Uso de la norma G.703**
  
- Aprovechar al máximo la infraestructura actual de las centrales celulares así como el de las oficinas.**
  
- Utilizar los estándares internacionales establecidos para telefonía celular, esto con el objetivo de poder proporcionar el servicio de viajero celular internacional en conjunto con Estados Unidos y Canadá.**
  
- Utilizar el equipo terminal disponible actualmente.**

**Estas restricciones fueron impuestas desde un principio para considerar en el diseño de la nueva red, por lo que nuestro diseño deberá apearse además de estas restricciones a los requerimientos antes establecidos.**

### **III.2 POSIBLES SOLUCIONES.**

Tomando en consideración que el objetivo principal planteado en este proyecto debe de ser la integración total de servicios utilizando un solo medio de comunicación, entonces, a partir del análisis de los medios y equipos disponibles en la configuración actual, se tiene lo siguiente:

#### **SOLUCION 1.**

Aplicar criterios de redundancia en líneas privadas conservando la infraestructura actual.

#### **SOLUCION 2.**

Implementar una Red de comunicación para voz y datos entre las ciudades que requieren los servicios de telefonía celular.



## **ANÁLISIS DE SOLUCIONES.**

### **1. CRITERIO DE REDUNDANCIA EN LÍNEAS PRIVADAS.**

Resulta inoperable la utilización de módems y la renta de líneas privadas o conmutadas, ya que, si se requiere que los servicios de voz y datos sean transmitidos a través de un solo medio de comunicación, se tiene la limitante del ancho de banda, velocidad y eficacia inherentes a un medio analógico. Todo esto aunado a que resultarían conexiones punto a punto en una estrella centralizada que de ninguna manera garantizan continuidad en el servicio aún con criterios de redundancia en líneas.

### **2. IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE COMUNICACIONES.**

Si es la integración de servicios la premisa fundamental, entonces la tecnología actual nos provee del sistema necesario para conseguir ese objetivo: una Red de comunicaciones. Este concepto implica lo siguiente: si bien su objetivo a corto plazo no es el de reducir costos (debido a que requiere de una inversión inicial), es una herramienta mediante la cual obtenemos los elementos necesarios que nos permiten una integración total de servicios además de que es posible el uso de medios de comunicación digitales, lo cual incide directamente en la eficiencia del sistema y por lo tanto en el costo económico a mediano y largo plazo.

**Además una Red de Comunicaciones presenta las siguientes ventajas:**

- **Las organizaciones modernas (como la de nuestro caso) suelen estar bastantes dispersas, y a veces incluyen empresas distribuidas en varios puntos de un país o extendidas por todo el mundo. Muchos de los ordenadores y terminales situados en los distintos lugares necesitan intercambian datos e información , y con frecuencia ese intercambio ha de ser diario. Mediante una red puede conseguirse que todos esos ordenadores se intercambien información, y que los programas y los datos necesarios estén al alcance de todos los miembros de la organización.**
- **La interconexión de ordenadores permite que varias máquinas compartan los mismos recursos. Así por ejemplo, si un ordenador se satura por estar sometido a una carga de trabajo excesiva, podemos utilizar la red para que otro ordenador se ocupe de ese trabajo, consiguiendo así un mejor aprovechamiento de los recursos.**
- **Las redes pueden resolver también un problema de especial importancia: la tolerancia de fallos. En caso de que un ordenador falle, otro puede asumir sus funciones y su carga de trabajo, algo de particular importancia en los sistemas de control.**

**El empleo de las redes confiere una gran flexibilidad a los entornos laborales. El personal de la empresa puede acceder a los sistemas de forma remota utilizando terminales conectadas a la red.**

**Resulta entonces visible la ventaja de contar con una Red de Comunicaciones entre las Ciudades que requieren de los servicios de telefonía celular, para lo cual debemos**

tomar en cuenta tres tecnologías necesarias para todo Sistema o Red de Comunicación de datos: Transmisión, Conmutación y Señalización.

## **TECNOLOGIAS DE REDES DE COMUNICACION.**

### **TRANSMISION.**

Se define como el proceso de transportar información entre dos puntos extremos del sistema o red. Esto involucra tanto medios como equipo asociado, que pueden ser:

- Enlaces digitales (E1 ó T1, fibra óptica)
- Enlaces por radiofrecuencia (radiomódems)
- Enlaces por microondas.
- Enlaces vía satélite.

### **CONMUTACION.**

La conmutación es el proceso de permitir a los usuarios establecer conexiones (asociaciones) entre puntos terminales de un sistema o red en forma permanente o temporal con el objetivo de transferir información.

- Conmutación de circuitos. La conmutación de circuitos es un método para proporcionar conexiones entre usuarios asignando una cantidad predeterminada de

capacidad de transmisión (amplitud de banda) en base a un uso exclusivo para la duración de la conexión.

- Conmutación de paquetes. La conmutación de paquetes es un método para proporcionar conexiones entre usuarios dirigiendo, desde la fuente a su destino, grupos de paquetes que contienen información de control y de ruta a través de una instalación compartida de comunicaciones. Dentro de la conmutación de paquetes, podemos hablar de tres tipos de redes:

**Redes X.25.**

**Redes Cell Relay.**

**Redes Frame Relay.**

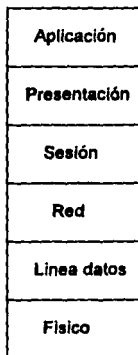
## **SEÑALIZACIÓN.**

Es el mecanismo que permite a las entidades de redes (en el recinto del cliente o en los conmutadores de red) establecer, mantener y terminar sesiones en una red. La señalización puede ser en banda, por ejemplo, frecuencia simple, frecuencia múltiple (FS/FM) o fuera de banda (canal común) por ejemplo, CCST en Estados Unidos, CCITT No. 7 en Europa.

En los párrafos siguientes se hará un análisis de las posibles soluciones de conmutación, en este análisis se tratarán a grandes rasgos las características de cada una de las tecnologías mencionadas, y al final se hará la elección de una de ellas.

## X.25

Para explicar la elección de X.25 como posible solución, es necesario referirnos al modelo OSI de 7 capas presentados a continuación.



**Nivel Físico:** El nivel físico es el nivel 1 y es el nivel más bajo de OSI. Es el que nos permite tener conectividad entre dos usuarios de datos finales que deseen comunicarse. El nivel físico representa la interfaz entre el equipo terminal de datos (DTE) y el equipo de comunicación de datos (DTE) y el equipo de comunicación de datos (DCE).

**Algunas normas aplicables para el nivel físico son:**

**EIA RS232D, RS449, RS422 y RS423**

**CCITT Recs. V.10, V.11, V.24, X.20, X.21, X.21 bis**

**ISO 2110, 2543, 4902 y 4903**

**Nivel de datos:** Este nivel nos da los servicios para realizar intercambio de datos a través de la línea establecida por el nivel físico. Los protocolos de línea de datos administran el establecimiento, mantenimiento y liberación de conexiones de la línea de datos. Estos protocolos controlan el flujo de datos y supervisión de recuperación de errores. Alguno de los protocolos de la línea de datos más comunes son:

**-ISO HDLC, ISO 3309, 4375.**

**-CCITT LAPB y LAPD**

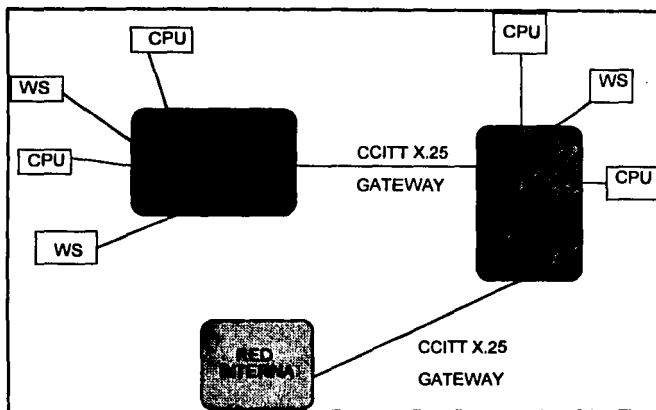
**-IBM BSC, SDLC**

**-ANSI ADCCP**

**Nivel de Red:** El nivel de red mueve los datos a través de la red. Permite el ruteo del tráfico a través de los nodos, concatenando niveles. En otras palabras, los niveles superiores no son requeridos y sólo se utilizan en los puntos del usuario final.

Además las terminales de datos definidas por la recomendación X.25 opera en modo Full Dúplex sincrónico con un rango de velocidad de datos de 2400 bps, 4800 bps, 9600 bps ó 64 Kbps. Su estructura es generalmente compatible con los tres niveles de OSI.

En la siguiente figura III.2-1 observamos la ventaja que nos ofrece utilizar X.25 cuando se quiera que nuestra red interna accese a una red pública.



**Figura III.2-1. Conectividad X.25**

De la misma forma que X.25 nos permite manejar tres maneras de administrar la transferencia y ruteo de cadenas de paquetes:

Datagramas, conexiones virtuales (VC's) y conexiones virtuales permanentes (PVC's). Esto nos permite versatilidad en el manejo de protocolos de capas superiores, constituyendo en sí una gran ventaja.

Otra razón para seleccionar la recomendación X.25 de CCITT es la conectividad que nos permite el uso de el canal de viajero internacional, ya que dicho canal se entrega de las centrales en interfaz X.25.

**Una red conmutada de datos X:25 tiene los siguientes beneficios:**

- 1. Integración (de Sistemas diferentes)**
- 2. Acceso transparente a través de las Redes**
- 3. Complejidad mínima para el usuario final.**
- 4. Facilidad en la adquisición**
- 5. Flexibilidad.**

## **1. INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DIFERENTES**

En esta área X.25 presenta destacados beneficios a los diseñadores de redes. En la figura III.2-2, observamos un clásico ejemplo de integración. Las PC's de la derecha de la figura están todas conectadas a una LAN. Asumiremos que esta red está utilizando una arquitectura Token Ring. La red Token Ring es totalmente incompatible con X.25, pero utilizando un gateway , el diseñador de la red puede conectar esta con la red WAN (Wide Area Network), la cual a su vez se puede conectarse con otras redes LAN. De manera similar los Mainframes de diferentes fabricantes pueden comunicarse unos con otros utilizando X.25 como interfaz común de Red.

Las opciones de integración pueden ser ilimitadas, dependiendo de la capacidad del software proporcionado por los fabricantes.



## 2. ACCESO TRANSPARENTE A TRAVÉS DE LAS REDES

Mediante el uso de este tipo de redes, el usuario podrá comunicarse a cualquier punto en particular de la misma. El uso del X.25 y el modelo OSI permite que un usuario con una PC en Mérida pueda fácilmente hacer uso de un correo electrónico de manera transparente sin darse cuenta de que el Host se encuentra en Monterrey. No es común que los sistemas de cómputo se utilicen de manera fragmentada con diferentes aplicaciones trabajando en cada máquina individualmente.

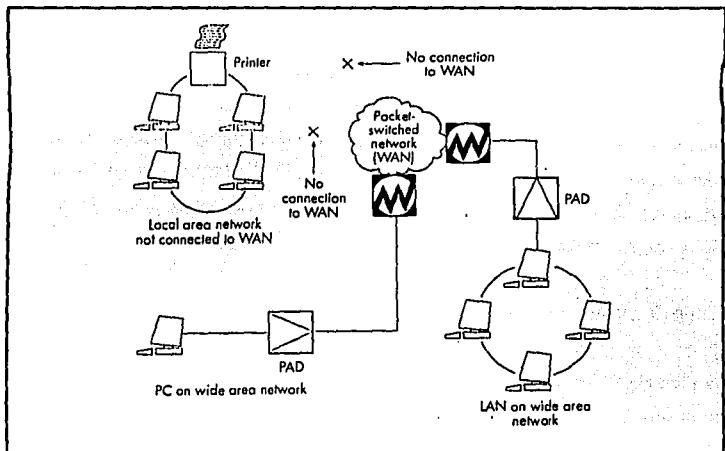


Figura III.2-2. En la parte izquierda se encuentra una LAN mientras la PC que se encuentra en la parte inferior izquierda forma parte de una WAN (Wide Area Network). En la parte derecha se encuentra una LAN conectada a una WAN vía una PC que se denomina "gateway".

### **3. COMPLEJIDAD MÍNIMA PARA EL USUARIO FINAL.**

Las Redes Conmutadas de datos y sus sistemas asociados hacen la vida más fácil al usuario de la red. Aunque algunos usuarios pueden continuar el acceso a la red a través de un enlace conmutado, la mayoría probablemente se conecten de manera directa vía un DCE ó PAD.

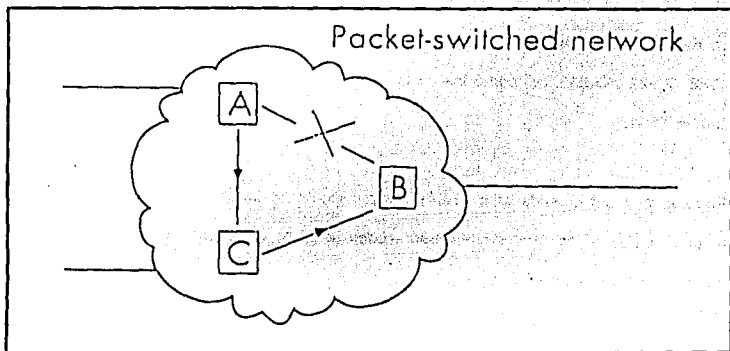
### **4. FACILIDAD EN LA ADQUISICIÓN**

X.25 se ha convertido en una interfaz tan popular que existen varios proveedores compitiendo por ofrecer hardware que van desde redes internacionales hasta PAD de cuatro puertos. Por ejemplo, si una compañía que ha producido switches por varios años que soportan troncales X.25 con velocidades de 19.2 Kbps, después de varios años lanzan un nuevo switch que corre a una velocidad de 64 Kbps, el dueño de la red existente podrá adoptar la nueva tecnología pero utilizando los viejos switches en la nueva parte de la red que no requiere de tales velocidades de troncal.

### **5. FLEXIBILIDAD**

La Flexibilidad es factor clave cuando se considera X.25 y en el diseño de la red conmutada de paquetes. En comunicaciones, el término *flexibilidad* es usualmente utilizado para describir la habilidad de la red para soportar las fallas de línea y de equipo. La Red conmutada de paquetes deberá siempre tener una trayectoria alterna en donde se enviarán los paquetes en caso de una falla en la trayectoria principal. En la figura III.2-3, la red consiste de tres nodos compuesta de tres switches A, B, C. Si existe una falla en la línea entre A y B, la red fácilmente ruteará los datos vía C. Esto se le denomina ruteo alternativo y es la característica predominante en las redes

conmutadas de paquetes Este proceso no requiere la intervención del usuario, el cual pasará inadvertido del ruteo alternativo de sus datos.



**Figura III.2-3.** La confiabilidad es proporcionada por la habilidad de una red conmutada de datos de re-enrutarlos a través de una ruta alternativa si la trayectoria principal falla. En este ejemplo, la trayectoria principal entre A y B falla; sin embargo, puede continuar transfiriendo datos a través de C.

El nivel de frame y paquete permite la recuperación exitosa en caso de falla. Es casi imposible perder datos en una red bien diseñada.

## **FRAME RELAY - CELL RELAY**

La definición de Frame relay ha corrido por cuenta de la CCITT (Recomendaciones I.122, Q.922 y Q.933, así como las de la serie I) y de la ANSI, específicamente de su comité T1S1.

Resulta muy útil considerar a Frame relay como un protocolo para redes de área amplia similar a los que existen para redes locales, cuya función es trasladar a aquellas la sencillez de éstas.

Para manejar el aumento de información en la carga de datos en las redes de área amplia (WAN) y evitar retrasos, se ha propuesto utilizar la tecnología de Frame relay. Diseñada para ayudar en la transición de las actuales arquitecturas de red a las futuras (como Cell relay, por ejemplo), Frame relay pretende facilitar la interconexión con redes locales.

Frame relay debido al beneficio de eficiencia que representa, mejores tiempos de respuesta, calidad adaptable del servicio, transparencia y flexibilidad, las tecnologías de paquetes como Frame relay y Cell relay, han comenzado a reemplazar arquitecturas más tradicionales como las de circuitos TDM y X.25.

Frame Relay opera sobre el supuesto de que las conexiones son confiables y transporta **UNICAMENTE DATOS**. Elimina gran parte del control y detección de errores de X.25, por lo que requiere menos procesamiento que éste. Soporta velocidades hasta de E3, aunque cubre el rango de 256 Kbps a 34 Mbps. La conmutación por células manejará de 34 Mbps hasta 155 Mbps en la interfaz del usuario y 600 Mbps entre los nodos conmutados.

Como X.25, Frame relay transporta datos sobre los frames y **NO maneja paquetes**. Tiene la capacidad de realizar funciones de enrutamiento a nivel Frame. En realidad constituye una versión simplificada del nivel de frame de X.25 con alguna semejanza con el LAPD, el nivel de frame de RDI para el canal D. Este procedimiento de comunicación se ubica en la **CAPA 2** del modelo OSI. Funciona al transferir datos mediante un nivel rudimentario de frames que se denomina el núcleo, el cual consiste básicamente, en sobres de frame tipo HDLC.

Si bien Frame relay no posee funciones para el control de flujo de datos, el frame contiene un campo que actúa como un identificador lógico del canal del nivel del frame, el **DLCI (Data Link Connection Identifier; Identificador de la conexión del enlace de datos)**. Este permite que los circuitos lógicos conmutados o permanentes se fijen en el nivel 2, lo que hace que las funciones de enrutamiento se lleven a cabo en este último.

Entre los principales beneficios de la tecnología Frame relay, además de los descritos, esta permite al usuario aprovechar al máximo cualquier mejora cualitativa en la capa física. Los enlaces de fibra óptica han cambiado radicalmente la calidad del servicio en los medios de transmisión, además de las mejoras continuas en los enlaces de cobre. Por lo tanto, se elimina la necesidad de realizar controles y correcciones de errores tan frecuentemente como con X.25.

Además la tecnología de Frame relay ofrece casi cinco veces más velocidad en la conmutación, dado a las simplificaciones del proceso. Sus usuarios también pueden compartir canales, tales como T1, E1, T3 y E3. Es importante señalar que considera el rápido aumento en el poder de procesamiento de las estaciones de trabajo, que ahora pueden intercambiar grandes archivos y realizar funciones de telecomunicación que antes se llevaban a cabo en los nodos de la red. Suministra acceso de una sola línea a la red con conectividad lógica hacia cualquier otro destino. En consecuencia, se reducen los requerimientos de hardware, se simplifica el diseño de la red y se reducen los costos de operación.

Para muchos resulta una desventaja que Frame relay no corrija errores. Sin embargo, debido fundamentalmente a las recientes mejoras tecnológicas, tales como la introducción de la fibra óptica, como los adelantos en la electrónica de repetidores en línea, los errores que detecta pueden corregirse extremo a extremo por X.25 ó TCP/IP,

por ejemplo. De esta manera se aligera al software de conmutación del nodo, lo que permite una conmutación mucho más rápida.

Por otro lado, este protocolo no incluye un mecanismo de control de flujo que reduzca las ventanas de transmisión. En lugar de eso, señala los problemas de congestión. Descarta los frames que provocaron aquel y deja que un protocolo de nivel más alto retransmita los mensajes correspondientes (X.25 ó TCP/IP).

La tecnología Frame relay, en México, se comenzó a aplicar a partir del año pasado (1994) y su funcionamiento, no ha sido del todo aceptable, esto debido a la falta de experiencia en su manejo así como de personal capacitado para resolver las posibles fallas que se presentan, lo cual resulta una gran desventaja en este momento. Por su parte Cell relay no se tiene conocimiento de aplicación en México.

## **SELECCION DE PROTOCOLO DE COMUNICACIONES**

En la siguiente tabla III.2-1 se presenta un resumen de las principales características de las redes X.25, Frame Relay y Cell Relay.

	X.25	Frame Relay	Cell Relay
<b>Operación Nivel OSI</b>	3.5	2	2
<b>Nivel de Confiabilidad Requerido del Medio de Enlace</b>	Bajo	Alto	Alto
<b>Tipo de Multiplexión</b>	TDM	STDM	STDM
<b>Detección y Corrección de errores</b>	Si	No (X.25 - TCP/IP)	No (X.25 - TCP/IP)
<b>Nivel de Soporte Técnico en México</b>	ALTO	ESCASO	NULO
<b>Base Instalada en México</b>	90 empresas	1 empresa	0 empresas
<b>Costo Promedio por Nodo Básico</b>	\$ 15 000 Dls.	\$ 45 000 Dls.	No Conocido
<b>Conectividad</b>	Punto - Punto Punto - Multipunto	Punto - Punto	Punto - Punto

**Tabla III.2-1. Comparación entre X.25, Frame relay, Cell relay.**



**Analizando cada uno de los puntos expuestos en la tabla anterior, tenemos lo siguiente:**

**a) Operación Nivel OSI.- La operación o cobertura de X.25 del modelo OSI, para nuestra aplicación es la conveniente debido a que el tipo de terminales que se manejan no cuentan con un protocolo de alto nivel, lo cual es requerido por Frame y Cell Relay.**

**b) Nivel de Confiabilidad Requerido del Medio de Enlace.- Como podemos observar Frame Relay y Cell Relay requieren de un medio de alta confiabilidad, debido a como se explicó, no realiza controles y correcciones de errores tan frecuentemente como X.25. La confiabilidad de un medio digital es muy alta cuando funciona correctamente, sin embargo en México, la tecnología de las redes digitales no se ha desarrollado plenamente, por lo que no resulta conveniente, en la situación actual, utilizar una tecnología tan exigente, por lo que X.25 resulta ser una buena opción al poder operar a través de medios no tan eficientes como por ejemplo líneas privadas.**

**c) Tipo de Multiplexión.- Una de las principales desventajas de tanto Frame Relay como de Cell Relay, es el hecho de que el tipo de multiplexión que utilizan es estadística por división de tiempo, mientras que X.25 utiliza multiplexión por división de tiempo, la cual es necesaria para establecer conexiones con la RTPC.**

**d) Detección y Corrección de errores.-** La detección y corrección de errores es un reconocimiento de información que realizan los protocolos para verificar si la información que reciben es la correcta, es decir no hubo pérdida de información durante la transmisión. X.25 realiza esta función implícitamente, mientras que Frame y Cell relay requieren de un protocolo de alto nivel como TCP/IP ó el mismo X.25 para realizar este chequeo.

**e) Nivel de Soporte Técnico en México.-** En el diseño y selección de un sistema de red resulta de gran importancia el considerar el soporte técnico que existe actualmente para cada una de las tecnologías a proponer.

En nuestro país la tecnología de Frame Relay fué introducida hace no más de un año, por lo que resultan ser nueva; la reciente introducción de esta tecnología normalmente carece de un soporte técnico eficiente además de ser muy caro por la misma falta de experiencia en la misma, es necesario verificar la operación de esta a través de la experiencia adquirida de empresas que utilizan esta tecnología.

X.25 es una tecnología usada en México desde hace no menos de 10 años, por lo que está plenamente consolidada su utilización así como el ofrecimiento de capacitación y soporte técnico a un costo mucho menor en relación al de Frame Relay.

El estar a la vanguardia tecnológica implica costos muy elevados tanto de equipo como de capacitación por lo que en muchos de los casos el adquirir lo último en el mercado no es necesariamente lo más eficiente.

**f) Base instalada en México.- Debido a que de Frame Relay tiene poco menos de 1 año de haber sido introducido en México, solo se tiene conocimiento del uso de esta tecnología en 1 empresa; por otro lado X.25 al tener mayor tiempo operando en el país, es usado en un mayor número de empresas.**

**g) Costo Promedio por Nodo Básico.- Como se mencionó anteriormente el introducir tecnologías recientes nos lleva a realizar grandes inversiones, en este caso Frame Relay y Cell relay resultan ser en proporción 3 veces más caras que X.25.**

**h) Conectividad.- Si bien los puntos anteriores son de alta importancia, el tipo de conectividad es la parte medular de nuestro análisis. En nuestras necesidades principales se encuentra la de tener una conexión de varios puntos, los cuales debido a la naturaleza de la telefonía celular deben poder interconectarse de manera independiente, es decir, no podemos considerar conexiones punto a punto estáticas, ya que los diferentes centros celulares distribuidos a lo largo de la República Mexicana no tendrán una ruta fija a seguir, por lo que no podemos hablar de centros fijos o dedicados, esto dependerá del crecimiento del servicio celular así como la necesidad de su uso, concretamente el servicio viajero, además teniendo en cuenta las perspectivas de la empresa de implementación de un sistema satelital a mediano plazo estamos forzados a tener un sistema que pueda ofrecer este servicio, por lo que considerando esto, actualmente tanto Frame Relay como Cell Relay no poseen esta característica que sí ofrece X.25.**

De los puntos descritos anteriormente llegamos a la conclusión de que utilizar una tecnología tan nueva como Frame Relay para los propósitos de la empresa, resulta inconveniente, ya que factores como conexión, costo, experiencia y soporte resultan poco favorables en este momento, por lo que se determina que X.25, a pesar de no ser lo más innovador, si resulta lo más completo y satisface las necesidades y restricciones fijadas por la empresa.

Debido a los convenios internacionales con compañías de Telefonía Celular de Estados Unidos y Canadá, se estableció que la transferencia de datos entre estos países, para el uso del servicio viajero internacional, se debía realizar a través de un canal X.25, lo cual es un punto más a favor de este, ya que si se utilizara Frame Relay sería necesario la conversión de este sistema a X.25, lo cual no es ningún problema ya que existen "Gateways" que realizan esta función, sin embargo es un gasto más a la empresa.

Un factor que refuerza el uso de X.25, es su atributo de tener consolidada una naturaleza internacional y sus protocolos relativos son administrados por una agencia de las Naciones Unidas llamada la Unión Internacional de Telecomunicaciones, mientras que Frame Relay todavía no es una norma Internacional.

### **III.3 PROPUESTA**

#### **III.3.1 DISEÑO DE LA TOPOLOGÍA DE RED**

Uno de los puntos más importantes en el diseño de una red, es el diseño de una topología de red adecuada a nuestras necesidades, ya que de esta forma podemos establecer las rutas, nodos principales, nodos secundarios y la interconexión entre los mismos, que nos permitan proporcionar un alto rendimiento de la red, así como el uso óptimo de los recursos y por ende un ahorro en los mismos.

Para poder obtener un diseño práctico, se busca determinar la configuración más económica facilitando todos los requerimientos de los usuarios, otro punto de gran importancia es obtener un sistema confiable con la capacidad de respaldo para poder soportar cualquier falla que se presente, por lo que es necesario tomar en cuenta factores como la magnitud del tráfico, distribución del flujo de información y demanda de los usuarios.

La demanda de los usuarios es generalmente conocida en el diseño inicial de la red, el cual no es exacto en la práctica. El flujo de tráfico en la red actual, en cantidad y

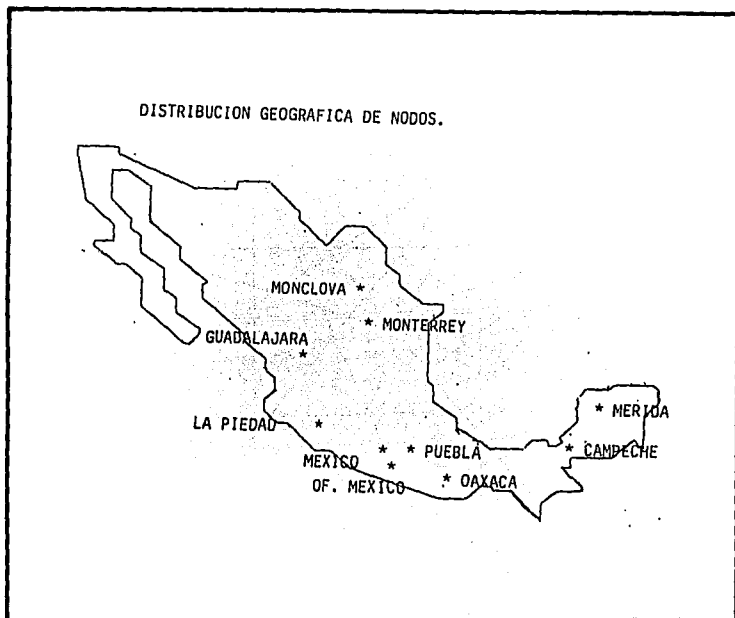
distribución, es un parámetro dinámico, el cual cambia constantemente, por lo que es necesario considerar un margen de crecimiento en nuestro diseño.

Para cumplir nuestro objetivo, se partirá de un diseño general, interconectando todas las localidades, el cual se reducirá al optimizar los recursos siguiendo un modelo de referencia denominado "Modelo de funcionamiento de la Red".

Este modelo esta basado en un grupo específico de nodos de red en varias localidades, los nodos son conectados entre si por una serie de líneas o canales.

Para el diseño de red se cuenta con las siguientes localidades figura III.2.1:

México	Oficinas México
Puebla	Oaxaca
Mérida	Campeche
Guadalajara	La Piedad
Monterrey	Monclova



**Figura III.2.1.** Distribución de nodos.

Simulando cada localidad un nodo, e interconectandolos entre si, se obtiene una matriz de flujo de datos de  $10 \times 10$ , la que resulta en una configuración de red muy compleja empleando 45 líneas, ver figura III.2.2, elevando significativamente los costos.

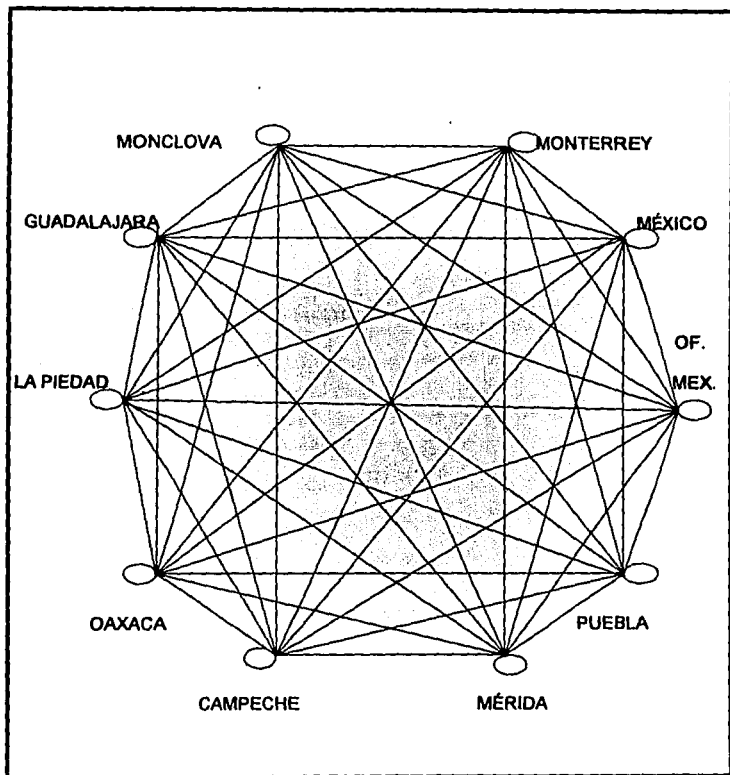


Figura III.2.2. Interconexión de nodos 45 líneas.



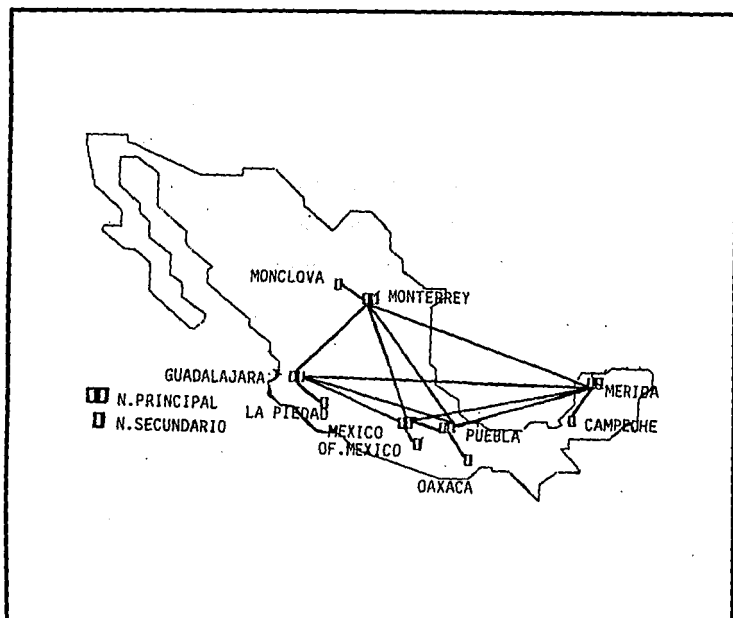
El número de líneas se puede reducir al considerar un sistema distribuido y definir nodos principales, redireccionando tal como lo requiera la red, de acuerdo a la demanda específica de usuarios y la distribución geográfica de los mismos.

De acuerdo a los requerimientos de la empresa para cada localidad, indicados en la tabla mostrada anteriormente, donde se indica el tipo servicios de voz y datos que deben ser capaz de proporcionar, y tomando en cuenta la distribución geográfica de las mismas, podemos definir las localidades que pueden ser consideradas como nodos principales y sus respectivos nodos secundarios.

De tal manera que nuestros Nodos Principales serán: México, Monterrey, Guadalajara, Puebla y Mérida.

Y sus correspondientes Nodos Secundarios serán: Of. México, Monclova, La Piedad, Oaxaca y Campeche.

Interconectando cada nodo secundario con el nodo principal que le corresponde e interconectando los nodos principales, se obtiene un diseño como el que se muestra en la figura III.2.3.



**Figura III.2.3.** Conexión entre nodos principales.

Como se puede observar en la figura III.2.3 el número de líneas entre nodos principales, y de nodos principales a nodos secundarios, se reduce a 15, con esto disminuye el costo en las mismas,

El cual se puede reducir aun más, tomando en cuenta el mismo principio y definiendo como nodo central, debido a su situación geográfica y política, el ubicado en la región de México.

Al conectar este nodo con los nodos principales y definir una ruta alterna de acceso a cada nodo principal, y considerando la distancia entre los mismos, podemos definir una distribución como la que se muestra en la figura III.2.4.

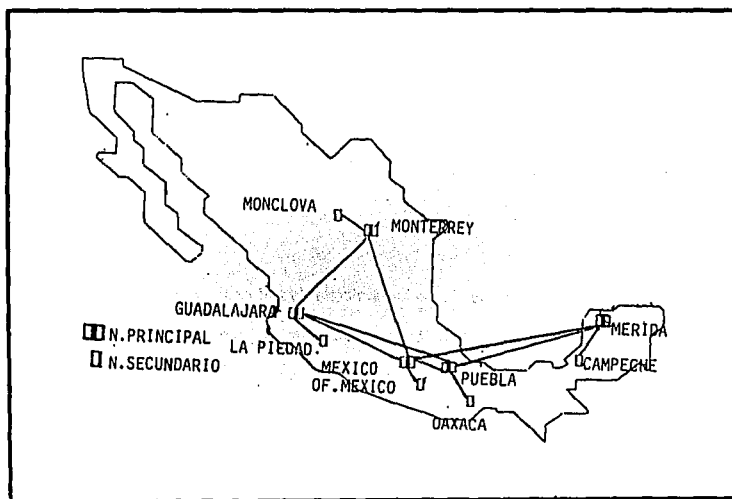


Figura III.2.4. Topología de red final.

En la topología mostrada en la figura III.2.4. se indica la conexión de un nodo adicional conectado a cada nodo principal o secundario, denominado nodo oficinas, este nodo es de gran importancia, ya que en el se llevaran los servicios indicados en la tabla de requerimientos de la empresa antes mencionada.

Como podemos observar la topología a la cual se llegó, representa una configuración compuesta malla - estrella, la cual cumple con las características de un sistema distribuido, ya que cada nodo principal realiza todas las funciones en forma independiente, y en caso de algún problema en los enlaces, se cuenta con una ruta de acceso alterna.

## **SEGURIDAD EN LA RED**

Un paso considerado en el diseño de la topología de red es la seguridad funcional que ofrece la misma, ya que con esto se busca ofrecer un servicio continuo y eficiente, que tenga la capacidad de prevenir y poder solucionar cualquier riesgo que se presente.

Para esto se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones, Primeramente en base a la recopilación de datos de tráfico de las centrales, se calcularon los caminos alternativos que se pueden tener entre nodos principales, los cuales fueron

determinados en base a la demanda de tráfico para cada localidad, ya que a partir de ella se determino los servicios requeridos para satisfacer la necesidad de cada una.

En caso de fallas se mejora la distribución de perdidas en la red , haciendo la distribución del grado de servicio ofrecido a los distintos pares origen - destino más uniforme.

La seguridad funcional que puede obtenerse con una estructura, como la topología diseñada, agrupa los nodos principales de tal forma que siempre se cuenta con al menos una ruta alterna de interconexión entre los mismos.

Esta estructura garantiza que en caso de falla de un nodo, se curse por alguna ruta alterna el tráfico generado por las centrales. Esto hace la estructura de seguridad más flexible aumentando el rendimiento de la red.

Este punto, que se considerara en el calculo de la capacidad de red, puede parecer una solución costosa en términos de capacidad de enlaces, pero tomando en cuenta la necesidad de la empresa de proporcionar un servicio continuo, requiere la importancia de una comunicación eficiente.

**Como se menciona anteriormente esta topología cumple con las características de una red distribuida, ya que cada nodo principal tiene independencia para proporcionar los servicios de voz y datos.**

**En resumen la topología cumple con las siguientes consideraciones:**

- 1.- Proporciona confiabilidad para garantizar la recepción correcta de todo el tráfico (encaminamiento alternativo).**
- 2.- Encaminar el tráfico entre el transmisor y el receptor a través del camino más económico dentro de la red.**
- 3.- Proporciona al usuario final un tiempo de respuesta óptimo.**

### **III.3.2 ELEMENTOS DE LA RED**

Los tres elementos básicos para el diseño de la red, necesarios para el funcionamiento de la misma, tomando en cuenta las características requeridas, así como las restricciones al diseño, se describen a continuación.

**MEDIO DE ENLACE (E1)**

**PAD**

**MULTIPLEXOR**

**MEDIO DE ENLACE (E1)**

Una de las restricciones mencionadas al inicio de este capítulo, es la de aprovechar en la medida de lo posible, la infraestructura con la que se cuenta, tratando de eliminar un gasto muy elevado, el cual no es muy conveniente a solicitud de la empresa.

Por lo que se solicitó se empleara la estructura soportada mediante el uso del estándar G703 conocido como portadora digital. El cual es empleado actualmente para satisfacer las necesidades de voz.

Este medio nos proporciona las ventajas mencionadas en el capítulo 1, que son las de contar con un ancho de banda muy elevado, el cual nos permite el uso de E1's y cada uno cuenta con 32 canales de 64 Kbps (conocidos como E0's).

Adicionalmente nos proporciona la facilidad de integrar los servicios de voz y datos, ya que se pueden utilizar los E0's necesarios para soportar el servicio de datos y los restantes son empleados para el servicio de voz.

Para reforzar la solicitud de la empresa, a continuación se realiza un estudio de costos entre líneas privadas y E1's. Para este estudio se toma como referencia un calculo del costo en base a la cantidad de bps por mes soportada por los medios y equipos de comunicación.

## **ANÁLISIS DE COSTOS EN BASE AL MEDIO DE COMUNICACIÓN**

El análisis del costo del medio, se desarrolló en una base de bits por segundo (bps) en dólares, aunque existen diversos factores que influyen para precisar este dato, se puede obtener un calculo aproximado que nos servirá para diferenciar entre un medio analógico y un medio digital.



Para realizar este estudio, se debe considerar la siguiente tabla que nos indica el costo en dólares de una línea de comunicación, considerando una longitud mínima de 400 Km.

**COSTO DE UN CANAL DE COMUNICACIONES PARA DISTANCIAS MAYORES A 400 KM.:**

<b>FACILIDAD</b>	<b>COSTO POR KM. (DÓLARES)</b>
Medio analógico	0.20
2.4 Kbps	0.20
4.8 Kbps	0.20
9.6 Kbps	0.20
56.0 Kbps	1.05
2.048 Mbps	9.60

LOS COSTOS APROXIMADOS DE LOS EQUIPOS SE LISTAN EN LA SIGUIENTE TABLA:

CAPACIDAD DEL EQUIPO	COSTO EN DÓLARES
ABAJO DE 9600 BPS	\$ 1,380.00
19200 BPS (MÓDEM)	\$ 4,000.00
56000 BPS	\$ 6,000.00
2.048 MBPS	\$12,000.00

Para estos equipos se debe considerar el periodo de amortización, el cual para el calculo de los ejemplos, se asume de tres años (36 meses).

**CALCULO DEL COSTO TOTAL POR BPS POR MES.**

$$C_T = \frac{N C_E / T + C_M D}{C} \dots \dots \dots (A)$$

**DONDE:**

- N** = Número de equipos utilizados (Normalmente  $N = 2$ )
- C<sub>E</sub>** = Costo del equipo (en dólares)
- T** = Periodo de amortización (36 meses)
- C<sub>M</sub>** = Costo de la línea (por kilómetro)
- D** = Distancia (en kilómetros)
- C** = Capacidad (en bps)
- CT** = Costo por bps por mes

**DESARROLLO DE EJEMPLOS:**

- 1.- Operando a 2.4 kbps.
- 2.- Operando a 4.8 Kbps.
- 3.- Operando a 9.6 Kbps.
- 4.- Operando con módems a 19.2 Kbps.
- 5.- Operando a 2.048 Mbps.

## 1.- OPERANDO A 2.4 KBPS.

En base a la formula (A):

$$CT = \frac{N C_E / T + C_M D}{C}$$

**DATOS:**

N	=	2
C <sub>E</sub>	=	\$ 1,380 dólares
T	=	36 meses
C <sub>M</sub>	=	0.20 dólares por Km.
C	=	2400 BPS
D	=	400 km

**DESARROLLO:**

$$CT = \frac{2 \times 1380 / 36 + 0.20 \times 400}{2400} = \frac{156.7}{2400} = 0.0653$$

CT<sub>2400</sub> = \$ 0.0653

**COSTO EN DÓLARES POR BPS POR MES**

## 2.- OPERANDO A 4.8 KBPS.

### DATOS:

N	=	2
C <sub>E</sub>	=	\$ 1,380 dólares
T	=	36 meses
C <sub>M</sub>	=	0.20 dólares por Km.
C	=	4800 BPS
D	=	400 km.

### DESARROLLO:

$$CT = \frac{(2 \times 1380 / 36) + (0.20 \times 400)}{4800} = \frac{156.7}{4800} = 0.0326$$

**CT<sub>4800</sub> = \$ 0.0326**

**COSTO EN DÓLARES POR BPS POR MES**

### 3.- OPERANDO A 9.6 KBPS.

#### DATOS:

- N = 2  
C<sub>E</sub> = \$ 1,380 dólares  
T = 36 meses  
C<sub>M</sub> = 0.20 dólares por Km.  
C = 9600 BPS  
D = 400 km.

#### DESARROLLO:

$$CT = \frac{(2 \times 1380 / 36) + (0.20 \times 400)}{9600} = \frac{156.7}{9600} = 0.0163$$

$$CT_{9600} = \$ 0.0163$$

COSTO EN DÓLARES POR BPS POR MES

#### 4.- OPERANDO CON MODEMS A 19200 BPS.

##### DATOS:

- N = 2
- C<sub>E</sub> = \$ 4,000 dólares
- T = 36 meses
- C<sub>M</sub> = 0.20 dólares por Km.
- C = 19200 BPS
- D = 400 km.

##### DESARROLLO:

$$CT = \frac{(2 \times 4000 / 36) + (0.20 \times 400)}{19200} = \frac{302.22}{19200} = 0.0157$$

$$CT_{19200} = \$ 0.0157$$

**COSTO EN DÓLARES POR BPS POR MES**

**5.- OPERANDO A 2.048 MBPS.**

**DATOS:**

- N = 2  
C<sub>E</sub> = \$ 12,000 dólares  
T = 36 meses  
C<sub>M</sub> = 9.60 dólares por Km.  
C = 2.048 MBPS  
D = 400 km.

**DESARROLLO:**

$$CT = \frac{(2 \times 12000 / 36) + (9.60 \times 400)}{2048000} = \frac{4506.66}{2048000} = 0.0020$$

**CT<sub>2.048</sub> = \$ 0.0020**

**COSTO EN DÓLARES POR BPS POR MES**



Comparando el medio analógico trabajando con módems a su máxima capacidad 19200 bps con el medio digital a 2.048 Mbps llegamos a la siguiente conclusión:

**CT<sub>19200</sub> = \$ 0.0157 por bps por mes**

**CT<sub>2.048</sub> = \$ 0.0020 por bps por mes**

Como se puede observar en los ejemplos mostrados, cuando se manejan canales de alta capacidad como en el ejemplo de un medio de comunicación digital, el costo por bps por mes se reduce considerablemente.

Esto es un punto favorable para continuar utilizando este medio de comunicación. Adicional a las características del mismo mencionadas en el capítulo 1.

## **PAD**

Dentro del nivel 3 del modelo OSI se determina el formato del campo de información de la trama HDLC. A esto se le llama **paquete** y es un término muy ampliamente usado en las redes X.25. El conjunto de protocolos X.25 determina las características de la interconexión entre el DTE y el DCE como se mencionó anteriormente, y dentro del conjunto de normas asociadas que maneja se encuentra la X.3 que se refiere a la

facultad de ensamblado y desensamblado de paquetes (PAD), que es donde entra el equipo mencionado; y la norma X.29, que determina los procedimientos para el intercambio de información de control y datos del usuario, entre un DTE en modo de paquetes y un PAD.

No todos los DTE's disponen del software necesario para un soporte nativo de los protocolos del X.25. Por lo tanto, en algunos casos, los DCE's deben implementar procedimientos para convertir los protocolos no X.25 en X.25. Nuevamente, aquí tenemos dos subcategorías de DTE's: las tipo sincrónicas de bloques y las tipo asincrónicas de bytes. Ambos tipos de DTE se conectan a los DCE's usando sus propios protocolos nativos. La corriente de datos que llega al DCE es convertida en paquetes de formato estándar, por módulos de software residentes llamados **PAD** (Packet Assembler Disassembler). En el caso de la red propuesta, estos PAD's se implementan en equipos separados que actúan independientemente.

## **MULTIPLEXOR**

El multiplexor tiene como función principal transmitir, a través de una línea de alta velocidad (2.048 Mbps), canales de baja velocidad (64 Kbps) multiplexandolos en tiempo.

Para nuestro caso utilizaremos un Multiplexor TDM (Time Division Multiplexing) como el equipo que integra la voz y los datos; debido a que las líneas de enlace entre centrales y hacia los PBX son E1, utilizaremos estos para "montar" nuestros canales de datos así como nuestros canales de voz.

El siguiente esquema muestra mejor esta idea:

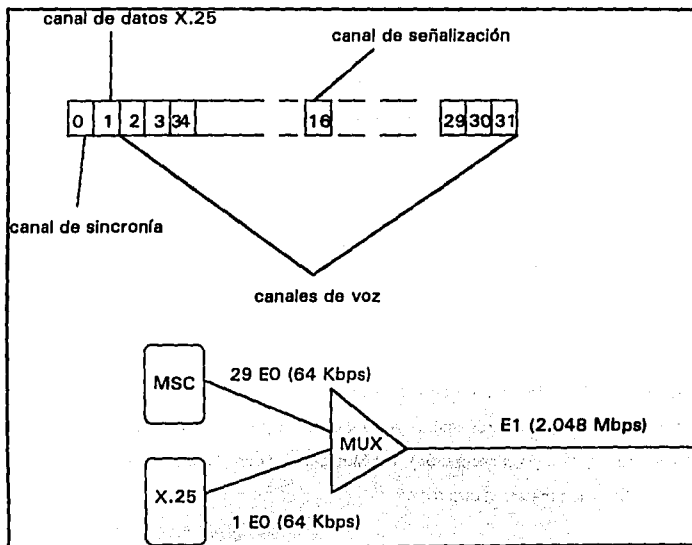


Figura III.3.2-1.

Utilizando el multiplexor es posible la integración de los dos tipos de servicios que nos interesan a través de un sólo equipo.

Los multiplexores tienen las siguientes características:

- 1) Capacidad de Cortar e Insertar (Drop and Insert)
- 2) Capacidad de Cross-Conexión
- 3) Compresión de Voz (ADPCM)

### **TECNICAS DE CORTAR E INSERTAR**

Los multiplexores cuentan con una función llamada Cortar e Insertar (Drop & Insert), la cual permite insertar y quitar canales al sistema PCM.

En la figura III.3.2-2. se muestra un enlace entre una central A y una central C pasando a través de una central B, la central A envía 20 canales de voz de los cuales sólo 10 son recibidos por B y los restantes 10 son cruzados (cross-connection) hasta la central C. Además la central B envía 10 canales hacia C, completando los 20 canales hasta esta central.

Un sistema PCM de acuerdo con la recomendación G703 de la CCITT, es una señal de 2.048 Mbps que es transmitida a través de un par de cables coaxiales (uno para transmisión y otro para recepción). Un Multiplexor Drop & Insert extrae canales de la trama PCM y los inserta a otra trama.

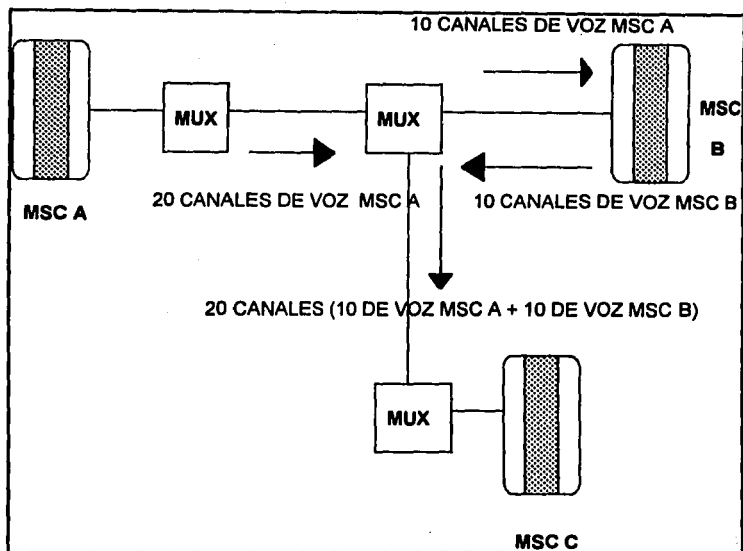


Figura III.3.2-2.

### COMPRESIÓN DE VOZ ADPCM Y MULTIPLEXORES

La CCITT recomienda la forma de interconectar canales de voz comprimidos via un equipo, para ello se establece que al usar señalización por canal asociado (CAS) se lleven 60 canales de voz y 62 al usar señalización por canal común (CC ó CCITT No 7). En realidad dependerá del modo de conexión pero por lo general tendremos 58 canales con CAS si llevamos en el mismo la señalización y la voz, y 60 si usamos CC.

### DACS (FUNCION DE CONEXION CRUZADA)

La función de conexión cruzada permite seleccionar canales para su interconexión dentro de una red de varios E1's. Esto es los DACS son unidades que permiten conectar redes en malla o anillo como se muestra en la figura III.3.2-3.

Esto permite diferentes rutas de canales en caso de que uno ó varios de los enlaces se queden fuera de servicio.

La red establecida por lo pronto tiene varios caminos alternos pero conforme crezca deberán observarse redes anilladas ó en malla para disminuir los impactos creados por las pérdidas de enlace.

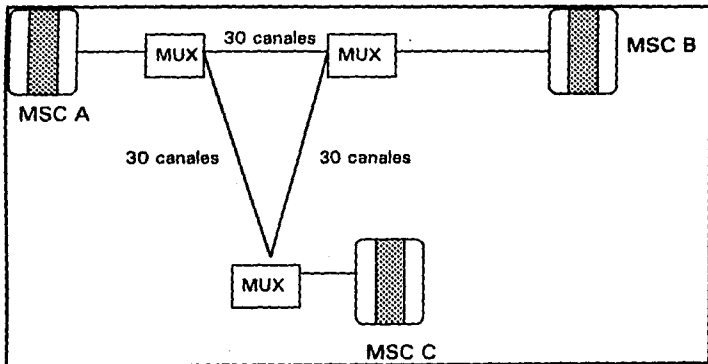


Figura III.3.2-3.

## **RECOMENDACIONES DE LA CCITT Y LA FUNCION PARA ADAPTAR DATOS**

Un Multiplexor digital también permite adaptar datos a una línea PCM. Los datos pueden ser síncronos ó asíncronos, para hacer estos deben convertir las señales de datos en secuencias del PCM para transmitirlos por el enlace.

Los equipos multiplexores usan diferentes técnicas para aprovechar el ancho de banda, las llamadas propietarias (es decir que son exclusivas de una marca) permiten una mejor administración del ancho de banda, sin embargo tienen la dificultad que sólo son operables en equipos de estas marcas y en consecuencia poseen un sistema no abierto para una posible expansión de equipo, aunque estos fabricantes ofrecen diferentes soluciones de interconexión con equipos de otras marcas, esto redundando en complicaciones posteriores a largo plazo. En el caso de las arquitecturas llamadas abiertas tienen limitantes en cuanto a las capacidades que ofrecen pero son equipos versátiles muy sencillos de operar y mantener. Si bien son equipos más sencillos no por ello omiten servicios de tecnología actual.

En conclusión, el multiplexor será el equipo que integre los servicios de voz y datos siendo una de nuestras principales necesidades a satisfacer, esto conlleva al monitoreo común de los enlaces tanto de voz y datos, siendo más fácil la detección de los problemas y la solución de ellos. Por lo tanto resumiendo las ventajas de utilizar un multiplexor dentro de nuestro diseño son las siguientes:

- Multiplexación de Voz y Datos a través de los mismos enlaces E1

- **Conversores de los circuitos de 2.048 Mbps a circuitos de 1.544 Mbps para la comunicación de portadores de zonas telefónicas locales tanto de Estados Unidos y de México.**
- **Mientras este tipo de equipos basicamente soportan la multiplexión para muchos datos con división del tiempo estándar, han llegado a soportar muchas características, incluyendo:**
  - I. **multiplexión de división del tiempo de datos sincrónicos**
  - II. **soporte de ingreso de voz en forma analógica, luego digitalizada usando ADPCM u otro esquema de baja tasa de bits.**
  - III. **Configuración, pruebas y reunión de estadísticas local o remota.**



### **III.3.3. CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL EQUIPO REQUERIDO.**

La gráfica de nodos y flujo de información para la red propuesta se muestra en la figura de la página siguiente. De las gráficas y tablas de estadísticas de tráfico, podemos deducir los porcentajes de ocupación de línea tanto a la entrada (%I), como a la salida (%O) mostrados en la tabla III.3.3-1. Se está considerando en ésta tabla un valor de  $E_{0,100\%} = 50\%$ , debido a que X.25 nos garantiza una máxima eficiencia con este porcentaje de utilización de línea.

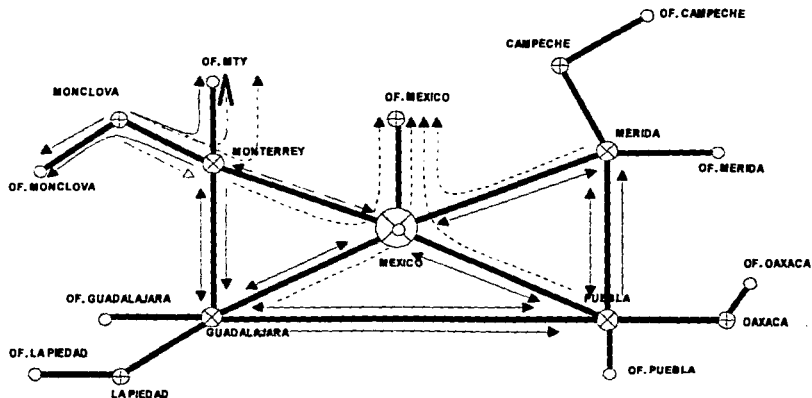
Con un PAD trabajando en cada nodo, y utilizando una recomendación propia de X.25, tenemos que:

**Tamaño de Paquete X.25 (DTE) = 8 bytes**

**Tamaño de paquete X.25 (DCE) = 128 bytes**

Como todos nuestros cálculos se refieren a un nodo de comunicaciones, esto implica que estamos calculando la capacidad para un DCE, por lo tanto, el tamaño del campo de datos en el frame de X.25 será de 128 bytes

## NODOS Y FLUJO DE INFORMACION DE LA RED DE VOZ Y DATOS



- > ACTIVACION
- - - - -> FACTURACION
- .....> VIAJERO
- > OP. Y MANTO.
- > ED
- - - - -> MONITOR ALARMAS

- ⊗ NODO CENTRAL
- ⊗ NODO PRINCIPAL
- ⊕ NODO SECUNDARIO
- OFICINAS

**PORCENTAJES DE OCUPACION**

DISPOSITIVO (ELEMENTO)	OFICINAS		SECUNDARIO		PRINCIPAL		CENTRAL		VELOCIDAD
	%I	%O	%I	%O	%I	%O	%I	%O	(BPS)
<b>E0 100%</b>	<b>50</b>		<b>50</b>		<b>50</b>		<b>50</b>		<b>64000</b>
<b>E0</b>	<b>10</b>	<b>90</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>64000</b>
<b>FACTURACION</b>			<b>80</b>	<b>40</b>	<b>80</b>	<b>40</b>	<b>90</b>	<b>10</b>	<b>9600</b>
<b>OPER. Y MANTO.</b>			<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>			<b>9600</b>
<b>ALTAS</b>	<b>90</b>	<b>10</b>	<b>40</b>	<b>90</b>	<b>10</b>	<b>90</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>9600</b>
<b>VIAJERO</b>			<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>19200</b>
<b>MONITOR DE ALARMAS</b>			<b>20</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>20</b>			<b>9600</b>
<b>RECOLECTOR DE DATOS</b>			<b>20</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>20</b>			<b>9600</b>

Tabla III.3.3-1.

### III.3.3.1. DETERMINACION DE LA CAPACIDAD REQUERIDA POR CADA NODO.

Para determinar la capacidad (velocidad, manejo del campo de datos en X.25, número máximo de paquetes por segundo a manejar) que debe soportar tanto el equipo como el medio de comunicación, haremos uso del concepto de Throughput. Throughput en un canal de datos se refiere a la cantidad de datos que pasan por el mismo, y está definida por la siguiente relación:

$$T = \left( \frac{L_s}{8Pz} \right) \%I + \left( \frac{L_s}{8Pz} \right) \%O$$

donde:

T = Throughput [pps]

$L_s$  = Velocidad de la línea [bps]

Pz = Tamaño del paquete [bytes por paquete]

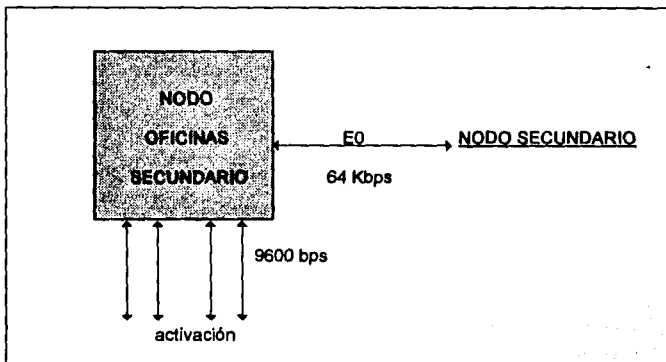
%I = Porcentaje de utilización de línea a la entrada.

%O = Porcentaje de utilización de línea a la salida.

Además  $T_{n+1}/T_n < 1$  para tener una adecuada relación de utilización de línea.

En base al diagrama de nodos presentado con anterioridad, se observa que necesitamos realizar seis cálculos básicos: Para nodo oficinas secundario, para nodo secundario, para nodo oficinas principal, para nodo principal, para nodo oficinas central y para nodo central.

### NODO OFICINAS SECUNDARIO.



### CAPACIDAD EN E0.

De la tabla de factor de utilización, tenemos que %I = 10; %O = 90 y

$E0_{100\%} = 50 \%$

$$T_1 = \left( \frac{64,000 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.1) + \left( \frac{64,000 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.9)$$

$T_1 = 62.5 \text{ pps}$ , por lo tanto  $T_1 = (62.5 \text{ pps})(0.5)$

$T_1 = 31.25 \text{ pps}$  ya que solo tenemos un E0.

## CAPACIDAD ENTRE NODO Y DTE.

Se tienen 4 terminales de activación con %I = 10 y %O = 90.

$$T_2 = \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.9) + \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.1)$$

$T_2 = 9.375 \text{ pps}$ ; como tenemos 4 terminales

$$T_2 = (9.375 \text{ pps})(4)$$

$T_2 = 37.5 \text{ pps}$ ; si hacemos la relación  $T_2/T_1$ , tenemos que

$T_2/T_1 = 1.2$  lo que implica que SE NECESITAN 2 EO's

De tal forma que el throughput en el EO será de

$$T_1 = (31.25 \text{ pps})(2)$$

$$T_1 = 62.5 \text{ pps}$$

De esta manera, se tiene que

$$T_2/T_1 = 0.6$$

Así se tiene que el throughput total para este nodo es

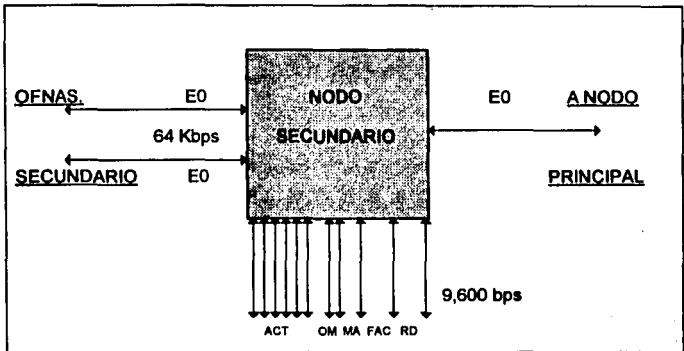
$$T_{\text{EN NODO HACIA EO's}} = 62.5 \text{ pps}$$

$$T_{\text{EN NODO HACIA DTE's}} = 37.5 \text{ pps}$$

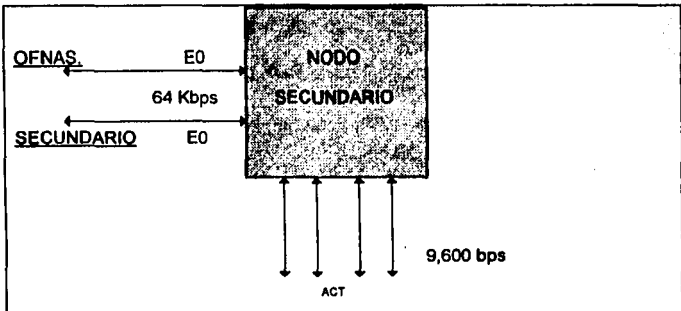
Se requiere manejar 2 EO's en el nodo (64 Kbps).

Mínimo 37.5 pps a una velocidad de 9,600 bps.

### NODO SECUNDARIO.



### OFICINAS SECUNDARIO - NODO SECUNDARIO.



ACT - ACTIVACION  
OM - OPERACION Y MANTENIMIENTO  
MA - MONITOR DE ALARMAS  
FAC - FACTURACION  
RD.- RECOLECTOR DE DATOS

### CAPACIDAD EN E0.

Como tenemos que %I = %O = 50 y  $E_{0,100\%} = 50$

$$T_1 = \left( \frac{64,000 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.5) + \left( \frac{64,000 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.5)$$

$$T_1 = 62.5 \text{ pps}, \text{ por lo tanto } T_1 = (62.5 \text{ pps})(0.5)$$

$$T_1 = 31.25 \text{ pps}$$

### CAPACIDAD NODO - DTE.

Tenemos cuatro terminales de activación con un %I = 40 y un %O = 90, así que tenemos que

$$T_2 = \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.4) + \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.9)$$

$$T_2 = 12.7875 \text{ pps}, \text{ como son 4 terminales}$$

$$T_2 = (12.7875)(4) = 48.75 \text{ pps}$$

Ahora tenemos que

$$T_2/T_1 = 1.56,$$

lo que implica que SE NECESITAN 2E0'S para trabajar a la máxima eficiencia en X.25. Esto comprueba nuestro cálculo anterior, por lo que

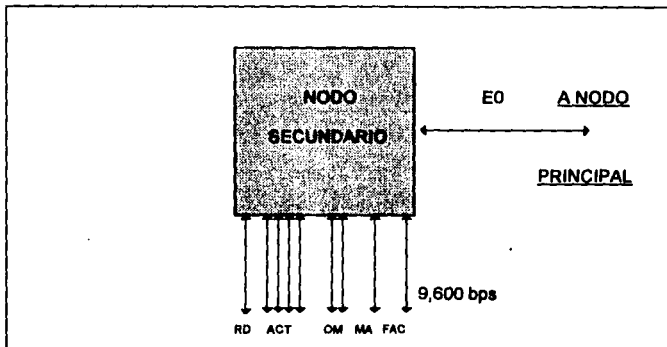
$$T_1 = (31.25)(2) = 62.5 \text{ pps}, \text{ y}$$

$$T_2/T_1 = 0.78$$

Lo cual significa que tenemos suficiente capacidad en E0's.



### CAPACIDAD NODO SECUNDARIO - NODO PRINCIPAL.



### CAPACIDAD EN E0.

Como tenemos que %I = %O = 50 y  $E0_{100\%} = 50$

$$T_3 = \left( \frac{64,000 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.5) + \left( \frac{64,000 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.5)$$

$$T_3 = 62.5 \text{ pps} , \text{ por lo tanto } T_1 = (62.5 \text{ pps})(0.5)$$

$$T_3 = 31.25 \text{ pps}$$

### CAPACIDAD NODO - DTE.

Tenemos cuatro terminales de activación con un %I = 40 y un %O = 90, dos de operación y mantenimiento con un %I = %O = 100, una de facturación con un

%I=80 y un %O = 40, una de ASM con un %I = 20 y un %O = 100, una de DC con un %I = 20 y un %O = 100, así que tenemos que

**ACT.**

$$T_{41} = \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.4) + \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.9)$$

$T_{41} = 12.7875$  pps, como son 4 terminales

$$T_{41} = (12.7875)(4) = 48.75 \text{ pps}$$

**O.M.**

$$T_{42} = \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(1) + \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(1)$$

$T_{42} = 18.75$  pps, como son 2 terminales

$$T_{42} = (18.75)(2) = 37.5 \text{ pps}$$

**FACT.**

$$T_{43} = \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.8) + \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.4)$$

$$T_{43} = 11.25 \text{ pps}$$

Por ser solo una terminal.

M.A.

$$T_{44} = \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.2) + \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(1)$$

$$T_{44} = 11.25 \text{ pps}$$

Por ser sólo una terminal.

R.D.

$$T_{45} = \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.2) + \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(1)$$

$$T_{45} = 11.25 \text{ pps}$$

Por ser sólo una terminal

Por lo tanto, tenemos que

$$T_4 = T_{41} + T_{42} + T_{43} + T_{44} + T_{45}$$

$$T_4 = 120 \text{ pps}$$

Ahora tenemos que

$$T_4/T_3 = 3.84$$

lo que implica que SE NECESITAN 4E0'S para trabajar a la máxima eficiencia en X.25.

Por lo tanto, tenemos que

$$T_3 = (31.25)(4) = 125 \text{ pps, y}$$

$$T_4/T_3 = 0.96$$

Lo cual significa que tenemos suficiente capacidad en E0's.

Así se tiene que el throughput total para este nodo es:

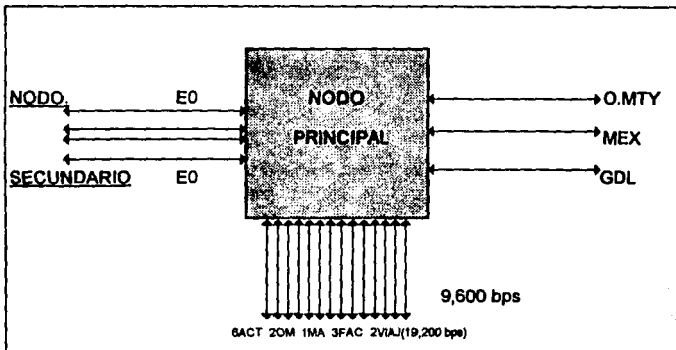
$$T_{\text{EN NODO HACIA E0's}} = 187.5 \text{ pps}$$

$$T_{\text{EN NODO HACIA DTE's}} = 157.5 \text{ pps}$$

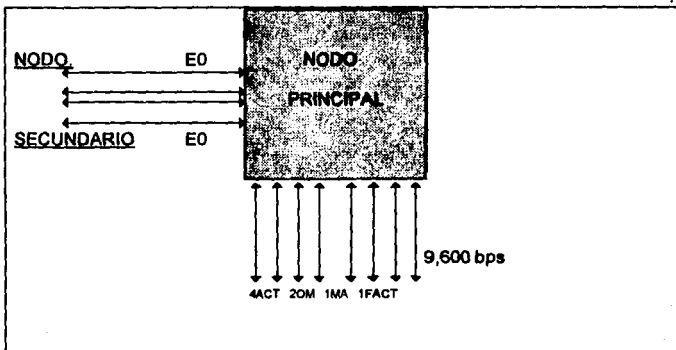
Se requiere manejar 6E0's en el nodo (64 Kbps).

Mínimo 168.75 pps a una velocidad de 9,600 bps.

**NODO PRINCIPAL.**



**NODO SECUNDARIO - NODO PRINCIPAL.**



ACT - ACTIVACION  
 OM - OPERACION Y MANTENIMIENTO  
 MA - MONITOREO DE ALARMAS  
 FAC - FACTURACION  
 VIAJ.-VIAJERO (19,200 bps)

### CAPACIDAD EN E0.

Como tenemos que %I = %O = 50 y E0<sub>100%</sub> = 50

$$T_1 = \left( \frac{64,000 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.5) + \left( \frac{64,000 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.5)$$

$$T_1 = 62.5 \text{ pps, por lo tanto } T_1 = (62.5 \text{ pps})(0.5)$$

$$T_1 = 31.25 \text{ pps}$$

Como tenemos 4 E0's, entonces

$$T_1 = (31.25)(4) = 125 \text{ pps}$$

### CAPACIDAD NODO - DTE.

Tenemos cuatro terminales de activación con un %I = 40 y un %O = 90, dos de operación y mantenimiento con un %I = 100 y un %O = 100, una de ASM con un %I = 100 y un %O = 20, y una de facturación con un %I = 80 y un %O = 40; así que tenemos

### ACT.

$$T_{21} = \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.1) + \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.9)$$

T<sub>21</sub> = 9.375 pps, como son 4 terminales de activación, entonces

$$T_2 = (9.375)(4) = 37.5 \text{ pps}$$

**O.M.**

$$T_{22} = \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(1) + \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(1)$$

$T_{22} = 18.75$  pps, como son 2 terminales de operación y mantenimiento, entonces

$$T_{22} = (18.75)(2) = 37.5 \text{ pps}$$

**M.A.**

$$T_{23} = \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(1) + \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.2)$$

Como tenemos solo una terminal de ASM, entonces

$$T_{23} = 11.25 \text{ pps}$$

**FACT.**

$$T_{24} = \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(1) + \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.2)$$

Como tenemos solo una terminal de facturación, entonces

$$T_{24} = 11.25 \text{ pps}$$

Por lo tanto, tenemos que

$$T_2 = T_{21} + T_{22} + T_{23} + T_{24}$$

$$T_2 = 97.5 \text{ pps}$$

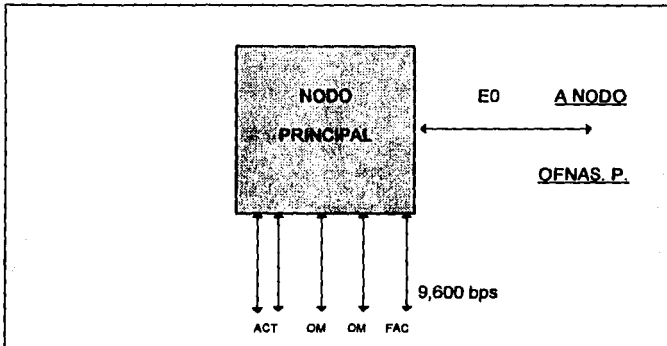
Por lo que, haciendo la relación  $T_2/T_1$ , tenemos que

$$T_2/T_1 = 97.5/125$$

$$T_2/T_1 = 0.78$$

lo que implica que TENEMOS SUFICIENTE CAPACIDAD EN 4 E0'S

### CAPACIDAD NODO PRINCIPAL - NODO OFICINAS PRINCIPAL.



### CAPACIDAD EN E0.

Como tenemos que %I = %O = 50 y  $E0_{100\%} = 50$

$$T_3 = \left( \frac{64,000 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right) (0.5) + \left( \frac{64,000 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right) (0.5)$$

$$T_3 = 62.5 \text{ pps} , \text{ por lo tanto } T_3 = (62.5 \text{ pps})(0.5)$$

$$T_3 = 31.25 \text{ pps}$$



### **CAPACIDAD NODO - DTE.**

Tenemos dos terminales de activación con un %I = 10 y un %O = 90, dos de operación y mantenimiento con un %I = %O = 100, y una de facturación con un %I = 80 y un %O = 40.

#### ACT.

$$T_{41} = \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.1) + \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.9)$$

$T_{41} = 9.375$  pps, como son 2 terminales

$$T_{41} = (9.375)(2) = 18.75 \text{ pps}$$

#### O.M.

$$T_{42} = \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(1) + \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(1)$$

$T_{42} = 18.75$  pps, como son 2 terminales

$$T_{42} = (18.75)(2) = 37.5 \text{ pps}$$

#### FACT.

$$T_{43} = \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.8) + \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.4)$$

$$T_{43} = 11.25 \text{ pps}$$

Por ser solo una terminal.

Por lo tanto, se tiene

$$T_4 = T_{41} + T_{42} + T_{43}$$

$$T_4 = 67.5 \text{ pps}$$

Ahora, relacionando  $T_4$  con  $T_3$ , tenemos

$$T_4/T_3 = 2.16$$

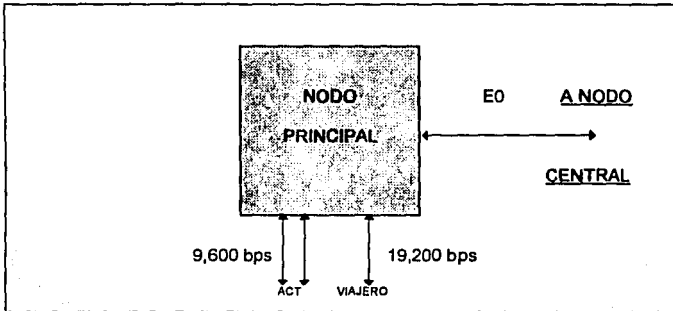
lo que implica que SE NECESITAN 3E0'S para trabajar a la máxima eficiencia en X.25.

Por lo tanto, tenemos que

$$T_3 = (31.25)(3) = 93.75 \text{ pps, y}$$

$$T_4/T_3 = 0.72$$

#### CAPACIDAD NODO PRINCIPAL - NODO CENTRAL.



### CAPACIDAD EN EO.

Como tenemos que %I = %O = 50 y  $E_{0,100\%} = 50$

$$T_s = \left( \frac{64,000 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.5) + \left( \frac{64,000 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.5)$$

$$T_s = 62.5 \text{ pps}, \text{ por lo tanto } T_s = (62.5 \text{ pps})(0.5)$$

$$T_s = 31.25 \text{ pps}$$

### CAPACIDAD NODO - DTE.

Tenemos dos terminales de activación con un %I = 80 y un %O = 40, un canal de viajero (roaming) con un %I = %O = 100, entonces se tiene lo siguiente:

### ACT.

$$T_{e1} = \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.8) + \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.4)$$

$$T_{e1} = 11.25 \text{ pps}$$

Como tenemos dos terminales, entonces

$$T_{e1} = 22.5 \text{ pps}$$

### VIAJERO

$$T_{e2} = \left( \frac{19,200 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(1) + \left( \frac{19,200 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(1)$$

$$T_{e2} = 37.5 \text{ pps}$$

Por lo tanto, tenemos que

$$T_6 = T_{61} + T_{62}$$

$$T_6 = 60 \text{ pps}$$

Ahora, relacionando  $T_6$  con  $T_5$ , tenemos

$$T_6/T_5 = 1.92$$

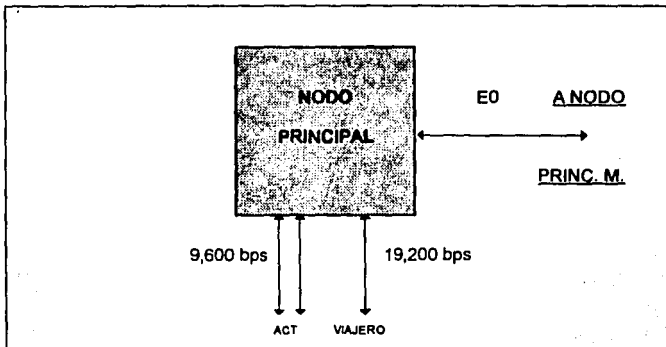
lo que implica que SE NECESITAN 2E0'S para trabajar a la máxima eficiencia en X.25.

Por lo tanto, tenemos que

$$T_5 = (31.25)(2) = 62.5 \text{ pps}$$

$$T_6/T_5 = 0.96$$

#### CAPACIDAD NODO PRINCIPAL - NODO PRINCIPAL (MALLA).



### **CAPACIDAD EN E0.**

Como tenemos que %I = %O = 50 y  $E_{0100\%} = 50$

$$T_7 = \left( \frac{64,000 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.5) + \left( \frac{64,000 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.5)$$

$$T_7 = 62.5 \text{ pps} , \text{ por lo tanto } T_7 = (62.5 \text{ pps})(0.5)$$

$$T_7 = 31.25 \text{ pps}$$

### **CAPACIDAD NODO - DTE.**

Tenemos dos terminales de activación con un %I = 80 y un %O = 40, un canal de viajero (roaming), entonces se tiene lo siguiente:

### **ACT.**

$$T_{a1} = \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.1) + \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.9)$$

$$T_{a1} = 9.375 \text{ pps}$$

Como tenemos dos terminales, entonces

$$T_{a1} = 18.75 \text{ pps}$$

### **VIAJERO**

$$T_{a2} = \left( \frac{19,200 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(1) + \left( \frac{19,200 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(1)$$

$$T_{a2} = 37.5 \text{ pps}$$

Por lo tanto, tenemos que

$$T_8 = T_{81} + T_{82}$$

$$T_8 = 56.25 \text{ pps}$$

Ahora, relacionando  $T_8$  con  $T_5$ , tenemos

$$T_8/T_7 = 1.8$$

lo que implica que SE NECESITAN 2E0'S para trabajar a la máxima eficiencia en X.25.

Por lo tanto, tenemos que

$$T_7 = (31.25)(2) = 62.5 \text{ pps}$$

lo cual implica que

$$T_8/T_7 = 0.9$$

Así se tiene que el throughput total para NODO PRIN-

CIPAL, es:

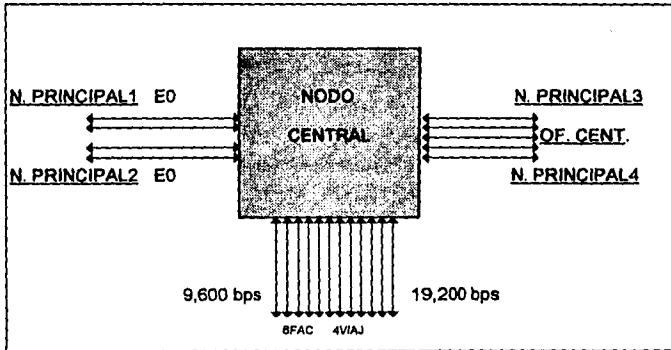
$$T_{\text{EN NODO HACIA E0'S}} = 343.75 \text{ pps}$$

$$T_{\text{EN NODO HACIA DTE'S}} = 281.25 \text{ pps}$$

Se requiere manejar 11E0's en el nodo (64 Kbps).

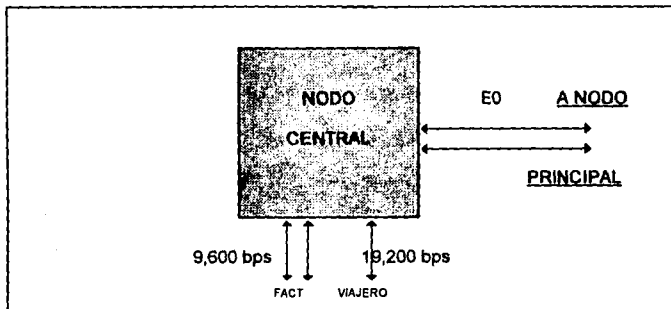
Mínimo 281.25 pps a una velocidad de 9,600 bps y de 19,200..

**NODO CENTRAL.**



Nota.- Se consideran 2E0's por nodo principal debido al cálculo de la capacidad para el nodo principal, del cual se extrapola para los otros tres nodos principales.

**CAPACIDAD NODO CENTRAL - NODO PRINCIPAL.**



ACT - ACTIVACION  
 OM - OPERACION Y MANTENIMIENTO  
 MA - MONITOREO DE ALARMAS  
 FAC - FACTURACION  
 VIAJ. - VIAJERO (19,200 bps)

### **CAPACIDAD EN E0.**

Como tenemos que %I = %O = 50 y  $E0_{100\%} = 50$

$$T_1 = \left( \frac{64,000 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.5) + \left( \frac{64,000 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.5)$$

$$T_1 = 62.5 \text{ pps} , \text{ por lo tanto } T_1 = (62.5 \text{ pps})(0.5)$$

como tenemos dos E0's, tenemos

$$T_1 = 62.5 \text{ pps}$$

### **CAPACIDAD NODO - DTE.**

Tenemos dos terminales de facturación con un %I = 90 y un %O = 10, un canal de viajero (roaming) con un %I = %O = 100, entonces se tiene lo siguiente:

### **FACT.**

$$T_{21} = \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.9) + \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.1)$$

$$T_{21} = 9.375 \text{ pps}$$

Como tenemos dos terminales, entonces

$$T_{21} = 18.75 \text{ pps}$$



## VIAJERO

$$T_{22} = \left( \frac{19,200 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(1) + \left( \frac{19,200 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(1)$$

$$T_{e2} = 37.5 \text{ pps}$$

Por lo tanto, tenemos que

$$T_2 = T_{21} + T_{22}$$

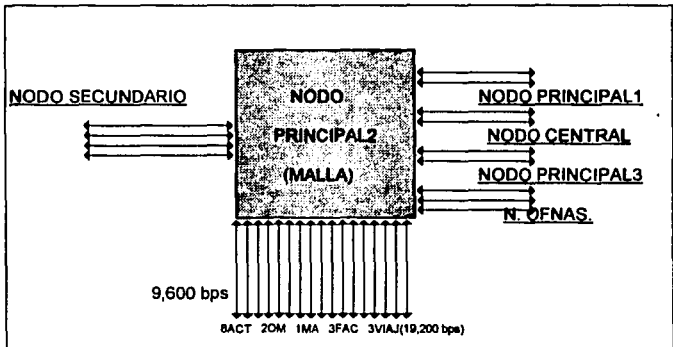
$$T_2 = 56.25 \text{ pps}$$

Ahora, relacionando  $T_2$  con  $T_1$ , tenemos

$$T_2/T_1 = 0.9$$

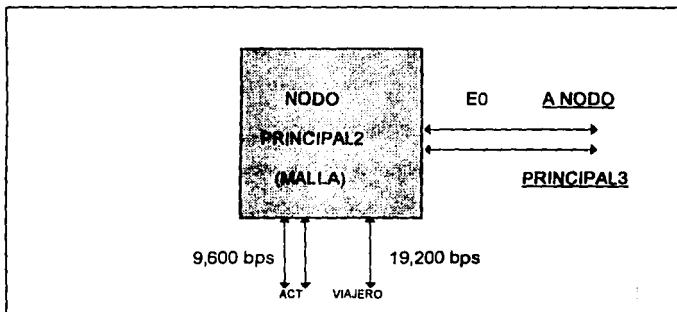
lo que implica que SON SUFICIENTES 2E0'S para trabajar a la máxima eficiencia en X.25.

## **CASO NODO PRINCIPAL (MALLA) - NODO CENTRAL.**



El nodo principal que forma parte de la malla, requiere de un cálculo adicional. Como se puede ver en el esquema, se consideran 4E0's hacia el nodo secundario, 3E0's hacia oficinas del nodo principal y 2E0's hacia nodos principales, por el cálculo ya efectuado al respecto en el nodo principal. De la figura se desprende que sólo necesitamos un cálculo adicional.

#### NODO PRINCIPAL2 (MALLA) - NODO PRINCIPAL3 (MALLA).



#### CAPACIDAD EN E0.

Como tenemos que %I = %O = 50 y  $E0_{100\%} = 50$

$$T_3 = \left( \frac{64,000 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.5) + \left( \frac{64,000 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.5)$$

$$T_3 = 62.5 \text{ pps}, \text{ por lo tanto } T_3 = (62.5 \text{ pps})(0.5)$$

como tenemos dos E0's, tenemos

$$T_3 = 62.5 \text{ pps}$$

### CAPACIDAD NODO - DTE.

Tenemos dos terminales de activación con un %I = 10 y un %O = 90, un canal de viajero (roaming) con un %I = %O = 100, entonces se tiene lo siguiente:

### ACT.

$$T_{41} = \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.1) + \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.9)$$

$$T_{41} = 9.375 \text{ pps}$$

Como tenemos dos terminales, entonces

$$T_{41} = 18.75 \text{ pps}$$

### VIAJERO

$$T_{42} = \left( \frac{19,200 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(1) + \left( \frac{19,200 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(1)$$

$$T_{42} = 37.5 \text{ pps}$$

Por lo tanto, tenemos que

$$T_4 = T_{41} + T_{42}$$

$$T_4 = 56.25 \text{ pps}$$

Ahora, relacionando  $T_4$  con  $T_3$ , tenemos

$$T_4/T_3 = 0.9$$

lo que implica que SON SUFICIENTES 2E0'S para trabajar a la máxima eficiencia en X.25.

Para conocer la capacidad total requerida en el nodo, sumaremos los resultados obtenidos anteriormente con los similarmente obtenidos para el nodo principal.

Así se tiene que el throughput total para NODO PRIN-

CIPAL (MALLA), es:

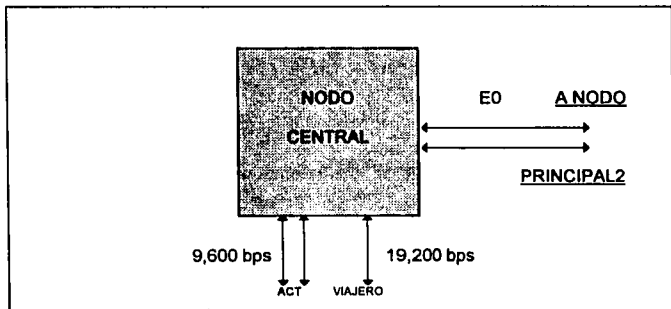
$$T_{\text{EN NODO HACIA E0's}} = 406.25 \text{ pps}$$

$$T_{\text{EN NODO HACIA DTE's}} = 337.5 \text{ pps}$$

Se requiere manejar 13E0's en el nodo (64 Kbps).

Mínimo 337.5 pps a una velocidad de 9,600 bps y de 19,200..

### CAPACIDAD NODO CENTRAL - NODO PRINCIPAL (MALLA).



### CAPACIDAD EN E0.

Como tenemos que %I = %O = 50 y  $E0_{100\%} = 50$

$$T_s = \left( \frac{64,000 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.5) + \left( \frac{64,000 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.5)$$

$$T_s = 62.5 \text{ pps}, \text{ por lo tanto } T_s = (62.5 \text{ pps})(0.5)$$

como tenemos dos E0's, tenemos

$$T_s = 62.5 \text{ pps}$$

### CAPACIDAD NODO - DTE.

Tenemos dos terminales de facturación con un %I = 90 y un %O = 10, un canal de viajero (roaming) con un %I = %O = 100, entonces se tiene lo siguiente:

FACT.

$$T_{d1} = \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.9) + \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.1)$$

$$T_{d1} = 9.375 \text{ pps}$$

Como tenemos dos terminales, entonces

$$T_{d1} = 18.75 \text{ pps}$$

VIAJERO

$$T_{d2} = \left( \frac{19,200 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(1) + \left( \frac{19,200 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(1)$$

$$T_{d2} = 37.5 \text{ pps}$$

Por lo tanto, tenemos que

$$T_s = T_{d1} + T_{d2}$$

$$T_s = 56.25 \text{ pps}$$

Ahora, relacionando  $T_s$  con  $T_d$ , tenemos

$$T_d/T_s = 0.9$$

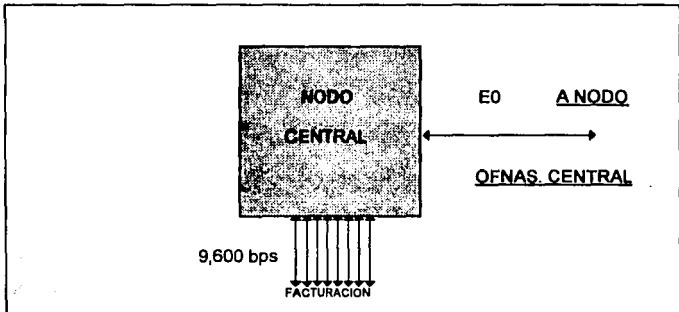
lo que implica que SON SUFICIENTES 2E0'S para trabajar a la máxima eficiencia en X.25.

Para determinar la capacidad total de procesamiento que debe tener nuestro nodo, es necesario considerar que al nodo central llegan dos nodos principales y dos nodos principales (malta); por lo que tenemos que considerar los siguientes valores:

$$T_7 = 2T_{E0} = 62.5 \text{ pps; y } T_8 = 56.25 \text{ pps}$$

$$T_9 = 2T_{E0} = 62.5 \text{ pps; y } T_{10} = 56.25 \text{ pps}$$

#### NODO CENTRAL - NODO OFICINAS CENTRAL.



#### CAPACIDAD EN E0.

Como tenemos que %I = %O = 50 y  $E0_{100\%} = 50$

$$T_{11} = \left( \frac{64,000 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.5) + \left( \frac{64,000 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.5)$$

$$T_{11} = 62.5 \text{ pps, por lo tanto } T_{11} = (62.5 \text{ pps})(0.5)$$

$$T_{11} = 31.25 \text{ pps}$$

### **CAPACIDAD NODO - DTE.**

Tenemos ocho terminales de facturación con un %I = 90 y un %O = 10, entonces se tiene lo siguiente:

### **FACT.**

$$T_{12} = \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.9) + \left( \frac{9,600 \text{ bps}}{(8)(128 \text{ bytes/p})} \right)(0.1)$$

$$T_{12} = 9.375 \text{ pps}$$

Como tenemos ocho terminales, entonces

$$T_{12} = 75 \text{ pps}$$

Ahora, relacionando  $T_{12}$  con  $T_{11}$ , tenemos

$$T_{12}/T_{11} = 2.4$$

lo que implica que SE NECESITAN 3E0'S para trabajar a la máxima eficiencia en

X.25. Por lo tanto tenemos que

$$T_{11} = 3(31.25) = 93.75 \text{ pps}$$

De tal forma que

$$T_{12}/T_{11} = 0.8$$



Así se tiene que el throughput total para NODO

CENTRAL es:

$T_{\text{EN NODO HACIA EO}} = 343.75 \text{ pps}$

$T_{\text{EN NODO HACIA DTE}} = 300 \text{ pps}$

Se requiere manejar 11E0's en el nodo (64 Kbps).

Mínimo 300 pps a una velocidad de 9,600 bps y  
de 19,200..

### **III.3.4. ESPECIFICACIONES DE LA NUEVA RED.**

En base a los cálculos previamente realizados, se pueden resumir los resultados en la tabla III.3.4-1 mostrada en la siguiente página, la cual permite ver las características mínimas deseadas para cada nodo en particular en los siguientes parámetros: cantidad de paquetes X.25 a través de la línea, cantidad mínima de paquetes X.25 total que debe manejar, velocidad de operación tanto hacia el medio como al equipo terminal (DTE), frecuencia de operación, tipo de interfase eléctrica y cantidad mínima de E0's que debe soportar. Se debe recalcar el hecho de que en todos los cálculos requeridos para llegar a éstas características finales, se ha considerado un 50 % de utilización del medio para obtener la máxima eficiencia bajo X.25.

En las gráficas III.4-1 a III.4-5 se muestra la topología final por región del diseño propuesto.

**TABLA III.3.4-1. ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO REQUERIDO.**

CARACTERISTICAS	NODO OFNAS.	NODO	NODO OFNAS.	NODO	NODO OFNAS.	NODO
	SECUNDARIO	SECUNDARIO	PRINCIPAL	PRINCIPAL	CENTRAL	CENTRAL
Throughput (E0) (pps)	62.5	187.5	93.75	343.75	93.75	343.75
Throughput (DTE) (pps)	62.5	157.5	67.5	281.25	75.00	300.00
Min. cant. de paq. X.25(pps)	100.00	345.0	162.0	625.00	169.00	644.00
Velocidad de operac. (E0)(bps)	64,000	64,000	64,000	64,000	64,000	64,000
Velocidad de operac. (DTE)(bps)	9,600	9,600	9,600	9,600 19,200	9,600	9,600 19,200
Frec. de operación (KHz)	64	64	64	64	64	64
Tipo de interfaz eléctrica	Definida por G-703	Definida por G-703	Definida por G-703	Definida por G-703	Definida por G-703	Definida por G-703
Núm. Mín. de E0's	2	6	3	11	3	11

### DIAGRAMA DE CONEXION REGION 4

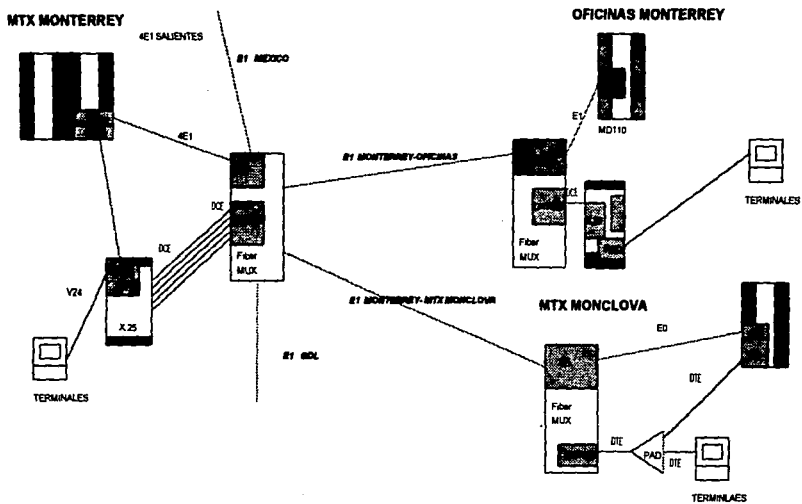


FIGURA III.4-1

### DIAGRAMA DE CONEXION REGION 5

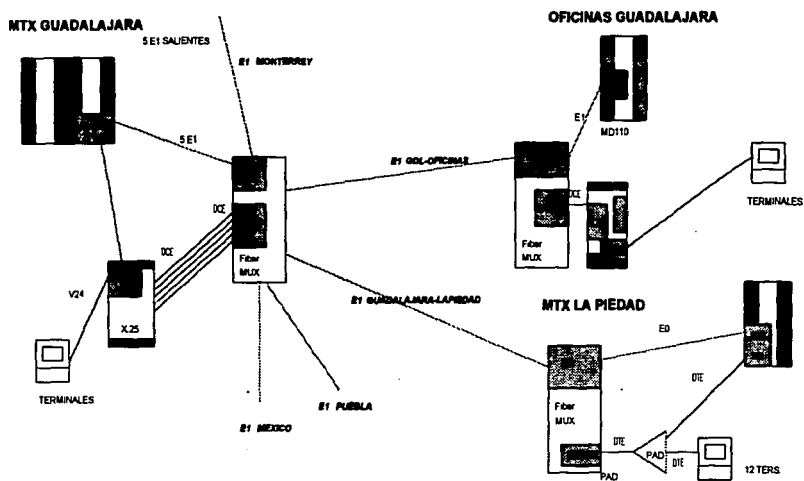


FIGURA III.4-2

### DIAGRAMA DE CONEXION REGION 7

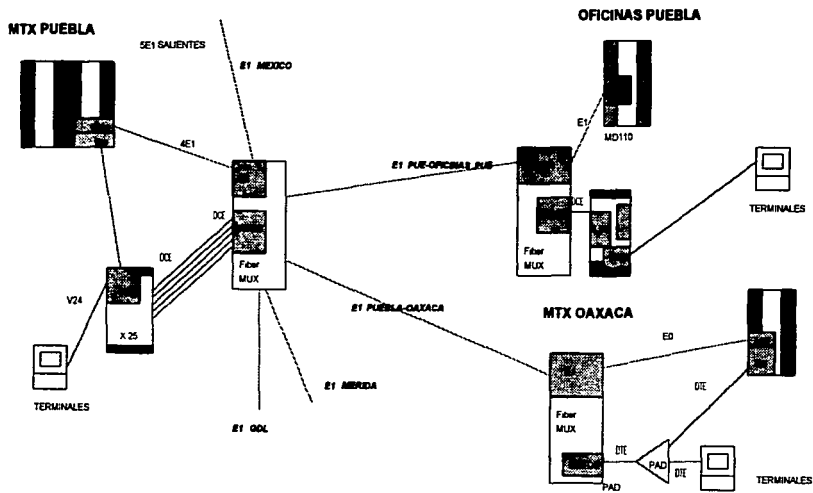


FIGURA III.4-3

# DIAGRAMA DE CONEXION REGION 8

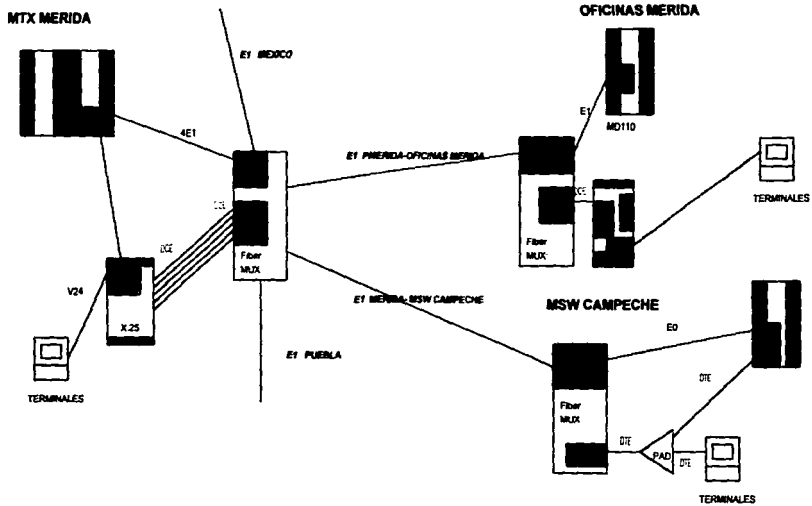
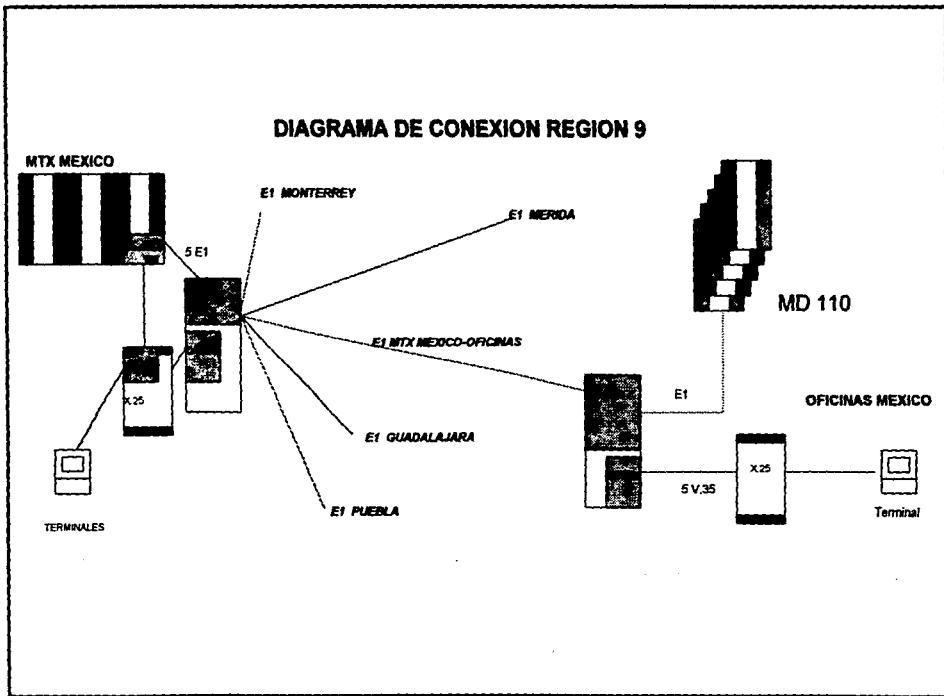


FIGURA III-4-4



FIGRA III.3.4-5



## **Capacidad del Enlace E1**

En base a las estadísticas mostradas en el capítulo anterior y una vez calculado el requerimiento del canal X.25, proponemos conectar los enlaces E1 directamente a las centrales evitando el paso por los CALD de la RTPC. Estos enlaces están compuestos por 30 canales para el usuario, de los cuales utilizaremos una cierta cantidad para datos X.25 y el resto para canales de voz.

De las estadísticas se puede observar un cierto porcentaje de ocupación para las rutas de llamadas de larga distancia, tanto de celulares así como de llamadas internas de la empresa. Por lo tanto se reservarán cierto número de canales para cada propósito. En el peor de los casos, se obtuvo una capacidad para el canal de X.25 en una sola línea de enlace de 4 E0's , aún siendo este un número que nos podría afectar en el enlace entre centrales impactando en el porcentaje de ocupación, esto no nos representa un gran problema pues con la facilidad de compresión del multiplexor E1 es posible duplicar la capacidad de un enlace de 30 canales de voz hasta 60 canales. Por lo tanto si tenemos en algún enlace un porcentaje de ocupación alto, haremos uso de esta facilidad para llevar más canales de voz y dejar los canales restantes para nuestra aplicación X.25.

Ahora calcularemos el impacto en el tráfico de voz tomando en cuenta el cálculo de los E0 para X.25:

Tráfico entrante MSC-CALD  $E_{ne95} = 3,00$  Erlang.

Tráfico saliente MSC-CALD  $E_{ne95} = 9,86$  Erlang

por lo tanto el tráfico total es de 12.86 Erlangs<sub>Ene 95</sub>.

Además debemos de tomar en cuenta la capacidad de E0 para X.25 el cual para el peor caso es de 6 E0 para el peor caso, por lo tanto si tenemos una capacidad de 60 E0's en cada enlace ya que utilizaremos ADPCM para voz tenemos:

60 canales (0.1%)= 40.8 Erlangs

si le restamos 4 canales para X.25 entonces realmente tendremos 60-8=52 canales para voz.

pero 52 canales(0.1%)= 34.2 Erlangs, por lo tanto nuestro porcentaje de ocupación será el siguiente:

% Ocupación MSC-CALD=12.86/32.2\*100=37 %

lo cual es un porcentaje que realmente no afectaría el tráfico de larga distancia ya tomando en cuenta los canales de X.25, este cálculo está hecho para la máxima capacidad del enlace E1 entre centrales, es decir utilizando ADPCM.

Tomando en cuenta la proyección de tráfico de la figura III.3.4-6 MSC CALD , observamos:

Tráfico entrante MSC-CALD<sub>DIC 99</sub>= 8.2 Erlang.

Tráfico saliente MSC-CALD<sub>DIC 99</sub> = 2.1 Erlang

por lo tanto el tráfico total es de 10.3 Erlangs D1C 99.

Además debemos de tomar en cuenta la capacidad de E0 para X.25 el cual asumiremos que para ese tiempo será de 6 E0 para el peor caso, por lo tanto si tenemos una capacidad de 60 E0's en cada enlace ya que utilizaremos ADPCM para voz tenemos:

60 canales (0.1%) = 40.8 Erlangs

si le restamos 6 canales para X.25 entonces realmente tendremos  $60 - 2 \cdot 6 = 48$  canales para voz.

pero 48 canales (0.1%) = 30.9 Erlangs, por lo tanto nuestro porcentaje de ocupación será el siguiente:

% Ocupación MSC-CALD =  $10.3 / 30.9 \cdot 100 = 33 \%$

lo cual es un porcentaje que realmente no afectaría el tráfico de larga distancia ya tomando en cuenta los canales de X.25

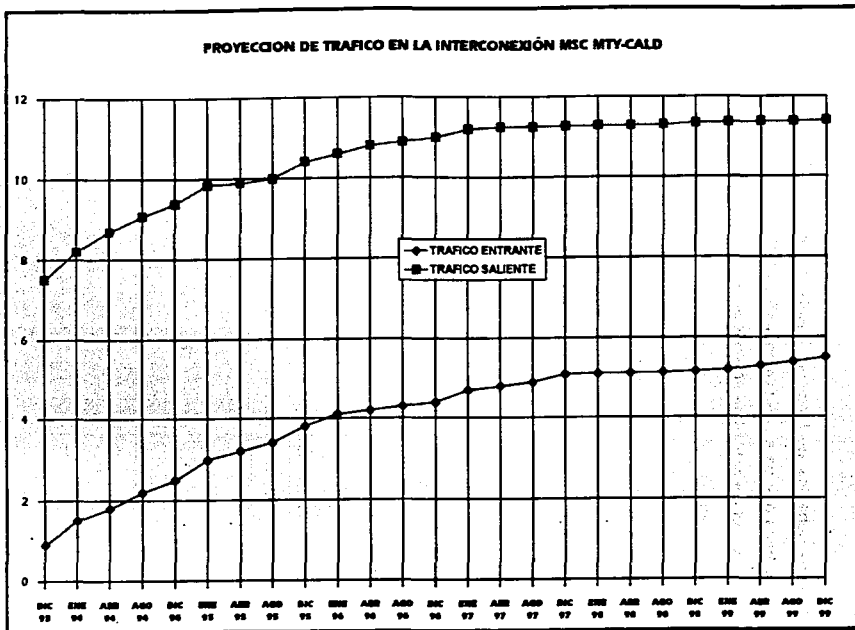


FIGURA III.3.4-6

### **III.3.5. ANALISIS, EVALUACION Y SELECCION DEL EQUIPO DE COMUNICACIONES PARA LA RED.**

#### **EVALUACION DE MULTIPLEXORES**

El siguiente apartado tiene como objeto exponer las principales características de los Multiplexores que entran dentro de la evaluación y con ello decidir sobre el equipo que se va escoger para la implementación de la Red de Voz y Datos.

La razón por la cual se decide implementar una Red de estas características se debe a la necesidad de optimizar los recursos de una compañía mediante la conexión directa de servicios de voz y datos entre áreas geográficamente distantes, lo cual se traduce en beneficios económicos a través de la agilización de procesos y comunicación directa entre personas.

#### **LAS CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO BUSCADO SON:**

- Administrar voz y datos dentro de una Red usando los mismo medios de transmisión (PCM)
- Obtener el mejor rendimiento de canales de voz comprimidos dado que se plantea tener una red telefónica básica.

- Aprovechar mejor los canales de voz por la facilidad de Drop & Insert
- Obtener técnicas de respaldo al poder hacer redes de anillo por facilidad DACS

## **EVALUACION DE MULTIPLEXOR**

La evaluación se llevó a cabo por los siguientes pasos:

1. Se investigó que proveedores venden equipo CEPT
2. Se solicitó información a los proveedores del equipo, es decir, características, alimentación, etc.
3. Se solicitó una cotización por equipo

Los equipos que se consultaron son los siguientes:

- 1) Multiplexor DSC modelo CP-3000/4000
- 2) Multiplexor New Bridge modelo 3600
- 3) Multiplexor IDNX

### **CARACTERÍSTICAS GENERALES CP3000/4000**

El CP 3000/4000 se adapta a una gran variedad de aplicaciones de Red, en donde el uso eficiente de servicios digitales de alta velocidad, reducción de costos, confiabilidad y control de red son considerados como claves.

Los productos CP proporcionan la combinación de troncales T1/E1 con cross-conexión a nivel, ya sea DS= ó TS=. Los datos pueden ser multiplexados a través de canales de voz PCM y/o canales comprimidos ADPCM. Los canales de voz pueden ser comprimidos a 32 Kbit, doblando aproximadamente la capacidad de la troncal de la troncal. El CP3000/4000 puede realizar la conversión de circuitos T1 (24 canales) a E1 (32 canales) automáticamente manejando apropiadamente la señalización y las diferencias de compresión PCM en ambas direcciones. Además mediante la conmutación de canales inbloqueables en el bus de datos permite al CP3000/4000 realizar bypass, hubbing, drop and insert y grooming de múltiples troncales que no van ocupadas a toda su capacidad transformandolas en troncales más eficientes.

Las capacidades de prueba y monitoreo del CP-3000/4000 permiten al usuario de Red determinar de manera rápida la confiabilidad de la red y del sistema, y realizar diagnósticos sin equipo adicional de prueba.

### **TABLAS DE RUTEO (MAPAS DE CROSS-CONEXIÓN) Y CONMUTACIÓN**

Hasta ocho tablas de ruteo pueden ser almacenadas en la SMM (módulo de administración) del CP-3000/4000. Cualquiera de estas tablas puede ser vista y cambiada usando el software de control (Consola), pero solamente una tabla de ruteo está activa a la vez. La tabla de ruteo activa puede ser manualmente conmutada por el operador, automáticamente mediante un horario predeterminado ó como consecuencia de un estado de alarma de una troncal. Cuando se hace el cambio de una tabla de ruteo a otras conexiones activas que son iguales en las dos tablas no se interrumpen.

## **SISTEMA DE RELOJ**

Cualquier T1, E1 ó puerto de datos; un reloj externo, redundante ó interno puede ser configurado como posible fuente de reloj. Cuando se selecciona una fuente de reloj, el CP3000/4000 trata siempre de utilizar esta fuente.

Una de los siguientes eventos puede ser programado en caso de una falla de fuente de reloj.

Cuando se selecciona una fuente de reloj, el CP3000/4000 trata siempre de utilizar esta fuente.

## **ALARMAS, PRUEBAS Y ELIMINADOR DE PROBLEMAS**

El CP3000/4000 continuamente monitorea sus propios dispositivos conectados al sistema y las operaciones de estos. Los errores y eventos que exceden de los niveles normales de operación que pueden afectar al desempeño de la red son reportados a través de los LEDs de las tarjetas, de la pantalla de los administradores de Red y del archivo de alarmas. El estatus global y detallado de las troncales y puertos de datos proporcionan un análisis fácil para comprender las condiciones actuales de operación. Cuando ocurre una falla, las capacidades de prueba y de eliminación de errores del CP3000/4000 simplifican el problema y su solución. Cada troncal, puerto de voz y datos del sistema CP3000/400 ofrece una gran variedad de loopbacks para la prueba de circuitos. En la mayoría de los casos, los módulos del sistema y módulos I/O ofrecen



pruebas de loopbacks por separado. Además, la capacidad de loop de código DDS de la DMM y puerto interno de la XPM permite al CP3000/4000 inicializar y responder a los códigos estandar de la Red Pública.

## **REDUNDANCIA**

El CP3000/4000 soporta redundancia de sistema extensiva, eliminando el punto de falla que puede existir en otro equipo. Los componentes del CP3000/4000 son ya inherentemente de redundancia ó pueden ser configurados para proporcionar redundancia.

El CP 3000/4000 soporta las la redundancia en los siguientes aspectos:

- Lógica de sistema común (SMM)
- Tarjeta de Reloj (Módulos SYS I/O)
- Bus de datos
- Puertos E1 (DTM2)
- Puertos de Datos (DMM4)
- Fuentes de Poder

La arquitectura del bus redundante proporciona una plataforma tolerante de falla. Mediante los diagnósticos internos es constantemente monitoreado la transferencia de datos en el bus activo, si sucede un error que excede el nivel de operación normal, se realiza una conmutación del bus inmediatamente. Además de la redundancia, el CP3000/4000 proporciona hasta ocho tablas de ruteo que pueden ser utilizadas para el redireccionamiento de tráfico en caso de que ocurra una falla.

## **DROP/INSERT/BYPASS/GROOM/FILL**

Una capacidad inherente del CP3000/4000 es la habilidad de borrar y agregar canales a una troncal ó conmutar canales de una troncal entrante a una troncal saliente. Esta función es usualmente llamada Drop and Insert y Bypass. Otra aplicación comúnmente utilizada es el grooming de varias troncales que se encuentran parcialmente ocupadas transformandolas en troncales totalmente ocupadas. Estas poderosas capacidades permiten al CP3000/4000 actuar como un HUB ó DACS dentro de una RED, reduciendo grandemente el número de servicios de troncales.

## **ADPCM COMPRESIÓN DE VOZ**

Los avances en la tecnología del procesamiento de las señales permiten la compresión de los canales sin perder la calidad en la voz. El método estándar en la compresión de voz, Adaptive Pulse Code Modulation (ADPCM) reduce a la mitad el ancho de banda requerido por cada canal de voz (de 64 Kbps a 32 Kbps). El CP3000/4000 usa esta técnica para incrementar la capacidad de la transmisión de un T1 de 24 a 46 (con señalización) ó 48 canales (sin señalización) ó desde 30 a 60 canales en circuitos E1. Voz comprimida ó full rate así como canales de datos pueden ser combinados en la misma troncal, permitiendo máxima flexibilidad en una configuración del tráfico de una troncal.

## **MULTIPLEXAJE DE DATOS**

El CP3000/4000 permite la configuración de cada troncal para mejor eficiencia del uso del ancho de banda. las velocidades de puerto super rate (N X 56 Kbps, N X 64 Kbps) y subrate (menor a 56 Kbps) son soportadas por el Mux. hasta 40 canales de datos Subrate pueden ser combinados en uno sólo DS= en formato compatible AT&T ó formatos propietarios DSC.

## **MULTIPLEXAJE DE VOZ**

El CP3000/4000 puede aceptar canales de voz, ya sea de un channel bank, un PBX ó directamente de un aparato telefónico conectado a una tarjeta AVM (Analog Voice Module).

## **NEW BRIDGE MAINSTREET 3600, CARACTERISTICAS GENERALES**

El administrador de ancho de banda Mainstreet 3600 es flexible, nodo de red inteligente, el cual combina las funciones de un conmutador de cross-conexión , un channel bank inteligente, puente de una red LAN y un multiplexor de voz y datos inteligente. Está diseñado para cumplir los requerimientos de comunicación de redes corporativas de empresas, administraciones públicas, comunidades educativas y redes públicas en cualquier parte del mundo.

Este producto maneja tanto E1 como T1 y enlaces de 56, n X 64, X.21 y V.35. Así como, hay una amplia gama a escoger en términos de voz, datos y tarjetas las cuales direccionan un gran número de aplicaciones.

Los nodos de Mainstreet son administrados por productos 46xx Mainstreet, los cuales proporcionan una capacidad de control remoto ó local en los nodos.

La arquitectura del Mainstreet proporciona todas las funciones de procesamiento de puerto, de agregado y control común en el mismo shelf.

Un nodo completamente equipado proporciona 64 Mbps de conmutación en ancho de banda no bloqueada, full duplex e inbloqueables. Combinado con 16 tarjetas UCS (universal cards slots), el multiplexor 3600 soporta hasta 32 interfaces T1/E1.

La denominación universal significa que las tarjetas de recursos e interfaces pueden ser instaladas en cualquier UCS no importando la función de la tarjeta.

Estas tarjetas determinan las capacidades de interface de agregado y las capacidades de procesamiento de la aplicación que cualquier Mainstreet puede proporcionar.

## **APLICACIONES**

El 3600 Mainstreet se puede ser como:

Nodo central para conmutación de voz, datos y paquetes de una red privada híbrida de mediana capacidad.

- Banco de canales inteligente para proveer servicios especiales.
- Nodo internacional de salidas con interfase E1/T1 con señalización compresión/expansión y conversión de datos de alta velocidad, adecuación y codificación ADPCM de líneas de circuitos.

## **ARQUITECTURA**

La arquitectura modular del 3600 MainStreet soprta uno o dos gabinetes de 19 " ó 23 " hasta con 32 interfases E1/T1 y una matriz de conmutación de 64 Mbps totalmente redundante y sin bloqueo.

Cada gabinete contiene circuitos de controles comunes, ocho ranuras universales (UCS) y fuente de poder redundante. Las configuraciones de doble gabinete permiten redundancia de control común y 26 ranuras universales.

A su vez cada ranura universal puede alojar tarjetas de interfases y recursos como: tarjetas E&M, E1 ó T1 ó cualquiera de las aplicaciones soportadas por el procesador digital de señales (DSP), etc.

## **INTERFAZ DE VOZ**

El acceso a canales de voz analógica se logra con tarjetas E&M, de abonado por arranque de tierra bucle (LGS), ó de central con arranque de tierra bucle (LGE).

El acceso a canales de voz se logra con tarjetas E1, T1 ó V.35/X.21 PRI (operando a 64 Kbps PCM, 32 Kbps ADPCM y 8 y 16 Kbps HCV). Además tarjetas y módulos opcionales permiten una gran variedad de procesamiento de voz.

## **INTERFAZ DE DATOS**

Los dispositivos de agregados puede ser utilizando interfases E1 ó T1 fraccionales de E1 ó T1, N X 64 Kbps, V.35 ó X.21 PRI ó 56 Kbps V.35 PRI.

## **IDNX CARACTERISTICAS GENERALES**

### **FLEXIBILIDAD DEL EQUIPO**

La topología de la Red con equipo IDNX puede ser configurada de diferentes maneras como por ejemplo punto a punto, malla anillo ó estrella; en cuanto a los tipos de servicio puede establecer llamadas para datos, voz y vídeo.

Dependiendo del tipo de tarjeta de datos empleada, pueden establecerse enlaces de 75 bps en forma asíncrona hasta 1.544 Mbps síncrono.

El manejo para enlaces de voz puede darse directamente a 64 kbps ó con una relación de compresión de 8:1 ó 4:1.

## **FACILIDADES DE RUTEO INTELIGENTE**

Puesto que las redes emplean diversos tipos de sistemas de comunicación, el IDNX permite al operador controlar los atributos de ruteo; es decir, es posible indicar si se trata de un enlace vía satélite, terrestre o por fibra óptica indicando a la vez las prioridades de uso.

## **REDUNDANCIA**

Como medida preventiva para caso de falla, el IDNX cuenta con fuente de poder y common logic board redundantes., opcionalmente puede protegese la salida de agregado con doble tarjeta troncal.

## **LA FAMILIA IDNX**

9736,9738,9738 y 9739 forman la familia de productos IDNX con diferencias en cuanto a capacidad y equipo común con las siguientes características:

- Inteligencia de control distribuido
- Soporte para diagnóstico local y remoto
- Señalización de canal común sofisticada
- Niveles de prioridad para establecimiento de llamada
- Facilidades de expansión de Red
- Establecimiento de circuitos permanentes o por demanda

- Soporte de Múltiples fuentes de sincronización

## **EQUIPO COMÚN**

**Procesador:** Módulo empleado para la operación del software del sistema, con circuitería asociada a un microprocesador 68000, contiene dos puertos RS232 para conexión de consola de operador además de una interface para panel de almas opcional.

**Memoria:** Provee un almacenamiento no volátil de RAM para el software del sistema y la configuración de la base de datos.

**Reloj:** Hace las funciones de una fuente de temporización interna y es utilizada para sincronización del nodo.

**TSI:** Time slot Interexchange realiza funciones de intercambio de slots y manejo de bus, proporciona también conectividad entre módulos y entre gabinetes.

En las tablas siguientes se resumen las principales características de los multiplexores, así como su proveedor asociado.

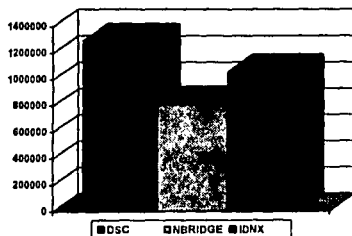


MARCA	DAC COMB	DMX	NEW BRIDGE
PROVEEDOR	PROVEEDOR 1	PROVEEDOR 2	PROVEEDOR 3
ADMINISTRADOR DE DATOS V.35 O V.24 (SINC/ASINC)	SI	SI	SI
MANEJO DE TRIBUTARIA	SI	SI	SI
TIPO DE COMPUTADOR EN DONDE RESIDE EL ADMON. DE RED	PC-/OS/2	Mini Vax	Sun Sparc Station
CAPACIDAD DEL DACS Y MUX SIMULTANEO	SI	SI	SI
NO. MAXIMO DE E1 POR UNIDAD	34	20	16
CAPCIDAD DE CROSS CONNECT	SI	SI	SI

#### COMPATIBILIDAD CCITT:

MARCA	DAC COMB	DMX	NEW BRIDGE
PROVEEDOR	PROVEEDOR 1	PROVEEDOR 2	PROVEEDOR 3
INTERFACE CEPT	SI	SI	SI
CAPACIDAD DACS Y MUX SIMULTANEO	SI	SI	SI
E1 FRACCIONADO	SI	SI	SI
TIEMPO NECESARIO P/ ENRUTAR TRAFICO	POR SOFTWARE	POR SOFTWARE	POR SOFTWARE
MANEJO DE TRIBUTARIA E1	SI	SI	SI
CONSOLA DE CONTROL LOCAL	TERMINAL VT100	VAX	PC
TRAMA CCITT EN ADPCM	SI	NO. PROPIETARIA	SI
CAPACIDAD EN CANALES ADPCM	58 CAS.50 CC	57 CAS.55 CC	58 CAS. 60 CC
ALARMAS Y BITS DE SERVICIO (G732)	SI	NO. PROPIETARIA	SI
TRANSPARENCIA A PROTOCOLOS	SI	SI	SI
TRANSPORTE DE DATOS X 25	SI	SI	SI

MARCA	DSC COME	INX	NEW BRIDGE
PROVEEDOR	PROVEEDOR 1	PROVEEDOR 2	PROVEEDOR 3
MODELO	CP 3000/4000	20/S	3800
PRECIO POR 20 MULTIPLEXORES	1.289.116 USD	1.057.152 USD	815.845 USD
SOFTWARE DE ADMINISTRACION	INCLUIDO	INCLUIDO	INCLUIDO
INSTALACION	INCLUIDO	INCLUIDO	INCLUIDO
ADPCM	INCLUIDO	INCLUIDO	INCLUIDO



#### RECOMENDACIONES:

Newbridge es un equipo que cumple con los requerimientos técnicos, todo está integrado en un sólo equipo, además de tener mayor capacidad en número de canales comprimidos y de apegarse al estándar de CCITT. Por otro lado su operación es relativamente sencilla pues es a través de una terminal asíncrona y su configuración es mediante opciones de menús.

DSC cumple con casi todos los requerimientos, sin embargo sus cualidades se ven disminuidas por no manejar más de cincuenta y tres canales de voz ADPCM con CAS a diferencia del Equipo New Bridge, esto se debe a que utiliza el estándar americano M44 para comprimir voz, existen varios proveedores New Bridge y una distribución muy extendida de este producto.

IDNX de Net es un equipo versátil y tiene excelentes cualidades técnicas. Sin embargo tiene inconvenientes como el menor número de de canales de voz al comprimir sólo 57 canales CAS y 55 con CC, esto se debe al uso de protocolos propietarios para este fin, aunque el uso de los mismos les permite ofrecer otros servicios. Se observa que es el equipo más caro según la tabla de precios.

Por lo tanto de lo visto anteriormente se toma la decisión de elegir al multiplexor DSC para la implementación de nuestra red.

## **EVALUACION DE EQUIPO X.25**

De la misma forma que se presentaron las principales características de los multiplexores, se mostrarán las de los equipos X.25, en los párrafos siguientes describiremos las características principales de los equipos que entraron dentro de nuestra evaluación.

**LAS CARACTERÍSTICAS BUSCADAS DE LA RED DE DATOS SE BASAN EN LAS SIGUIENTES PREMISAS:**

- Aprovechar el reenrutamiento de datos dentro de redes tipo anillo para datos X.25
- Establecer un medio de enlace de datos de acuerdo a la tendencia de los dispositivos de entrada y salida de las Centrales para usar X.25
- Obtener compatibilidad con otras áreas que serán usuarios de la Red.

Los equipos que estuvieron dentro de nuestra evaluación fueron:

1. Equipo Telefile : Teleswitch plus
2. Equipo Codex-Motorola:

**CARACTERISTICAS GENERALES TELESWITCH PLUS**

El Teleswitch Plus es un Procesador Nodal de Protocolos de cuarta generación, el cual puede transportar X.25, X.75, Frame Relay y otros protocolos a través de una red. Su alto desempeño y su arquitectura de bus VME, combinada con características singulares, le permiten cumplir con la demanda de conectividad y los requerimientos de desempeño de las aplicaciones de hoy en día.

El Teleswitch posee las siguientes características generales:

**SOPORTE MULTIPROCOLO DE ALTO DESEMPEÑO.** Cada unidad Teleswitch puede soportar multiples protocolos, incluyendo comunicaciones X.25 y X.75. Frame Relay y HDLC. Particularmente apropiados para ambientes de intenso trafico de datos, el Teleswitch puede procesar hasta 7,000 operaciones de conmutación por segundo, con un retraso de transito de 1 milisegundo

**CONECTIVIDAD CON LA MAYORÍA DE LAS INTERFACES DE RED DTE Y DCE.** El Teleswitch soporta modulos para RS232/V.24, RS449/X.27, V.10/V.11, V.35 y X.21.

**Soporte Avanzado de X.25/X.75** El Teleswitch proporciona una compatibilidad completa con las recomendaciones CCITT X.25 y X.75 de 1988.

**Configuración de Menú.** El Teleswitch puede ser configurado utilizando una terminal VT100 ó compatible conectada directamente ó vía remota a un PAD. La configuración se realiza a través de menús.

**FUENTES DE PODER Y CPU'S REDUNDANTES.** Si la fuente de poder principal falla, ó la CPU falla el Teleswitch automáticamente conmuta a la fuente ó módulo redundante.

**MÓDULO CPU DE ALTO RENDIMIENTO.** Dependiendo del modelo en específico, el microprocesador puede operar a velocidades de hasta 66 Mhz y soporta hasta 16 MB de RAM.

**DIRECCIÓN CONFIGURABLE (DTE/DCE)**

**TAMAÑO DE PAQUETES 16,64, 128,256,512, 1024, 2048 Y 4096.**

### **MOTOROLA - CODEX SERIE 6500<sup>PLUS</sup>.**

La serie de productos 6500<sup>PLUS</sup> consta de las siguientes piezas de hardware:

- Tarjetas de proceso (CPU)
- Tarjetas de soporte (auxiliares)
- Gabinetes
- Backplanes

Las tarjetas de CPU 6500<sup>PLUS</sup> son necesarias para correr el software 6500<sup>PLUS</sup> Release versión 3.0.

### **TARJETAS 6500<sup>PLUS</sup>.**

Las principales tarjetas de la familia Motorola Codex 6500<sup>PLUS</sup> son las siguientes tarjetas de proceso:

- Codex 6505<sup>plus</sup>: servidor de acceso asincrono
- Codex 6507: servidor de acceso multifuncional
- Codex 6525: concentrador de red.

Estas tarjetas nos dan las funciones básicas de la serie 6500<sup>plus</sup> y se pueden modificar como se requiera. El 6500<sup>plus</sup> no trae un puerto dedicado a una terminal de control. De esta manera, cualquier puerto asíncrono del PAD puede considerarse como un puerto para terminal de control cuando una terminal conectada ahí llame a la facilidad de terminal de control del nodo y teclee el password apropiado.

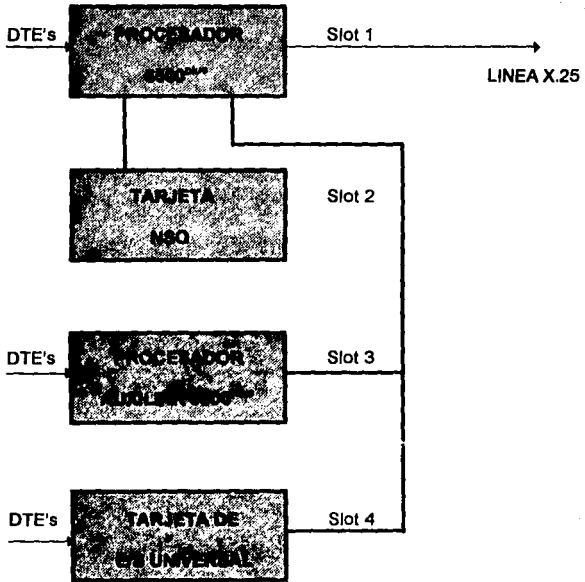
Asimismo, tenemos varias tarjetas auxiliares:

- Tarjeta de entrada/salida asíncrona 6500
- Tarjeta de entrada/salida universal 6500
- Tarjeta para opción de recuperación de red 6500
- Tarjeta de proceso auxiliar 6500<sup>plus</sup>.

#### **INTERCONEXION DE TARJETAS.**

Para comprender mejor la manera en que interactúan las tarjetas de la serie 6500<sup>plus</sup> nos remitiremos al diagrama de bloques que se presenta en la figura de la siguiente página. De ahí se observa que podemos incrementar el *throughput* y la escalabilidad de un nodo 6500<sup>plus</sup> usando más de una tarjeta procesadora 6500, esta puede ser la tarjeta 6506 (Servidora de acceso asíncrono), la 6507 (Servidora de acceso multifuncional), o la 6525 (Concentrador de red).

**DIAGRAMA DE BLOQUES DEL NODO 6500<sup>plus</sup>.**





## **ESPECIFICACIONES FISICAS.**

### **DIMENSIONES:**

Altura:	6.99 cm
Ancho:	21.69 cm
Profundidad:	40.64 cm

### **REQUERIMIENTOS DE POTENCIA:**

90 a 132 Vac, de 47 a 63 Hz

80 a 264 Vac, de 47 a 63 Hz

### **AMBIENTE:**

Temperatura de operación:

Tarjeta CPU 6500, procesador 6500<sup>286</sup>, tarjeta de entrada/salida

6500: de 0° C a 50° C.

Tarjeta NSO 6500: de 0° C a 45° C.

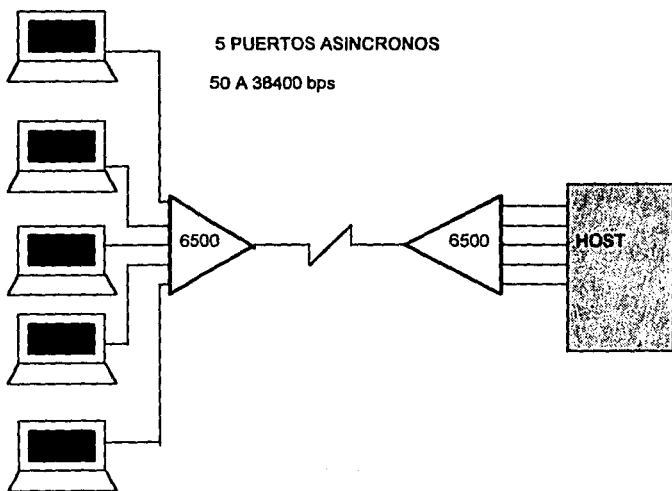
Humedad relativa:

5 % a 90% (no condensada)

## APLICACIONES.

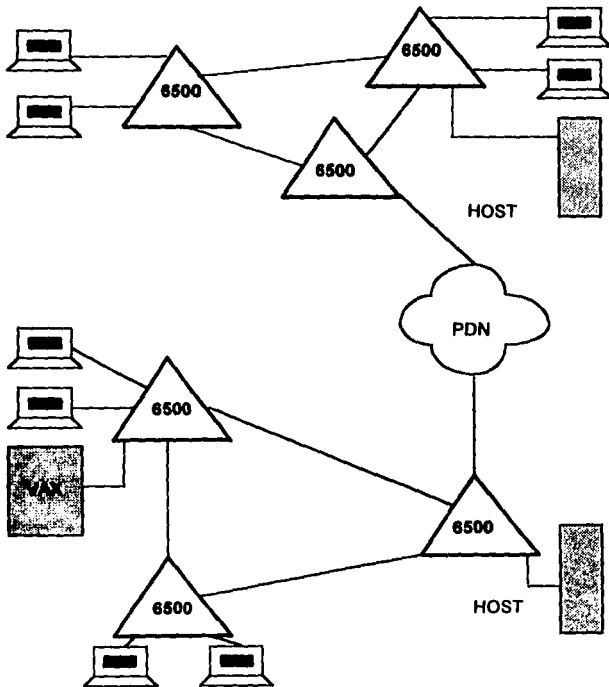
### REDES PRIVADAS X.25.

La red más sencilla 6500 es una configuración punto a punto, como se muestra en la siguiente figura. Aquí dos nodos 6500 conectan cinco terminales remotas a un host.



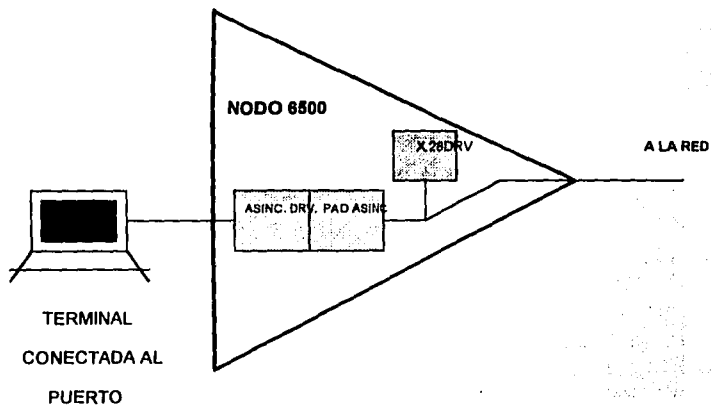
## REDES COMPLEJAS.

Se pueden implementar redes complejas con equipo 6500. La siguiente figura ilustra una red que usa equipos 6500 para conectar varios dispositivos en redes públicas y privadas. Nota: Los pares de modems requeridos entre los nodos y la PDN no se muestran en la figura.



## CONEXION AL EQUIPO 6500<sup>Plus</sup>.

Antes de que se puedan enviar comandos o transmitir datos por el equipo 6500<sup>Plus</sup>, la terminal que se desee conectar deberá comunicarse con un puerto del PAD asíncrono del equipo 6500. Como se indica en la siguiente figura.



A continuación se resumen las características de los equipos X.25 en evaluación.

<b>MARCA</b>	<b>TELEFILE</b>	<b>CODEX</b>
<b>MODELO</b>	TELESWITCH PLUS	6500
<b>PROVEEDOR</b>	PROVEEDOR 1	PROVEEDOR 2
<b>NO MAXIMO DE ENLACES X.25</b>	54	36
<b>INTERFACES ELECTRICAS</b>	RS232/V.24 RS449/V.27 V.35	RS232/V.24 RS449/V.27 V.35
<b>TROUGHPUT</b>	200-1800 PPS	300-1400 PPS
<b>PROTOCOLOS SOPORTADOS</b>	X.25 TCP/IP FRAME RELAY	X.25 SDLC
<b>MODOS DE OPERACION</b>	SINC/ASINC	SINC/ASINC
<b>REDUNDANCIA</b>	SI	SI
<b>CONSOLA DE CONTROL</b>	VT 100 LOCAL/REMOTA	VT100 LOCAL/REMOTA
<b>COSTO EQUIPO BASICO</b>	20,000 USD	19,000 USD

## **RECOMENDACION**

Debe tomarse en cuenta que, operacionalmente hablando, ambos equipos reúnen las características necesarias para asegurar un funcionamiento óptimo dentro de una red X.25; pero si se observan factores como crecimiento a futuro o cambios en la tecnología de comunicaciones (migración de ambiente X.25 a Frame Relay, Cell Relay o ATM), se deben tomar en cuenta ciertos factores más específicos.

El equipo Teleswitch Plus maneja una cantidad mayor de paquetes por segundo, esto implica un Throughput mayor respecto del equipo Codex de Motorola. Este concepto va ligado, de manera indirecta, con la cantidad de líneas que puede soportar cada equipo; por lo tanto, si observamos la tabla, se nota que la escalabilidad del equipo Teleswitch Plus nos permite el manejo de un mayor número de enlaces por nodo. Además se observa una clara ventaja dentro del concepto de migración de ambiente: el equipo Codex de Motorola sólo soporta dos protocolos de comunicaciones: X.25 y SDLC, mientras que el equipo Teleswitch Plus soporta, además de X.25, TCP/IP y Frame Relay. Ambos equipos tienen un costo relativamente igual ya que se observa una diferencia mínima de \$1,000.00 U.S.

Por lo tanto se recomienda el Teleswitch Plus por su alta capacidad de flujo de paquetes por segundo, por su versatilidad en el manejo de protocolos y de líneas dedicadas a enlaces, incidiendo esto último en las posibilidades reales de crecimiento a futuro.

### **III.3.6 SOFTWARE ADMINISTRADOR DE LA RED**

Se basa en un sistema manejador de red (NMS) diseñado para mantener el control, monitoreo y actividades de mantenimiento de la red. A través de una interfaz de usuario gráfica proporcionada por OS/2 con manejador de presentación, el NMS despliega la configuración y el estado de operación de los procesadores y nodos Newbridge.

Las acciones del operador, son las de proporcionar elementos a la red para crear rutas de circuitos, estos son realizados usando un Mouse, construyendo o modificando una topología de red, lo cual es rápido y sencillo usando una herramienta basada en la selección de iconos, para incluir nodos Newbridge, esto se puede realizar gracias a los módulos funcionales y equipo externo; los menús de los que dispone este software ejecutan fácilmente los comandos.

El ambiente de ventanas del NMS permite supervisar simultáneamente ambos extremos del circuito, con el uso de ventanas pueden ser abiertos simultáneamente muchos elementos de la red, desplegar tiempos reales de alarmas y eventos. La figura III.3.6-1 muestra la ventana de la topología de red del NMS.

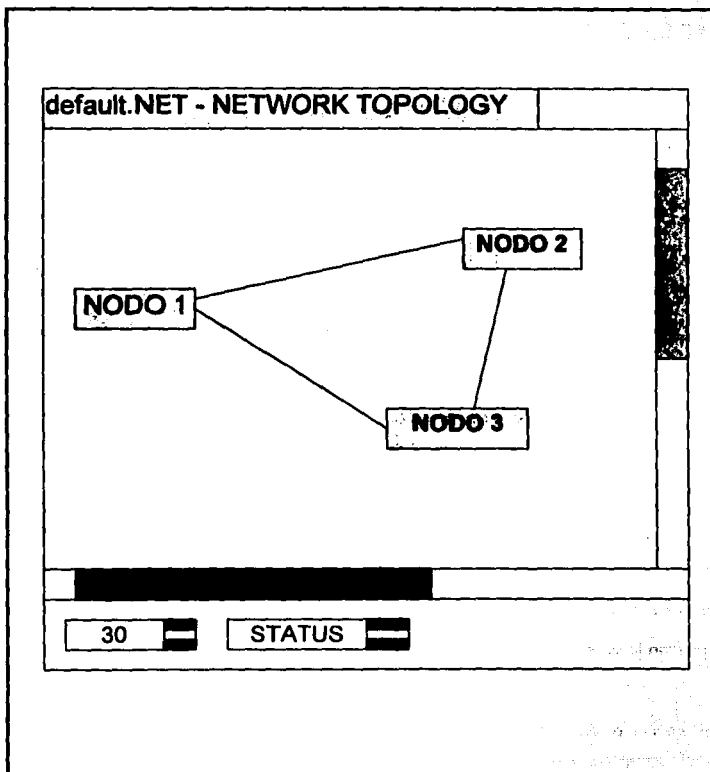


Figura III.3.6-1. Ventana de topología de red.



## **PLATAFORMA DE OPERACIÓN Y REQUERIMIENTOS**

El hardware mínimo requerido para correr el NMS incluye una computadora personal procesador 486DX2, 66Mhz con un bus ISA o EISA compatible con OS/2, drive de 3.5 o 5.25 de alta densidad, disco duro superior a 150 Mb, los requerimientos de RAM varían de acuerdo al tamaño de la red, lo cual puede ser desde 16 Mb con capacidad de expandir a 64 Mb, un monitor de 17, 20 o 28 pulgadas capaz de soportar 1024 x 768 para requerimientos de OS/2, con facilidad de respaldo de cinta recomendado para respaldos periódicos de los archivos de la topología de la red.

El NMS requiere instalarse a una red de paquetes X.25 para transportar y supervisar información entre ésta y los nodos Newbridge en la red. El método típico de enlace a cada nodo en la red incluye una conexión asincrónica al puerto de la terminal (vía un PAD X.25) así como una conexión X.25 al puerto auxiliar (vía un enlace X.25). La información de supervisión es comunicada entre los nodos y el NMS a través de un sistema in-band (usando la facilidad T1 o E1 conectados a los nodos) o un sistema out-of-band (usando módems).

El modulo procesador X.25 para los nodos Newbridge son situados para crear la supervisión de la red X.25 por el manejador de nodos NMS. La Figura III.3.6-2 representa un ejemplo de una supervisión de red X.25.

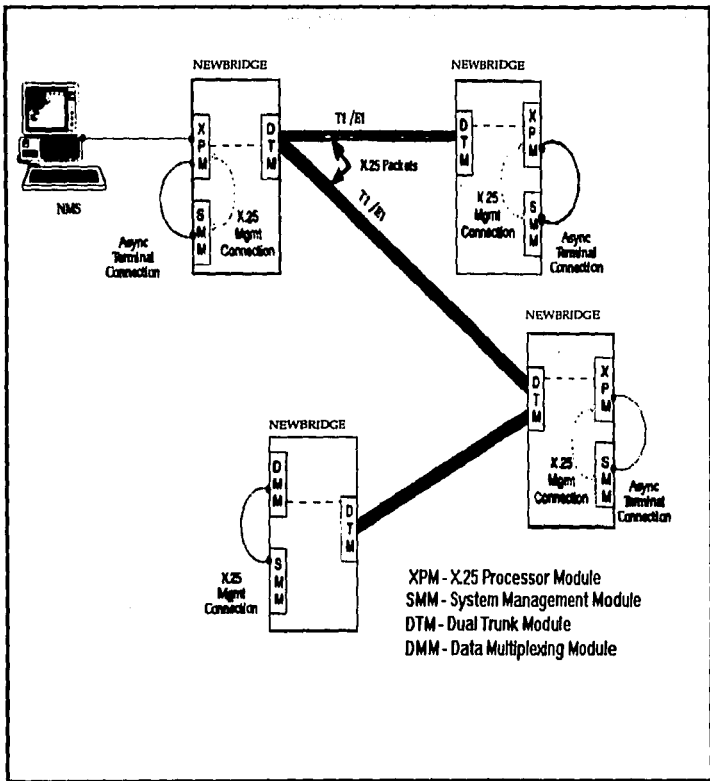


Figura III.3.6-2. Ejemplo de supervisión de red X.25.

## **CARACTERISTICAS**

El usa ventanas para desplegar el estado de la información y cuadros para consulta de la operación de la red.

## **SISTEMA DE SEGURIDAD**

Proporciona un sistema de seguridad para asociar un archivo de usuarios específico para autorizar a los usuario una identificación y clave de acceso. El administrador de la red define a cada archivo de operador para seleccionar permitir o no permitir ejecutar una acción. Cada elemento de la red tiene un grupo de privilegios para permitir una aplicación específica.

La lista de privilegios del sistema es diferente para un operador individual al cual se le puede permitir configurar los puertos de datos, pero no se le permite configurar los puertos principales. Privilegios:

- Crear Newbridge .
- Configurar Newbridge .
- Crear archivos de usuarios.
- Modificar archivos de usuarios.
- Configurar modulo de sistema AVM (Modulo de voz analógico).
- Configurar modulo AVM.

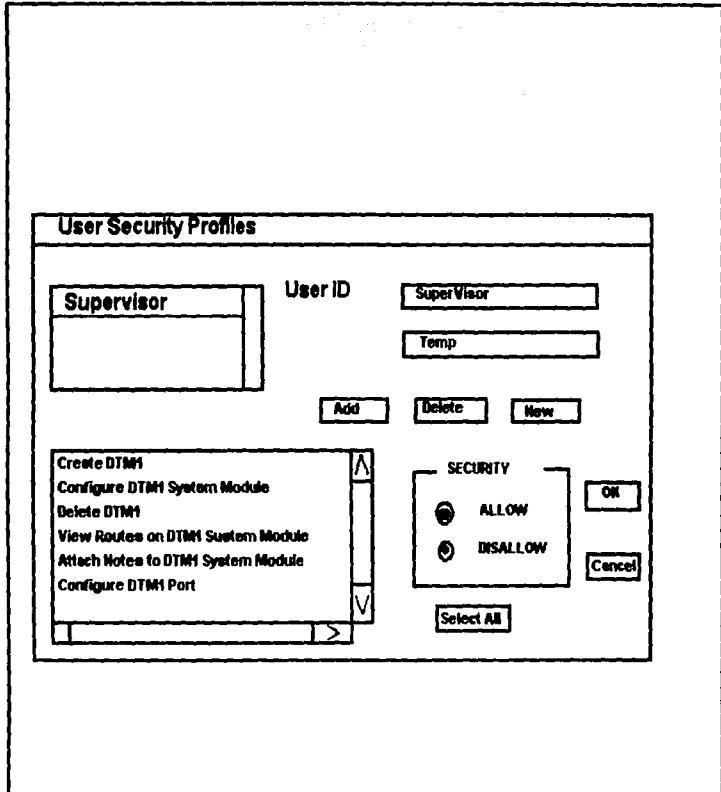


Figura III.3.6-3. Cuadro de archivos de seguridad de usuarios.

## CONDICION

Después de que una conexión X.25 es establecida con un nodo Newbridge, el NMS capta la configuración de hardware y software del nodo y despliega su estado en la topología de la red, este es el control del nodo, los cambios de configuración de módulos y puertos son operaciones sencillas. Cada elemento de la red proporciona un cuadro de dialogo especializado para configurar sus características de operación.

<b>Control Port</b>		<b>Clock Source</b>	Stratum IV on Slot A
X.25 Address:	Port	<b>Clock Card</b>	A
0201040013	1	<b>Clock Line</b>	A
		<b>Data Bus</b>	A
<b>Terminal Port</b>		<b>Node Name:</b>	Dallas
X.25 Address :	Port	<b>Contact Name:</b>	
0201040013	1	<b>Contact Phone:</b>	
<b>Módem Number :</b>		<b>Router Ignore Communication Status</b>	

Figura III.3.6-4. Cuadro de configuración de nodos.

## **ESTADO DE LOS ELEMENTOS: GRAFICO Y TEXTUAL**

Los estados gráficos y textual son desplegados usando color para alertar al operador de la red sobre una condición de alarma. En el nivel superior de la red, la topología despliega cualquier nodo experimentando una alarma o evento con representación a color.

En la ventana de topología de la red, una o más ventanas de estados de nodos pueden ser abiertas para mostrar los elementos específicos de la red . La figura III.3.6-4 muestra tres ventanas de estado abiertas simultáneamente, las cuales pueden ser reacomodadas dependiendo de que elementos de la red deben ser monitoreadas.

Para cada modulo y puerto representado en la ventana de estados, una descripción textual puede ser desplegada. Así como la ventana gráfica, la ventana textual usa color para dibujar la atención del operador a la red a las condiciones de alarma.

Cada elemento de la ventana facilita un botón de comandos para desplegar la configuración de los elementos y despliegue de una lista de todas las rutas usadas por los elementos.

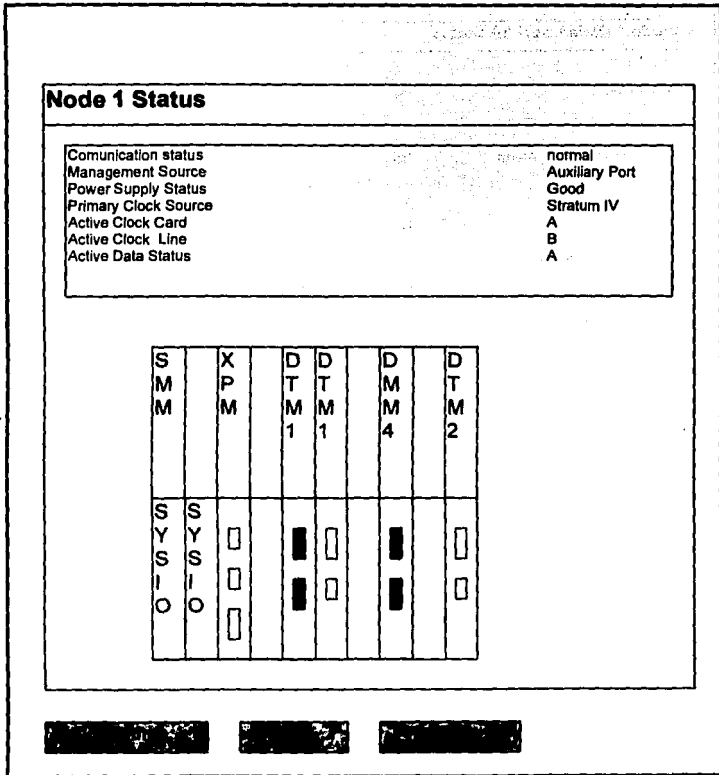


Figura III.3.6-5. Ventana de estados de nodos.

**Node 1 DMM4 port 6A Status**

Major Alarm:	No	Model Sinal	States
Intermodule Comm Failure:	No	RTS:	Inactive
System Module In Alarm	No	CTS:	Inactive
Minor Alarm	No	DTR	Inactive
Subrebase Frame Sync Loss:	No	DSR	Inactive
Network Control Code Received	None	DCD	Inactive
Redundant Cable Present	No	RL	Inactive

**Figura III.3.6-6.** Ventana de estado de puerto, Modulo Multiplexor de Datos (DMM).



**Esta ventana recibe eventos y alarmas de todos los elementos de la red y despliega un formato configurado por el operador. Los campos en esta ventana pueden ser introducidos, aumentados o reducidos. El operador de la red puede especificar que campo desea desplegar en la ventana. Los eventos y alarmas son desplegados en color para indicar un estado de alarma.**

**Adicionalmente, un filtro puede ser aplicado a una ventana de eventos para desplegar alarmas solo de ciertos elementos de red, tipos de eventos, localización de elementos, fechas particulares, o estados específicos.**

**El filtro de eventos, una vez definido, se puede habilitar o deshabilitar por el botón de filtro en la ventana, usar un filtro puede ser invaluable en seguimientos difíciles en la red.**

Events							
Sequence(clear)	Duration	State	Node Name	Component Name	Component	Router	Description
13480	0	Cleared	San Francisco	DTM2 port	8A	No	Service Alarm (SVA)
13481	0	Cleared	San Francisco	DTM2 Port	8A	No	Major Alarm
13482	0	Cleared	San Francisco	DTM2 Port	8A	No	Multiframe Syncloss
13485	0	Cleared	E1 Denver 8A SA	TRUNK		No	Major Alarm
13487	0	Ocurred	San Francisco	Clock Line	8	No	Clock Line Switch
13488	0	Ocurred	San Francisco	Clock Line	A	No	Clock Line Switch
13490	0	Ocurred	San Francisco	Clock Source	DTM2 P	No	Clock Source Switch

Figura III.3.6-7. Ventana de Eventos.

### Filter Events

ALL

- Atlanta
- Newbridge 1
- Dallas
- Erfurt
- Kassel

ALL

- Clock Line Switch
- Clock Source Swit
- Communications L
- In Service
- Invalid I/O Module

Set 
Cleared 
Occurred

Acknowledge 
Unacknowledge

Router Ignore Alarms (y/n)

ALL

- AVM6
- Clock Line
- Clock Source
- DMM4
- DMM8

ALL

- 1
- 10
- 13
- 14
- 15

DD-MMM-YY HH:MM:SS

Start:

End:

Figura III.3.6-8. Cuadro de filtro de eventos.

## MANTENIMIENTO Y LOCALIZACION DE FALLAS

El Modo Mantenimiento despliega nodos y/o secciones, los cuales contienen un elemento el cual tiende a cambiar a una condición de prueba, cuando el modo mantenimiento es seleccionado las ventanas de estado de nodo y estado de ruta se despliegan en color solo para los elementos que están en la condición de prueba. Después de seleccionar la opción de prueba deseada, seleccionar "ok" para desplegar la ventana de estado DMM y monitorear el resultado de la prueba.

**Node 1 DMM4 Port 6A - Test**

**Local Loopback**

- None
- I/O Module Loopback
- System M. Loopback

**Modem Lead Configuration**

**LL Pin Effect**

- No effect
- S.M. Loopback

**RL Pin Effect**

**TMI Pin Operation**

**Remote Loopback**

**Remote Loopback Code Generation**

Type  None  V.54  DDS Interleaved

Destination  OCU  DSU  CSU

**Initiate Loopback** **Terminate Loopback**

V.54 Mode  CCITT  Proprietary

Enable Loopback Destination  V.54  DDS In.

**BERT Testing**

**BERT Toward**

User

Network

**BERT Pattern**

- 511
- R2047

Figura III.3.6-9. Cuadro de prueba DMM.

## CIRCUITO DE RUTA Y CAMBIO DE RUTA

Un circuito de cambio de ruta puede ser completamente automatizado usando el algoritmo de ruta NMS. Para crear una ruta de circuito, el operador de la red usa una función de dibujo de línea conectando los extremos del circuito usado. Esta acción despliega un cuadro para que el operador seleccione las características de operación de la ruta.

DMM to DMM Route	
End Point 1 : San Francisco DMM4 Port 6D	Route Parameters
End Point 2 : New York DMM4 port 6A	
Route Name: Route 50027045 2976	Bits Per Second 4800 7200 9600 14400 16800 19200 28800
End Point 1 : San Francisco DMM4 Por	
End point 2 : New York DMM4 Port 6A	Mode <input checked="" type="radio"/> SDM <input type="radio"/> XSDM2 <input type="radio"/> DDS <input type="radio"/> Super56
Maximum Intermediate Nodes : 4	
Retouring Priority (0 - 999) : 500	Allow Mixed Bit Rates on SDM routes <input checked="" type="checkbox"/>
In Service <input checked="" type="checkbox"/>	Subrate Channels <input checked="" type="radio"/> 5 * 9600 <input type="radio"/> 10 * 4800
Do not Disconnect on alarm <input type="checkbox"/>	

Figura III.3.6-10. Cuadro de ruta DMM a DMM.



## **RED DE PAQUETES X.25**

Cuando se usa externamente un PAD/Switch X.25, el mínimo número de parámetros requeridos para establecer una conexión X.25 puede ser determinado. Con el modulo procesador X.25 Newbridge y el NMS, la configuración X.25 es minimizada, simplificando los procesos y reduciendo significativamente la oportunidad de error.

Si un PAD es configurado, automáticamente valida y despliega los valores para el PAD. Los parámetros de terminal como X.3 son numerosos y validos, La figura III.3.6-12 ilustra el cuadro de parámetros de configuración X.3.

## **CONEXIÓN A EQUIPO EXTERNO**

El NMS permite la capacidad de acceder a una interfaz VT100 de equipo externo mediante red X.25 o usando módems. Esta característica permite al operador de red colocar un icono dentro de la ventana de topología de la red para representar el equipo externo.

La selección de equipo externo solo puede ser usada para iniciar programas OS/2, por ejemplo un programa de emulación de terminal.

Router - Status			
CONNECTED ROUTES		DISCONNECTED ROUTES	
Normal:	Alarmed:	out 01 Service:	Failed:
Video Conference			

Figura III.3.6-12. Cuadro de parámetros de configuración X.3.



### Configure X.3 Parameters

1: 1	6: 5	11: R/O	16: 127	21: 0	40: 10	45: 0
2: 1	7: 21	12: 1	17: 21	22: 0	41: RES	46: 0
3: 126	8: 0	13: 0	18: 18		42: 2	47: 0
4: 0	9: 0	14: 0	19: 2		43: 128	48: 0
5: 2	10: 0	15: 0	20: 192		44: 1	49: 0

### X.3 Parameter Definition

#### X.3 Parameters :

1. Escape to Command Mode
2. Echo of Terminal Input
3. Selection of Packetizing criteria
4. Selection of Idle Timer Delay

#### Value:

0  
1  
32  
33

#### Explanation:

Defines the character used to exit from Data Transfer Mode and enter Command Mode

#### Possible Values:

0 Escape to Command Mode is not possible.

Figura III.3.6-13. Cuadro de selección de equipo externo.

Con éstas características o facilidades se logra obtener una mejor respuesta ante contingencias ya que nos permite modificar los parámetros de cada nodo asociado a la red y , de igual forma, dar de alta nuevos nodos. Con lo que se obtiene la flexibilidad que tanto se necesita, sobretodo cuando se requiere de hacer pruebas de funcionalidad antes de dar por conectado un nodo y liberarlo al tráfico cursante.

## RESUMEN

Es importante destacar el hecho de que las consideraciones iniciales de diseño que se manejaron durante el capítulo fueron determinantes en el momento de elegir una opción para solucionar los problemas que se tienen actualmente; de la misma forma podemos señalar que con la implementación de ésta infraestructura de red se obtiene la integración de servicios que se buscaba, obteniendo con ello un ahorro tanto en tiempo de respuesta para los diferentes servicios complementarios como en el costo de operación que para cada uno de ellos se tiene; al contar con rutas alternas de enlace, se logra la continuidad en el servicio lo cual le permite a la empresa ser más competitiva, no obstante los beneficios que representan la integración de servicios y la continuidad en el mismo, se logran implementar los mecanismos de monitoreo y administración de servicios facilitando las tareas de detección y corrección de errores además de proporcionar una conectividad a nivel nacional, lo cual permite el ahorro de recursos en las diferentes regiones que conformarán la red de comunicación de voz y datos, y si bien fuese poco, al tener una red conmutada X.25 la cuál nos provee de la seguridad y manejo de información suficientes para nuestros requerimientos y se ajusta a los estándares de la norma G.703, nos proporciona las herramientas necesarias para lograr ahorros importantes para la empresa, ya que al minimizar la dependencia con la RTPC y utilizar rutas propias para las llamadas entre las

llamadas entre las oficinas de la empresa misma, se está eliminando el costo por concepto de larga distancia que se tiene actualmente.

Otro punto importante en el diseño de ésta red fué la seguridad y la flexibilidad que para consideraciones de crecimiento a futuro tiene un peso específico bastante considerable, puesto que la inversión que se debe hacer en éstos momentos debe servir de plataforma para las demandas a futuro, con lo cual se prepara el camino a seguir para incluir nuevos servicios o conectar nuevos nodos u oficinas a la red nacional que se ha planteado como solución.

Además se mantuvo la premisa de utilizar el equipo terminal con que se cuenta actualmente, lo cual facilitó la tarea de implementación ya que se tiene el hardware y el software para hacer las pruebas de conectividad que se requieran.

El esquema nacional que se propuso finalmente con las ciudades involucradas se puede ver en la figura III.3.6-14

# Red Voz y Datos Propuesta

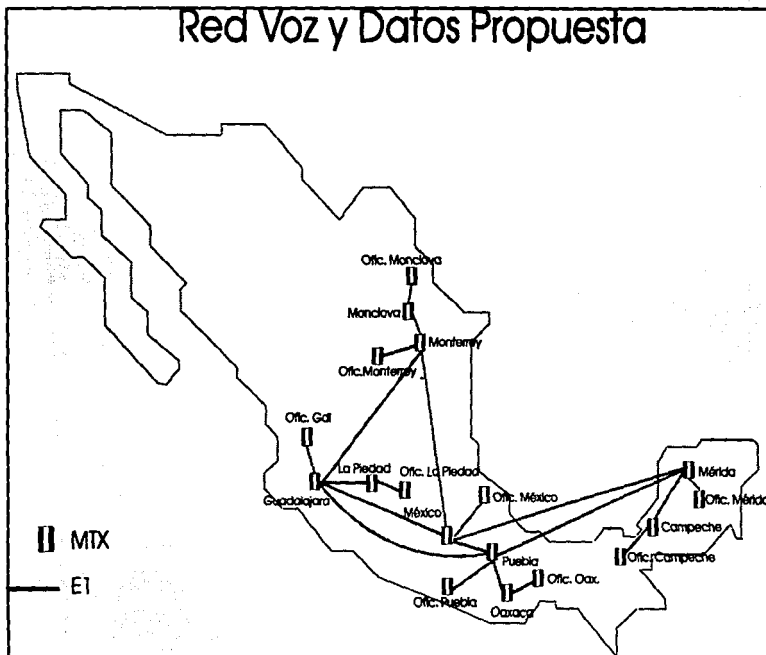


FIGURA III.3.6-14

---

---

## **CONCLUSIONES**

## **CONCLUSIONES**

La eficiencia del diseño de una red de comunicaciones que integre voz y datos, radica tanto en el diseño de la topología que más se adecue a los requerimientos iniciales, como en el cálculo de la capacidad sobre el medio que se haya elegido.

Para lograr una confiabilidad y seguridad que sea adecuada para una empresa como la referida en este caso (de telefonía celular), que, aparte de requerir una cobertura nacional, necesitaba asimismo tener conectividad con redes públicas tanto nacionales como internacionales, es necesario contar o proveer de la infraestructura necesaria tanto en hardware como en software, que nos permita lograr esos objetivos.

La confiabilidad está en razón de la eficiencia del medio de transmisión, de la capacidad del protocolo de comunicaciones seleccionado tanto para elegir rutas alternas, como para detectar y corregir errores. De esto último se deduce que el diseño de la topología de la red nos facilita la interconexión de todos los nodos y nos provee de las rutas alternas necesarias para que el protocolo de comunicaciones se desempeñe de manera eficiente.

La seguridad está en función de dos parámetros: tanto en capacidad del medio de transmitir los datos requeridos a través de él, como en función de las restricciones de acceso a la información por tipo de nodo.

La mejor manera de obtener la confiabilidad requerida en el diseño de esta red, se consiguió mediante el uso de enlaces digitales, que nos ofrecen una mayor eficiencia en cuanto a transmisión de voz y datos a través de ellos. Se opta por E1's debido a que ya se contaba de antemano con dicho medio. El tipo de topología que nos garantiza un ruteo alterno y un acceso selectivo por nodo es el que se obtiene en una red tipo jerárquica CCITT en combinación de malla y estrella.

En la selección del protocolo de comunicaciones influyeron muchos más factores. Si bien se cuenta con protocolos relativamente nuevos y muy eficientes en cuanto a velocidad de transmisión, como Frame Relay, Cell Relay y ATM, éstos presentan tres inconvenientes inmediatos:

Primero: A pesar de ser protocolos que utilizan velocidades de transmisión muy altas, no permiten establecer enlaces punto - multipunto, lo cual implica que, al ser protocolos para enlaces punto a punto, sólo realizan la detección y corrección de errores una sola vez; lo cual resulta poco conveniente en una red que requiere



el tráfico de datos en rutas alternas y por lo tanto necesita una continua detección y corrección de errores.

Segundo: El ser tecnologías nuevas lleva implícito un costo de inversión inicial más alto que el de tecnologías ya conocidas si se requiere de conectividad a redes públicas.

Tercero: Los protocolos más recientes requieren forzosamente de medios de transmisión y medios de enlace completamente eficientes, lo cual en nuestro país dista mucho de la realidad.

El protocolo de comunicaciones elegido para esta red es el X.25, el cual, al ser una tecnología con varios años en el mercado nos garantiza una conectividad total con redes públicas, una gran capacidad de ruteo y un soporte técnico garantizado; todo lo cual es una ventaja total para nuestro diseño, comparado con Frame Relay, Cell Relay o ATM. Todo esto además de llevar a cabo detección y corrección de errores por cada nodo.

La seguridad de la red desde el punto de vista de la capacidad requerida para la transmisión de datos, se obtuvo mediante la aplicación de una recomendación de X.25, la cual nos dice que se garantiza un máximo de eficiencia en la transmisión de datos si el medio se utiliza al 50 % de su capacidad llevando implícito el

concepto de inbound y de outbound al aplicar la recomendación. El conocer las necesidades y requerimientos por región antes de comenzar el diseño nos permitió aplicar al concepto de throughput al determinar la capacidad requerida por nodo y por línea de acuerdo a X.25.

De igual manera, el aceptar esta recomendación, nos garantiza la suficiente capacidad para el procesamiento de datos en cada nodo y su tráfico consecuente por línea, incluyendo tráfico alterno por ruteo en caso de falla de una línea o ruta específica; dejando al mismo tiempo un margen para crecimiento a futuro por incremento de tráfico o cantidad de nodos instalados.

Además el equipo seleccionado cuenta con la capacidad de manejar ambientes tanto de X.25 como de Frame Relay, lo cual nos permite migrar a este último ambiente conforme se vaya teniendo la infraestructura necesaria en el país para implantarlo.

Se cumple entonces con las premisas de confiabilidad seguridad y flexibilidad requeridas para el diseño, una amplia capacidad de ruteo sobre la red, conectividad total tanto internamente como con redes públicas nacionales e internacionales y una inversión inicial menor, respecto de otras tecnologías, con perspectivas de crecimiento a futuro.

---

## BIBLIOGRAFIA

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1. CCITT BLUE BOOKS RECOMENDATIONS**  
GINEBRA, 1989
- 2. CELLULAR RADIO HAND BOOK**  
NEIL J. BOUCHER  
QUANTUM PUBLISHING, 1990
- 3. CMS 8800 CELLULAR MOBILE TELEPHONE SYSTEM**  
RADIO SYSTEMS DEPARTMENT  
ERICSSON, 1987
- 4. COMUNICACIONES Y REDES DE PROCESAMIENTO DE DATOS**  
NESTOR GONZALEZ SAINZ  
MC. GRAW HILL, 1990
- 5. DIGITAL NETWORKING AND T-CARRIER MULTIPLEXING**  
GILBERT HELD  
JOHN WILEY AND SONS, 1992
- 6. DIGITAL TELEPHONY**  
JOHN BELLAMY  
JOHN WILEY AND SONS, 1991

- 7. ELECTRONIC COMMUNICATION SYSTEMS FUNDAMENTAL THROUGH  
ADVANCED**  
WAYNE TOMASI  
PRENTICE HALL, 1988
- 8. MOBILE CELLULAR SYSTEMS**  
WILLIAM C. Y. LEE  
MC. GRAW HILL, 1989
- 9. MOBILE COMMUNICATIONS DESIGN FUNDAMENTALS**  
WILLIAM C. Y. LEE  
JOHN WILEY AND SONS, 1993
- 10. PACKET SWITCHING**  
ROY D. ROSSNER  
VAN NOSTRAND REINHOLD COMPANY, 1982
- 11. PUENTES, RUTEADORES Y PUERTOS DE ACCESO**  
TECHNOLOGY TRAINING, 1992
- 12. REDES DE COMPUTADORAS**  
UYLLES BLACK  
MACROBIT, 1987
- 13. TELECOMMUNICATIONS SYSTEM ENGINEERING**  
FREEMAN, ROGER L.  
JOHN WILEY AND SONS, 1989

- 14. TRANSMISSION SYSTEMS FOR COMMUNICATIONS**  
BELL TELEPHON LABORATORIES, 1989
- 15. UNDERSTANDING DATA COMMUNICATIONS FROM FUNDAMENTALS TO NETWORKING**  
GILBERT HELD  
JOHN WILEY AND SONS, 1991
- 16. X.25 MADE EASY**  
NICHOLAS M. THORPE  
PRENTICE HALL, 1992
- 17. X.25 Y LAS REDES DE CONMUTACION DE PAQUETES DE DATOS**  
DONALD HARING  
TECHNOLOGY TRAINING CORPORATION U.S.A., 1994

---

## **GLOSARIO**

## Glosario

# Glosario de términos técnicos en Comunicaciones de Datos

**AMI (Alternate Mark Inversion - Inversión de Marcas Alternadas)** - Sistema de codificación bipolar en el cual los unos (marcas) sucesivos deben alternar su polaridad (entre positiva y negativa).

**Análogo/a (Analog)** - Onda o señal continua (como p. ej. la voz humana).

**Ancho de banda (Bandwidth)** - Gama de frecuencias que pasa por un circuito. Cuanto mayor el ancho de banda, más información puede enviarse por el circuito en un lapso determinado.

**ANSI - (American National Standards Institute) - Instituto Nacional Estadounidense de Normas.**

**ARQ (Automatic Request for Repeat or Retransmission - Pedido Automático de Repetición o Retransmisión)** - Prestación en comunicaciones en la cual el receptor pide al transmisor que vuelva a enviar un bloque o trama porque el receptor detectó errores.

**ASCII (American Standard Code of Information Interchange - Código Estadounidense Normalizado de Intercambio de Información)** - Código de siete niveles (128 caracteres posibles) con previsión para paridad, usado para la transferencia de datos.

**Atenuación (Attenuation)** - Diferencia entre la potencia transmitida y la recibida debido a pérdidas en los equipos, líneas u otros dispositivos de transmisión. Se mide en decibeles.

**AWG (American Wire Gauge - Calibre Estadounidense de Alambres)** - Sistema para especificar tamaños de alambre.

**Bajada múltiple (Multidrop)** - Disposición de comunicaciones en la cual múltiples dispositivos comparten un canal de transmisión común, aunque generalmente sólo uno por vez puede transmitir.

**Balaceado (Balanced)** - Línea de transmisión en la cual las tensiones en ambos conductores son de igual magnitud pero polaridad opuesta respecto a masa.

**Banco de canales (Channel Bank)** - Equipo que conecta múltiples canales de voz a un enlace de alta velocidad por medio de digitalización y multiplexado por división del tiempo (TDM). En general la voz es convertida a una señal de 64 kbps (24 canales a 1.544 Mbps en los EE.UU.; 30 canales a 2.048 Mbps en Europa).

**Banda base (Baseband)** - Se refiere a la transmisión de una señal analógica o digital en su frecuencia original, sin modificarla por modulación.

**Baudio (Baud)** - Unidad de velocidad de señalización equivalente al número de estados o eventos discretos por segundo. Si cada evento de señal representa sólo un estado de bit, la tasa de baudios equivale a los bits (bits por segundo).

**BER (Bit Error Rate - Tasa de Error de Bits)** - Razón de bits erróneos recibidos a bits recibidos, que se expresa generalmente como potencia de 10.

**BERT (Bit Error Rate Tester - Tester de Tasa de Error de Bits)** - Dispositivo usado para probar la tasa de error de bits de un circuito de comunicaciones. El dispositivo busca errores comparando una secuencia de datos recibida con una secuencia transmitida conocida para determinar la calidad de la línea de transmisión.

**Bipolar** - Método de señalización (usado en T1/E1) que representa un "1" binario alternando pulsos positivos y negativos, y un "0" binario por la ausencia de pulsos.

**Bit** - Contracción de "Binary Digit" (dígito binario), la menor unidad de información en un sistema binario. Un bit representa o bien uno o cero ("1" o "0").

**Bit de paridad (Parity bit)** - Bit adicional, no de información, que se agrega a un grupo de bits para asegurar que el número total de bits "1" en el carácter es par o impar.

**Blindaje (Shielding)** - Envoltura protectora que rodea a un medio de transmisión, destinada a minimizar la interferencia electromagnética (EMI).

**Bps (bits - bits per second) - Bits por segundo.** Medida de la velocidad de transmisión de datos en la transmisión serie. Se usa también para describir la capacidad de un equipo (por ejemplo, unmodem de 9600 bps).

**Bucle de corriente (Current Loop)** - Método de transmisión de datos. Una marca ("1" binario) es representada por la presencia de corriente en la línea, y un espacio ("0" binario) por su ausencia.

**Bucle analógico (Analog Loopback)** - Técnica de prueba que anula las líneas de los equipos de transmisión cerrando un bucle sobre los datos del lado analógico (línea) del modem.

**Bucle (de prueba) (Loopback)** - Tipo de prueba diagnóstica en la cual la señal transmitida es devuelta al dispositivo que la envía luego de pasar a través de una parte o todo un enlace o red de comunicaciones. Una prueba de bucle permite comparar la señal devuelta con la transmitida.

**Buffer (también, memoria tampón)** - Dispositivo de almacenamiento. Usado consistentemente para compensar diferencias en la velocidad de transmisión de datos o temporización de eventos cuando se transmite de un dispositivo a otro. Se usa también para eliminar el jitter.

**Bus** - Vía o canal de transmisión. Típicamente, un bus es una conexión eléctrica de uno o más conductores, en el cual todos los dispositivos ligados reciben simultáneamente todo lo que se transmite.

**Byte** - Grupo de bits que una computadora puede leer (generalmente de longitud 8 bits).

**Canal (Channel)** - Camino para la transmisión eléctrica entre dos o más puntos. También denominado enlace, línea, circuito o instalación.

**Cancelación del eco (Echo Cancellation)** - Técnica utilizada en los modems de alta velocidad para aislar y eliminar por filtrado la energía de las señales no deseadas causadas por los ecos de la señal principal transmitida.

**Capa de Enlace de Datos (Data Link Layer) - Capa 2 del modelo OSI.** La entidad que establece, mantiene y libera las conexiones del enlace de datos entre los elementos de una red. La Capa 2 se ocupa de la transmisión de unidades de información, o tramas, y de la verificación de error asociada.

**Capa Física (Physical Layer) - Capa 1 del modelo OSI.** La capa física se ocupa de los procedimientos eléctricos, mecánicos y de handshaking sobre la interface que conecta un dispositivo al medio de transmisión.

**Carácter (Character)** - Cualquier representación codificada de una letra, cifra o símbolo especial.

**Caracteres de control (Control Characters)** - En las comunicaciones, cualesquiera caracteres adicionales transmitidos que se usan para controlar o facilitar la transmisión de datos (por ejemplo, caracteres asociados con polling, entramado, sincronización, verificación de errores o delimitación de mensajes).

**Carga (Loading)** - Agregado de inductancia a una línea para minimizar la distorsión en amplitud. Aplicado generalmente en líneas telefónicas públicas para mejorar la calidad de voz, las torna intransitables para los datos de alta velocidad.

**CCITT (Comité Consultor Internacional de Telegrafía y Telefonía) - Comité asesor internacional con base en Europa, que recomienda normas internacionales de transmisión.**

**CD (Carrier Detect - Detección de Portadora)** - Señal de interface de modem que indica a un terminal a el conectado que el modem local está recibiendo señal del modem remoto.

**CDP (Conditional Di-Phase - Fase Condicional)** - Técnica de codificación digital; variante del código Manchester, pero sensible a la polaridad de los cables (se pueden cruzar los cables de un par).

**Circuito 4 hilos (Four-Wire Circuit)** - Vía de comunicación que consiste en 2 pares de conductores (hilo), una para la transmisión y el otro para recepción.

**Cluster** - Configuración en la cual dos o más terminales se conectan a una única línea o un solo modem.

FALLA DE ORIGEN



## Glosario

**Codificación Manchester (Manchester Encoding)** - Técnica de codificación digital en la cual cada período de bit se divide en dos mitades complementarias: una transición negativo/positivo en la mitad del período designa un "1" binario, y una transición positivo/negativo representa al "0". Esta técnica de codificación es autosincronizante.

**Compresión (Compression)** - Cualquiera de varias técnicas que reducen el número de bits necesarios para representar la información sea para transmisión o almacenamiento, con lo cual se ahorra ancho de banda y/o memoria.

**Compresión de la voz (Voice compression)** - Conversión de una señal de voz analógica a una señal digital utilizando un ancho de banda mínimo (16 kbps o menos).

**Concentrador/Multiplexor Estadístico (Concentrador - Statistical Multiplexor)** - Dispositivo que divide un canal de datos en dos o más canales de velocidad media más baja. El concentrador asigna en forma dinámica el espacio de canal según la demanda, a fin de maximizar el rendimiento.

**Comutación de paquetes (Packet switching)** - Técnica de transmisión de datos que divide la información del usuario en envoltorios de datos discretos llamadas paquetes y los envía paquete por paquete. Varios usuarios pueden compartir un único canal de comunicación; cada uno de ellos ocupa el circuito sólo durante el tiempo que lleva enviar un único paquete.

**Contención (Contention)** - Condición que se da cuando dos o más estaciones de datos intentan transmitir al mismo tiempo por el mismo canal.

**CRC (Cyclic Redundancy Check - Verificación por Redundancia Cíclica)** - Sistema de detección de errores en la transmisión de datos. Se aplica un algoritmo polinómico a los datos, y la suma de verificación resultante se agrega al final para su uso en el equipo de recepción.

**CSU (Channel Service Unit - Unidad de Servicio de Canal)** - Equipo de propiedad del usuario, instalado en el local del usuario en el interfaz a las líneas de la empresa telefónica como terminación de una DDS o un circuito T1. Los CSU brindan protección a la red y capacidades diagnósticas.

**CTS (Clear to Send - Lista para Enviar)** - Señal de control de la interfaz de modem proveniente del equipo de comunicaciones de datos (DCE) y que indica al equipo de terminación de datos (DTE) que puede comenzar a transmitir datos.

**DACS (Digital Access and Cross Connect System - Acceso Digital a Sistemas Cruzados)** - Instalación computarizada o manual que permite redistribuir electrónicamente líneas DS-1/T1 al nivel DS-0 (64 kbps). Se llama también DCS o DRX.

**Datos (Data)** - Información representada en forma digital, incluyendo voz, texto, facsimil y video.

**dB (Decibel)** - Unidad que mide la intensidad relativa (razón) de dos señales.

**dBm - Unidad de medida de potencia en comunicaciones; el decibel referido a un milivatio (0 dBm = 1 milivatio y -30 dBm = .001 milivatio).**

**DCD (Data Carrier Detect - Detección de Portadora de Datos)** - Ver CD.

**DCE (Data Communications Equipment - Equipo de Comunicaciones de Datos)** - El equipo que brinda las funciones que establecen, mantienen y finalizan una conexión de transmisión de datos (como un modem).

**DDS (Dataphone Digital Service - Servicio Digital Dataphone)** - Marca registrada de AT&T que identifica un servicio de línea privada para las comunicaciones de datos digitales.

**Dialfonía (Cross-talk)** - Transferencia indeseada de energía de un circuito a otro. Típicamente, la dialfonía tiene lugar entre circuitos adyacentes.

**Diagnósticos (Diagnostics)** - Procedimientos y sistemas que detectan y aíslan una falla o error en un dispositivo de comunicaciones, red o sistema.

**Digital** - La salida binaria (1/0) de una computadora o terminal. En las comunicaciones de datos, una señal alternada y discontinua (pulsante).

**Bucle digital (Digital loopback)** - Técnica para probar los circuitos procesadores digitales de un dispositivo de comunicaciones. El bucle se hace al lado línea del modem, pero prueba la mayoría de los circuitos del modem bajo ensayo.

**Digitalización de la voz/Codificación de la voz (Voice Digitization/Encoding)** - La conversión de la señal analógica de voz en símbolos digitales para su almacenamiento a transmisión (p. ej., ADPCM, CVSD, o PCM).

**Dirección (Address)** - Representación codificada del origen o destino de los datos.

**Dispositivo activo (Active Device)** - En Token Ring, un dispositivo que necesita alimentación de CA para su funcionamiento. En aplicaciones de bucle de corriente, dispositivo capaz de suministrar la corriente para el bucle.

**Dispositivo de compartido (Sharing Device)** - Dispositivo que permite compartir un único recurso (modem, multiplexor o puerto de computadora) entre varios dispositivos (terminales, controladores o modems). Se usa sólo en entornos de polling.

**Distorsión (Distortion)** - La modificación indeseada de una forma de onda que ocurre entre dos puntos de un sistema de transmisión.

**DOV (Data Over Voice - Datos sobre voz)** - Tecnología para la transmisión de datos y voz simultáneamente por par trenzado de cables de cobre.

**DSU (Digital Service Unit - Unidad de Servicio Digital)** - Dispositivo de usuario conectado a un circuito digital (tal como DDS o T1) cuando está combinado con una CSU). La DSU convierte la corriente de datos del usuario a formato bipolar para su transmisión.

**DTE (Data Terminal Equipment - Equipo Terminal de Datos)** - Dispositivo que transmite y/o recibe datos a/le un DCE (p. ej., un terminal o impresora).

**DTR (Data Terminal Ready - Terminal de datos lista)** - Señal de control de interfaz de modem enviada de la DTE al modem; generalmente le indica al modem que la DTE está lista para transmitir datos.

**Eco (Echo)** - Distorsión de señal que ocurre cuando la señal transmitida es reflejada hacia la estación de origen.

**Equalizador (Equalizer)** - Dispositivo que compensa la distorsión causada por la atenuación y el tiempo de propagación que son función de la frecuencia (reduce los efectos de las distorsiones de amplitud, frecuencia y fase).

**EIA (Electronic Industries Association - Asociación de Industrias Electrónicas)** - Organización de normas de los EE.UU. que se especializa en las características eléctricas y funcionales de los equipos de interfaz.

**Eliminador de modem (Modem eliminador)** - Dispositivo usado para conectar un terminal local y un puerto de computadora. El eliminador de modem reemplaza al par de modems normalmente necesarios.

**EMI (Electromagnetic Interference - Interferencia Electromagnética)** - Pérdida de radiación fuera de un medio de transmisión, esencialmente a raíz del uso de energía bajo la forma de ondas de alta frecuencia y modulación de señal. EMI se puede reducir utilizando un blindaje adecuado.

**Enlace (Link)** - Conexión entre dos equipos. También conocido como punto a punto.

**Enlace compuesto (Composite Link)** - La línea o circuito que conecta un par de multiplexores o concentradores y que transporta datos multiplexados.

**Enrutado (Routing)** - El proceso de selección de la vía circuitual adecuada para un mensaje.

**ESF (Extended Superframe Format - Formato de supertrama ampliada)** - Formato de trama T1 que utiliza el bit de tramoado para brindar funciones de mantenimiento y diagnóstico.

**Espacio (Space)** - En telecomunicaciones, la ausencia de señal. Equivalente a un "0" binario. Un espacio es el opuesto de una marca "1".

**Ethernet** - Diseño de red de área local normalizado como IEEE 802.3. Utiliza transmisión a 10 Mbps por un bus coaxial, y el método de acceso CSMA/CD. Últimamente adoptado para aplicaciones en estrella sobre par trenzado bajo la norma 10BaseT.

FALLA DE ORIGEN

## Glosario

**E1** - Sistema de portadora digital a 2.048 Mbps usado en Europa. Usado también CEPT.

**FCC** (Federal Communications Commission - Comisión Federal de Comunicaciones) - Organismo regulador de los EE.UU. para todas las comunicaciones radiales y eléctricas interestatales.

**FDXI** (Fiber Distributed Data Interface - Interface de datos distribuidos por fibra) - Norma ANSI para enlaces por fibra óptica con velocidades hasta 100 Mbps.

**FEC** (Forward Error Correction - Corrección de error hacia adelante) - Técnica para detectar y corregir errores en la transmisión sin necesidad de retransmitir la información.

**FEP** (Front End Processor - Procesador frontal) - Computadora dedicada para el control de las comunicaciones de una computadora central.

**Fibra óptica** (Fiber Optic) - Delgados filamentos de vidrio o plástico que llevan un haz de luz transmitido (generado por un LED o láser).

**Full Duplex** - Circuito o dispositivo que permiten la transmisión en ambos sentidos simultáneamente.

**FXO** (Foreign Exchange Office - Central externa) - Interface de voz que emula una troncal de PABX tal como aparece ante la central telefónica. También emula un aparato telefónico corriente, como aparece ante la interface de la extensión de PABX.

**FXS** (Foreign Exchange Subscriber - Abonado externo) - Interface de voz que emula la interface de una extensión de PABX (o la interface de abonado de una central) para la conexión de un aparato telefónico corriente a un multiplexor.

**G.703** - Norma CCITT de características físicas y eléctricas de diversas interfaces digitales, incluyendo las de 64 kbps y 2.048 Mbps.

**Half Duplex** - Circuito o dispositivo que permiten la transmisión en ambos sentidos pero no simultáneamente.

**Handshaking** - Intercambio de señales predefinidas entre dos dispositivos que establecen conexión. Generalmente parte de un protocolo de comunicaciones.

**HDLC** (High-level Data Link Control - Control de alto nivel de enlace de datos) - Protocolo internacional estándar definido por la ISO.

**IEEE** (Institute of Electrical and Electronic Engineers - Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica) - Organización profesional internacional que publica sus propias normas. La IEEE es miembro de ANSI e ISO.

**Impedancia** (Impedance) - Efecto total de la resistencia, inductancia y capacitancia sobre una señal transmitida. La impedancia varía con la frecuencia.

**Impedancia característica** (Characteristic Impedance) - La impedancia de terminación de una línea de transmisión (eléctricamente) uniforme.

**Intercalado de bits/multiplexado** (Bit Interleaving/Multiplexing) - Proceso usado en el multiplexado por división en el tiempo cuando los bits individuales originados en diversas fuentes - canales de baja velocidad - son combinados (de a un bit de cada canal por vez) en una sola corriente de bits de alta velocidad.

**Interface** - Límite compartido, definida por características físicas de interconexión en común, características de señal, y significados de las señales intercambiadas.

**ISO** (International Standards Organization - Organización de Normas Internacionales) - Organización internacional involucrada en la formulación de normas de comunicaciones.

**Jitter** - Leve desplazamiento de una señal de transmisión en el tiempo o en la fase. Puede introducir errores y pérdida de sincronización en las comunicaciones sincrónicas de alta velocidad.

**LAN** (Local Area Network - Red de Área Local) - Instalación de transmisión de datos de alto volumen que conecta varios dispositivos intercomunicados (computadores, terminales e impresoras) dentro de una misma habitación, edificio o complejo.

**Línea multipunto** (Multipoint line) - Una única línea o circuito que interconecta varias estaciones. Se usa generalmente con algún mecanismo de "polling" (interrogación) para dirigirse a cada terminal conectado con un código único de dirección.

**Línea desbalanceada** (Unbalanced line) - Línea de transmisión en la cual se usa un solo conductor para transmitir una señal con referencia a masa (por ejemplo, en un cable coaxial).

**Línea dedicada/arrendada** (Leased line) - Línea telefónica reservada para el uso exclusivo de un cliente, sin comunicación de central.

**Excitador de línea** (Line driver) - Convertor de señal que acondiciona una señal digital a fin de asegurar su transmisión confiable a través de una distancia considerable.

**Marca** (Mark) - En telecomunicaciones, significa la presencia de una señal. Una marca es equivalente a un "1" binario y es lo opuesto al espacio ("0").

**Modem** (Modulator-Demodulator) - Dispositivo usado para convertir señales digitales serie de una DTE transmisora a una señal adecuada para la transmisión por línea telefónica. Reconvierte también la señal transmitida a información digital serie para su aceptación por una DTE receptora.

**Modem de distancia limitada** (Short haul modem) - Dispositivo digital diseñado para la comunicación de datos a distancias de hasta 40km por circuitos metálicos privados. Estos circuitos permiten velocidades de 19.2kbs o más, y generalmente no modulan la señal digital de entrada. Se llama también extensor de línea.

**Modo transparente** (Transparent Mode) - Funcionamiento de una instalación de transmisión digital en la cual el usuario tiene uso total y libre del ancho de banda disponible, sin peralte de procesamiento intermedio alguno.

**Modulación** (Modulation) - Alteración de una onda portadora en función del valor o de una muestra de la información que se transmite.

**MTBF** (Mean Time Between Failures - Medida del Tiempo de Buen Funcionamiento) - Lapso medio durante el cual un sistema o componente funcionará sin fallar.

**Multiplexor/Mux** (Multiplexer) - Dispositivo que permite que dos o más señales transmiten y comparten una vía común de transmisión.

**Multiplexor estadístico** (Statistical Multiplexor, STM o STDW) - Dispositivo que conecta varios segmentos de una sola línea y les asigna los canales de tiempo dinámicamente en función de su actividad.

**Nodo** (Node) - Punto de interconexión a una red.

**NRZ** (Non-Return to Zero - Sin retorno a cero) - Sistema de codificación binaria que representa los unos y ceros por tensiones altas y bajas opuestas y alternadas, en el cual no hay retorno a tensión cero (de referencia) entre bits codificados.

**NRZI** (Non-Return to Zero Inverted - Sin retorno a cero Invertido) - Sistema de codificación binaria que invierte la señal en un "1" y deja la señal sin cambios para un "0". Se denomina también codificación por transición.

**OSI** (Open Systems Interconnection Model - Modelo de referencia de siete capas de red de comunicaciones desarrollado por la ISO).

**Paquete** (Packet) - Grupo ordenado de señales de datos y de control transmitido por una red y que es un subconjunto de un mensaje más grande.

**Par trenzado blindado** (STP, Shielded Twisted Pair) - Término general que designa sistemas de cableado específicamente diseñados para la transmisión de datos y en los cuales los cables están blindados.

**Par trenzado (TP - Twisted Pair)** - Un par de hilos trenzados.

**Par trenzado sin blindar** (UTP - Unshielded Twisted Pair) - Término general aplicado a todos los sistemas locales de cableado para la transmisión de datos y que no están blindados.

## Glosario

**PCM (Pulse Code Modulation - Modulación por Codificación de Pulsos)** - Procedimiento para adaptar una señal analógica (como la voz) a una corriente digital de 64 kbps para la transmisión. La señal analógica es muestreada 8000 veces por segundo, y se utiliza un código de 8 bits para convertirla a digital.

**Polling** - Sistema de control de dispositivos en una línea multipunto. En un arreglo de polling, se llama por turno ("interroga") a cada terminal para permitirle transmitir información.

**Portadora (Carrier)** - Señal continua de frecuencia fija, capaz de ser modulada por otra señal (que contiene la información).

**Protocolo (Protocol)** - Conjunto formal de convenciones que gobiernan el formato y temporización relativa del intercambio de mensajes entre dos sistemas que se comunican.

**PTT (Post, Telegraph and Telephone - Correos, Telégrafos y Teléfonos)** - Se refiere al entre gubernamental que administra el sistema de comunicaciones de un país.

**Puente (Bridge)** - Dispositivo que interconecta redes de área local (LAN) en la Capa de Enlace de Datos OSI.

**Puerto (Port)** - Interfaz físico a una computadora o multiplexor para la conexión de terminales y modems.

**Punto a punto (enlace) (Point-to-Point Link)** - Conexión entre dos, y sólo dos, equipos.

**Red (Network)** - (1) Grupo de nodos interconectados (2) Serie de puntos, nodos o estaciones conectados por canales de comunicación; el conjunto de equipos por medio del cual se establecen las conexiones entre las estaciones de datos.

**Redundancia/Redundante (Redundancy/Redundant)** - Componentes de reserva usados para asegurar el funcionamiento ininterumpido de un sistema en caso de falla.

**Rejón (Clock)** - Término breve que significa las fuentes de señales de sincronismo usadas en las transmisiones sincrónicas.

**reloj maestro (Master Clock)** - Fuente de las señales de temporización (o las señales mismas) que todas las estaciones de la red usan para la sincronización.

**Rendimiento (Throughput)** - Cantidad total de datos generados o transmitidos durante un cierto lapso.

**Repetidor (Repetidora)** - Dispositivo que automáticamente amplifica, restaura o devuelve la forma a las señales para compensar la distorsión y/o atenuación antes de proceder a retransmitir.

**RTS (Request To Send - Pedido de Envío)** - Señal de control de modem enviada desde la DTE al modem y usada para decirle al modem que la DTE tiene datos para enviar.

**Segmento de tiempo (Time slot)** - Porción de un multiplexor serie de información dedicado a un único canal.

**Señales de control (Control Signals)** - Señales que pasan entre una parte de un sistema de comunicaciones y tira (como RTS, DTR, o RI), como parte de un mecanismo de control del sistema.

**Señalización E&M (E&M Signalling)** - Sistema de transmisión de voz que utiliza caminos separados para la señalización y las señales de voz. El hilo "M" (Mouth - boca) transmite señales al extremo del circuito mientras que el "E" (Ear - oído) recibe las señales entrantes.

**Señalización en banda (In-Band Signalling)** - Señalización que utiliza frecuencias dentro de la banda de información de un canal.

**Sistema de Administración de Red (Network Management System)** - Sistema completo de equipos que se utiliza para monitorear, controlar y administrar una red de comunicaciones de datos.

**Sub-rate multiplexing** - Multiplexado a sub-velocidad; úsase en los EE.UU. para referirse al multiplexado por división del tiempo a velocidades por debajo de los 64 kbps.

**T1 Fraccionario (Fractional T1)** - Servicio brindado por empresas de comunicaciones de América del Norte. Se le da al cliente un enlace T1 completo, pero el cobro se basa en el número de segmentos de tiempo usados.

**T1** - Término de AT&T que designa una instalación a portadora digital usada para transmitir una señal de formato DS1 a 1.544 Mbps.

**TDM (Time Division Multiplexor - Multiplexor por División del Tiempo)** - Dispositivo que divide el tiempo disponible en su enlace compuesto entre sus canales, por lo general intercalando los bits ("bit TDM") o caracteres ("character TDM") correspondientes a los datos de cada terminal.

**Token Ring** - Mecanismo de acceso a red de área local y topología en la cual una trama supervisora ("token") es pasada secuencialmente entre estaciones adyacentes. Las estaciones que desean acceder a la red deben esperar a que les llegue el "token" antes de poder transmitir datos. En un token ring la próxima estación lógica que recibe el "token" es también la próxima estación física en el anillo.

**Transmisión Asíncrona (Asynchronous Transmission)** - Método de transmisión el cual envía las unidades de datos de a un carácter por vez. Los caracteres son precedidos y seguidos por bits de arranque/parada (start/stop) que dan la temporización (sincronización) en la terminal receptora. Llamada también transmisión de arranque/parada.

**Transmisión serie (Serial Transmission)** - El modo de transmisión más corriente, en el cual los bits de los caracteres son enviados secuencialmente de a uno por vez en lugar de en paralelo.

**Transmisión sincrónica (Synchronous transmission)** - Transmisión en la cual los bits de datos se envían a velocidad fija, con el transmisor y receptor sincronizados. La transmisión sincrónica hace innecesarios los bits de arranque y parada.

**Transmisión analógica (Analog Transmission)** - Transmisión de una señal de variación continua, a diferencia de una señal discreta (digital).

**Troncal (Trunk)** - Un único circuito entre dos puntos, cuando ambos son centros de conmutación de puntos de distribución individuales. Generalmente una troncal maneja simultáneamente numerosos canales.

**X-ON/X-OFF (Transmitter On/Transmitter Off - Transmisor activado/Transmisor desactivado)** - Caracteres de control utilizados para el control del flujo de señal, y que indican a un terminal el comienzo de transmisión (X-ON) y su fin (X-OFF).

# APENDICE A

---

## RECOMENDACION

**G.703**

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS DE LOS INTERFAZES  
DIGITALES JERÁRQUICOS

(Ginebra, 1972, modificada posteriormente)

El CCITT

considerando

que se necesitan especificaciones sobre interfaces para poder interconectar los componentes de las redes digitales (secciones digitales, equipo multiplex, centrales) a fin de formar un enlace digital internacional o una conexión digital internacional;

que la Recomendación G.702 define los niveles jerárquicos;

que la Recomendación G.704 trata de las características funcionales de los interfaces asociados a los nodos de la red;

que la serie I.430 de Recomendaciones trata de las características de la capa 1 para los interfaces usuario-red de la RDSI,

recomienda

que las características físicas y eléctricas de los interfaces, a las diferentes velocidades binarias jerárquicas, sean como las descritas en la presente Recomendación.

*Nota 1* — Las características de los interfaces que funcionan a las velocidades binarias no jerárquicas, salvo los interfaces a  $n \times 64$  kbit/s encaminados a través de interfaces a 1544 kbit/s o 2048 kbit/s, se especifican en las Recomendaciones pertinentes sobre el equipo.

*Nota 2* — Las especificaciones de los valores de fluctuación de fase contenidas en los § 6, 7, 8 y 9 están destinadas a su aplicación en los puntos de interconexión internacional.

*Nota 3* — Los interfaces descritos en los § 2 a 9 corresponden a los accesos T (acceso de salida) y T' (acceso de entrada) conforme se recomienda para la interconexión en la Recomendación AC/9 del CCIR con referencia al Informe A11/9 de la Comisión de Estudio 9 del CCIR (en dicho Informe se definen los puntos T y T').

*Nota 4* — Para las señales con velocidades binarias de  $n \times 64$  kbit/s ( $n = 2 a 31$ ) que se encaminan a través de equipos de multiplexión especificados para la jerarquía a 2048 kbit/s, el interfaz tendrá las mismas características físicas eléctricas del interfaz a 2048 kbit/s especificadas en el § 6. Para las señales con velocidades binarias de  $n \times 64$  kbit/s ( $n = 2 a 23$ ) que se encaminan a través de equipos de multiplexión especificados para la jerarquía a 1544 kbit/s, el interfaz tendrá las mismas características físicas eléctricas del interfaz a 1544 kbit/s especificado en el § 2.

1 Interfaz a 64 kbit/s

1.1 Requisitos funcionales

1.1.1 Para el diseño del interfaz se han recomendado los siguientes requisitos básicos:

1.1.2 En ambos sentidos de transmisión, tres señales pueden atravesar el interfaz:

- la señal de información a 64 kbit/s;
- la señal de temporización a 64 kHz;
- la señal de temporización a 8 kHz.

*Nota 1* — La señal de información a 64 kbit/s y la señal de temporización a 64 kbit/s son obligatorias. Sin embargo, aunque el equipo director debe generar una señal de temporización a 8 kHz (por ejemplo, múltiplex MIC o equipo de acceso a un intervalo de tiempo) no debe ser obligatorio para el equipo subordinado situado en el otro lado del interfaz utilizar la señal de temporización a 8 kHz procedente del equipo director, ni proporcionar una señal de temporización a 8 kHz.

*Nota 2* — La detección de un fallo atrás (en un punto situado hacia el origen) puede transmitirse a través del interfaz a 64 kbit/s enviando una señal de indicación de alarma (SIA) hacia el equipo subordinado.

1.1.3 El interfaz puede ser independiente de la secuencia de bits a 64 kbit/s.

*Nota 1* - Puede transmitirse a través del interfaz una señal a 64 kbit/s sin restricciones. Sin embargo, esto no implica que puedan realizarse, sobre una base global, trayectos a 64 kbit/s sin restricciones. Esto se debe a que algunas Administraciones se proponen instalar o están instalando vastas redes compuestas de secciones de línea digital cuyas características no permiten la transmisión de largas secuencias de CEROS. (La Recomendación G.733 prevé equipos múltiplex MIC con características apropiadas para estas secciones de línea digital.) En lo que respecta específicamente a fuentes de trenes binarios con temporización de octetos, en redes digitales a 1544 kbit/s se exige que haya, por lo menos, un UNO binario en cada uno de los octetos de una señal digital a 64 kbit/s. En los trenes binarios no sujetos a temporización de octetos, la señal a 64 kbit/s no podrá tener más de siete CEROS consecutivos.

*Nota 2* - Aunque el interfaz es independiente de la secuencia de bits, la utilización de la SIA (secuencia todos UNOS) puede dar lugar a la imposición de ciertas limitaciones de menor importancia a la fuente de 64 kbit/s. Por ejemplo, una señal de alineación de trama todos UNOS podría ocasionar problemas.

1.1.4 Se han previsto tres tipos de interfaces

#### 1.1.4.1 Interfaz codireccional

El término codireccional se utiliza para describir un interfaz a través del cual la información y las señales de temporización asociadas se transmiten en el mismo sentido (véase la figura 1/G.703).

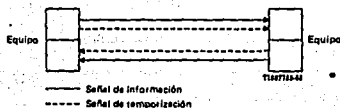


FIGURA 1/G.703

Interfaz codireccional

#### 1.1.4.2 Interfaz de reloj centralizado

El término reloj centralizado se utiliza para describir un interfaz donde, para ambos sentidos de transmisión de la señal de información, las señales de temporización asociadas entran desde un reloj centralizado que puede derivarse, por ejemplo, de ciertas señales de línea de llegada (véase la figura 2/G.703).

*Nota* - El interfaz codireccional o el interfaz de reloj centralizado deben utilizarse para redes sincronizadas y para redes plesiócronas cuyos relojes tengan la estabilidad requerida (véase la Recomendación G.811), a fin de asegurar un intervalo adecuado entre los deslizamientos.

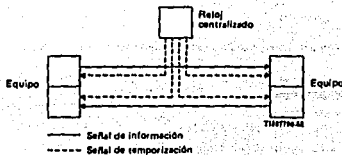


FIGURA 2/G.703

Interfaz de reloj centralizado

### 1.1.4.3 Interfaz contradi-reccional

El término contradi-reccional se utiliza para caracterizar un interfaz a través del cual las señales de temporización asociadas a ambos sentidos de transmisión se dirigen hacia el equipo subordinado (véase la figura 3/G.703).

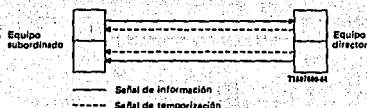


FIGURA 3/G.703  
Interfaz contradi-reccional

## 1.2 Características eléctricas

### 1.2.1 Características eléctricas del interfaz codi-reccional a 64 kbit/s

#### 1.2.1.1 Consideraciones generales

1.2.1.1.1 Velocidad binaria nominal: 64 kbit/s.

1.2.1.1.2 Tolerancia máxima para las señales transmitidas a través del interfaz:  $\pm 100$  ppm.

1.2.1.1.3 Las señales de temporización a 64 kHz y 8 kHz se transmitirán codi-reccionalmente con la señal de información.

1.2.1.1.4 Se utilizará un par simétrico para cada sentido de transmisión; se recomienda la utilización de transformadores.

#### 1.2.1.1.5 Reglas de conversión de código:

Paso 1 - Un periodo de un bit a 64 kbit/s se divide en cuatro intervalos unitarios.

Paso 2 - Un UNO binario se codifica como un bloque constituido por los cuatro bits siguientes:

1 1 0 0

Paso 3 - Un CERO binario se codifica como un bloque constituido por los cuatro bits siguientes:

1 0 1 0

Paso 4 - La señal binaria se convierte en una señal de tres niveles alternando la polaridad de los bloques consecutivos.

Paso 5 - La alternancia de la polaridad de los bloques se viola cada octavo bloque. El bloque con violación indica el último bit de un octeto.

Estas reglas de conversión se ilustran en la figura 4/G.703.

#### 1.2.1.1.6 Requisito de protección contra sobretensiones

Véase el anexo B.

#### 1.2.1.2 Especificaciones en los accesos de salida (véase el cuadro 1/G.703)

#### 1.2.1.3 Especificaciones en los accesos de entrada

La señal digital presentada en los accesos de entrada deberá corresponder a la definición precedente, con las modificaciones que introduzcan las características de los pares de interconexión. La atenuación de estos pares está comprendida entre 0 y 3 dB a la frecuencia de 128 kHz. Esta atenuación tendrá en cuenta posibles pérdidas debidas a la presencia de un repartidor digital entre los equipos.

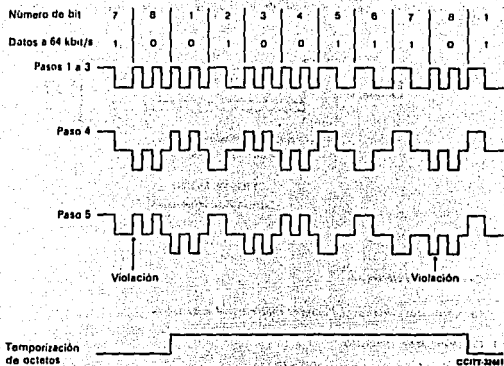


FIGURA 4(C.703)

La pérdida de retorno en los accesos de entrada debe tener los siguientes valores mínimos:

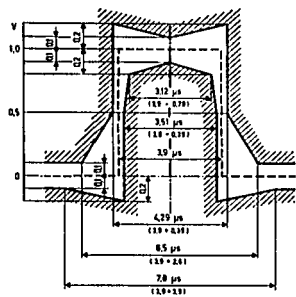
Gama de frecuencias (kHz)	Pérdida de retorno (dB)
4 a 13	12
13 a 256	18
256 a 384	14

A fin de proporcionar la inmunidad nominal contra las interferencias, se requiere que los accesos de entrada cumplan los siguientes requisitos:

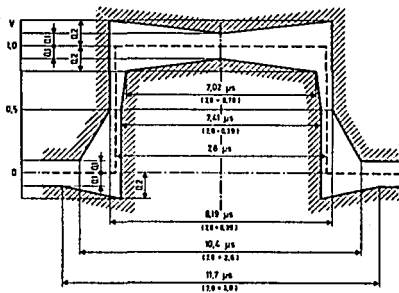
Se añade a una señal compuesta nominal, codificada como una señal codidireccional a 64 kbit/s, y que tiene una forma de impulso como la definida en la plantilla de impulso, una señal interferente con la misma forma de impulso que la señal deseada. La señal interferente deberá tener una velocidad binaria comprendida entre los límites especificados en esta Recomendación, pero no deberá ser sincrónica con la señal deseada. La señal interferente se combinará con la señal deseada en una red combinadora, con una atenuación global nula en el trayecto de la señal y con una impedancia nominal de 120 ohmios para dar una relación señal/interferencia de 20 dB. El contenido binario de la señal interferente deberá ajustarse a la Recomendación O.152 (período de  $2^{11} - 1$  bits). No se producirán errores cuando se aplique al acceso de entrada la señal combinada con la atenuación máxima especificada para el cable de interconexión.

*Nota* - Si el par simétrico está blindado, el blindaje se conectará a tierra en el acceso de salida y se preverá, en caso necesario, su conexión a tierra en el acceso de entrada.





a) Plantilla para un impulso simple



b) Plantilla para un impulso doble

Nota - Los límites se aplican a impulsos de cualquier polaridad.

FIGURA 5/G.703

Plantillas para los impulsos en el caso de un interfaz codireccional a 64 kbit/s

FALLA DE ORIGEN

CUADRO 1/G.703

Velocidad de símbolos	256 kbaudios
Forma del impulso (forma nominal: rectangular)	Todos los impulsos de una señal válida deben ajustarse a la plantilla de la figura 5/G.703, sea cual fuere la polaridad.
Par(es) en cada sentido de transmisión	Un par simétrico
Impedancia de carga de prueba	120 ohmios, resistiva
Tensión de cresta nominal de una «marca» (impulso)	1,0 V
Tensión de cresta de un «espacio» (ausencia de impulso)	0 V $\pm$ 0,10 V
Anchura nominal de impulso	3,9 $\mu$ s
Relación entre la amplitud de los impulsos positivos y la de los negativos en el centro del intervalo del impulso	De 0,95 a 1,05
Relación entre la anchura de los impulsos positivos y la de los negativos en el punto de semiamplitud nominal	De 0,95 a 1,05
Máxima fluctuación de fase cresta a cresta en un acceso de salida (nota)	Véase el § 2 de la Recomendación G.823

*Nota* — Por el momento, estos valores son válidos solamente para equipos de la jerarquía 2 Mbit/s.

#### 1.2.2 Características eléctricas del interfaz de reloj centralizado a 64 kbit/s

##### 1.2.2.1 Consideraciones generales

1.2.2.1.1 Velocidad binaria nominal: 64 kbit/s. La tolerancia viene determinada por la estabilidad del reloj de la red (véase la Recomendación G.811).

1.2.2.1.2 Para cada sentido de transmisión deberá haber un par simétrico de hilos para la señal de datos. Además, deberá haber pares simétricos de hilos para transportar la señal de temporización compuesta (64 kHz y 8 kHz) de la fuente de reloj central al equipo terminal de central. Se recomienda la utilización de transformadores.

##### 1.2.2.1.3 Requisito de protección contra las sobretensiones

Véase el anexo B.

##### 1.2.2.1.4 Reglas de conversión de código

Las señales de datos se codifican en código AMI con una relación de trabajo de 100%. Las señales compuestas de temporización transportan la información de temporización de bits a 64 kHz en código AMI con una relación de trabajo de 50 a 70%, y la información sobre la fase de octavo a 8 kHz mediante violaciones a la regla de codificación. La estructura de las señales y sus relaciones de fase nominales se muestran en la figura 6/G.703.

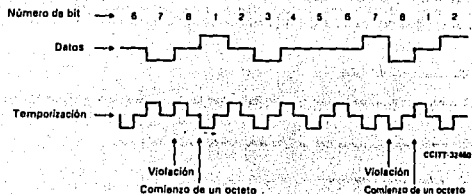


FIGURA 6/G.703

Estructura de las señales en los accesos de salida del terminal de central para el acceso de reloj centralizado a 64 kbit/s

El tren de datos en los accesos de salida debe temporizarse por el frente anterior del impulso de temporización, y el instante de detección en los accesos de entrada debe temporizarse por el frente posterior de cada impulso de temporización.

### 1.2.2.2 Características de los accesos de salida (véase el cuadro 2/G.703).

CUADRO 2/G.703

Parámetros	Datos	Temporización
Forma del impulso	Forma nominal: rectangular, con tiempos de subida y bajada inferiores a 1 $\mu$ s	Forma nominal rectangular, con tiempos de subida y bajada inferiores a 1 $\mu$ s
Impedancia de carga nominal de prueba	110 ohmios, resistiva	110 ohmios, resistiva
Tensión de cresta de una «marca» (impulso) (Nota 1)	a) 1,0 $\pm$ 0,1 V b) 3,4 $\pm$ 0,5 V	a) 1,0 $\pm$ 0,1 V b) 3,0 $\pm$ 0,5 V
Tensión de cresta de un «espacio» (ausencia de impulso) (Nota 1)	a) 0 $\pm$ 0,1 V b) 0 $\pm$ 0,5 V	a) 0 $\pm$ 0,1 V b) 0 $\pm$ 0,5 V
Anchura nominal del impulso (Nota 1)	a) 15,6 $\mu$ s b) 15,6 $\mu$ s	a) 7,8 $\mu$ s b) 9,8 a 10,9 $\mu$ s
Máxima fluctuación de fase cresta a cresta en un acceso de salida (Nota 2)	Véase el § 2 de la Recomendación G.823	

Nota 1 — La elección entre los conjuntos de parámetros a) y b) permite tener en cuenta diferentes ambientes de ruido de central y diferentes longitudes máximas de cable entre los tres equipos de central implicados.

Nota 2 — Por el momento, estos valores son válidos solamente para equipos de la Jerarquía 2 Mbit/s.

### 1.2.3 Características en los accesos de entrada

Las señales digitales presentadas en los accesos de entrada deberán corresponder a la definición precedente, con las modificaciones que introduzcan las características de los pares de interconexión. Los parámetros variables del cuadro 2/G.703 permitirán obtener distancias de interconexión máximas típicas de 350 a 450 m.

### 1.2.4 Características del cable

Las características de transmisión del cable que ha de utilizarse deben seguir estudiándose.

## 1.2.3 Características eléctricas del interfaz contradireccional a 64 kbit/s

### 1.2.3.1 Consideraciones generales

1.2.3.1.1 Velocidad binaria: 64 kbit/s.

1.2.3.1.2 Tolerancia máxima para las señales que se transmitan por el interfaz:  $\pm 100$  ppm.

1.2.3.1.3 Para cada sentido de transmisión deberá haber dos pares simétricos: uno para la señal de datos y otro para una señal de temporización compuesta (64 kHz y 8 kHz). Se recomienda la utilización de transformadores.

*Nota* — Si es necesario, a escala nacional, proporcionar una indicación de alarma separada a través del interfaz, esto puede realizarse interrumpiendo la señal de temporización de 8 kHz en el sentido de que se trate, es decir, inhibiendo las violaciones de código introducidas en la señal de temporización compuesta correspondiente (véase más adelante).

### 1.2.3.1.4 Reglas de conversión de código

Las señales de datos se codifican en código AMI con una relación de trabajo del 100%. Las señales compuestas de temporización transportan la información de temporización de bits a 64 kHz mediante el empleo del código AMI con una relación de trabajo del 50%, y la información sobre la fase de la señal de temporización de octetos a 8 kHz, introduciendo violaciones a la regla de codificación. La estructura de las señales y sus relaciones de fase en los accesos de salida de datos se muestran en la figura 7/G.703.

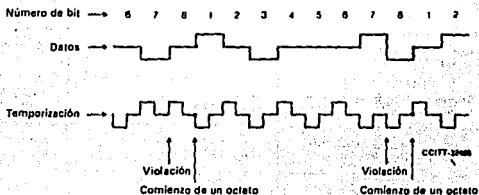


FIGURA 7/G.703

Estructura de las señales en los accesos de salida de datos para el interfaz contradireccional a 64 kbit/s

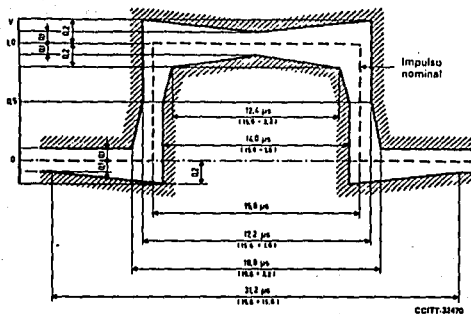
Los impulsos de datos recibidos del lado de servicios (por ejemplo: datos o señalización) del interfaz se retardarán algo en relación con los impulsos de temporización correspondientes. El instante de detección de un impulso de datos recibido en el lado línea (por ejemplo: MIC) del interfaz deberá situarse, pues, en el flanco anterior del siguiente impulso de temporización.

1.2.3.1.5 Especificaciones en los accesos de salida (véase el cuadro 3/G.703)

CUADRO 3/G.703

Parámetros	Datos	Temporización
Forma del impulso (forma nominal: rectangular)	Todos los impulsos de una señal válida deben ajustarse a la plantilla de la figura 8/G.703, sea cual fuere la polaridad	Todos los impulsos de una señal válida deben ajustarse a la plantilla de la figura 9/G.703, sea cual fuere la polaridad
Par(es) en cada sentido de transmisión	Un par simétrico	Un par simétrico
Impedancia de carga de prueba	120 ohmios, resistiva	120 ohmios, resistiva
Tensión de cresta nominal de una «marca» (impulso)	1,0 V	1,0 V
Tensión de cresta de un «espacio» (ausencia de impulso)	0 V $\pm$ 0,1 V	0 V $\pm$ 0,1 V
Anchura nominal del impulso	15,6 $\mu$ s	7,8 $\mu$ s
Relación entre la amplitud de los impulsos positivos y la de los negativos en el centro del intervalo del impulso	De 0,95 a 1,05	De 0,95 a 1,05
Relación entre la anchura de los impulsos positivos y la de los negativos en el punto de semiamplitud nominal	De 0,95 a 1,05	De 0,95 a 1,05
Máxima fluctuación de fase cresta a cresta en un acceso de salida (Nota)	Véase el § 2 de la Recomendación G.823	

Nota - Por el momento, estos valores son válidos sólo para equipos de la jerarquía 2 Mbit/s.



**Nota 1** — Cuando un impulso va inmediatamente seguido de otro de polaridad opuesta, los límites de tiempo para cruces por cero de .20s impulsos serán  $\pm 0,8 \mu s$ .

**Nota 2** — Los instantes en los que debe producirse la transición de un estado a otro de la señal de datos lo determina la señal de temporización. En el lado de servicios (p.e., datos o señalización) del interfaz es esencial que estas transiciones no sean iniciadas antes de los instantes definidos por la señal de temporización recibida.

FIGURA 8/C.703

Plantilla para el impulso de datos en el caso de un interfaz contradireccional a 64 kb/s

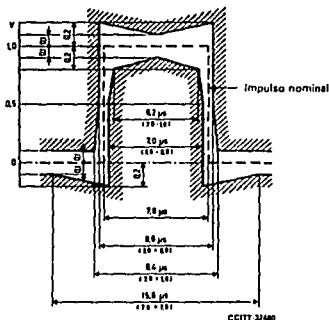


FIGURA 9/C.703

Plantilla para el impulso de temporización en el caso de un interfaz contradireccional a 64 kb/s

### 1.2.3.1.6 Especificaciones en los accesos de entrada

Las señales digitales presentadas en los accesos de entrada deberán corresponder a la definición precedente, con las modificaciones que introduzcan las características de los pares de interconexión. La atenuación de estos pares está comprendida entre 0 y 3 dB, a la frecuencia de 32 kHz. Esta atenuación tendrá en cuenta posibles pérdidas debidas a la presencia de un repartidor digital entre los equipos.

La pérdida de retorno en los accesos de entrada debe tener los siguientes valores mínimos:

Gama de frecuencias (kHz)		Pérdida de retorno (dB)
Señal de datos	Señal de temporización compuesta	
1,6 a 3,2	3,2 a 6,4	12
3,2 a 64	6,4 a 128	18
64 a 96	128 a 192	14

Para proporcionar la inmunidad nominal contra las interferencias, se requiere que los accesos de entrada cumplan los siguientes requisitos:

Se añade a una señal compuesta nominal, codificada como una señal contradiagonal a 64 kbit/s, y que tiene una forma de impulso como la definida en la planilla de impulso, una señal interferente con la misma forma de impulso que la señal deseada. La señal interferente deberá tener una velocidad binaria comprendida entre los límites especificados en esta Recomendación, pero no deberá ser sincrónica con la señal deseada. La señal interferente se combinará con la señal deseada en una red combinadora, con una atenuación global nula en el trayecto de la señal y con una impedancia nominal de 120 ohmios para dar una relación señal/interferencia de 20 dB. El contenido binario de la señal interferente deberá ajustarse a la Recomendación O.153 (período de  $2^{11} - 1$  bits). No se producirán errores cuando se aplique al acceso de entrada la señal combinada con la atenuación máxima especificada para el cable de interconexión.

*Nota 1* — La especificación de la pérdida de retorno es aplicable a los accesos de entrada de la señal de datos y de la señal de temporización compuesta.

*Nota 2* — Si los pares simétricos están blindados, los blindajes se conectarán a tierra en el acceso de salida, y se preverá, en caso necesario, su conexión a tierra en el acceso de entrada.

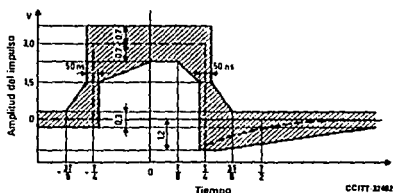
### 1.2.3.1.7 Requisito de protección contra las sobretensiones

Véase el anexo B.

#### 2 Interfaz a 1544 kbit/s

- 2.1 La interconexión de señales a 1544 kbit/s a los fines de la transmisión se hace en un repartidor digital.
- 2.2 La velocidad binaria de la señal debe ser de 1544 kbit/s  $\pm$  50 partes por millón (ppm).
- 2.3 Se utilizará un par simétrico para cada sentido de transmisión.
- 2.4 La impedancia de carga de prueba será de 100 ohmios, resistiva.
- 2.5 Se utilizará un código AMI (bipolar) o un código BZS. La conexión de sistemas de línea exige un contenido de señal apropiado para garantizar una información de temporización adecuada. Esto puede efectuarse bien mediante codificación BZS, mediante pseudoaleatorización, o bien, no permitiendo más de 15 espacios entre marcas sucesivas y asegurando una densidad media de marcas de, por lo menos, 1 de 8.
- 2.6 La forma de un impulso aislado medido en el repartidor deberá estar comprendido dentro de los límites de la planilla de la figura 10/G.703 y cumplir las demás condiciones indicadas en el cuadro 4/G.703. Para formas de impulso que cumplen esta planilla, la suboscilación de cresta no debe ser superior al 40% del valor de cresta del impulso (marca).

FALLA DE ORIGEN



T Anchura del intervalo de tiempo

FIGURA 10/G.703

Plantilla para el impulso en el caso de un interfaz a 1544 kbit/s

2.7 La tensión en un intervalo de tiempo que contenga un CERO (espacio) no será superior al mayor de los dos valores siguientes: valor producido en dicho intervalo de tiempo por otros impulsos (marcas) conformes a la plantilla de la figura 10/G.703 o  $\pm 0,1$  de la amplitud de cresta del impulso (marca).

CUADRO 4/G.703

Interfaz digital a 1544 kbit/s<sup>1)</sup>

Ubicación		Repartidor digital
Velocidad binaria		1544 kbit/s
Par(es) en cada sentido de transmisión		Un par simétrico
Código		AMI <sup>2)</sup> o BZS <sup>3)</sup>
Impedancia de carga de prueba		100 ohmios, resistiva
Forma nominal del impulso		Rectangular
Nivel de la señal <sup>4)</sup>	Potencia a 772 kHz	De +12 dBm a +19 dBm
	Potencia a 1544 kHz	Por lo menos 25 dB por debajo del nivel de potencia a 772 kHz

<sup>1)</sup> La plantilla del impulso para el interfaz digital de primer orden se reproduce en la figura 10/G.703.

<sup>2)</sup> Véase el § 2.5.

<sup>3)</sup> Véase el anexo A.

<sup>4)</sup> El nivel de la señal es el nivel de potencia medido en una banda de 3 kHz en el punto en que la señal llega al repartidor para una secuencia transmitida de todos unos.



3 Interfaz a 6312 kbit/s

- 3.1 La interconexión de señales a 6312 kbit/s a los fines de la transmisión se hace en el repartidor digital.
- 3.2 La velocidad binaria de la señal debe ser de 6312 kbit/s  $\pm$  30 ppm.
- 3.3 Se utilizará un par simétrico con una impedancia característica de 110 ohmios, o un par coaxial con una impedancia característica de 75 ohmios, para cada sentido de transmisión.
- 3.4 La impedancia de carga de prueba será resistiva, de 110 o de 75 ohmios, según proceda.
- 3.5 Se utilizará un código pseudoternario como se indica en el cuadro 5/G.703.
- 3.6 La forma de un impulso aislado medido en el repartidor deberá quedar dentro de los límites de la plantilla de la figura 11/G.703 o la de la figura 12/G.703, y cumplir las demás condiciones indicadas en el cuadro 5/G.703.
- 3.7 La tensión en un intervalo de tiempo que contenga un CERO (espacio) no será superior al mayor de los dos valores siguientes: valor producido en dicho intervalo por otros impulsos (marcas) conformes a la plantilla de la figura 11/G.703, o  $\pm$  0,1 de la amplitud de cresta del impulso (marca).

CUADRO 5/G.703  
Interfaz digital a 6312 kbit/s<sup>1)</sup>

Ubicación	Repartidor digital			
Velocidad binaria	6312 kbit/s			
Par(es) en cada sentido de transmisión	Un par simétrico	Un par coaxial		
Código	B6ZS <sup>2)</sup>	B8ZS <sup>2)</sup>		
Impedancia de carga de prueba	110 ohmios, resistiva	75 ohmios, resistiva		
Forma nominal del impulso <sup>2)</sup>	Rectangular, determinada por la atenuación del cable (véase la figura 11/G.703)	Rectangular (véase la figura 12/G.703)		
Nivel de la señal	Cuando se transmite una secuencia todos unos deben obtenerse los siguientes niveles de potencia, medidos en una banda de 3 kHz: <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; border-right: 1px solid black; padding-right: 10px;">               3156 kHz: de 0,2 a 7,3 dBm                6312 kHz: -20 dBm o menos             </td> <td style="width: 50%; padding-left: 10px;">               3156 kHz: de 6,2 a 13,3 dBm                6312 kHz: -14 dBm o menos             </td> </tr> </table>		3156 kHz: de 0,2 a 7,3 dBm 6312 kHz: -20 dBm o menos	3156 kHz: de 6,2 a 13,3 dBm 6312 kHz: -14 dBm o menos
3156 kHz: de 0,2 a 7,3 dBm 6312 kHz: -20 dBm o menos	3156 kHz: de 6,2 a 13,3 dBm 6312 kHz: -14 dBm o menos			

<sup>1)</sup> En las figuras 11/G.703 y 12/G.703 se reproduce la plantilla del impulso para el interfaz digital de segundo orden.

<sup>2)</sup> Véase el anexo A.

FALLA DE ORIGEN

	T	Fórmula de la curva
Curva inferior	$T < -0,41$	$0,5 \left[ 1 + \operatorname{sen} \frac{\pi}{2} \left( 1 + \frac{T}{0,205} \right) \right]$
	$-0,41 < T < 0,24$	
	$0,24 < T$	
Curva superior	$T < -0,72$	$0,5 \left[ 1 + \operatorname{sen} \frac{\pi}{2} \left( 1 + \frac{T}{0,36} \right) \right]$
	$-0,72 < T < 0,2$	
	$0,2 < T$	

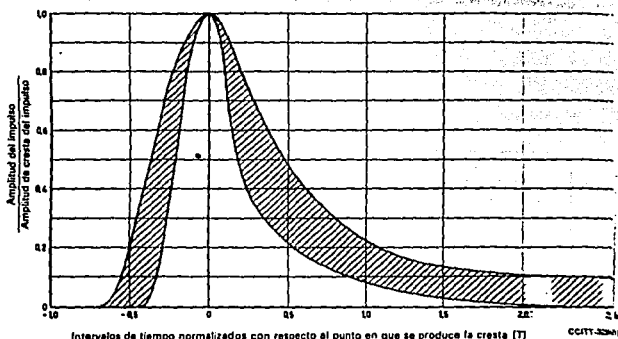
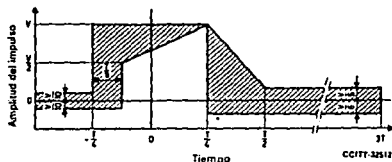


FIGURA 11/G.703

Plantilla del impulso para el interfaz de pares simétricos a 6312 kbit/s



T Anchura del intervalo de tiempo

FIGURA 12/G.703

Plantilla del impulso para el interfaz de pares coaxiales a 6312 kbit/s

4 Interfaz a 32 064 kbit/s

- 4.1 La interconexión de señales a 32 064 kbit/s para fines de transmisión se efectúa en un repartidor digital.
- 4.2 La señal deberá tener una velocidad binaria de 32 064 kbit/s  $\pm$  10 ppm.
- 4.3 Se utilizará un par coaxial para cada sentido de transmisión.
- 4.4 La impedancia de carga de prueba deberá ser de 75 ohmios  $\pm$  5%, resistiva, y el método de prueba deberá ser directo.
- 4.5 Se utilizará un código AMI pseudoaleatorizado.
- 4.6 La forma de un impulso aislado medido en el punto en que la señal llega al repartidor deberá estar comprendida en la plantilla de la figura 13/G.703.
- 4.7 La tensión en un intervalo de tiempo que contenga un CERO (espacio) no será superior al mayor de los dos valores siguientes: el valor producido en ese intervalo de tiempo por otros impulsos (marcas) comprendidos en la plantilla de la figura 13/G.703, o  $\pm$  0,1 de la amplitud de cresta del impulso (marca).

	T	Fórmula de la curva
Curva inferior	$-0,30 \leq T < -0,30$	$5,76 T + 2,07$
	$-0,30 \leq T < 0$	$0,5 \left[ 1 + \operatorname{sen}^2 \left( 1 + \frac{T}{0,25} \right) \right]$
	$0 \leq T < 0,22$	$0,5 \left[ 1 + \operatorname{sen}^2 \left( 1 + \frac{T}{0,18} \right) \right]$
	$0,22 \leq T$	$0,11 e^{-2,42(T-0,22)}$
Curva superior	$-0,65 \leq T < 0$	$1,05 \left[ 1 - e^{-14(T+0,64)} \right]$
	$0 \leq T < 0,25$	$0,5 \left[ 1 + \operatorname{sen}^2 \left( 1 + \frac{T}{0,28} \right) \right]$
	$0,25 \leq T$	$0,11 + 0,407 e^{-2,1(T-0,25)}$

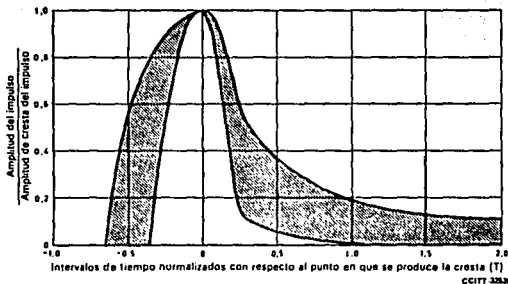


FIGURA 13/G. 703  
Plantilla del impulso para el interfaz de pares coaxiales a 32 064 kbit/s

4.8 Para una secuencia transmitida «todos UNOS», la potencia medida en una banda de 3 kHz en el punto en que la señal llega al repartidor será la siguiente:

16 032 kHz: de +5 dBm a +12 dBm,  
32 064 kHz por lo menos 20 dB por debajo del nivel de potencia a 16 032 kHz.

4.9 Impedancia de los conectores y pares coaxiales en el repartidor: 75 ohmios  $\pm$  5%.

#### 5 Interfaz a 44 736 kbit/s

5.1 La interconexión de señales a 44 736 kbit/s para fines de transmisión se hace en un repartidor digital.

5.2 La velocidad binaria de la señal debe ser de 44 736 kbit/s  $\pm$  20 ppm.

La señal tendrá una estructura de trama conforme a la Recomendación G.752. Específicamente, deberá contener los bits de alineación de trama  $F_0$ ,  $F_{11}$ ,  $F_{12}$ , y los bits de alineación de multitrama  $M_1$  a  $M_7$ , definidos en el cuadro 2/G.752.

5.3 Se utilizará un par coaxial para cada sentido de transmisión.

5.4 La impedancia de carga de prueba será de 75 ohmios  $\pm$  5%, resistiva, y el método de prueba será directo.

5.5 Se utilizará el código B3ZS. Este código se define en el anexo A.

5.6 Los impulsos transmitidos tienen un ciclo de trabajo nominal de 50%.

La forma de un impulso aislado medido en el punto en que la señal llega al repartidor deberá ajustarse a la plantilla de la figura 14/G.703.

5.7 La tensión en un intervalo de tiempo que contenga un CERO (espacio) no será superior al mayor de los dos valores siguientes: el valor producido en dicho intervalo de tiempo por otros impulsos (marcas) conformes a la plantilla de la figura 14/G.703 o  $\pm$  0,05 de la amplitud de cresta del impulso (marca).

5.8 Para una secuencia transmitida «todos UNOS», la potencia medida en una banda de 3 kHz en el punto en que la señal llega al repartidor deberá ser la siguiente:

22 368 kHz: de -1,8 a +5,7 dBm,  
44 736 kHz: por lo menos 20 dB por debajo del nivel de potencia a 22 368 kHz.

5.9 El repartidor digital para señales a 44 736 kbit/s tendrá las características especificadas en los § 5.9.1 y 5.9.2.

5.9.1 La atenuación entre los puntos en que la señal llega al repartidor y sale del repartidor será la siguiente:

0,60  $\pm$  0,55 dB a 22 368 kHz  
(para cualquier combinación de características de atenuación uniforme o conformada).

5.9.2 Impedancia de los conectores y cables coaxiales en el repartidor: 75 ohmios  $\pm$  5%.

#### 6 Interfaz a 2048 kbit/s

##### 6.1 Características generales

Velocidad binaria: 2048 kbit/s  $\pm$  50 ppm

Código: HDDB (bipolar de alta densidad de orden 3) (la descripción de este código figura en el anexo A).

Requisito de protección contra las sobretensiones: véase el anexo B.

6.2 Especificaciones en los accesos de salida (véase el cuadro 6/G.703)

6.3 Especificaciones en los accesos de entrada

6.3.1 La señal digital presentada en los accesos de entrada deberá corresponder a la definición precedente, con las modificaciones que introduzcan las características de los pares de interconexión. La atenuación de estos pares deberá seguir una ley en  $\sqrt{f}$  y la atenuación a la frecuencia de 1024 kHz deberá estar comprendida entre 0 y 6 dB. Esta atenuación tendrá en cuenta posibles pérdidas debidas a la presencia de un repartidor digital entre los equipos.

6.3.2 Para la fluctuación de fase que ha de tolerarse en los accesos de entrada, véase el § 3 de la Recomendación G.823.

	T	Fórmula de la curva
Curva inferior	$T < -0,36$	0
	$-0,36 < T < 0,28$	$0,5 \left[ 1 + \operatorname{sen} \frac{\pi}{2} \left( 1 + \frac{T}{0,18} \right) \right]$
	$0,28 < T$	$0,11 e^{-2,47(T-0,3)}$
Curva superior	$T < -0,65$	0
	$-0,65 < T < 0$	$1,05 \left[ 1 - e^{-4,4(T+0,65)} \right]$
	$0 < T < 0,36$	$0,5 \left[ 1 + \operatorname{sen} \frac{\pi}{2} \left( 1 + \frac{T}{0,34} \right) \right]$
	$0,36 < T$	$0,05 + 0,407 e^{-1,84(T-0,36)}$

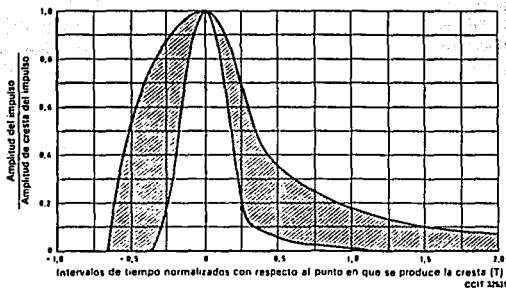


FIGURA 14/G.703

Plantilla del impulso para el interfaz de pares coaxiales a 44736 kbit/s

CUADRO 6.4.103

Forma del impulso (forma nominal: rectangular)	Todas las marcas de una señal válida deberán ajustarse a la plantilla (figura 15/G.703), independientemente del signo. El valor V corresponde al valor nominal de cresta	
Partes en cada sentido de transmisión	Un par coaxial (véase el § 6.4)	Un par simétrico (véase el § 6.4)
Impedancia de carga de prueba	75 ohmios, resistiva	120 ohmios, resistiva
Tensión nominal de cresta de una marca (impulso)	2,37 V	3 V
Tensión de cresta de un espacio (ausencia de impulso)	$0 \pm 0,237$ V	$0 \pm 0,3$ V
Anchura nominal del impulso	244 ns	
Relación entre la amplitud de los impulsos positivos y la de los negativos en el punto medio del intervalo del impulso	De 0,95 a 1,05	
Relación entre la anchura de los impulsos positivos y la de los negativos en los puntos de semiamplitud nominal	De 0,95 a 1,05	
Máxima fluctuación de fase cresta a cresta en un acceso de salida	Véase el § 2 de la Recomendación G.823	

6.3.3 La pérdida de retorno en los accesos de entrada deberá tener los siguientes valores mínimos:

Gama de frecuencias (kHz)	Pérdida de retorno (dB)
51 a 102	12
102 a 2048	18
2048 a 3072	14

6.3.4 Para asegurar la inmunidad adecuada contra las reflexiones de señales que puedan producirse en el interfaz debido a irregularidades de impedancia en los repartidores digitales y en los accesos de salida digitales, los accesos de entrada deben cumplir los siguientes requisitos:

Se añade a una señal compuesta nominal, codificada en HDDB1, constituida por impulsos cuya forma se ajusta a la plantilla de impulso, una señal interferente con la misma forma de impulso que la señal deseada. La señal interferente deberá tener una velocidad binaria comprendida entre los límites especificados en esta



7.2 Especificaciones en los accesos de salida (indicadas en el cuadro 7/G.703)

CUADRO 7/G.703

Forma del impulso (forma nominal: rectangular)	Todas las marcas de una señal válida deberán ajustarse a la planilla (figura 16/G.703), independientemente del signo
Par(es) en cada sentido de transmisión	Un par coaxial (véase el § 7.4)
Impedancia de carga de prueba	75 ohmios, resistiva
Tensión nominal de cresta de una marca (impulso)	2,37 V
Tensión de cresta de un espacio (ausencia de impulso)	0 V $\pm$ 0,337 V
Anchura nominal del impulso	59 ns
Relación entre las anchuras de los impulsos positivos y la de los negativos en el punto medio del intervalo del impulso	De 0,95 a 1,05
Relación entre las anchuras de los impulsos positivos y los negativos para los puntos de semiamplitud nominal	De 0,95 a 1,05
Máxima fluctuación de fase cresta a cresta en un acceso de salida	Véase el § 3 de la Recomendación G.823

7.3 Especificaciones en los accesos de entrada

7.3.1 La señal digital presentada en los accesos de entrada deberá corresponder a la definición precedente, con las modificaciones que introduzcan las características de los pares de interconexión. La atenuación de estos pares deberá seguir una ley en  $\sqrt{f}$  y la atenuación a la frecuencia de 4224 kHz deberá estar comprendida entre 0 y 6 dB. Esta atenuación tendrá en cuenta las posibles pérdidas debidas a la presencia de un repartidor digital entre los equipos.

7.3.2 Para la fluctuación de fase que ha de tolerarse en los accesos de entrada, véase el § 3 de la Recomendación G.823.

7.3.3 La pérdida de retorno en los accesos de entrada deberá tener los siguientes valores mínimos:

Gama de frecuencias (kHz)	Pérdida de retorno (dB)
211 a 422	12
422 a 8448	18
8448 a 12 672	14



7.3.4 Para asegurar la inmunidad adecuada contra las reflexiones de señales que puedan producirse en el interfaz debido a irregularidades de impedancia en los repartidores digitales y en los accesos de salida digitales, los accesos de entrada deben cumplir los siguientes requisitos:

Se añade a una señal compuesta nominal, codificada en IIDB3, constituida por impulsos cuya forma se ajusta a la plantilla de impulso, una señal interferente con la misma forma de impulso que la señal deseada. La señal interferente deberá tener una velocidad binaria comprendida entre los límites especificados en esta Recomendación, pero no deberá ser sincrónica con la señal deseada. La señal interferente se combinará con la señal deseada en una red combinadora, con una atenuación global nula en el trayecto de la señal y con una impedancia nominal de 75 ohmios para dar una relación señal/interferencia de 20 dB. El contenido binario de la señal interferente deberá ajustarse a la Recomendación O.151 (período de  $2^{13} = 8192$  bits). No se producirán errores cuando se aplique al acceso de entrada la señal combinada, con la atenuación máxima especificada para el cable de interconexión.

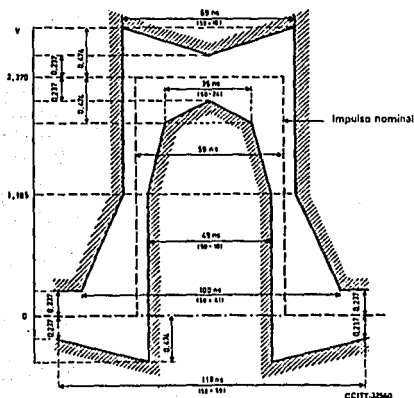


FIGURA 16/G.703  
Plantilla para el impulso en el caso de un interfaz a 8448 kbit/s

#### 7.4 Puesta a tierra del conductor exterior o del blindaje

El conductor exterior del par coaxial deberá conectarse a tierra en el acceso de salida; de ser necesario, también deberá preverse la conexión a tierra de este conductor en el acceso de entrada.

**8 Interfaz a 34 368 kbit/s**

**8.1 Características generales**

Velocidad binaria: 34 368 kbit/s  $\pm$  20 ppm

Código: HDB3 (en el anexo A figura una descripción de este código).

Requisito de protección contra las sobretensiones: véase el anexo B.

**8.2 Especificación en los accesos de salida (véase el cuadro 8/G.703)**

**8.3 Especificaciones en los accesos de entrada**

**8.3.1** La señal digital presentada en los accesos de entrada deberá corresponder a la definición precedente, con las modificaciones que introduzcan las características del cable de interconexión. Deberá asegurarse que la atenuación de este cable siga una ley en  $\sqrt{f}$  y que la atenuación a la frecuencia de 17 184 kHz esté comprendida entre 0 y 12 dB.

**8.3.2** Para la fluctuación de fase que ha de tolerarse en los accesos de entrada, véase el § 3 de la Recomendación G.823.

**8.3.3** La pérdida de retorno en los accesos de entrada deberá tener los siguientes valores mínimos:

Rango de frecuencias (kHz)	Pérdida de retorno (dB)
860 a 1 720	12
1 720 a 34 368	18
34 368 a 51 550	14

**8.3.4** Para asegurar la inmunidad adecuada contra las reflexiones de señales que puedan producirse en el interfaz debido a irregularidades de impedancia en los repartidores digitales y en los accesos de salida digitales, los accesos de entrada, deben cumplir los siguientes requisitos:

Se añade a una señal compuesta nominal, codificada en HDB3, constituida por impulsos cuya forma se ajusta a la plantilla de impulso, una señal interferente con la misma forma de impulso que la señal deseada. La señal interferente deberá tener una velocidad binaria comprendida entre los límites especificados en esta Recomendación, pero no deberá ser sincrónica con la señal deseada. La señal interferente se combinará con la señal deseada en una red combinatoria, con una atenuación global nula en el trayecto de la señal y con una impedancia nominal de 75 ohmios para dar una relación señal/interferencia de 20 dB. El contenido binario de la señal interferente deberá ajustarse a la Recomendación O.151 (periodo de  $2^{23} - 1$  bits). No se producirán errores cuando se aplique al acceso de entrada la señal combinada, con la atenuación máxima especificada para el cable de interconexión.

**8.4 Puesta a tierra del conductor exterior o del blindaje**

*Nota* — El conductor exterior del par coaxial deberá conectarse a tierra en el acceso de salida; de ser necesario, también deberá preverse la conexión a tierra de este conductor en el acceso de entrada.

CUADRO 8/G.703

Forma del impulso (forma nominal: rectangular)	Todas las marcas de una señal válida deberán ajustarse a la plantilla (figura 17/G.703), independientemente del signo
Partes en cada sentido de transmisión	Un par coaxial (véase el § 8.4)
Impedancia de carga de prueba	75 ohmios, resistiva
Tensión nominal de cresta de una marca (impulso)	1,0 V
Tensión de cresta de un espacio (ausencia de impulso)	0 V $\pm$ 0,1 V
Anchura nominal del impulso	14,55 ns
Relación entre la amplitud de los impulsos positivos y la de los negativos en el punto medio del intervalo del impulso	De 0,95 a 1,05
Relación entre la anchura de los impulsos positivos y la de los negativos, en los puntos de semi-amplitud nominal	De 0,95 a 1,05
Máxima fluctuación de fase cresta a cresta en un acceso de salida	Véase el § 2 de la Recomendación C.823

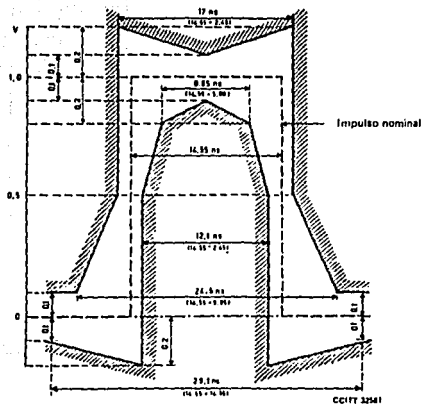


FIGURA 17/G.703

Plantilla para el impulso en el caso de un interfaz a 3,368 kbits

9 Interfaz a 139 264 kbit/s

9.1 Características generales

Velocidad binaria: 139 264 kbit/s  $\pm$  15 ppm  
Código: CMI (coded mark inversion).

Requisito de protección contra las sobretensiones: véase el anexo B.

El código CMI es un código de 2 niveles sin retorno a cero en el cual el CERO binario se codifica de manera que los dos niveles de amplitud,  $A_1$  y  $A_2$ , se obtienen consecutivamente, cada uno durante un período igual a la mitad de un intervalo unitario ( $T/2$ ).

El UNO binario se codifica de modo que los niveles de amplitud,  $A_1$  y  $A_2$ , se obtienen alternativamente, cada uno durante un período igual a un intervalo unitario completo (T).

En la figura 18/G.703 se da un ejemplo.

**Nota 1** — Para el CERO binario, existe siempre una transición positiva en el punto medio del intervalo de tiempo unitario binario.

**Nota 2** — Para el UNO binario:

- a) existe una transición positiva al comienzo del intervalo de tiempo unitario binario si el nivel precedente era  $A_1$ ;
- b) existe una transición negativa al comienzo del intervalo de tiempo unitario binario si el último UNO binario estaba codificado en el nivel  $A_2$ .

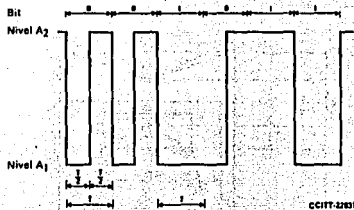


FIGURA 18/G.703  
Ejemplos de señal binaria codificada en CMI

9.2 Especificaciones en los accesos de salida (véase el cuadro 9/G.703 y las figuras 19/G.703 y 20/G.703)

**Nota 1** — Se considera que un método basado en la medida de los niveles del fundamental y del segundo<sup>o</sup> (y posiblemente del tercer) armónico de una señal correspondiente a todos CEROS binarios y todos UNOS binarios es adecuado para verificar el cumplimiento de los requisitos indicados en el cuadro 9/G.703.

Los valores pertinentes están en estudio.

### 9.3 Especificaciones en los accesos de entrada

La señal digital presentada en el acceso de entrada debe ser conforme al cuadro 9/G.703 y a las figuras 19/G.703 y 20/C.703, teniendo en cuenta las modificaciones producidas por las características del par coaxial de interconexión.

Debe suponerse que la atenuación del par coaxial sigue aproximadamente una ley en  $\sqrt{f}$  y que la pérdida de inserción máxima es de 12 dB a 70 MHz.

Para la fluctuación de fase que ha de tolerarse en los accesos de entrada, véase el § 3 de la Recomendación G.823.

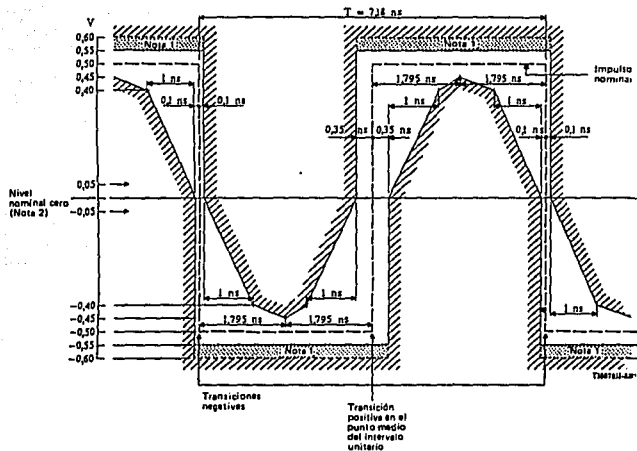
La característica de pérdida de retorno debe ser la misma que la especificada para el acceso de salida.

CUADRO 9/G.703

Forma del impulso	Nominalmente rectangular y conforme a las plantillas indicadas en las figuras 19/G.703 y 20/C.703
Par(es) en cada sentido de transmisión	Un par coaxial
Impedancia de carga de prueba	75 ohmios, resistiva
Tensión cresta a cresta	$1 \pm 0,1$ V
Tiempo de subida entre 10% y el 90% de la amplitud medida en régimen permanente	$< 2$ ns
Tolerancia para la temporización de las transiciones (referida al valor medio de los puntos de semiamplitud de transiciones negativas)	Transiciones negativas: $\pm 0,1$ ns Transiciones positivas en los extremos del intervalo unitario: $\pm 0,3$ ns Transiciones positivas en el punto medio del intervalo unitario: $\pm 0,35$ ns
Pérdida de retorno	$> 15$ dB en la gama de frecuencias de 7 MHz y 210 MHz
Máxima fluctuación de fase cresta a cresta en un acceso de salida	Véase el § 2 de la Recomendación G.823

### 9.4 Puesta a tierra del conductor exterior o del blindaje

El conductor exterior del par coaxial debe estar conectado a tierra en el acceso de salida; de ser necesario, también deberá preverse la puesta a tierra de este conductor en el acceso de entrada.



**Nota 1** - La amplitud máxima «en régimen permanente» no debe rebasar el límite de 0,55 V. Se permite que las sobreesaltaciones y ciertos transitorios caigan en la zona sombreada situada entre los límites de amplitud de 0,55 V y 0,6 V, a condición de que no rebasen el nivel «en régimen permanente» en más de 0,05 V. La posibilidad de especificar de una manera menos estricta la magnitud por la cual la sobreesaltación puede rebasar el nivel del régimen permanente queda en estudio.

**Nota 2** - Para todas las medidas en que se utilicen estas plantillas, la señal debe acoplarse en corriente alterna por medio de un condensador con una capacidad no inferior a 0,01  $\mu\text{F}$ , a la entrada del osciloscopio utilizado para las medidas.

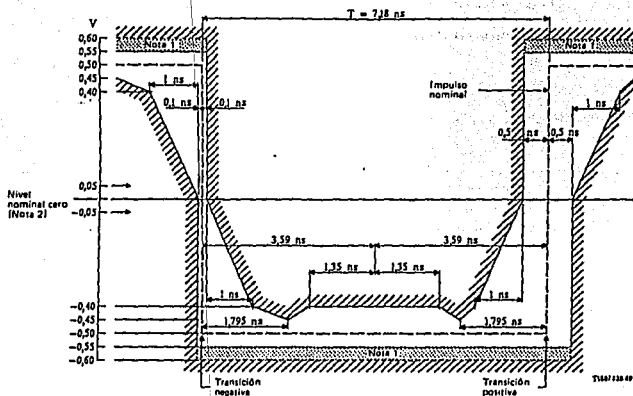
El nivel nominal cero para las dos plantillas debe alinearse con la traza del osciloscopio sin señal de entrada. Aplicada la señal en estas condiciones, la posición vertical de la traza puede ajustarse con el objeto de satisfacer los límites de las plantillas. Este ajuste deberá ser el mismo para las dos plantillas y no deberá extenderse en más de  $\pm 0,05$  V. Esto puede comprobarse volviendo a desactivar la señal de entrada y verificando que la traza está situada en un valor comprendido entre  $\pm 0,05$  V del nivel nominal cero de las plantillas.

**Nota 3** - Cada impulso en una secuencia de impulsos codificados debe cumplir los límites de la plantilla pertinente, independientemente del estado de los impulsos precedente y siguiente. Para la verificación real, si se dispone de una señal de temporización de 139 264 asociada a la fuente de la señal de interferia, se prefiere utilizarla como una referencia de temporización para un osciloscopio. En los demás casos, puede probarse la conformidad con la plantilla pertinente mediante señales todos CIEROS y todos UNOS respectivamente. (En la práctica, la señal puede contener bits de alineación de trama de acuerdo con la Recomendación G.751.)

**Nota 4** - En estas plantillas, el tiempo de subida y el tiempo de bajada debe medirse entre -0,4 V y 0,4 V y no deberá ser superior a 2 ns.

FIGURA 19/G.703

Plantilla para un impulso que corresponde a un CIERO bialterno



**Nota 1** - La amplitud máxima «en régimen permanente» no debe rebasar el límite de 0.55 V. Se permite que las sobreesoscilaciones y otros transitorios caigan en la zona sombreada situada entre los límites de amplitud de 0.55 V y 0.6 V, a condición de que no rebasen el nivel del régimen permanente en más de 0.05 V. La posibilidad de especificar de una manera menos estricta la magnitud por la cual la sobreesoscilación puede rebasar el nivel del régimen permanente queda en estudio.

**Nota 2** - Para todas las medidas en que se utilicen estas plantillas, la señal debe acoplarse en corriente alterna por medio de un condensador con una capacidad no inferior a 0.01  $\mu$ F, a la entrada del osciloscopio utilizado para las medidas.

El nivel nominal cero para las dos plantillas debe alinearse con la traza del osciloscopio sin señal de entrada. Aplicada la señal en estas condiciones, la posición vertical de la traza puede ajustarse con el objeto de satisfacer los límites de las plantillas. Este ajuste deberá ser el mismo para las dos plantillas y no deberá excederse en más de  $\pm 0.05$  V. Esto puede comprobarse volviendo a detectar la señal de entrada y verificando que la traza está situada en un valor comprendido entre  $\pm 0.05$  V del nivel nominal cero de las plantillas.

**Nota 3** - Cada impulso en una secuencia de impulsos codificados debe cumplir los límites de la plantilla pertinente, independientemente del estado de los impulsos precedente y siguiente. Para la verificación real, si se dispone de una señal de temporización de 139 264 kila asociada a la fuente de la señal de interfaz, se prefiere utilizarla como una referencia de temporización para un osciloscopio. En los demás casos, puede probarse la conformidad con la plantilla pertinente mediante señales todos CEROS y todos UNOS respectivamente. (En la práctica, la señal puede contener bits de alineación de trama de acuerdo con la Recomendación G.751.)

**Nota 4** - En estas plantillas, el tiempo de subida y el tiempo de bajada debe medirse entre -0.4 V y 0.4 V y no deberá ser superior a 2 ns. **Nota 5** - El impulso invertido tendrá las mismas características, observándose que la tolerancia de temporización en el nivel cero de las transiciones negativas y positivas es de  $\pm 0.1$  ns y  $\pm 0.3$  ns, respectivamente.

FIGURA 20/G.703

Plantilla para un impulso que corresponde a un UNO binario

FALLA DE ORIGEN

## 10 Interfaz de sincronización a 2048 kHz

### 10.1 Características generales

Se recomienda la utilización de este interfaz en todas aquellas aplicaciones donde se necesite sincronizar un equipo digital mediante una señal de sincronización externa de 2048 kHz.

Requisito de protección contra las sobretensiones: véase el anexo B.

### 10.2 Especificaciones en el acceso de salida (véase el cuadro 10/G.703)

CUADRO 10/G.703

Frecuencia	2048 kHz $\pm$ 50 ppm	
Forma de los impulsos	La señal debe ajustarse a la plantilla (figura 21/G.703) El valor V corresponde al valor de cresta máximo El valor V <sub>1</sub> corresponde al valor de cresta mínimo	
Tipo de par	Par coaxial (véase la nota en el § 10.J)	Par simétrico (véase la nota en el § 10.J)
Impedancia de carga de prueba	75 ohmios, resistiva	120 ohmios, resistiva
Tensión de cresta máxima (V <sub>m</sub> )	1,5	1,0
Tensión de cresta mínima (V <sub>m</sub> )	0,75	1,0
Máxima fluctuación de fase en el acceso de entrada	0,05 intervalos unitarios cresta a cresta, medidos en la gama de frecuencias f <sub>1</sub> = 20 Hz a f <sub>2</sub> = 100 kHz (Nota)	

Nota — Este valor es aplicable a los equipos de distribución de temporización de la red. Pueden especificarse otros valores para los accesos de salida de la señal de temporización de enlaces digitales que transportan la temporización de la red.



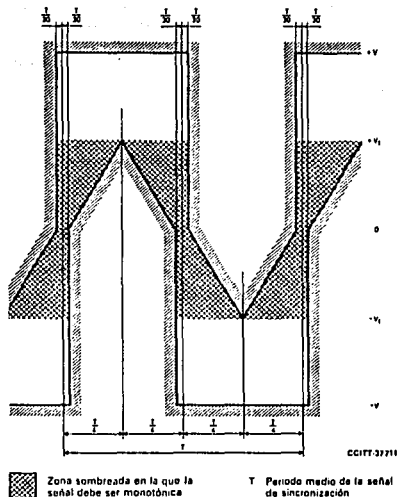


FIGURA 21/G.703  
Forma de la onda en un acceso de salida

### 10.3 Especificaciones en los accesos de entrada

La señal presentada en los accesos de entrada deberá corresponder a la definición precedente, con las modificaciones que introduzcan las características del par de interconexión.

Se supone que la atenuación de este par obedece a la ley  $\sqrt{f}$ , y la atenuación a la frecuencia de 2048 kHz deberá estar comprendida entre 0 y 6 dB (valor mínimo). Esta atenuación deberá tomar en cuenta cualquier pérdida provocada por la presencia de un repartidor digital entre los equipos.

El acceso de entrada deberá ser capaz de tolerar una señal digital con estas características eléctricas, pero modulada por una fluctuación de fase. Los valores de la fluctuación de fase se hallan en estudio.

La atenuación de retorno a 2048 kHz debe ser  $\geq 15$  dB.

*Nota* - El conductor exterior del par coaxial o el blindaje del par simétrico deberán conectarse a tierra en el acceso de salida; de ser necesario, también deberá preverse la conexión a tierra de estos elementos en el acceso de entrada.

FALLA DE ORIGEN



**A.1 Definición de los códigos B3ZS (denominado también HDB2) y HDB3**

Cada bloque de tres (o cuatro) ceros sucesivos se reemplaza por 00V (o 000V respectivamente) o B0V (B00V). La elección de 00V (000V) o B0V (B00V) se hace de modo que el número de impulsos B entre impulsos V consecutivos sea impar. En otras palabras, los impulsos V sucesivos son de polaridad alternada, por lo que no se introduce ningún componente de corriente continua.

*Nota* — Las denominaciones abreviadas de los códigos tienen el significado siguiente:

- HDB2 (HDB3) bipolar de alta densidad de orden 2 (3)
- B3ZS bipolar con sustitución de tres ceros.

**A.2 Definición de los códigos B6ZS y B8ZS**

Cada bloque de seis (u ocho) ceros sucesivos se reemplaza por 0VB0VB (o 000VB0VB respectivamente).

**ANEXO B**

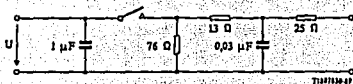
(a la Recomendación G.703)

**Especificación del requisito de protección contra las sobretensiones**

Los accesos de entrada y salida deben soportar sin riesgo la siguiente prueba:

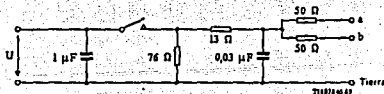
- 10 impulsos de descargas de rayo típicas (1,2/50  $\mu$ s) con una amplitud máxima de U (cinco impulsos negativos y cinco positivos). Para la definición de este impulso véase (1).
- En el interfaz para pares coaxiales:
  - i) modo diferencial: con el generador de impulsos de la figura B-1/G.703, el valor de U está en estudio;
  - ii) modo común: en estudio.
- En el interfaz para pares simétricos:
  - i) modo diferencial: con el generador de impulsos de la figura B-1/G.703, el valor de U está en estudio (se ha mencionado un valor de 20 V);
  - ii) modo común: con el generador de impulsos de la figura B-2/G.703, U = 100 V<sub>cc</sub>.

En las figuras B-1/G.703 y B-2/G.703 se describen posibles generadores de impulsos:



**FIGURA B-1/G.703**

Generador de impulsos (1,2/50  $\mu$ s) para tensiones en el modo diferencial



**FIGURA B-2/G.703**

Generador de impulsos (1,2/50  $\mu$ s) para tensiones en modo común en interfaces simétricas

**Referencias**

- (1) Publicación N.º 60-2 *High-voltage test techniques, Partie 2: Test procedures*, Ginebra 1973.

## APENDICE B

---

---

# EQUIPO MULTIPLEXOR

# 1

## **Product Overview: 3600 MainStreet Bandwidth Manager**

---

### **Introduction**

The *3600 MainStreet* Bandwidth Manager is a flexible, intelligent networking node that combines the functions of a digital cross-connect switch, an intelligent channel bank, a frame relay packet switch, a local area network (LAN) bridge, and an integrated voice and data multiplexer. It is designed to meet the communications requirements of corporate enterprise networks, public administrations, educational communities, and public networks anywhere in the world.

This product accommodates both 2.048 Mb/s (E-1), 1.544 Mb/s (T-1), and 56 and 64 kb/s X21 and V.35 digital aggregate links. As well, there is a broad selection of voice, data and resource cards and modules which address a comprehensive range of bandwidth management applications. These interfaces and resource applications are summarized in Figure 1-1.

*3600 MainStreet* nodes are managed by *4600 MainStreet* products, which also provide local or remote connection management capability for a large number of other networked nodes such as the larger *3645 MainStreet* backbone multiplexer and the smaller *3630*, *3624*, *3612*, and *3606 MainStreet* feeder multiplexers.

## **3600 MainStreet - At a Glance**

### **Intelligence and Flexibility Built-In:**

- o strict adherence to standards
- o optional enhancements
- o versatile service capabilities and applications
- o choice of switching technology - circuit and packet
- o 800 b/s switching resolution with sub-rate switching
- o taps non-contiguous bandwidth - ideal for rerouting
- o integral LAN bridging gives WAN features to LANs
- o choice of aggregate interfaces - up to 32
- o analog voice interfaces
- o direct connect data interfaces
- o basic rate (2B+D) interfaces and remote Data Termination Units (DTUs)
- o Central Office-compliant channel units
- o dissimilar voice and data accommodated
- o value-added DSP applications

### **Modular Architecture - Build to Suit:**

- o UCS cards determine application
- o choice of switching technology and system capacity
- o easy upgrade to a 3645 MainStreet Peripheral shelf
- o compact shelf designed to fit standard racks

### **Power of Software Control:**

- o fully software configurable - locally or around the globe
- o Control Packet Switching System (CPSS)
- o software downloadable
- o powerful center-weighted network management
- o shared node usage - network partitioning

### **Comprehensive System Protection Features:**

- o energy efficient design
- o hot standby protection
- o alternate path routing
- o choice of timing sources
- o flexible node and network synchronization

### **Easy-access Maintenance Features:**

- o dual maintenance ports
- o automatic diagnostics
- o General Facilities Card
- o metallic and digital test access
- o continuous alarm monitoring
- o categorized, recorded alarms
- o remote or local alarm logging
- o looptacks

## Intelligence and Flexibility Built-in

### Strict Adherence to Standards

### Private Network Efficiencies with Central Office Services

By embracing industry standards, 3600 MainStreet nodes address the public, private and hybrid network requirements for concurrent circuit and frame relay switching, software downloadable resource cards, and a wide range of WAN, LAN, voice and data interfaces.

During the development of the 3600 MainStreet product family, the need for compatibility with industry standards from around the world, such as CCITT Recommendations, AT&T Publications and Bellcore® Technical References, was given particular attention. Enhancements within the framework of these standards are available to further extend network efficiencies.

Enhancements are optional; their use is at the discretion of network designers and operators. Where applicable, enhancements are designed to work within the boundaries of established communications standards. For example, High Capacity Multiplexing (HCM) provides an 800 b/s resolution for sub-rate data while respecting standard, 64 kb/s channelized aggregate timeslot boundaries.

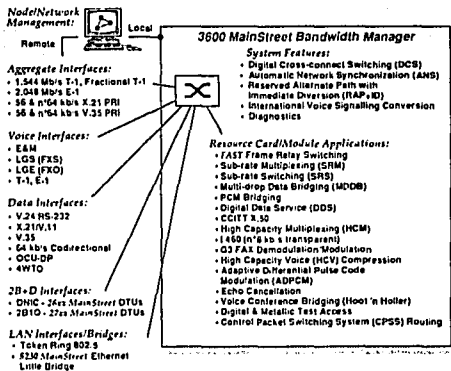


Figure 1-1: The Integral Features of the 3600 MainStreet Bandwidth Manager

### Versatile Service Capabilities and Applications

MainStreet networking systems have been designed not only to meet customers' initial service requirements, but also to expand easily to handle growth in service demands. With a non-blocking information bandwidth capacity of up to 64 Mb/s, the 3600 MainStreet multiplexer can be used simultaneously for an unlimited number of applications, such as:

- o medium capacity network hub;
- o digital cross-connect switching;
- o matrix switching;
- o frame relay packet switching;
- o line and circuit grooming;
- o 2.048 Mb/s E-1 and 1.544 Mb/s T-1 format conversion;
- o aggregate multiplexing at the customer premises or at a central office;
- o drop, insert and bypass multiplexing;
- o integrated voice and data multiplexing;
- o LAN bridging;
- o low and high speed data transmission and control;
- o sub-rate data switching and multiplexing (including data and compressed voice);
- o multi-drop data bridging and Multi-Junction Units (MJU);
- o PCM bridging (digital multi-point);
- o super-rate data transmission - domestic and international;
- o G3 FAX signal demodulation/modulation;
- o voice conference bridging (Hooft'n Holler);
- o Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM) and High Capacity Voice (HCV) voice compression; and
- o international  $\mu$ -law and A-law companding, signalling and ringing conversion.

### Choice of Switching Technology - Circuit and Packet

Because the 3600 MainStreet product provides both circuit and frame relay packet switching, network designers can choose the switching technology that best accommodates the inherent transmission characteristics of each end-to-end connection. For example, the constant and low transit delays provided by circuit switching is ideal for highly interactive communication such as voice and video conferencing. In addition, the cost of a dedicated, end-to-end circuit switched connection is justified by the steady and high average bandwidth usage typical of bulk file transfer applications. On the other hand, frame relay's dynamic bandwidth allocation and high transmission rates makes it ideal for bursty, high speed and low average bandwidth usage applications such as LAN internetworking.

The 3600 MainStreet multiplexer's common control circuitry provides a fully non-blocking DS-0 digital cross-connect switch (DCS). This facility provides circuit switching between all interface and resource cards at the DS-0 level. For example, the common control circuitry cross-connects voice channels from an LCS card to a T-1 or E-1 interface card. The transit delay through the DCS matrix is very low (only one frame - 125 microseconds).



Optional Frame Relay Switch (FRS) cards add packet switching capabilities to the 3600 MainStreet multiplexer. The FRS card satisfies industry standards and complies with CCITT Recommendations I.122 and Q.922. Each FRS card provides relay and routing functions at the data link layer (layer 2 of the Open Systems Interconnection - OSI - reference model) and accommodates up to 30 frame streams. The DCS cross-connects frame streams between aggregate, data and FRS cards. Circuit switched and frame streams can be transported over the same aggregate link.

**800 b/s Switching  
Resolution with  
Sub-rate Switching**

The switching resolution of the 3600 MainStreet multiplexer's DCS matrix can be enhanced by an efficient, Digital Signal Processor (DSP) application called Sub-rate Switching (SRS). This application is resident in the common control's DSP application library, and can be downloaded to one or more DSP-4 cards for execution at the request of network operators. Fully-flexible space and time switching between like data formats is supported for Dataphone<sup>®</sup> Digital Service (DDS), CCITT X.50, HCM and 1.460 (transparent) sub-rate data channels. For example, drop and insertion of individual sub-rate data channels from/to DS-0B, X.50, HCM or transparent aggregate channels is supported. For HCM aggregates, the switching resolution allows drop and insertion of 800 b/s data channels.

Sub-rate Switching is ideal for grooming sub-rate voice and data circuits prior to their transmission over the backbone network (for example, when the 3600 MainStreet node is configured as a hub to multiple feeder nodes whose aggregate DS-0s are under-utilized).

**Taps Non-contiguous  
Bandwidth - Ideal for  
Rerouting**

Further bandwidth efficiency is achieved by the 4602 MainStreet Intelligent NetworkStation<sup>™</sup> product's support for non-contiguous, 800 b/s HCM bandwidth elements. This capability greatly increases the available bandwidth 4602 MainStreet products use to route sub-rate data channels during normal and fault conditions. In addition, super-rate channels can use non-contiguous aggregate DS-0s.

**Integral LAN Bridging  
Gives Wide Area  
Network (WAN)  
Features to LANs**

The integration of a 4 or 16 Mb/s IEEE 802.5 interface and a source routing token ring bridge in the 3600 MainStreet multiplexer provides new levels of service not possible with discrete components. For example, each Integral Token Ring Bridge (ITB) card has access to the full range of 3600 MainStreet WAN features including RAP-ID rerouting, full control redundancy, and up to 30 WAN connections. Use of the Simple Network Management Protocol (SNMP) simplifies the ITB's integration with other LAN systems.

Other MainStreet LAN products includes the 8100 MainStreet family of multi-protocol bridges and routers and the 8230 MainStreet Ethernet<sup>™</sup> Little Bridge<sup>™</sup>.

**Choice of Aggregate Interfaces - up to 32**

A fully configured 3600 MainStreet node's DCS provides 64 Mb/s of full duplex, non-blocking information bandwidth switching. Combined with 16 universal card slots (UCSs), the 3600 MainStreet multiplexer can support up to 32 T-1/E-1 interfaces. Specifically, it supports the following aggregate interfaces:

- o channelized 2.048 Mb/s E-1 with Channel Associated Signalling (CAS), Common Channel Signalling (CCS), or 31 Channel signalling; intended for access to both public network facilities and customer premise equipment (CPE) such as digital PBXs and LAN bridges;
- o channelized 1.544 Mb/s T-1 and fractional T-1 (FT-1) with D3/D4 or Extended Super Frame (ESF) format signalling; intended for access to both public network facilities and CPE such as digital PBXs, remote channel banks and external echo cancellation units;
- o V.35 PRI for 56 and n\*64 kb/s aggregate links between multiplexers over private or leased lines; supports n\*56 and n\*64 kb/s super-rate channels and D4 or CAS voice signalling codes; and
- o X.21 PRI for 56 and n\*64 kb/s aggregate links between multiplexers over private or leased lines; supports n\*56 and n\*64 kb/s super-rate channels and D4 or CAS voice signalling codes.

**Analog Voice Interfaces**

Voice interface cards enable analog telephone central office (CO) exchanges, private branch exchanges (PBXs) and telephone sets to connect to the 3600 MainStreet node. Three types of industry standard analog voice interfaces are supported:

- o E&M, the popular short distance private wire circuit, used to connect switching systems such as PBXs to each other over T-1/E-1 facilities;
- o Loop/Ground start Subscriber (LGS), which connects the network directly to either a PBX or telephone set; and
- o Loop/Ground start Exchange (LGE), which connects the network directly to a telephone CO exchange or PBX.

T-1 and E-1 digital voice access is also supported.

**Direct Connect Data Interfaces**

For direct connection to computers, peripherals, front-end processors, video codecs, modems and digital network links such as DDS or Kilostream, the 3600 MainStreet provides cards for the direct connection of X.21/V.11, V.35 and V.24/RS-232 interfaces. Sub-rate speeds down to 150 b/s and super-rate speeds up to 1920 kb/s are supported.

In addition, a 64 kb/s Codirectional card is available that provides four synchronous interfaces to G.703-compatible 64 kb/s codirectional circuits. These circuits would typically be connected to 64 kb/s timeslots in a 2.048 Mb/s G.704-framed signal.

**Basic Rate (2B+D) Interfaces and Remote Data Termination Units (DTUs)**

The 3600 MainStreet offers Basic Rate (2B+D) Interface circuits for the remote distribution of data to compact and network manageable MainStreet Data Termination Units (DTUs). The 2B+D interface represents a combination of the Network Termination (NT) and Terminal Adapter (TA) functions of the Integrated Services Digital Network (ISDN) reference model. DTUs offer V.24/RS-232, X.21/V.11 and V.35 interfaces.

The 2700 MainStreet family of extended range DTUs are intended for off-premise applications. They use 2B1Q line coding, and provide sealing, current and lightning protection. The 2B1Q Line card and 2700 MainStreet DTU combination provides an attractive alternative to traditional Office Channel Unit (OCU) - Data Service Unit/Channel Service Unit (DSU/CSU) access to DDS network services. In addition, 2700 MainStreet DTUs allow Postal, Telephone and Telegraph (PTT) authorities to provide flexible X.50 network access services over existing 2-wire facilities.

The 2600 MainStreet family of DTUs are intended for on-premise and campus applications. They provide high port densities per card slot and DTU (up to 96 data ports per card slot using 8-port DTUs).

DTUs are completely network manageable and provide either two or eight remote DCE/DTE ports using a two-wire, twisted pair loop. DTUs can be located beside desktop equipment which is physically remote from the 3600 MainStreet node. The maximum distance depends on the DTU family: for off-premise, extended range 2700 MainStreet DTUs, loops up to 5.3 km (17.3 kt) are supported; for on-premise 2600 MainStreet DTUs, loops up to 3 km (2 miles) are supported. Alternatively, up to 12 DTUs can be rack-mounted in a 19" shelf.

**Central Office -  
compliant Channel  
Units**

Channel units and the Carrier and Test cards have been specifically designed to meet public telephone company requirements. The Carrier card accommodates four channel units, each with individual circuit modularity (that is, a channel unit can be removed from the Carrier card without affecting service on the other three channel units). Five North American channel units are available: E&M, LGS, LGE, 4-wire Transmission Only (4WTO), and OCU-DP. The Test card provides metallic test access to any channel unit and 64 kb/s digital access to the OCU-DP channel unit. Test configurations are controlled by software. Both the Test card and Carrier cards can be installed in any UCS.

**Dissimilar Voice and  
Data Accommodated**

The 3600 MainStreet multiplexer allows for the connection of dissimilar voice and data interfaces over digital transmission facilities. For example, an X.21 device may be cross-connected to a V.35 device, or an LGS circuit may be cross-connected to an E&M trunk. The conversion between varying interfaces is performed internally by the node's system software.

**Value-added DSP  
Applications**

Node system software maintains a rich library of DSP-based applications. These applications are downloaded to, and run on DSP cards and modules at the request of network operators. Many DSP cards and modules are available, each providing different levels of processing power; customers only purchase the processing power they require given their network requirements. And being application independent, DSP cards provide the flexibility to change with network requirements. Furthermore, upgrades of node firmware provide an ever increasing choice of DSP applications, often without a corresponding need to acquire new hardware (for example, PCM Bridging, DDS Access, DDS Core and Voice Conference Bridging are new Release 4 applications which run on existing DSP cards).

In addition to downloadable DSP cards and modules, several optimized, application-specific DSP modules are available. For example, the Voice Compression Module (VCM) provides M44/M55 ADPCM transcoding on Dual T-1 and Dual E-1 cards.

## Modular Architecture - Build to Suit

The 3600 MainStreet consists of one or two shelves, as shown in Figures 1-2 and 1-3, each providing a common control section and an interface/resource section.

The common control section accommodates the digital cross-connect switching (DCS) matrix and overall system control. Individual, redundant communication links extend from the common control section via the backplane to each card slot in the interface section. These links carry user data and parameter and control information.

The interface/resource section consists of up to eight universal card slots (UCSs) per shelf, for a maximum of 16 UCSs per system. The "universal" designation highlights the independent nature of each UCS; there are no predetermined card positions, and the removal or insertion of a UCS card does not affect its neighbours.

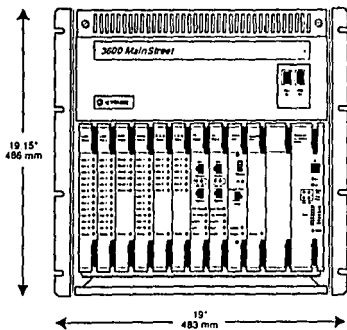
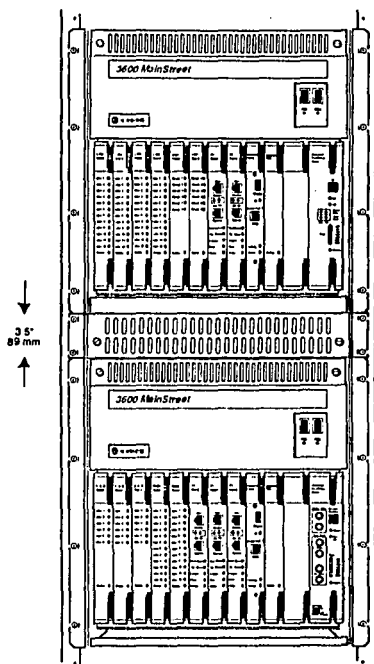


Figure 1-2: A Single Shelf 3600 MainStreet



Figures 1-3: A Dual Shelf 3600 MainStreet with an Optional Heat Deflector

**UCS Cards Determine Application**

Universal card slots (UCSs) accommodate any of the aggregate interface cards, voice and data port cards, and resource cards including the FRS, ITB, DSP and Data Communications Processor (DCP) cards. The cards chosen from these many options determine the functionality any one 3600 MainStreet node will provide. All UCS cards are interchangeable between the 3600 and 3645 MainStreet products, so that an upgrade to the larger 3645 MainStreet multiplexer does not necessitate the replacement of these cards or involve rewiring.

**Choice of Switching Technology and System Capacity**

The 3600 MainStreet product provides circuit switching, sub-rate switching and frame relay packet switching. Circuit switching is provided by the product's common control cards and there are six possible configurations to choose from, each providing different system capacities (see Table 2-1, page 28). The smallest system configuration is a single shelf with 6 single data bandwidth UCSs and a 12 Mb/s DCS. The largest system configuration consists of two shelves with a total of 16 double data bandwidth UCSs and a 64 Mb/s DCS. The difference between single and double data bandwidth UCSs is the amount of user data the DCS will accept from the UCS card - up to 2 Mb/s for single data bandwidth, and up to 4 Mb/s for double data bandwidth. Dual shelf systems can optionally be equipped with redundant common control.

Sub-rate switching is an application which runs on DSP-4 cards. DSP-4 cards are installed in any UCS and each provides time and space sub-rate switching for 30 and 48 aggregate DS-0 channels depending on whether the UCS supports single or double data bandwidth respectively. Multiple DSP-4 cards can be installed to meet network requirements.

Frame relay packet switching is performed by FRS cards. Each FRS card is installed in a UCS and supports up to 30 DS-0 and super-rate ( $n^*56$ ,  $n^*64$  kb/s) frame streams. Multiple FRS cards can be installed to meet network requirements.

**Easy Upgrade to a 3645 MainStreet Peripheral Shelf**

One of the benefits of a common product-line architecture is the ease of upgrading. Special care was taken to allow a 3600 MainStreet Bandwidth Manager to grow into the larger 3645 MainStreet High Capacity Bandwidth Manager with minimal hardware impact. Shelves, cards, power supplies and cabling remain the same during an upgrade. Because both products were developed from a common software stream, both products offer the same features and operate in the same manner.

*Compact Shelf  
Designed to fit  
Standard Racks*

The 3600 MainStreet shelf fits directly into standard 19" (483 mm) racks, or into 23" (584 mm) racks with extender brackets. The shelf is compact in design, measuring 19.15" (486 mm) high, 19" (483 mm) wide, and 10.15" (258 mm) deep.

All equipment is modular in design to simplify installation and expansion. Components can be accessed from the front of the system and the choice of rear or side cable entry is provided. The shelf provides a standard, TEP-1(E)-compliant alarm port to both monitor external alarm inputs and to report alarm status to external devices.

In some multiple racking and/or shelf configurations, cooling is required. In such circumstances, a passive heat deflector or a fan unit can be installed between two shelves, as illustrated in Figure 1-3. Heat is drawn from the lower shelf and exhausted towards the rear. Either unit requires 3.5" (89 mm) of vertical rack space.



## Power of Software Control

All 3600 MainStreet hardware is software configurable - there are no mechanical switches or jumpers on any card. This reduces the number of on-site visits by skilled personnel as node configuration (and reconfiguration) can be performed by software commands issued at a remote, centralized location.

### Fully Software Configurable - Locally or Around the Globe

3600 MainStreet operating parameters are software programmable and can be configured using the following products:

- o 4602 MainStreet Intelligent NetworkStation, a feature-rich software product that includes a graphical user interface; runs on UNIX®-based workstations from Sun® Microsystems;
- o 4601 MainStreet Network Manager, a software product which provides on-net access to remote nodes; runs on MS-DOS™ personal computers;
- o 4601A MainStreet Auxiliary Network Manager, a software product which is designed for remote, after-hours access to either the 4602 or 4601 MainStreet products; runs on MS-DOS laptop computers;
- o Craft Interface (CI), a software product intended for on-site node commissioning and maintenance; runs on MS-DOS personal computers; and
- o Node Management Terminal Interface (NMTI), a software resident on the System Control Card 3 (SCC3) and accessible via a directly connected VT-100 terminal.

These products allow an operator to configure an E&M card for 2-wire or 4-wire circuits, to specify transmission level points for any voice port, to select the speed and format of data transmission, or to set cross-connections between ports, aggregates and application processing resources. Depending on the node/network management software, specific node configurations can be performed locally or by an operator located anywhere around the world.

### Control Packet Switching System (CPSS)

The Control Packet Switching System (CPSS), based on X.25, is used for network management-to-node, node-to-node and node-to-intelligent node element communications. Any aggregate link has the ability to transport CPSS messages. For multiple parcel links between two nodes, only one CPSS channel is necessary.

Should a node ever become isolated from the network, a backup CPSS route can be provided using a modem and the Public Switched Telephone Network (PSTN). Each 3600 MainStreet node in a network possesses an integral message switching capability for CPSS packets.

**Software Downloadable** Software downloading is supported by the Frame Relay Switch (FRS), and Integral Token Ring Bridge (ITB) cards. This capability simplifies the process of system upgrades by reducing the need to "pull" hardware to replace various components.

### **Powerful Center-weighted Network Management**

The center-weighted approach to network management reduces inter-nodal control overhead on the network by placing connection management functions in a powerful standard processor, the 4602 MainStreet Intelligent NetworkStation, for example. In the center-weighted network architecture, nodal functions such as port parameters and DCS information are delegated to the 3600 MainStreet nodes, while the higher level networking functions such as the specific route a path may traverse are controlled by 4600 MainStreet network management products.

In older, distributed architectures, each node must carry on a dialog with every other node, and any change in any node's status must be reported to all nodes in the network. This system can lead to a flood of status messages, and thus effectively limits the size of the network.

Center-weighted control reduces network traffic, thus enabling much larger networks to be constructed. In addition to supporting larger node counts, 4600 MainStreet network management products are designed to run on industry-standard computer platforms such as those offered by Sun. This provides high performance, while allowing clients to take advantage of third party development of workstation technology - at no extra cost. Furthermore, since the network management functions are conducted by the Network Managers, MainStreet nodes require simpler, less expensive central processing unit (CPU) component.

### **Shared Node Usage - Network Partitioning**

The combination of center-weighted network management and fully software-controlled nodes provides a powerful foundation for advanced network management functions. For example, MainStreet products are available that allow a physical network to be managed as multiple virtual backbone networks (VBN), multiple virtual switched networks (VSN), or combinations of the two.

These capabilities allow corporations to reap the economic advantages provided by multiplexing all enterprise information over common transmission facilities, while at the same time, allowing operational groups within the organization to manage "their parts" of the network.

For transmission service providers, the ability to provide end customer control in managed bandwidth services represents new revenue generating services which stem by-pass and extend the life of their equipment investment.

## Comprehensive System Protection Features

A suite of system protection capabilities ensures that 3600 MainStreet nodes provide high levels of availability and accessibility. Protection begins at the component level with state-of-the-art, low-power integrated circuit (IC) technology. At the system-level, protection options include full control redundancy, power supply redundancy, interface redundancy and automatic path rerouting.

### Energy Efficient Design

Due to its state-of-the-art, low-power integrated circuitry, the 3600 MainStreet requires less wattage than comparable products from other vendors. Typically, the 3600 MainStreet requires only 150 Watts/shelf. Except in some multiple racking and/or shelf configurations, the system does not give off sufficient heat to require cooling fans or an air conditioned environment.

Furthermore, a dedicated uninterruptible power supply (UPS) is seldom required: the 3600 MainStreet node's low power requirements allows it to tie into existing PBX or computer power backup systems.

### Hot Standby Protection

Redundant common control and load-sharing power supplies provide a hot standby capability that automatically switches to the backup cards and power supplies when a fault is detected. In addition, the 2.048 Mb/s E-1, 1.544 Mb/s T-1, X.21 PRI and V.35 PRI aggregate cards can be configured for 1:1 card redundancy.

In the event that the node becomes isolated from network management, it will continue to function as programmed. Nonetheless, non-co-located redundant 4602 MainStreet configurations are supported to reduce the likelihood of such an event.

### Alternate Path Routing

End-to-end circuit paths can be protected by an alternate route should the preferred route become unavailable. The 3600 MainStreet supports two types of path protection:

- RAP+ID (Reserve Alternate Path with Immediate Diversion), which is implemented at the node level by the 3600 MainStreet node itself; and
- AAR (Automatic Alternate Routing), which is implemented at the network level by the 4602 MainStreet Intelligent NetworkStation.

**Choice of Timing Sources**

3600 MainStreet system timing can be either frequency locked to an external source or allowed to free run from an internal crystal oscillator accurate to  $\pm 25$  ppm (Stratum-4 accuracy is  $\pm 32$  ppm). External timing sources can be directly connected (for example, a station clock) or derived from an aggregate or data link.

**Flexible Node and Network Synchronization**

Two synchronization algorithms are available: synchronization tables and Automatic Network Synchronization (ANS). Both algorithms provide a controlled slip mechanism which enables the use of 3600 MainStreet nodes in plesiochronous networks.

- Synchronization tables allow each 3600 MainStreet node to identify and rank up to four timing sources. These sources may consist of externally attached clocks or clocks derived from aggregate links. The node ensures that the timing source with the highest ranking is always used.
- Automatic Network Synchronization (ANS) may be configured network-wide. It ensures that all nodes in a network are automatically synchronized to the same reference frequency.

## Easy-access Maintenance Features

A suite of system maintenance features provides network operators with easy-access to 3600 MainStreet status information and diagnostic tests.

### *Dual Maintenance Ports*

The System Control Card 3 (SCC3) and DCP card are equipped with dual V.24/RS-232 maintenance ports for connection to 4600 MainStreet network management products, the Craft Interface or NMTI. These ports can be configured for direct local access or for modem access. In full control redundant configurations, the currently inactive SCC3's ports are disabled to allow "Y" cabling and ensure communications with the active control card.

### *Automatic Diagnostics*

Startup diagnostics, which provide program integrity, memory, and equipment configuration checks, are run automatically at the time of system initialization. During regular operation the system runs background diagnostics on a cyclical basis, and the system operator can activate diagnostics (including analog and digital loopbacks) selectively. If a circuit is required for a call while a test is in progress, the test on that circuit is aborted. Similarly, disruptive diagnostics skip over any engaged circuits.

### *General Facilities Card*

The optional General Facilities Card (GFC-2) provides a TEP-1(E) alarm interface and additional background diagnostics and system integrity tests. Access to input and output alarm contacts by way of the GFC-2 allows the monitoring of external equipment, thereby providing the basis for a telemetry network. The alarm contacts may be enabled or disabled as required via software control.

In addition, the GFC-2 has an integral tone generator, a test port and an order wire facility, as well as test points for measuring the power supply output voltages. The GFC-2 also provides synchronization inputs for 1.544 MHz and 64 kHz composite clocks.

### *Metallic and Digital Test Access*

The optional Test card provides metallic and digital test access to channel units. Channel units provide CO-compatible interfaces and are installed in Carrier cards, with up to four channel units per card.

**Continuous Alarm Monitoring**

All system elements are monitored continuously for abnormal conditions and significant events. The types of alarm messages that may be raised by the 3600 MainStreet system include:

- o configuration alarms
- o equipment faults
- o loss of aggregate links' signalling or framing alignments
- o external alarm activities (tail circuits' status)
- o synchronization timing source changes
- o external contact closures (via GFC-2)
- o startup diagnostic errors.

**Categorized, Recorded Alarms**

Each alarm may be categorized by the operator as either major, minor or diagnostic (or, depending on the terminology preference, "prompt, in-station and deferred"). Alarms can also be classified as "none", meaning alarm occurrences are ignored. Once categorized, each alarm message is recorded in the appropriate alarm queue. Alarm messages in the three queues can be viewed, acknowledged and deleted using a 4600 MainStreet network management product, the Craft Interface or NMTI.

All alarms are identified by the date and time, a unique number and a message describing the alarm.

**Remote or Local Alarm Logging**

Alarms can be logged locally via a printer, the Craft Interface or a network management product directly connected to the node. Alarms can also be logged remotely at the network operations center using either CPSS or a modem link to transport alarm information.

**Loopbacks**

Loopbacks can be invoked by the network operator or by network generated (DDS) requests. Loopbacks occur at the attached device interface (analog), or at the card-backplane junction (digital).

## Card Summary

### *The Interchangeable Cards of the 3600 MainStreet Bandwidth Manager*

All aggregate, data, voice, telco and resource cards for the 3600 MainStreet Bandwidth Manager are interchangeable with the 3645 MainStreet High Capacity Bandwidth Manager. System shelves, MainStreet Data Termination Units (DTUs) and distribution panels are also common to the two systems.

#### *Aggregate Cards*

##### **Single 1.544 Mb/s T-1 Card**

- o provides one, channelized, 24-channel T-1 digital trunk interface with D3/D4 or ESF formats;
- o used to access both fractional and full T-1 network services and CPE such as digital PBXs and remote channel units;
- o DSX-1 or CSU DS-1 interface module; and
- o optional Companding Conversion Module (CCM) or Super-rate Adapter Module (SAM).

##### **Dual 1.544 Mb/s T-1 Card**

- o provides two, channelized, 24-channel T-1 digital trunk interfaces with D3/D4 or ESF formats;
- o used to access both fractional and full T-1 network services and CPE such as digital PBXs and remote channel units;
- o DSX-1 interface module; and
- o optional Voice Compression Module (VCM).

##### **Single 2.048 Mb/s E-1 Card**

- o provides one, channelized, 32 channel, 2.048 Mb/s E-1 digital trunk interface with CAS, CCS or 31 Channel formats;
- o R2D for E&M also supported;
- o used to access both network services and CPE such as digital PBXs;
- o 75 $\Omega$  asymmetrical and 120 $\Omega$  symmetrical interface modules; and
- o optional Companding Conversion Module (CCM) or Super-rate Adapter Module (SAM).

##### **Dual 2.048 Mb/s E-1 Card**

- o provides two, channelized, 32 channel, 2.048 Mb/s E-1 digital trunk interfaces with CAS, CCS or 31 Channel formats;
- o R2D for E&M also supported;
- o used to access both network services and CPE such as digital PBXs;
- o 75 $\Omega$  asymmetrical and 120 $\Omega$  symmetrical interface modules; and
- o optional Voice Compression Module (VCM).

**X.21 PRI Card**

- o provides one X.21/V.11 aggregate interface operating at rates of n\*64 kb/s to 1920 kb/s; and
- o supports n\*56 kb/s and n\*64 kb/s super-rates and D4 (T-1) or CAS (E-1) voice signalling codes.

**56 kb/s X.21 PRI Card**

- o provides one X.21/V.11 aggregate interface operating at 56 kb/s; and
- o provides RAP+ID support for 56 kb/s aggregate links between 3600 MainStreet family nodes.

**V.35 PRI Card**

- o provides one V.35 aggregate interface operating at rates of n\*64 kb/s to 1920 kb/s; and
- o supports n\*56 kb/s and n\*64 kb/s super-rates and D4 (T-1) or CAS (E-1) voice signalling codes.

**56 kb/s V.35 PRI Card**

- o provides one V.35 aggregate interface operating at 56 kb/s; and
- o provides RAP+ID support for 56 kb/s aggregate links between 3600 MainStreet family nodes.

**Data Cards****X.21 Direct Connect Card (DCC)**

- o provides 4 or 6 CCITT X.21/V.11 interfaces; and
- o supports data rates up to 1920 kb/s

**V.35 Direct Connect Card (DCC)**

- o provides 3 or 6 CCITT V.35; and
- o supports data rates up to 1920 kb/s.

**V.24/RS-232 Direct Connect Card (DCC)**

- o provides 6 EIA RS-232 and CCITT V.24 interfaces; and
- o supports data rates up to 64 kb/s.

**2B1Q Line Card**

- o provides six, 2-wire 2B+D interface terminations for extended range, off-premise 2700 MainStreet DTUs;
- o 2B1Q (ISDN) line coding, scaling current and lightning protection; and
- o optional DNIC processor module (DPM1 or DPM2).



## Voice Cards

**DNIC Line Card**

- o provides 3, 6 or 12 two-wire 2B+D interface terminations for 3600 MainStreet DTUs; and
- o optional DNIC processor module (DPM1 or DPM2).

**64 kb/s Codirectional Card**

- o provides four, G.703 compatible, 64 kb/s codirectional circuit interfaces.

**E&M Card**

- o provides six, short-loop E&M circuit interfaces; and
- o choice of  $\mu$ -law or A-law companding, 2- or 4-wire, Type I, II, III, IV or V signalling, complex or resistive line impedances, and a wide range of transmission level points (TLPs).

**LGE Card**

- o provides six, short-loop, exchange-end, FXO-compatible circuit interfaces;
- o loop start (LS), ground start (GS), dial pulse terminate (DPT), remote extension (RE), earth calling (EC) and loop calling disconnect clear (LCDC) signalling modes; and
- o choice of  $\mu$ -law or A-law companding, complex line impedances, and a wide range of TLPs.

**LGS Card**

- o provides 10 or 12 subscriber-end, FXS-compatible circuit interfaces;
- o LS, GS, RE, EC, LCDC, Private Line Automatic Ringdown (PLAR) and Central Battery Working (CBW) signalling modes; and
- o choice of  $\mu$ -law or A-law companding, complex line impedances, and a wide range of TLPs.

## Telco Cards and Channel Units

**OCU-DP Channel Unit**

- o provides one, CO-compliant, long-loop OCU-DP interface; and
- o supports standard DDS and Switched 56 Special Access.

**4WTO Channel Unit**

- o provides one, CO-compliant, long-loop 4-wire TO (Transmission Only) interface; and
- o  $\mu$ -law companding and 4 mA scaling current.

**E&M Channel Unit**

- o provides one, CO-compliant, long-loop E&M circuit interface;
- o  $\mu$ -law companding, 2- or 4-wire, Type I, II or III signalling; and
- o Pulse Link Repeater (PLR) functionality with Type I or II signalling.

**LGS Channel Unit**

- o provides one, CO-compliant, long-loop, subscriber-end, FXS circuit interface;
- o  $\mu$ -law companding, 2-wire, 900 or 600  $\Omega$  complex impedances; and
- o LS, GS, PLAR and dial pulse originate (DPO) signalling.

**LGE Channel Unit**

- o provides one, CO-compliant, long-loop, exchange-end FXO circuit interface;
- o  $\mu$ -law companding, 2-wire, 900 and 600  $\Omega$  complex impedances; and
- o LS, GS, DPT and loop reverse battery (LRB) signalling.

**Carrier Card**

- o UCS card that accommodates 4 channel units; and
- o provides individual circuit modularity and supports in-service channel unit replacement.

**Test Card**

- o UCS card that provides metallic and digital test access to channel units installed in Carrier cards.

**Resource Cards****Frame Relay Switch (FRS) Card**

- o provides frame routing, dynamic bandwidth allocation, congestion control and frame error checking for up to 30 DS-0 and super-rate n\*56 or n\*64 kb/s frame streams;
- o compliant with industry standards (CCITT I.122 & Q.922); and
- o software downloadable.

**Integral Token Ring Bridge (ITB) Card**

- o provides one, 4 or 16 Mb/s IEEE 802.5/token ring interface with source routing capabilities for up to 30 WAN channels;
- o SNMP manageable; and
- o software downloadable.

**Digital Signal Processor (DSP) Cards and  
DNIC Processing Modules (DPM)**

- o 4 card variants and 2 module variants support progressively more sophisticated applications: DSP, DSP-2, DSP-3 and DSP-4 cards; DPM-1 and DPM-2 modules;
- o applications downloadable from the common control application library; and
- o applications include: sub-rate switching, multiplexing & bridging for DDS, X.50, and HCM/transparent data, PCM bridging, ADPCM, HCV, echo cancellation, voice conference bridging and G3 FAX signal demodulation/modulation (G3 FAX requires DSP-4 card and G3 FAX daughter module).

**Data Communication Processor (DCP) Card**

- o augments common control's inherent CPSS routing facilities;
- o provides additional, high-speed CPSS routing for up to 31 channels; and
- o supports CPSS channels with long transmission delays (for example, CPSS links over satellite).

**Common Control Cards    System Control Card 3 (SCC3)**

- o provides overall node system processing and timing generation, base DCS facilities, and DSP application library; and
- o requires either the Memory Module 2 (MM2) or the Downloadable Memory Module (DMM) and generic 1114 node software.

**Expander Card**

- o provides extended DCS capabilities to support additional slots in single shelf system and/or slots in second shelf; and
- o four variants provide progressively more circuit switching capacity: Expander 6+2, Expander 6+6, Expander 8+8 and Expander 16+.

**General Facilities Card (GFC-2)**

- o provides a suite of maintenance and diagnostic facilities for circuit and link monitoring including an order wire, a tone generator, a test port, and a power-rail voltage test point;
- o provides external alarm monitoring interface compatible with TEP-1(E); and
- o available in  $\mu$ -law and A-law versions.

**Balanced Transceiver Card**

- o facilitates system communication between shelves in dual shelf 3600 MainStreet configurations.

## Major New Release 4 (Generic 1114) Capabilities

This section summarizes the major new capabilities and enhancements supported by Release 4 (Generic 1114) firmware. In addition to these new features, Release 4 continues to support the functionality already provided by Release 3 (Generic 1113) firmware.

### Aggregate Features:

- support for user defined, non-contiguous super-rate timeslots (can be configured to support IBR, CCITT G.735 and G.737, France Telecom's 1G and 2G, and special equidistant feature for E-1);
- detection of external loopbacks on single T-1 and E-1 cards;
- user selectable trunk conditioning codes; and
- V.35 and X.21 PRI cards operating at 56 kb/s.

### Data Features:

- Sub-rate Switching application (DSP-4 card);
- PCM Bridging application (multi-point bridging of analog, voice band data circuits);
- DDS Access: a full-feature DSP application providing DS-0A, DS-0B and MJU support including recognition and generation of all loopback and maintenance codes;
- DDS Core: an optimized version of DDS Access providing greater DS-0B and MJU device density and throughput;
- 2B1Q Line cards and off-premise, extended range 2701 (V.24/RS-232), 2702 (X.21) and 2703 (V.35) MainStreet DTUs; and
- new bit rate support for V.24/RS-232 DCC and 2601, 2602 and 2603 MainStreet DTUs

### Voice Features:

- HCV with G3 FAX (using DSP-4 card with G3 FAX module);
- HCV enhancements: support for 20 pps dialing; HCM or transparent data formats; programmable  $\mu$ -law/A-law companding; ACIS call initiation tones; and echo cancellation disable;
- voice conference bridging (Hoot'n Holler);
- $\mu$ -law E&M cards with 0/0 TLP settings; and
- new, low-power versions of the 10 and 12 circuit LGS cards.

### Telemo Features:

- CO-compliant OCU-DP, 4WTO, E&M, LG5 and LGE channel units with individual circuit modularity (via Carrier Card, four circuits per card) and metallic and digital test access (via Test Card).

### Resource and System Features:

- Integral 4 or 16 Mb/s Source Routing Token Ring Bridge (ITB);
- Frame Relay Switching (FRS card);
- DSP-4 card; and
- software downloading to ITB and FRS cards.

## APENDICE C

---

**EQUIPO**

**PAD**

---

## Chapter 1, System overview

Chapter 1 provides an overview of the Tele-SWITCH Plus. Topics covered include:

- Features — see the next section.
- Models — see page 1-6.
- Applications — see page 1-7.
- Sample configurations — see page 1-13.
- Network configuration and management — see page 1-14.
- Specifications — see page 1-15.
- Ordering information — see page 1-16.

---

### Features

Your Tele-SWITCH Plus is an advanced, fourth-generation protocol-neutral and protocol-independent Nodal Processor that can transport X.25, X.75, Frame Relay, and other protocols across a network. Its high performance and VME bus architecture, combined with its state-of-the-art features, allow it to meet the demanding connectivity and performance requirements of today's demanding networking applications. The Tele-SWITCH Plus is available as a stand-alone unit for office environments as a rack-mount unit for corporate networking environments.

---

### Overall features

Your Tele-SWITCH Plus offers the following system features:

- **From 2 to 36 or 4 to 72 high-speed X.25/X.75 links per chassis shelf, depending on the model.** For more demanding requirements, multiple Tele-SWITCH Plus shelves can be cascaded to support a maximum of 544 high-speed multi-protocol links per node.
- **High performance multi-protocol support.** One Tele-SWITCH Plus unit can handle multiple protocols, including X.25, X.75, Frame Relay, and HDLC point-to-point communications. Particularly well suited for intense data-activity environments, the Tele-SWITCH Plus can process up to 7,000 switching operations per second, with less than 1 millisecond transit delay.
- **Connectivity with nearly all DTE and DCE network interfaces.** The Tele-SWITCH Plus can accommodate modules for RS-232C/V.24/X.21bis, RS-449/X.27, V.10/V.11, V.35, and X.21 connectivity.
- **Advanced X.25/X.75 support.** Your Tele-SWITCH Plus provides full compliance with the 1988 revisions in CCITT Recommendations X.25 and X.75. For more information, refer to "X.25 applications" on page 1-10.
- **State-of-the-art Frame Relay support.** Frame Relay supports high-speed links without requiring the overhead that typically accompanies high-speed data transfers. As a result, your data throughput can be significantly increased. For more information, refer to "Frame Relay features" on page 1-5.

FALLA DE ORIGEN

- 
- **HDLC point-to-point support.** Your Tele-SWITCH provides transparent transmission of most HDLC protocols.
  - **State-of-the-art routing features.** Dynamically broadcasts routing information packets, generates routing tables automatically, and provides "least-cost route" information based on link speed and hop count. All nodes are automatically informed of any link failure to ensure that routing decisions bypass the failed link.
  - **Implementation of a Layer 4 transparent protocol.** If a trunk link or node fails, the Tele-SWITCH Plus guarantees the integrity of all data.
  - **Menu-driven configuration.** The Tele-SWITCH Plus can be configured using an VT-100-compatible terminal connected directly or via a remote PAD. The user interface is completely menu driven.
  - **Immediate system configuration restoration.** System configuration parameters are stored in battery-backed SRAM. If a power failure occurs, the configuration information is safely protected and can be immediately reloaded once power is restored.
  - **NMS support.** Allows you to perform various configuration tasks from a remote location using a friendly graphical user interface. For more information, refer to the *Network Management System User's Guide*.
  - **Optional redundant power supplies and CPU and memory modules ensure reliability and uninterrupted network availability.** If the primary power supply, CPU module, or memory module fails, the Tele-SWITCH Plus will automatically switch to the redundant (backup) power supply or module.
  - **Open architecture design.** Enables the Tele-SWITCH Plus to currently support features such as Frame Relay, as well as emerging standards such as Primary Rate ISDN and FDDI. Moreover Telefile's ongoing commitment to the implementation of international standards ensures future compatibility and prevents system obsolescence.

## Hardware features

---

Your Tele-SWITCH Plus offers the following hardware features:

- Four convenient hardware configurations to meet your current and future requirements.
- High-performance CPU module. Depending on the model, the CPU's microprocessor can operate at speeds up to 66 MHz and support up to 16 MB of RAM.
- Advanced Multi-Function Board (MFB) modules, which contains up to 16 MB of DRAM memory, two blocks of six Flash EPROMs, EEPROMs, and SRAM, and a battery-backed calendar.
- Network Direct Input/Output (NDIO) and/or Network Quad Input/Output (NQIO) modules:
  - NDIO modules contain two SGS-Thomson high-performance X.25 chips (MK 5025). Each NDIO module can support up to two links. NDIO modules transfer data between memory and the links connected to the NDIO module.
  - NQIO modules perform the same functions as NDIO modules, but double the number of supported links to four per module.
- X.21, V.24/RS-232-E, RS-449, and V.35 interface modules, each of which provides two or four links whose interface (DTE or DCE) and speed can be independently configured.

For more information on the Tele-SWITCH Plus hardware, refer to Chapter 2.

## System level features

---

Your Tele-SWITCH Plus offers the following system level features:

- pSOS+ real-time operating system
- Software and configuration download
- Remote control capability

## X.25 Level 2 (LAP-B) features

---

Your Tele-SWITCH Plus offers the following link level features:

- Flexible options for initial frame or link start procedure
- Configurable station address (DTE or DCE)
- Level 2 configurable as modulo 8 or 128
- Window size from 1 to 7 for modulo 8, and from 1 to 127 for modulo 128, both at Level 2
- Configurable T1 and T3 timers
- Automatic N1 configuration
- Configurable N2 parameter
- Idle RR polling

## X.25 packet level features

---

Your Tele-SWITCH Plus offers the following X.25 packet level features:

- Conforms to CCITT 1988 specifications with backward compatibility to 1980 and 1984
- Modulo 8 or 128, configurable
- Window size from 1 to 7 for modulo 8 and from 1 to 127 for modulo 128
- Packet sizes of 16, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, and 4096 bytes
- DTE or DCE procedures supported and user-configurable
- DTE and DCE diagnostic cause code supported
- Basic format and extended call setup and clear packets supported
- Employs T10/T20, T11/T21, T12/T22, and T13/T23 timers.
- All LCN ranges user-configurable
- Choice of restart packet or "silent" mode at initial restart procedure
- Simple mechanism for facility subscription
- D-, M-, and Q-bit supported
- Optional reject, diagnostic, and registration packet support



- **Support for the following facilities:**
  - On-line facility registration
  - Extended packet sequence numbering
  - D-bit modification
  - Packet retransmission
  - Incoming and outgoing calls barred
  - One-way logical channel outgoing and incoming
  - Nonstandard default packet and window sizes
  - Default throughput classes assignment
  - Flow control parameter negotiation
  - Throughput class negotiation
  - Closed user group-related facilities
  - Bilateral closed user group-related facilities
  - Fast select and fast select acceptance
  - Reverse charging and reverse charging acceptance
  - Local charging prevention
  - Network user identification (NUI) related facilities
  - Charging information
  - RPOA-related facilities
  - Hunt group
  - Call redirection- and call deflection-related facilities
  - Call line address modified notification
  - Transit delay selection and indication
  - TOA/NEI address subscription
- **Test packet generation feature for call and data packet generation**
- **Simple configuration of X.121 addresses**
- **Flexible address translation feature**
- **Calling address insertion supported**

---

## Frame Relay features

---

Your Tele-SWITCH Plus offers the following Frame Relay features:

- Compatible with ANSI T1.617 and T1.618 standards
- CCITT Q.921 core aspects compliant
- LMI support
- FECN-, BECN-, and DE-bit supported

The section entitled "Applications," on page 1-7, illustrates how Frame Relay can be used in a typical application.

## Operator interface level features

---

Your Tele-SWITCH Plus offers the following operator interface level features:

- Full-screen interface for VT-100/ANSI terminals
- System message line to report error
- Remote control access from X.25 terminals emulating a VT-100 ANSI-compatible terminal connected to an asynchronous PAD
- Dynamic updating of links
- Comprehensive, up-to-the-minute statistics reporting

FALLA DE ORIGEN

## Models

The Tele-SWITCH Plus is available in six versions:

- A Tower I model
- A Tower II model
- Three Micro-TOWER models
- A rack-mount model

All models support X.25/X.75/Frame Relay links. The following sections describe these models.

Table 1-1 summarizes the number of links supported by each model.

Table 1-1. Summary of Models and the Links They Support

Model	Number of X.25/X.75/Frame Relay Links Supported	
	NDIO Modules	NQIO Modules
Tower I	10 links	20 links
Tower II	20 links	40 links
3-Slot Micro-TOWER	4 links or 12 PAD ports	8 links or 12 PAD ports
4-Slot Micro-TOWER	6 links or 24 PAD ports	12 links or 24 PAD ports
6-Slot Micro-TOWER	8 links or 36 PAD ports	16 links or 36 PAD ports
Open Frame Rack-Mount	36 links	72 links

**Tower I** The Tower I system is an ideal cost-effective solution to remote switching, concentration, or small network applications. Tower I systems support up to 10 X.25/X.75/Frame Relay links using NDIO modules or 20 X.25/X.75/Frame Relay links using NQIO modules (NQIO modules currently support RS-232C/24 interfaces).

**Tower II** The Tower II system is uniquely designed for small-to-medium networking applications. Tower II systems provide twice the capacity of the Tower I system, supporting up to 20 X.25/X.75/Frame Relay links using NDIO modules or 40 X.25/X.75/Frame Relay links using NQIO modules (NQIO modules currently support RS-232C/24 interfaces).

---

**Micro-TOWER** Three Micro-TOWER models are available.

- One model provides three slots and can support up to eight X.25/X.75/Frame Relay links, or up to 12 PAD ports of varying protocols.
- A second model provides four slots and can support up to 12 links of X.25/X.75/Frame Relay links, or up to 24 PAD ports of varying protocols.
- A third model provides six slots and can support up to 16 links of X.25/X.75/Frame Relay links, or up to 48 PAD ports of varying protocols.

The Micro-TOWER units can be used as stand-alone systems or rack-mounted, depending on your requirements.

**Open frame rack-mount** The open frame rack-mount system supports up to 18 slots for X.25/X.75/Frame Relay links. NDIO modules provide up to 36 links and NQIO modules provide up to 72 links (NQIO modules currently support RS-232/V.24 interfaces).

The open frame rack-mount model is specifically designed for mounting in standard, 19-inch equipment bays. The rack-mount model provides the perfect foundation for medium-to-large networks.

---

## Applications

The Tele-SWITCH Plus is specifically designed for today's demanding multi-protocol applications, and can easily accommodate any simple or sophisticated networking requirements. Its sophisticated routing algorithm and high-performance allow the Tele-SWITCH Plus to accommodate multiple protocols at speeds up to 2 Mbps.

To maximize your network, you can combine the Tele-SWITCH Plus with Telefile, Inc.'s other high-performance communications products, including multi-protocol Packet Assemblers/Disassemblers (PADs) and LAN-to-WAN connectivity devices. Telefile, Inc. also provides a Network Management System (NMS) to manage them.

Figure 1-1 shows how the Tele-SWITCH Plus can be internetworked to accommodate all of your connectivity requirements. Table 1-2 summarizes the internetworked connections shown in Figure 1-1.

FALLA DE ORIGENI

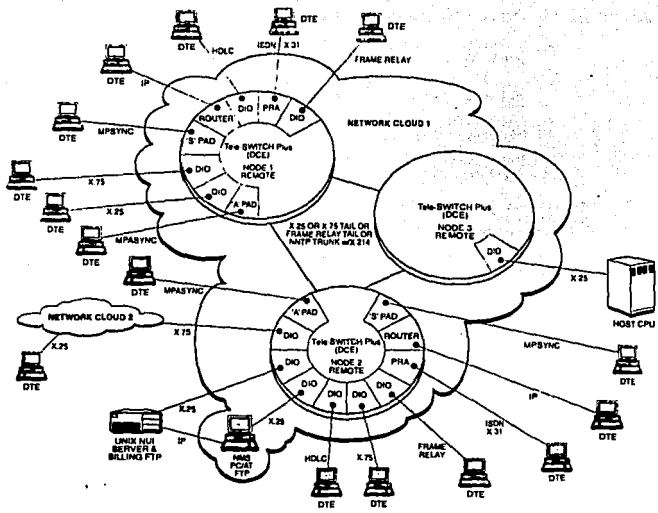


Figure 1-1. Tele-SWITCH Plus connectivity

Table 1-1. Tele-SWITCH Plus Connectivity

Transmitting DTE Sends Data Using...	Receiving DTE Obtains Data Using...	Tele-SWITCH Plus Interface	Communications Method
X.25	X.25	NDIO module	Peer to Peer
X.25	X.75	NDIO module	Gateway
X.25	ISDN (X.31)	PRA module	Gateway
X.75	X.75	NDIO module	Peer to Peer
X.75	X.25	NDIO module	Gateway
Frame Relay	Frame Relay	NDIO module	Peer to Peer
ISDN (X.31)	ISDN (X.31)	PRA module	Peer to Peer
ISDN (X.31)	X.25	PRA module	Gateway
HDLC <sup>1</sup>	HDLC	NDIO module	Point to Point
IP <sup>2</sup>	IP	Router module	Peer to Peer
MPA	MPA	Asynchronous PAD module	Via X.25
MPA	MPA	Asynchronous FRAD module	Via Frame Relay
MPA	MPA	Asynchronous PAD module	Via NNTP
MPS <sup>3</sup>	MPS	Synchronous PAD module	Via X.25
MPS	MPS	Synchronous FRAD module	Via Frame Relay
MPS	MPS	Synchronous PAD module	Via NNTP

<sup>1</sup> HDLC protocols supported:

LAP  
LAPB  
Frame Relay  
ICL CO3 (Full XBM)  
SDLC  
PPP  
Some statistical multiplexors, such as  
the CODEX 6000 series  
Many others

<sup>2</sup> IP protocols supported:

Routing:  
TCP/IP  
Novell IPX  
Xerox XNS  
Apple Talk  
DECnet Phase IV  
Bridging:  
802.1 transparent (Ethernet  
only)

<sup>3</sup> Synchronous protocols  
supported:

IBM SNA/SDLC  
IBM SNA/3270  
IBM BSC/3270  
IBM BSC/3270/ATM  
IBM BSC/RJE  
UNISYS Uniscopy/UTS  
NCR polled asynchronous  
UNISYS polled asynchronous  
Asynchronous (up to 150  
terminal types)

FALLA DE ORIGEN

## X.25 applications

---

Figure 1-2 shows how the Tele-SWITCH Plus can be used as an X.25 concentrator.

Figure 1-3 shows how the Tele-SWITCH Plus can be used to connect small private X.25 networks via a Public Data Network (PDN). In this application, a Tele-SWITCH Plus in each private X.25 network provides the gateway to the PDN. In this way, the users of one private X.25 network will seemingly have a direct, "transparent" connection to the other private X.25 network, as well as access to other PDN resources.

Figure 1-4 shows how the Tele-SWITCH Plus can be used as a backbone for providing nodes with a gateway to a PDN.

For in-depth information on specific applications, please refer to Chapter 16.

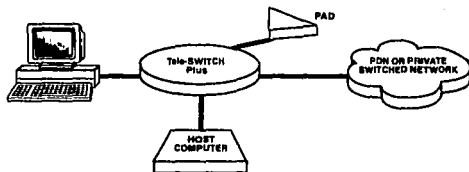


Figure 1-2. X.25 concentrator application

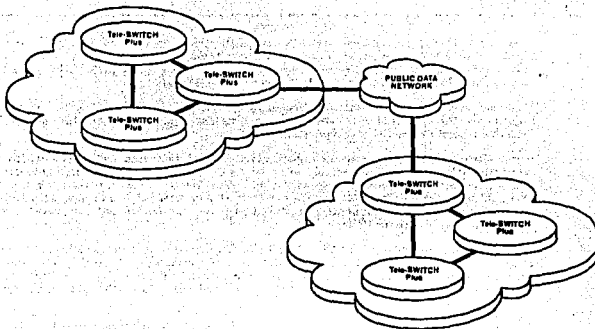


Figure 1-3. X.25 private network application

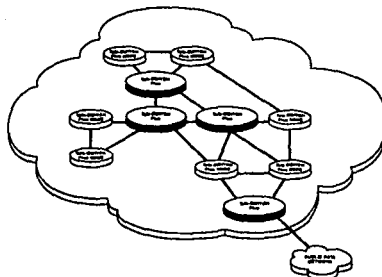


Figure 1-4. Public/private data network application

FALLA DE ORIGEN



## Frame Relay applications

Your Tele-SWITCH Plus offers state-of-the-art, high-performance Frame Relay functionality. Combined with X.25 functionality, Frame Relay provides a powerful data transport facility. For maximum compatibility, the Frame Relay feature conforms to the CCITT, ANSI, and Local Management Interface (LMI) standards for data communications.

This section provides an overview of Frame Relay and how it can significantly expand and improve the throughput of your network communications. Figure 1-5 shows the Tele-SWITCH Plus in a typical Frame Relay configuration.

Frame Relay offers data networks high throughput and increased use of bandwidth with relatively little overhead. The protocol itself provides little error recovery, leaving this task to the user's devices (such as host front ends, for example). While this may seem to be a critical oversight by the protocol's developers, the resulting service provided by a Frame Relay Network is satisfactory because of the protocol's suitability for use with Digital Services provided by the common carriers (Telcos or PTTs).

Better-known protocols such as X.25 and SNA SDLC, referred to as "heavyweight" protocols due to their complexity and overhead, provide high levels of service when the quality of communications circuits is questionable. These protocols are fine for use with analog services. However, the introduction of digital services has significantly reduced the need for the additional overhead needed to transmit data without errors.

Frame Relay was originally used to transfer TCP/IP data between IP routers, where TCP/IP's built-in error recovery obviated the need for additional overhead provided by X.25 or other "heavyweight" protocols. However, in some applications where recovery from data loss or out-of-sequence data is not provided, or signalling of error conditions is required, you may want to take advantage of the X.25 protocol rather than using Frame Relay.

By offering you both X.25 and Frame Relay support, Telefile, Inc. offers you the best of both data communication worlds in one product — the Tele-SWITCH Plus.

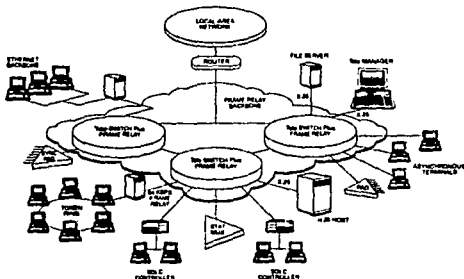


Figure 1-5. Frame Relay application

---

## Sample configurations

---

The Tele-SWITCH Plus can be used in a basic or redundant configuration. These configurations allow the Tele-SWITCH Plus to meet your current networking needs and grow as your requirements increase.

In a basic configuration, the Tele-SWITCH Plus contains the following components:

- **A CPU module** — which controls the operation of the Tele-SWITCH Plus. It also provides a connector for monitoring and configuring the system, gathering statistics, and performing diagnostics. For even greater control over the Tele-SWITCH Plus, you can use Telefile's Network Management System (NMS). A complete description of the Network Management System beings in Chapter 5.
- **A Multi-Function Board (MFB) module** — which contains dynamic Random-Access Memory (RAM) for buffering data in transit.
- **A Network Direct Input/Output (NDIO) module** — which can accommodate one interface module and supports two links.

**OR**

- **A Network Quad Input/Output (NQIO) module** — which can accommodate one interface module and supports four links.
- **One interface module** — which connects to the NDIO or NQIO module and provides the physical interface for the links. Each interface module that connects to an NDIO module supports two links; these interface modules are available for RS-232V.24/K.21bis, RS-232V.24 with V.54 loopbacks, RS-449/K.27, V.10/V.11, V.35, and X.21 applications. Each interface module that connects to an NQIO module supports four links; these interface modules are available for RS-232V.24 applications.

Additional NDIO, NQIO, and interface modules can be installed to meet your particular system requirements.

For greater networking requirements, you can link (or daisy-chain) Tele-SWITCH Plus units via X.25 links. The connected Tele-SWITCH Plus units can be located in a central area or spread throughout different areas. Daisy-chained rack-mount units can even be located within the same cabinet.

You can also add a redundant CPU module, MFB module, and power supply to ensure network availability. Then, if a primary CPU or MFB module or power supply fails, the backup component takes over. Redundant CPU and MFB modules occupy one slot each in the Tele-SWITCH Plus, reducing by two the number of slots available for NDIO/NQIO and interface modules.

FALLA DE ORIGEN

---

## Network configuration and management

---

The Tele-SWITCH Plus provides a powerful yet easy-to-use menu-driven network-management utility that provides total management and control over the Tele-SWITCH Plus. Using menus and commands, a user can perform configuration-management tasks, statistical analysis, system control, and diagnostics. Moreover, features such as automatic routing table generation and distributed nodal routing intelligence simplify network additions, changes, and deletions.

Network management tasks can be performed locally at the Tele-SWITCH Plus location using a directly connected VT-100 terminal, or remotely using the Tele-VIEW or Tele-MANAGER Network Management System (NMS). The Tele-VIEW and Tele-MANAGER NMS also allow both operating software and configuration records to be downloaded, greatly reducing time and effort.

The second half of this manual, beginning with Chapter 4, provides instructions for using the network-management utility.

*Note:* The network-management utility's ease of use does not obviate the need for careful system planning. To assist you in planning your system, please use the worksheets in Appendix B in conjunction with the network-management chapters in this manual.

---

---

**Specifications**

---

<b>Tower I</b>	<b>Height</b>	<b>Width</b>	<b>Depth</b>	
	15 inches (38.1 cm)	7.5 inches (19.1 cm)	13.5 inches (34.3 cm)	
<b>Tower II</b>	<b>Height</b>	<b>Width</b>	<b>Depth</b>	
	15 inches (38.1 cm)	11 inches (27.9 cm)	13.5 inches (34.3 cm)	
<b>Micro-TOWER (3 slots)</b>	<b>Height</b>	<b>Width (stand-alone) (rack-mount)</b>	<b>Depth</b>	
	2.3 inches (5.84 cm)	13.7 inches (34.80 cm)	19 inches (48.26 cm)	14.3 inches (36.32 cm)
<b>Micro-TOWER II (4 slots)</b>	<b>Height</b>	<b>Width (stand-alone) (rack-mount)</b>	<b>Depth</b>	
	3.32 inches (8.43 cm)	13.7 inches (34.80 cm)	19 inches (48.26cm)	14.3 inches (36.32 cm)
<b>Micro-TOWER II (8 slots)</b>	<b>Height</b>	<b>Width (stand-alone) (rack-mount)</b>	<b>Depth</b>	
	5.36 inches (13.61 cm)	13.7 inches (34.80 cm)	19 inches (48.26cm)	14.3 inches (36.32 cm)
<b>Rack-Mount</b>	<b>Height</b>	<b>Width</b>	<b>Depth</b>	
	10.5 inches (26.7 cm)	19 inches (48.3 cm)	12.5 inches (31.8 cm)	

**FALLA DE ORIGEN**

---

---

**Ordering information**

---

**System units and related options**

Model Designation	Description

**Cables and spare modules**

Model Designation	Description

**Maintenance contracts**

Model Designation	Description

---

## Chapter 2, Hardware components

**C**hapter 2 describes the hardware components that make up the Tele-SWITCH Plus.

---

### Overview

---

The Tele-SWITCH Plus consists of the following hardware components:

1. **One chassis with power supply.** There are six chassis configurations available. See page 2-2.
2. **One CPU module.** There are four types of CPU modules available. See page 2-8.
3. **One Multi-Function Board (MFB) module.** See page 2-16.
4. **At least one NDIO or one NQIO module.** One Network Direct Input/Output (NDIO) module can accommodate one interface module supporting two links (see page 2-17). One Network Quad Input/Output (NQIO) module can accommodate one interface module supporting four links (see page 2-19).
5. **At least one interface module.** Each interface module provides the physical (link) interface to the Tele-SWITCH Plus via the NDIO or NQIO module. Each NDIO interface module supports two links (see page 2-21) and each NQIO interface module supports up to four links (see page 2-21).

You can add NDIO/NQIO and interface modules to the Tele-SWITCH Plus to meet your system requirements.

In addition, you can install an optional second power supply, CPU module, and MFB module for redundant (backup) operation. This will ensure continued operation should the primary power supply or module fail. Please contact your Telefile representative for more information.

FALLA DE ORIGEN

---

## Chassis and power supply

---

There are seven configurations available:

- Tower I — see the next section.
- Tower II — see the next section.
- Micro-TOWER (3 slots) — see page 2-4.
- Micro-TOWER (4 slots) — see page 2-4.
- Micro-TOWER (6 slots) — see page 2-4.
- Rack-mount — see page 2-6.
- Mega-SWITCH Plus — see page 2-6.

### Tower I and Tower II enclosures

The Tower I contains a 7-slot system backplane in a 6U chassis. The Tower II contains a 12-slot system backplane in a 6U chassis. All major component modules are mounted into the front of the unit.

Slots at the back of the units accept interface cards that plug into the P2 connector of the Network Direct Input/Output (NDIO) modules or Network Quad Input/Output (NQIO) modules. The system backplane and chassis are mounted within a cabinet. The cabinet also contains the power supply.

Both units have an integral fan at the rear of the cabinet, along with an IEC main power outlet and fuse module.

Figure 2-1 shows a Tower I enclosure. Figure 2-2 shows a Tower II enclosure.

FALLA DE ORIGEN





**Micro-TOWER** The Micro-TOWER comes in three configurations, one that contains a 3-slot system backplane in a 6U chassis, another that contains a 4-slot system backplane in a 6U chassis, and another that contains a 6-slot system backplane in a 6U chassis.

All major component modules are mounted in the front panel. Slots at the rear of the unit accept interface cards that plug into the P2 connector of the NDIO modules or Network Quad Input/Output (NQIO) modules. All three Micro-TOWER models contain a power supply and fan on the side of the unit, along with an IEC main power outlet and fuse module.

The Micro-TOWER models can be used in a stand-alone configuration or mounted in a standard 19-inch rack.

Figure 2-3 shows the front view of a 3-slot Micro-TOWER enclosure and Figure 2-4 shows the back view. Figure 2-5 shows a 4-slot Micro-TOWER enclosure, and Figure 2-6 shows a 6-slot Micro-TOWER enclosure.

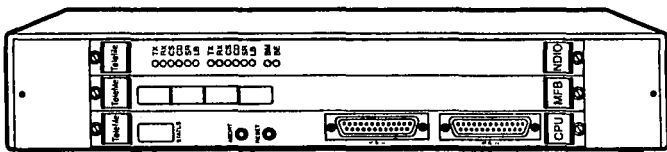


Figure 2-3. Three-slot Micro-TOWER enclosure (front view)

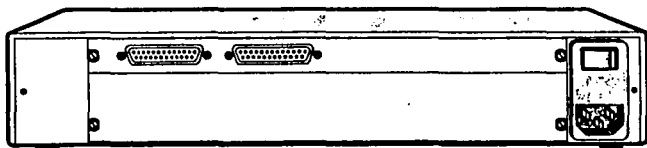


Figure 2-4. Three-slot Micro-TOWER enclosure (back view)

FALLA DE ORIGEN

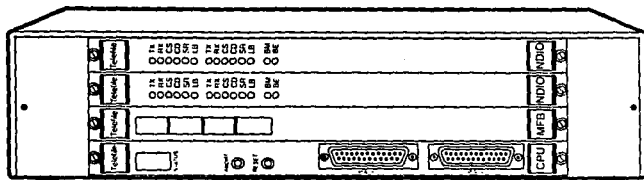


Figure 2-5. Four-slot Micro-TOWER enclosure

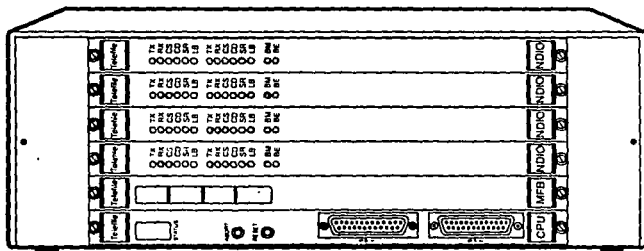


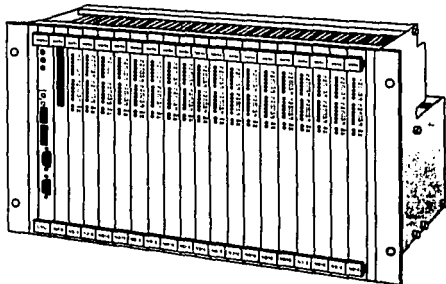
Figure 2-6. Six-slot Micro-TOWER enclosure

FALLA DE ORIGEN

**Rack-mount chassis**

The rack-mount chassis contains a 20-slot system backplane mounted in a 6U chassis. All major component modules are mounted in the front panel. Slots at the back of the unit accept interface cards that plug into the P2 connector of the NDIO modules or Network Quad Input/Output (NQIO) modules. A power supply plugs into the system backplane via a multi-way CAN-KON/BENDIX connector, or it may be integrally mounted.

Both the chassis and power supply are securely mounted in a standard 19-inch rack. Fan packs for forced-air cooling are available. Figure 2-7 shows a rack-mount chassis.



**Figure 2-7. Rack-mount chassis**

**Mega-SWITCH Plus**

The Mega-SWITCH Plus supports from 38 to 544 X.25/X.75 links and is capable of processing over 50,000 switched packets per second.

The Mega-SWITCH Plus is comprised of interconnected rack-mount chassis housed in a 19-inch rack chassis within an attractive vertical communications cabinet (see Figure 2-8). Its small footprint makes the Mega-SWITCH Plus ideal for environments that have floor space constraints. Although multiple rack-mount chassis are used to form the Mega-SWITCH Plus, the Mega-SWITCH Plus can be addressed as a single node.

If your networking requirements exceed the capabilities of a single Mega-SWITCH Plus, several Mega-SWITCH Plus units can be configured to create global network backbones, providing major nodal switching functions for large private, public, or government networks. The mega-SWITCH Plus is certified by most public networks throughout the world, including Tymnet, Telenet, the British Post Office Packet Switch Stream (PSS), and Globenet.

In addition, integral LAN routers and multi-protocol PADs can be intermixed in any combination to provide the connectivity and performance required by large networks.

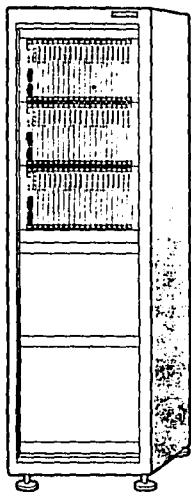


Figure 2-8. Mega-SWITCH Plus

FALLA DE ORIGEN

---

## CPU modules

---

The Tele-SWITCH Plus requires at least one CPU module and, optionally, can accommodate a second CPU module for redundant (backup) operation.

There are four versions of CPU modules:

- **An MVME-101 or equivalent CPU module** — based on the Motorola 68000 microprocessor, with operation at 8, 10, 12.5, or 16.67 MHz. This module is described below.
- **An MVME-135 or equivalent CPU module** — based on the Motorola 68020 microprocessor, with operation at either 16.67 or 20 MHz. This module is described on page 2-10.
- **An MVME-143 or equivalent CPU module** — based on the Motorola 68030 microprocessor, with operation at 16.67, 20, 25, 33.3, 40, 50, or 66 MHz. This module is described on page 2-12.
- **An MVME-165 or equivalent CPU module** — based on the Motorola 68040 microprocessor, with operation at 25, 33.3, or 50 MHz. This module is described on page 2-14.

Facing the front of the Tele-SWITCH Plus, the CPU module occupies the first (leftmost) slot in the Tele-SWITCH Plus. If a redundant CPU module is used, it is installed in the slot to the right of the first CPU module.

The CPU module controls the operation of the Tele-SWITCH Plus. It executes operating system software and contains Random-Access Memory (RAM) used to execute programs. The CPU module also provides an asynchronous channel that can be used to setup and monitor network-management activities.

The following sections describe the hardware components found on these CPU modules.

---

### MVME-101 CPU module

---

The front panel of the MVME-101 CPU module has a hexadecimal status display indicator, a reset switch, an abort switch, and two connectors. Figure 2-9 shows the hardware components of the MVME-101 CPU module.

**Status indicator** The status indicator will display 0 continuously. The line in the middle of the 0 will flash as packets are processed. This is normal operation.

**MSO switch** The MSO switch provides a manual switch-over function. This switch can be used to switch over CPU module operation from one CPU module to a second (redundant) CPU module without interrupting Tele-SWITCH Plus operations. Once a manual switch over is performed on a CPU module, the OOS (out of service) LED on that CPU module goes ON, indicating that the out-of-service module can be safely removed from the Tele-SWITCH Plus.

**ABORT switch** The ABORT switch is used for diagnostic purposes only. You should not use it unless instructed by Telefile Technical Support.

**RESET switch** If you press the **RESET** switch, the following actions occur:

- A hardware reset is performed.
- All calls in progress are lost.

If you suspect that the hardware or software has entered a nonrecoverable state, use this switch as a last resort to exit the Tele-SWITCH Plus from this state. After the Tele-SWITCH Plus is reset, it will resume normal operation.

**OOS LED** The **OOS LED** goes ON when the **MSO** switch has been pressed on the CPU module to switch CPU operations to a redundant CPU module. When the **OOS LED** goes ON, it indicates that the CPU module is currently **Out Of Service** and can be safely removed from the Tele-SWITCH Plus without having to interrupt or power-down the Tele-SWITCH Plus.

**SP2 connector** The **SP2** connector allows you to configure, monitor, and manage the Tele-SWITCH Plus using a directly attached VT-100 ANSI-compatible terminal. Configuration information is described in the second half of this manual, starting with Chapter 4. The pin assignments for this connector are described in Appendix D.

*Note:* The **SP1** connector is reserved for technical support and is not used for operation.

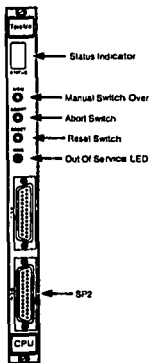


Figure 2-6. MVME-101 CPU module hardware components

FALLA DE ORIGEN

## MVME-135 CPU module

The front panel of the MVME-135 CPU module has three LED indicators, a reset switch, an abort switch, and two connectors. Figure 2-10 shows the hardware components of the MVME-135 CPU module.

**LED indicators** The front panel provides three LED indicators:

- A red **FAILED** LED
- A red **HALT** LED
- A green **RUN** LED

Their functions are described in Table 2-1.

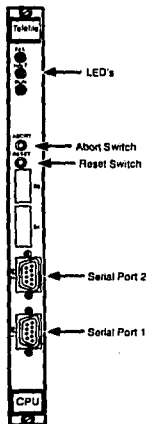


Figure 2-10. MVME-135 CPU module hardware components

FALLA DE ORIGEN

Table 2-1. LED status on the MVME-135 CPU module

"FAIL" LED	"HALT" LED	"RUN" LED	Meaning
			The CPU is not receiving power.
		●	Normal operation.
	●		CPU module has halted.
	●	●	CPU module has halted.
●			CPU module has failed.
●	●		CPU module has failed.
●	●	●	CPU module has halted.

In the above table, a ● in a column means the LED is ON.

**ABORT switch** The **ABORT** switch is used for diagnostic purposes only. You should not use it unless instructed by Telefile Technical Support.

**RESET switch** If you press the **RESET** switch, the following actions occur:

- A hardware reset is performed.
- All calls in progress are lost.

If you suspect that the hardware or software has entered a nonrecoverable state, use this switch as a last resort to exit the Tele-SWITCH Plus from this state. After the Tele-SWITCH Plus is reset, it will resume normal operation.

**SP2 connector** The **SP2** connector allows you to configure, monitor, and manage the Tele-SWITCH Plus using a directly attached VT-100 ANSI-compatible terminal. Configuration information is described in the second half of this manual, starting with Chapter 4. The pin assignments for this connector are described in Appendix D.

**Note:** The **SP1** connector is reserved for technical support and is not used for operation.

FALLA DE ORIGEN



## MVME-143 CPU module

---

The front panel of the MVME-143 CPU module has five LED indicators, a reset switch, an abort switch, and one connector. Figure 2-11 shows the hardware components of the MVME-143 CPU module.

**LED indicators** The front panel provides five LED indicators:

- A red **FAIL** LED
- A yellow **STATUS** LED
- A green **RUN** LED
- A green **SCON** LED
- A red **FUSE** LED

**ABORT switch** The **ABORT** switch is used for diagnostic purposes only. You should not use it unless instructed by Telefile Technical Support.

**RESET switch** If you press the **RESET** switch, the following actions occur:

- A hardware reset is performed.
- All calls in progress are lost.

If you suspect that the hardware or software has entered a nonrecoverable state, use this switch as a last resort to exit the Tele-SWITCH Plus from this state. After the Tele-SWITCH Plus is reset, it will resume normal operation.

**SP1 connector** The **SP1** connector allows you to configure, monitor, and manage the Tele-SWITCH Plus using a directly attached VT-100 ANSI-compatible terminal. Configuration information is described in the second half of this manual, starting with Chapter 4. The pin assignments for this connector are described in Appendix D.

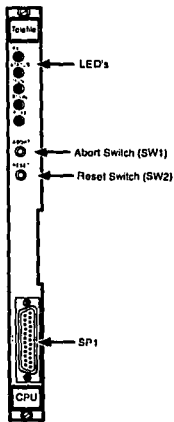


Figure 2-11. MVME-143 CPU module hardware components

---

## MVME-165 CPU module

---

The front panel of the MVME-165 CPU module has four LED indicators, a reset switch, an abort switch, and two connectors. Figure 2-12 shows the hardware components of the MVME-165 CPU module.

**LED indicators** The front panel provides four LED indicators:

- A red **FAIL** LED
- A yellow **HALT** LED
- A green **RUN** LED
- A green **SCON** LED

**ABORT switch** The **ABORT** switch is used for diagnostic purposes only. You should not use it unless instructed by Telefile Technical Support.

**RESET switch** If you press the **RESET** switch, the following actions occur:

- A hardware reset is performed.
- All calls in progress are lost.

If you suspect that the hardware or software has entered a nonrecoverable state, use this switch as a last resort to exit the Tele-SWITCH Plus from this state. After the Tele-SWITCH Plus is reset, it will resume normal operation.

**SERIAL PORT 1 connector** The **SERIAL PORT 1** connector allows you to configure, monitor, and manage the Tele-SWITCH Plus using a directly attached VT-100 ANSI-compatible terminal. Configuration information is described in the second half of this manual, starting with Chapter 4. The pin assignments for this connector are described in Appendix D.

*Note:* The **SERIAL PORT 2** connector is reserved for technical support and is not used for operation.

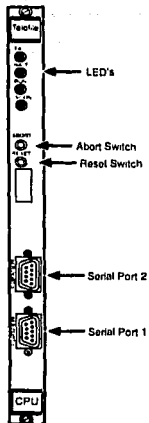


Figure 2-12. MVME-165 CPU module hardware components

## Multi-Function Board (MFB) module

The Tele-SWITCH Plus can accommodate multiple Multi-Function Board (MFB) modules. The MFB module is installed in next available slot adjacent to the CPU module(s).

Each MFB module contains the following items:

- **Four blocks of DRAM memory, each supporting 1 to 4 MB** — which are used to buffer data in transit.
- **Two blocks of 4 x 32 pin sockets for EPROMs, flash EPROMs, EEPROMs, and SRAM** — which are used to store configuration information and software.
- **A battery-backed calendar** — which maintains the system's real-time clock. The battery backup will last for 10 years.
- **A four-digit hex LED display indicator** — the bottom indicator shows a number 0 through 9 to indicate normal operation. The top three indicators show the number of diagnostic records in the Alarm Log. This value is read from bottom to top (refer to Chapter 11 for more information). If the Tele-SWITCH Plus encounters a fatal alarm, an **A** appears in the bottom indicator. If this happens, write down the error code, press the Reset switch on the CPU module to return to normal operation, and contact your Telefile Representative.

Figure 2-13 shows the front of the MFB module.

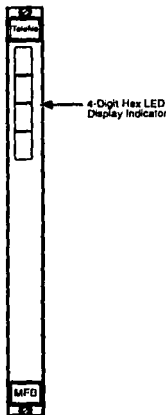


Figure 2-13. Multi-Function Board (MFB) module

FALLA DE ORIGEN

## Network Direct Input/Output (NDIO) module

The Network Direct Input/Output (NDIO) module is an input/output controller that transfers data between memory and the links connected to the NDIO module. The number of NDIO modules that can be supported varies with the Tele-SWITCH Plus model:

- **Tower I model** — supports up to five NDIO modules.
- **Tower II model** — supports up to 10 NDIO modules.
- **Micro-TOWER** — the 3-slot model supports up to two NDIO modules. The 4-slot model supports up to three NDIO modules. The 6-slot model supports up to five NDIO modules.
- **Rack-mount model** — supports up to 18 NDIO modules.

Each NDIO module can accommodate an interface card that supports two links. Depending on the interface type, each link can operate at data rates up to 2.048 Mbit/s. For each link, there is a group of six front panel LEDs that show the status of the control and data signals at the link interface. These indicators are labeled TX, RX, CS, CD, SR, and LB.

The interface module (described on page 2-21) allows each link to be independently configured as Data Terminal Equipment (DTE) or Data Communications Equipment (DCE). If a link interface is configured as DTE, the signal names on the NDIO LEDs will directly apply. For example, the TX indicator will show the status of Transmitted Data output from the NDIO module via EIA pin 2 on the interface.

If a link interface is configured as DCE, certain signal assignments will be crossed-over at the interface and the NDIO LED functions will be reversed. For example, output data will now be referred to as Received Data and will be present on EIA pin 3 of the interface. The TX indicator will show the status of the Received Data.

Table 2-2 shows the functions of the NDIO link interface LEDs.

Table 2-2. NDIO link interface LEDs

LED	When configured as DTE...	When configured as DCE...
TX	Transmitted Data (input)	Received Data (output)
RX	Received Data (output)	Transmitted Data (input)
CS	Clear To Send (input) <sup>1</sup>	Data Carrier Detect (output) <sup>2</sup>
CD	Data Carrier Detect (input) <sup>2</sup>	Request To Send (input) <sup>1</sup>
SR	Data Set Ready (input) <sup>4</sup>	Data Terminal Ready (input) <sup>5</sup>
LB	Loopback Indicator <sup>6</sup>	Loopback Indicator <sup>6</sup>

<sup>1</sup> This LED is not used for X.21 interfaces.  
<sup>2</sup> For X.21 interfaces, this LED indicates the Control (CON) signal status when configured as DTE.  
<sup>3</sup> For X.21 interfaces, this LED indicates the Indication (IND) signal status when configured as DCE.  
<sup>4</sup> For X.21 interfaces, this LED indicates the Indication (IND) signal status when configured as DTE.  
<sup>5</sup> For X.21 interfaces, this LED indicates the Control (CON) signal status when configured as DCE.  
<sup>6</sup> This indicator indicates an internal loopback condition and is used for software testing only.

The NDIO module also provides two additional LEDs, BM and BE, described in Table 2-3.

Table 2-3. BM and BE LEDs

LED	Name	Description
BM	Bus Master	This LED goes ON when the NDIO module takes control of the VME bus to transfer data. During normal operation, this LED glows or flickers. If it remains ON continuously, the NDIO module may be faulty and you should contact Technical Support.
BE	Bus Error	This LED goes ON when a bus error has occurred. During normal operation, this LED should be OFF.

The NDIO module also has two thumbwheel (rotary) switches. These switches specify the address for each link supported by the NDIO module. These switches are preset at the factory for the correct address. You should not need to change them unless you add or remove cards from your system. (Chapter 3 describes how to set these switches.)

The NDIO module can be equipped with an optional RS-449 connector if you want to connect an RS-449 device directly to this module.

Figure 2-14 shows an NDIO module.



Figure 2-14. Network Direct Input/Output (NDIO) module

---

## Network Quad Input/Output (NQIO) module

---

The Network Quad Input/Output (NQIO) module is an input/output controller that transfers data between memory and the links connected to the NQIO module. The number of NQIO modules that can be supported varies with the Tele-SWITCH Plus model:

- **Tower I model** — supports up to five NQIO modules.
- **Tower II model** — supports up to 10 NQIO modules.
- **Micro-TOWER** — the 3-slot Micro-TOWER model supports up to two NQIO modules. The 4-slot model supports up to three NQIO modules. The 6-slot model supports up to five NQIO modules.
- **Rack-mount model** — supports up to 18 NQIO modules.

Each NQIO module can accommodate an interface card that supports four V.24/RS-232 links. The interface modules (described on page 2-21) allow each link to be independently configured as Data Terminal Equipment (DTE) or Data Communications Equipment (DCE).

Depending on the interface type, each link can operate at data rates up to 2.048 Mbit/s. For each link, there is a group of three front panel LEDs that show the status of the control and data signals at the link interface. These indicators are labeled BM, L1, and L2. Table 2-4 shows the functions of the NQIO link interface LEDs.

Table 2-4. NQIO link Interface LEDs

LED	Name	Description
BM	Bus Master	This LED goes ON when the NQIO module takes control of the VME bus to transfer data. During normal operation, this LED glows or flickers. If it remains ON continuously, the NQIO module may be faulty and you should contact Technical Support.
L1	Level 1	This LED goes ON when the required EIA signal levels are present.
L2	Level 2	This LED goes ON when the frame (or link) layer is active.

The NQIO module also has two thumbwheel (rotary) switches. These switches specify the address for each link supported by the NQIO module. These switches are preset at the factory for the correct address. You should not need to change them unless you add or remove cards from your system. (Chapter 3 describes how to set these switches.)

Figure 2-15 shows an NQIO module.





Figure 2-15. Network Quad Input/Output (NQIO) module

FALLA DE ORIGEN

---

## NDIO interface modules

---

An NDIO module can support one of the following interface modules:

- **X.21 interface module** — which provides an interface capable of balanced signalling in accordance with CCITT X.21 recommendations.
- **V.24/RS-232-C interface module** — which provides a standard EIA V.24 (RS-232-C) interface in accordance with CCITT V.24 and EIA RS-232-C recommendations.
- **V.35 interface module** — which conforms to CCITT V.35 recommendations.
- **RS-449 interface module** — which conforms to EIA RS-449 specifications.

Each interface module supports two links. Each link can be independently configured as a DTE or DCE interface. You can also independently configure the data rate for each link. Chapter 3 provides more information on configuring these NDIO interface modules.

---

## NQIO interface modules

---

Each NQIO module supports a V.24/RS-232-C interface module, which provides a standard V.24 (RS-232-C) interface in accordance with CCITT V.24 and RS-232-C recommendations.

Each interface module supports four links. Each link can be independently configured as a DTE or DCE interface. You can also independently configure the data rate for each link. Chapter 3 provides more information on configuring these NQIO interface modules.

**Notes:**