



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE ENTREGA DE  
SERVICIOS TELEFÓNICOS DE UNA EMPRESA DE  
TELECOMUNICACIONES

## TRABAJO ESCRITO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL

P R E S E N T A :

BENJAMIN ALEJANDRO ALDANA GARCIA

DIRECTOR DE TESIS:

M. en A. José Gonzalo Guerrero Zepeda



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

México, D.F., Ciudad Universitaria

Abril 2005

m. 343888



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 esta 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.

## **AGRADECIMIENTOS:**

Hace mucho tiempo, por el año de 1974 justamente cuando en mis planes estaba el casarme y aún no había terminado mi preparación universitaria, mi madre que siempre me apoyo, me dijo que si podía hacerlo, sin embargo me solicitó que terminara la escuela; así es que mi primer agradecimiento es para mi madre Bernarda (finada) que en forma continua siempre me alentó en todo. También agradezco su valioso apoyo a mi esposa Tomy que a través de los años siempre me ha motivado y a mis hijos Edson, Xochitl y Zoe Lizette, que con su comportamiento en el transcurso de la vida ha sido de beneficio para terminar este trabajo, así como a mis hermanos.

Desde el inicio de mi preparación escolar en la primaria hasta éste nivel profesional he tenido profesores que con sus enseñanzas forjarón mi vida y es muy probable que al omitir a alguno sea injusto y por eso de antemano pido disculpas, sin embargo voy a nombrar a profesores como Rosita, Salinas, Tito, Teodorito, Wulfrano, que me formaron en la primaria, y en la actualidad profesores como Elizabeth Moreno, Adolfo Velazco, Antonio Cordero, Gonzalo Guerrero, Silvina Hernández que con sus comentarios y enseñanzas han logrados que yo termine esta carrera que era mi ilusión. En lo que aportaron, también agradezco a mi colaboradora María Antonieta que con su valiosa ayuda en la revisión reciente del documento, hicieron posible la terminación de este trabajo.

He de darle también las gracias a dios, por haberme dado la chispa e iniciativa de querer terminar esta carrera de Ingeniería.

***Benjamín Alejandro***

# Índice

<b>Temas</b>	<b>Páginas</b>
Introducción	I, II
Capítulo I. Presentación del trabajo	1
Capítulo II. Antecedentes	2-10
Capítulo III. Definiciones y conceptos generales de transmisión	11-17
Capítulo IV. Conceptos teóricos de transmisión	18-26
Capítulo V. Modulación por codificación de pulsos (pcm)	27-43
Conclusiones	44
Glosario	45,46
Bibliografía	47

---

## Introducción

Con el propósito de realizar un trabajo que nos ayude a mejorar los procesos que sigue una compañía telefónica en la elaboración de una orden de trabajo, para todos los servicios que ofrece y que son dirigidos tanto a la misma compañía como a los clientes que ya se poseen en el campo de las telecomunicaciones, existen varias empresas que proporcionan los mismos beneficios. Por esta razón es necesario que se modifiquen definitivamente los errores que se presentan al momento de elaborar una orden de trabajo.

Como mencionaremos en el capítulo de antecedentes, la problemática tiene más de 12 años y representa una pérdida sustancial tanto de clientes como de capital, que se refleja de la siguiente manera. Al hacer todo el procedimiento que se ejemplifica en la emisión de una orden de trabajo y de inicio ya se tienen errores, como un retraso al momento de brindarle un servicio a un equipo, provoca que tanto para la misma compañía como para un cliente no se obtengan los servicios necesarios que ellos desean. Algunos de éstos son sus videoconferencias, voz y datos. También la empresa telefónica sufre pérdidas como las siguientes: que un técnico se desplace y llegue a una central o con un cliente con la orden de trabajo incorrecta y entonces se le tenga que objetar, perdiendo tiempo en regresar y corregir datos, así como el pago por la realización de la labor a determinados proveedores que cobran por ir al lugar sin llevarlo a cabo.

Existen antecedentes de que estos errores en las órdenes de trabajo son provocados porque no hay una secuencia de entrega de las bases de datos, “*lay out's*”, etc., en los diferentes cambios que prevalecen en la compañía telefónica obligadas por causas internas de la misma. Si se amplía esta exposición, queremos decir que si a un departamento de ingeniería que le ha tomado tiempo organizar unas bases de datos con todo y los frentes de bastidor donde se tienen rematadas las tributarias (la razón de señal de entrada más baja para un multiplexor), cuando se hacen cambios de personal se deja de actualizar los datos y por eso, en este proceso, se vuelven a repetir las desviaciones.

Describiremos también los capítulos siguientes:

En el Capítulo II se mencionan los antecedentes de una problemática que generó la necesidad de fijarse cómo se podría mejorar un proceso de elaboración de una orden de trabajo en una compañía telefónica, como son las distintas velocidades de los equipos, por los cuales van a los servicios.

En el Capítulo III describimos conceptos y definiciones de equipos de transmisión, que es la plataforma por donde se dirigen los servicios que proporciona una compañía telefónica.

---

En el Capítulo IV se describen todos los conceptos teóricos de transmisión desde una breve historia de las telecomunicaciones, sus reglamentos legales y los diferentes medios de emisión.

En el Capítulo V se analiza la modulación por pulsos codificados (pcm), la cual se actualiza para la transmisión de voz y datos. Para la transmisión de datos se afina el funcionamiento con sus etapas, características y aplicaciones; también se determinan los códigos pcm (*pulse code modulation*) y se exponen los tipos de multiplexación y el teorema de muestreo.

#### Objetivo del trabajo

El propósito esencial es apoyar, en las diferentes áreas de ingeniería, proyectos y suministros que participan en la elaboración de una orden de trabajo que sirve para la puesta en operación de diferentes servicios como son enlaces de video, datos, conmutados, dedicados, etc. Ésta debe ser emitida desde el inicio en tiempo y forma.

Esto quiere decir que un ejecutivo de cuenta que por primera vez contacta a un cliente para ofrecerle medios de transmisión adecuados a sus necesidades, sean capturados en los diferentes sistemas automatizados, sin que en ninguno de ellos se tengan datos erróneos en las bases de datos, que sirven como insumos desde la captura hasta la emisión y pueden ser terminados a tiempo los trabajos y mejorados los procesos a satisfacción del cliente.

---

# CAPITULO I

## **Presentación del trabajo**

Antes de tomar la decisión de realizar un trabajo sobre el tema de proyecto de mejoramiento de la puesta de servicios telefónicos a través de una orden de trabajo emitida por un área de un departamento de ingeniería en una compañía telefónica, pude verificar que con el transcurso de los años y hasta este momento que redacto estas palabras, seguimos observando bastantes anomalías en la presentación de una orden de trabajo para la puesta en servicio de un enlace para que sea aceptado por los distintos clientes. Algunos de ellos pertenecen a la misma compañía (departamentos internos) y otros son externos, quienes van a ser uso del servicio.

Hasta ahora una orden de trabajo emitida debería ser realizada y ejecutada en un mismo día, en el tiempo aproximado que se programe de acuerdo con el tipo de trabajo; sin embargo, al ser emitida la orden que aunque en la actualidad no lo ven como pérdidas sino como un retraso de programas, yo considero que se tienen muchas y que se pueden enumerar brevemente. Algunas de éstas son las siguientes: el tiempo, los traslados, los costos de gasolina y de los trabajadores, depreciación, etc.

Entonces en este trabajo pretendo presentar de una manera objetiva el desarrollo y mejoras en la emisión de órdenes de trabajo, que nos lleve a eliminar en forma definitiva los diferentes errores que provocan, retrasos y perdidas en todos los procesos de puesta en servicio de los enlaces telefónicos (dedicados, conmutados, datos, audio, etc.). Tanto internas dentro de la misma compañía, como para clientes externos.

---

Proyecto de Mejoramiento de Entrega de  
Servicios Telefónicos de una Empresa  
de Telecomunicaciones

## Capítulo II

### Antecedentes

Hace aproximadamente 12 años nació en el ámbito de las telecomunicaciones un departamento (Red Superpuesta), en el cual se comienzan a explotar los servicios de banda ancha hacia todos los clientes y grandes usuarios.

Estos beneficios llegan a los clientes a través de equipos telefónicos que cuentan con tecnología pdh (por sus siglas en inglés, *plesiochronous digital hierarchy*) y se modernizan con tecnologías de punta como sdh (por sus siglas en inglés, *synchronous digital hierarchy*), hasta llegar al dwdm (por sus siglas en inglés, *dense wide división*)

En un principio se trabajó a través de circuitos analógicos (cobre), con velocidades de 64,128 kb, y se han explotado hasta la fecha con equipos mms's (multiservicios), por donde se transmiten voces y datos.

Posteriormente se introdujeron equipos que transmiten voz, datos y video a 2 mbs. Éstos se encuentran multiplexados (procedimiento mediante el cual varias señales de capa de trayecto inferior se adaptan a uno de orden superior) desde 8, 34, 140, 155, 622 mbs hasta 2.5 gbs.

Sin embargo, aún con esta tecnología un aspecto que no se ha podido superar es el rubro, del cual haremos algunas observaciones y sugerencias: "entrega de servicios, vía una orden de trabajo". Dicha orden en la actualidad tiene muchos problemas tanto en su emisión como en su entrega directa con el personal de mantenimiento.

En el ámbito general del campo de las telecomunicaciones se tienen algunas bases de datos, que contemplan información acerca de las necesidades que demanda el cliente; sin embargo, al ser generales, no especifican la ubicación correcta donde van a ir colocados los enlaces de servicios. Algunas de las bases datos son sisa (sistema de información de servicios avanzados) y sise (sistema de infocentro de servicios especiales), las cuales no tienen todos los antecedentes que nos ayuden a emitir una orden de trabajo sin errores.

Mencionaremos brevemente el procedimiento de una orden de servicio, específicamente en el área de ingeniería de red de acceso.

---

Lo señalamos porque en telecomunicaciones existen las siguientes dos grandes ramas de ingeniería:

- Ingeniería red troncal (explotación local)
- Ingeniería red de acceso (explotación clientes)

A continuación describiremos el procedimiento para la elaboración de una orden de trabajo:

Inicio de una orden de trabajo en forma general (proceso de servicios rda)

a) Una orden de trabajo se inicia cuando el cliente tiene la necesidad de un servicio (voz, datos y video) y se pone en contacto con un ejecutivo de cuenta.

b) El ejecutivo ingresa los datos a una base llamada ssa.

c) El área de ingeniería analiza la orden de servicio y comprueba que toda la información solicitada esté completa.

d) La parte de infraestructura verifica la existencia de nodos de acceso a equipo (cx, tx y local) en acondicionamiento de éste (inventario).

e) Aquí existen dos opciones.

La primera: Si el equipo está completo, se realiza la instalación.

La segunda: Si el equipo no está completo, se sigue un proceso para investigar los siguientes datos:

- Elaboración de enrutamiento.

- Elaboración de la orden de trabajo.

- Entrega de servicios.

- Inicio de una orden de trabajo en forma particular de un servicio (voz, datos y video).

Ver figura 1

Inicio de una orden de trabajo en forma general  
(proceso de servicio rda)

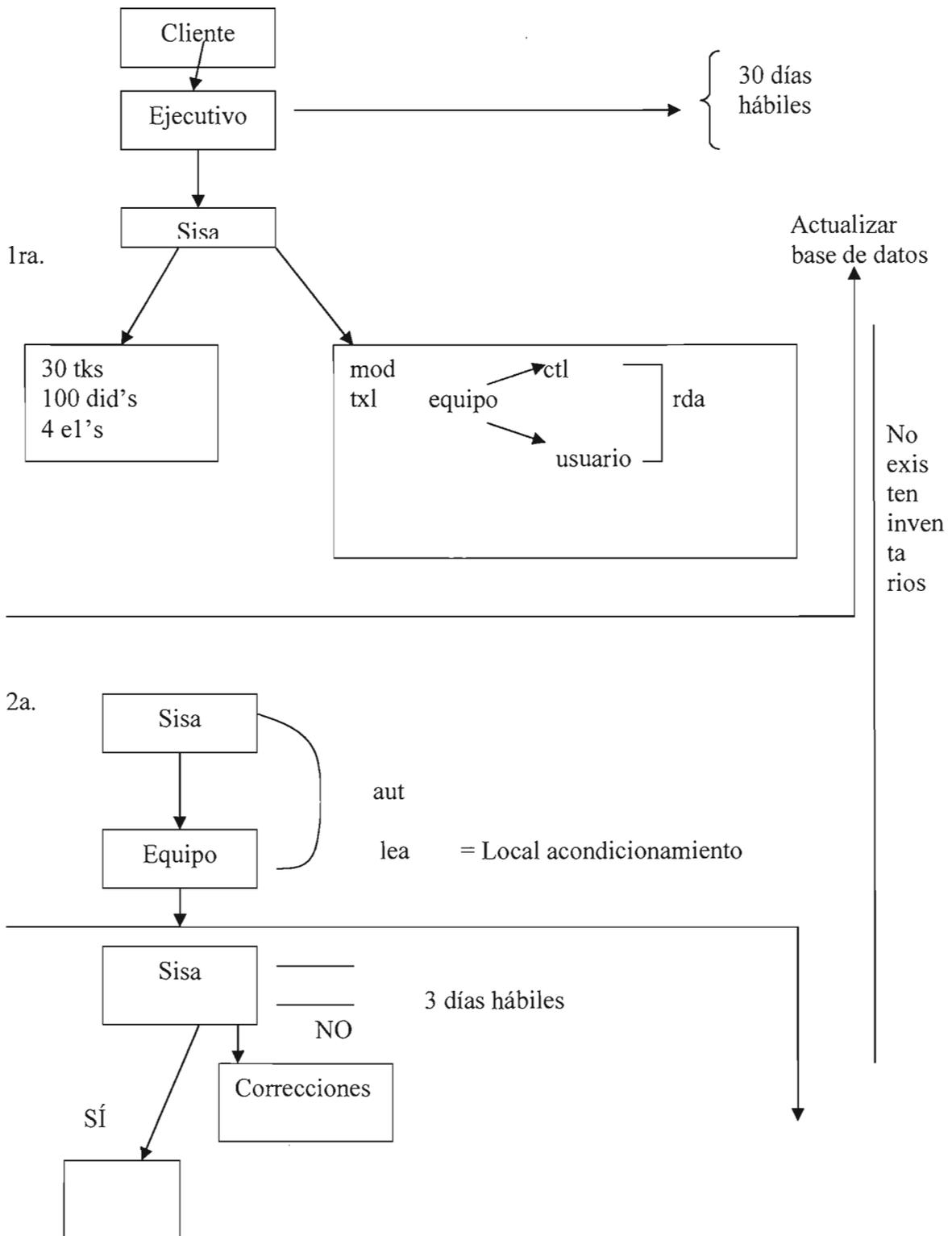


Figura 1

---

## Descripción del flujograma para entrega de servicios

- a) Recepción de proyecto: En este punto inicia toda la verificación de la orden de trabajo, o bien, orden de servicio.
- b) Verificar datos en la central: Lo que se hace en este punto es comprobar que los datos contenidos en la orden de trabajo concuerden con lo que existe físicamente, ya sea en las salas de transmisión o conmutación.
- c) Verificar coaxiales en sitio de usuario, como la orden de trabajo, para un enlace: Se ejecuta en dos sitios, tanto en el lado central como en el lado cliente; también se deben probar y verificar que estén bien armados los coaxiales.
- d) Capacidad en el equipo: Quizás este punto es uno de los más importantes, pues es el inicio de la problemática de nuestro estudio.

Brevemente mencionaremos lo siguiente: Es aquí donde realmente nos daríamos cuenta si la orden de trabajo está llenada correctamente, porque si el ejecutivo siempre supiera cuántos, cuáles y de qué tipo es el equipo, así como su capacidad, no existirían problemas de asignación de enlaces.

- e) Después del punto número dos, que señala el diagrama de flujo, se va al de correcciones, las cuales deberían ser mínimas si se llevara una base de datos común en ingeniería que se actualizara diariamente. El objetivo es minimizar las desviaciones que actualmente son impactantes.
- f) Si fueran mínimas las correcciones, nos iríamos en el otro sentido NO (ver diagrama de flujo de entrega de servicios) y se entregaría el servicio a tiempo (lo que no se ha dado correctamente hasta ahora).

Ver figura 2

Flujograma para entrega de servicios

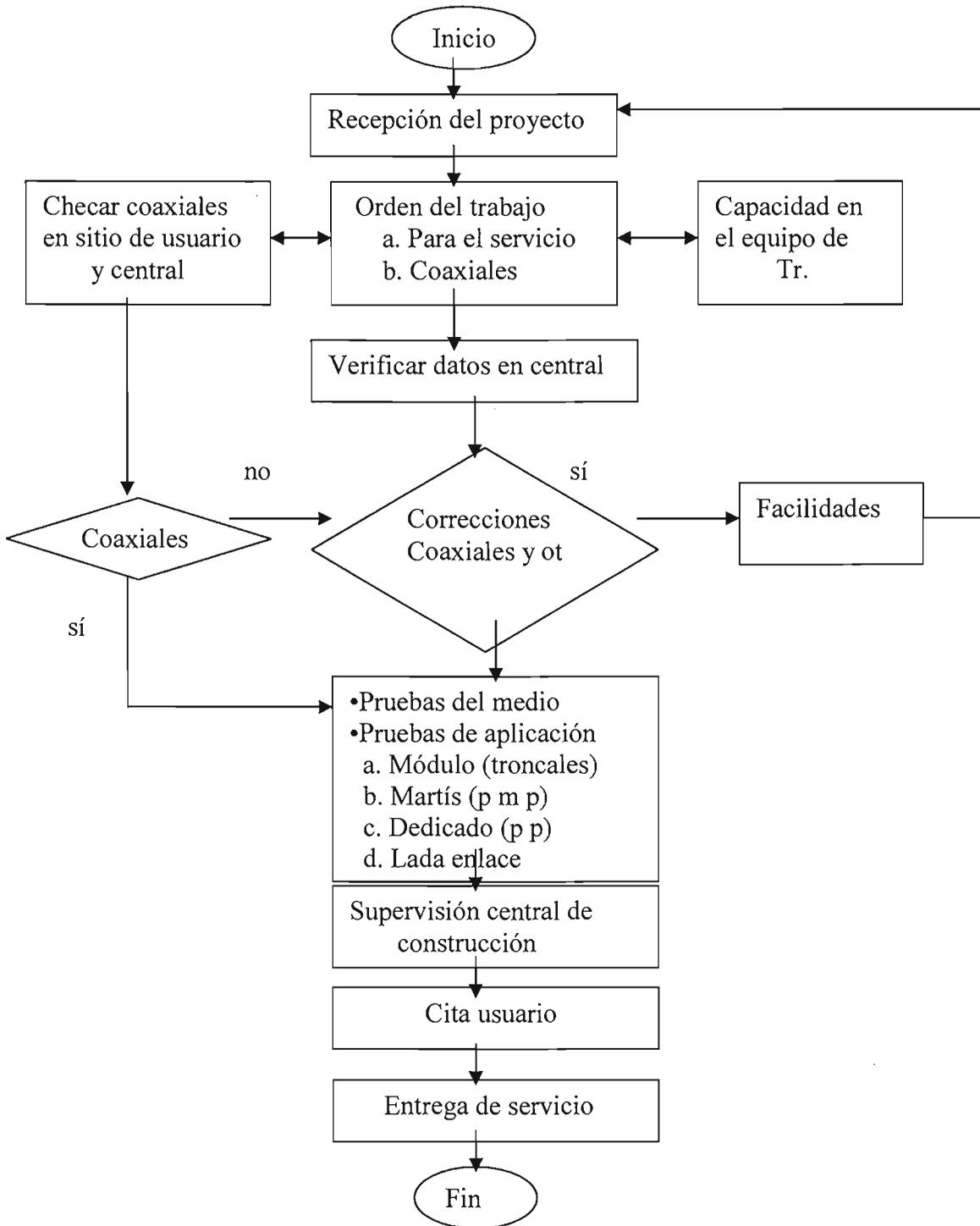


Figura 2

---

## Sugerencias para la emisión de una orden de servicio

a) Primero, el ejecutivo de cuenta se comunica con el cliente; luego debe actualizar la base de datos del equipo y enlaces y detectar de inmediato sus necesidades.

b) El ejecutivo de cuenta, al tener correctamente su base de datos, añade en el programa sisa los datos necesarios y correctos, sin capturar desviaciones que van a causar un retraso en el proyecto que trabaja ingeniería, rda.

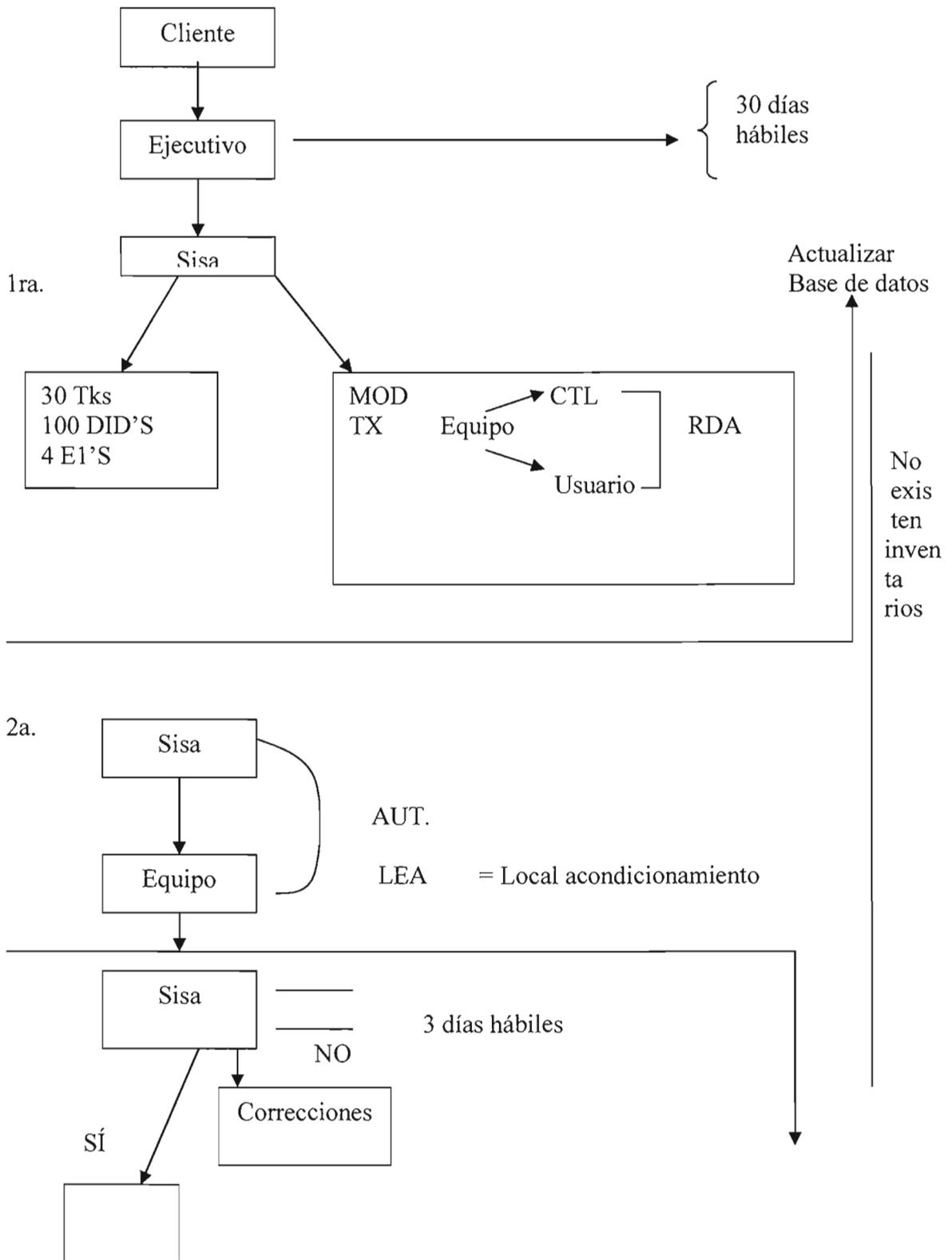
c) Dentro del programa sisa (común en todas las áreas y donde se dan altas y bajas de servicios) se comienza a correr el tiempo de compromiso con los clientes, que es de aproximadamente 30 días hábiles para la entrega. Y es 85 por ciento lo que no se cumple.

d) Del programa sisa se capturan datos a otra base llamada sise (servicios especiales). Aquí se deben actualizar, de manera continua, todos los datos del equipo, tributarios (enlaces), ubicación, etc., y no dejar de retroalimentarla.

e) Si se programa de forma definitiva, aproximadamente seis meses, se actualizan todas las salas de equipo (tanto locales como de red de acceso) y se introducen los datos a los sistemas mencionados, seguramente eliminaremos los errores de las órdenes de trabajo que se emitan.

En la actualidad se lleva en forma paralela (analógica) al programa sise (servicios especiales) datos como invequi (inventario de equipo), que es actualizado manualmente en carpetas y formatos de hojas y además por diferentes técnicos, lo que provoca obviamente que no estén actualizadas.

Proceso de servicio rda



---

## El nacimiento del concepto cim (*computer integrated manufacturing*)

- 1 Órdenes de trabajo mal elaboradas
- 2 Órdenes de servicio retrasadas
- 3 Pérdidas de clientes
- 4 Pérdidas económicas
- 5 Mayor calidad de emisión de órdenes de trabajo
- 6 Mayor diversidad de variantes
- 7 Plazo de entregas de órdenes de trabajo en tiempo programado
- 8 Mejorar el cumplimiento de los plazos de entrega
- 9 Mejorar la calidad de la entrega de servicios
- 10 Eliminar los errores en las órdenes de servicio
- 11 Mayor compromiso con los clientes
- 12 Mejor control de inventarios de datos de clientes
- 13 Aumentar la flexibilidad de entrega de servicios
- 14 Reducir el retraso de las órdenes de trabajo
- 15 Actualizar en forma dinámica las órdenes de servicio
- 16 Sistematizar para todas las áreas el programa sise
- 17 Mejorar el flujo de datos
- 18 Mejorar el flujo de información

Diagrama del concepto cim

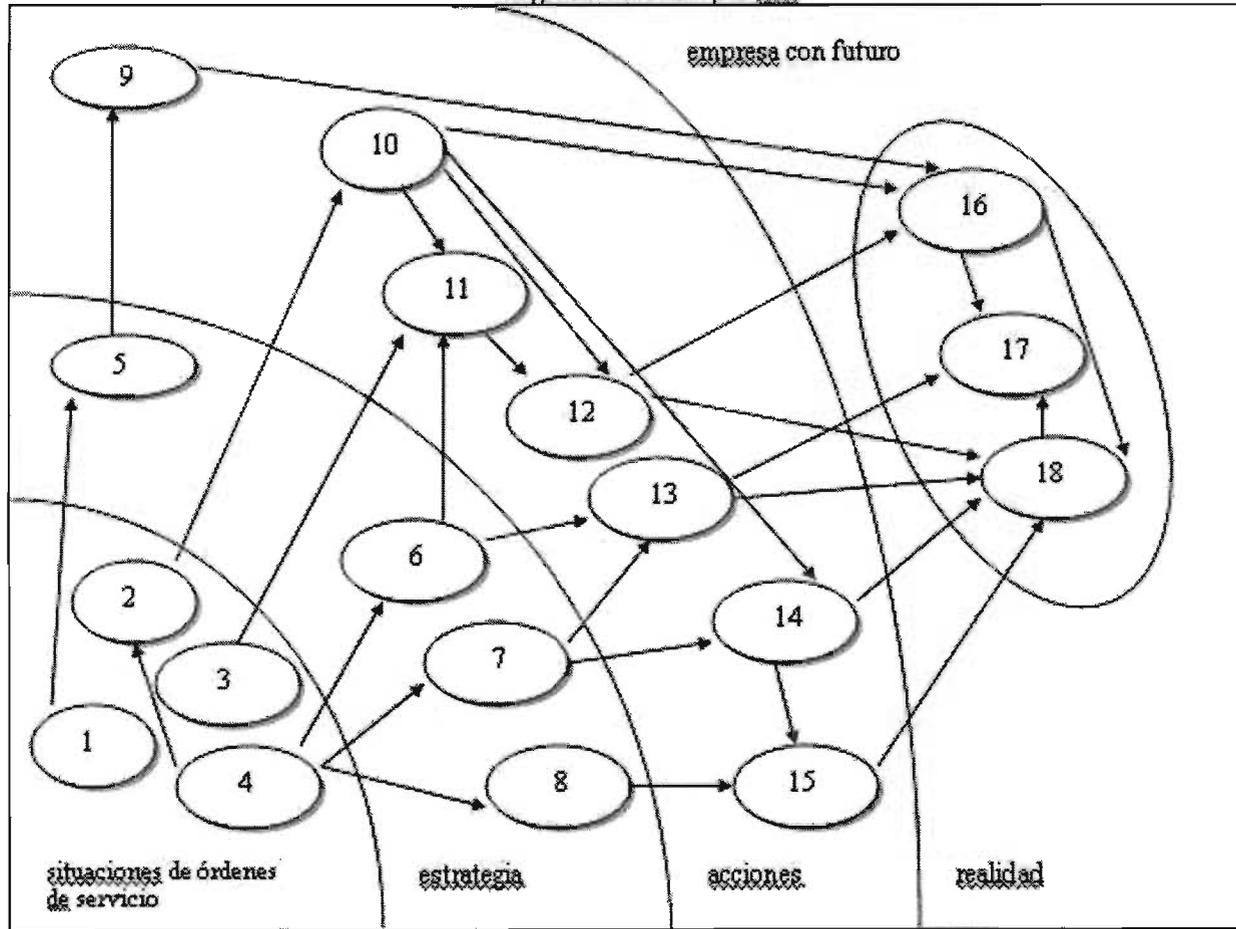


Figura 4

---

## Capítulo III

### Definiciones y conceptos generales de transmisión

#### Emisor óptico

Fuente que transmite información en forma de luz a través de fibra óptica, y donde normalmente su potencia de transmisión es del orden de miliwatts.

#### G 707

Recomendación de la UIT-T, que establece la interfase de nodo de red para la jerarquía digital síncrona (sdh)

#### G 957

Recomendación de la UIT-T, que establece las interfases ópticas para equipos y sistemas basados en la jerarquía digital síncrona. (sdh).

#### Jerarquía digital síncrona (jds)

Se define como un estándar internacional que establece el conjunto jerárquico de estructuras de transporte, por redes de transmisión físicas, de contenidos útiles de información correctamente adaptadas a un plan de multiplexación síncrono.

#### Medio o sistemas de transmisión

Es el medio o el sistema de transmisión que se utiliza para transportar los servicios, depende tanto del tipo y capacidad de éstos como de la ubicación geográfica del cliente. Se pueden emplear sistemas de transmisión que utilicen fibra óptica, par metálico, radios punto a punto, enlaces vía satélite o la combinación de algunas de ellas.

#### Multiplexación sdh

Es un procedimiento por el cual varias señales de capa de trayecto de orden inferior son adaptadas dentro de una señal de orden superior, o cuando varias señales de este tipo de capa se acomodan dentro de una sección multiplex.

#### Red de acceso (ra)

Es el conjunto de elementos y medios de transmisión que permite interconectar al equipo terminal de un cliente con el nodo de acceso a la red (nar) que le corresponde. La función primaria de la red de acceso es la de concentrar los diferentes requerimientos de servicio, provenientes de los clientes, en el nar. La red está definida esencialmente por tres elementos básicos: el punto terminal de red (ptr), los medios o sistemas de transmisión y el punto terminal del nodo (ptn).

#### G 703

Recomendación de la UIT-T, que establece los lineamientos de las características de las interfases de las distintas velocidades binarias jerárquicas y de los enlaces de alta velocidad.

#### CCITT

Consultative committee international telegraph and telephony, anteriormente llamado itu-t.

#### DBM

Decibel miliwatt. Escala logarítmica para referenciar potencia, es decir, 1 mw en 50 ohms.

#### DS0

Block de 64 kbps para t1 y e1. el udt del e1 contiene 32xDS0. El estándar de un e1 31xdso y un t1 contiene 32xdso

Línea digital europea a 2.048 mbps. Estándar de comunicación digital de un enlace a 2 mbps, con una velocidad de 2.048 mbps y una capacidad de 30 canales digitales pcm 64 kbps.

---

E2

Línea digital europea a 34.368 mbps.

ETS1

Instituto técnico de estándares europeo

*Frame Relay*: Un estándar para transportar paquetes de información con detección de error pero no corrección de error.

ISDN

Red digital de servicios integrales.

MBPS

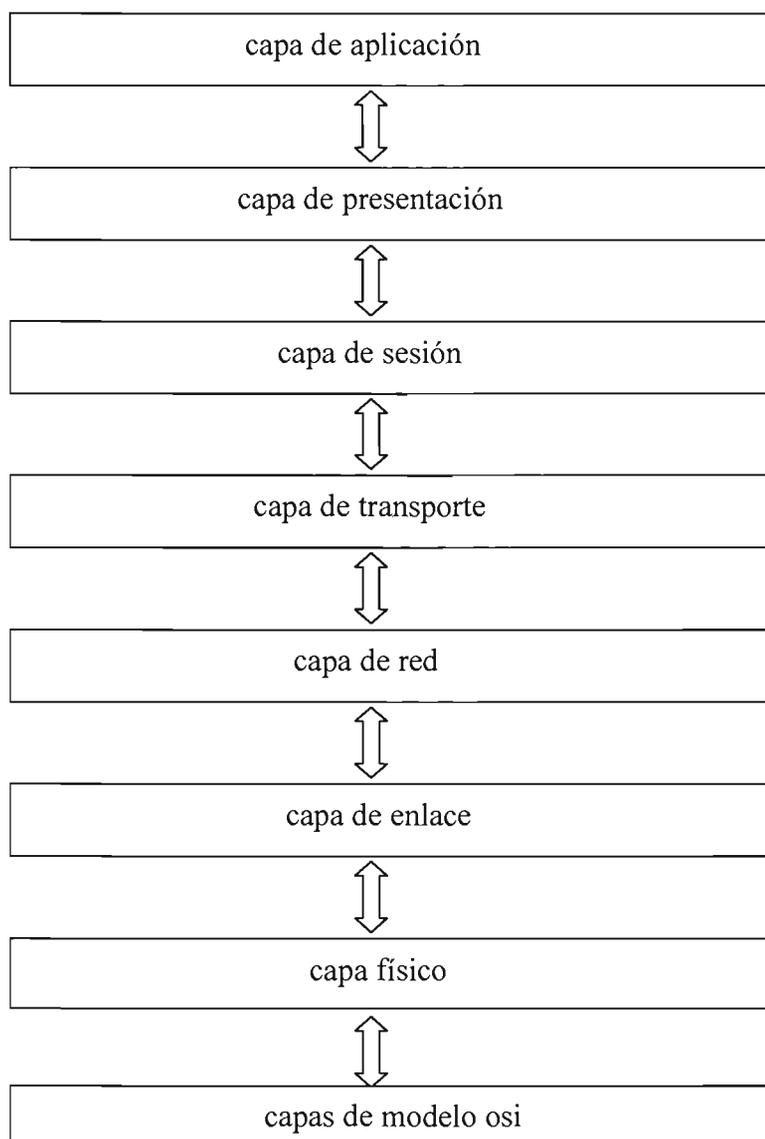
Megabits por segundo, denotado mb/s.

Módem

Modulador demodulador.

OSI

*Open systems interconnection* (interconexión de sistemas abiertos).



---

T1

Línea digital norteamericana a 1.544 mbps.

TCP/IP

Protocolo de control de transporte, protocolo de Internet.

VC

Virtual circuito. Una celda atm está hecha por vp1/vc1.

VC1

Identificador de circuito virtual.

VPI

Identificador de ruta virtual.

VP1/VC1

Una dirección atm.

BUS

Configuración de computadora, donde los procesadores están conectados en serie. Uno o más conductores usados para transmitir potencia.

Canal B

Canal que maneja una velocidad de 64 kbps y que está destinado para transmitir y recibir información del cliente.

Canal D

Canal destinado a la transferencia de información de señalización y para la transmisión de datos de baja velocidad a 9600 bps (en modo de transmisión de paquetes). En el acceso básico, el Canal D tiene una tasa binaria de 16 kbps; en el acceso primario es de 64 kbps.

Interfaz

Frontera común entre dos sistemas asociados, en la cual se establecen las características necesarias para que los sistemas se puedan comunicar en forma particular.

Interfaz U

Recibe este nombre la sección del cable comprendida entre la nt1 plus del cliente y la central telefónica.

Multiplexor

Equipo que permite agrupar varias señales a su entrada en una señal de salida.

Red digital de servicios integrados (rdsi)

Red integrada en la cual la transmisión de todo tipo de información tiene lugar en forma digital durante todo el trayecto de cliente a cliente. Esto significa que distintas clases de equipos pueden ser conectadas en una estructura de cableado común, con la misma línea central y la unidad remota.

Terminación de red rdsi (nt1 plus)

Es un equipo del grupo funcional, en el lado de red de una interfaz usuario red.

Nota: Este término se utiliza en esta especificación para indicar los aspectos de terminación de red de capa 1 de los grupos funcionales nt1 y nt2

Para el caso del servicio de Internet de alta velocidad, la nt1 corresponde al equipo denominado nt (terminadores de red).

POTS

Plain old telephone system.

IAV

Internet de alta velocidad.

Recomendación CCITT G956

Sistemas de línea digital basadas en la jerarquía de 2048 kbps en cables de fibras ópticas.

---

## Recomendación CCITT G821

Control de la fluctuación de fase de la variación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía 2.048 kbps.

Señal digital

Número de dígitos por unidad de tiempo.

Velocidad digital de línea

Número de elementos de la señal de línea transmitidas por unidad de tiempo.

Multiplexor por división de tiempo

Por medio de esta multiplexación se entrelazan, en el tiempo, dos o más canales para su transmisión por un canal común.

Canal digital

Medio de transmisión unidireccional de señales digitales entre dos puntos.

Fluctuación de fase

Variación de corta duración y no acumulativas de los sistemas significativos de una señal digital en relación con las posiciones que teóricamente deberán ocupar en el tiempo.

Tasa de errores

Razón de números de dígitos erróneos recibidos en un período especificado al número de dígitos recibidos en la misma etapa.

Repartidor digital

Estructura que proporciona flexibilidad en la interconexión semipermanente de canales o circuitos digitales.

Sistema de transmisión digital

Medio específico que proporciona una sección digital.

Señal de indicación de alarma (sia o ais)

Utilizada para sustituir a la señal de tráfico normal cuando se ha activado una indicación de alarma de mantenimiento.

Transmisor óptico

Módulo para conversión de señales eléctricas en ópticas. Consta de un diodo emisor (por ejemplo, láser) con fibra de conexión, amplificador excitador, así como otros circuitos electrónicos.

Dígitos de servicio

Se introducen en una señal digital en el extremo de emisión de un enlace digital, normalmente a intervalos regulares, y se suprimen en el extremo de recepción del mismo enlace; también son usados para proporcionar facilidades auxiliares.

Asíncrono

Característica esencial de una escala de tiempo o de una señal de virtud, de la cual los intervalos de tiempo entre instantes significativos consecutivos no tienen necesariamente la misma duración que los múltiples enteros.

Códigos de línea

Código elegido de modo que contenga las características de un canal y que define la excelencia entre un conjunto de dígitos presentados para su transmisión y la correspondiente secuencia de elementos de señal transmitidas por ese canal.

Punto de transmisión

Punto de la fibra óptica, inmediatamente después del conector óptico del transmisor.

Punto de recepción

Punto de fibra óptica, inmediatamente antes del conector óptico de receptor.

---

## OLTU

Unidad terminal de línea óptica.

Especificaciones

Número de canales

El flujo digital principal es de 1920 canales.

Velocidad binaria

La velocidad binaria del flujo principal debe ser de 139,264 kbps (recg.751 de ccitt).

Afluentes

El número de afluentes del equipo debe ser cuatro, con velocidades binarias de 34,368 kbps o una de 139,264 kbps o 16 de 8.448 kbps.

Conceptos generales de transmisión

Módulo de transporte síncrono

(stm, por sus siglas en inglés)

Un stm es la estructura de información usada para soportar conexiones de capa de sección en la sdh. Consiste de carga útil de información y campos de información de encabezado de sección (soh) organizados en una estructura de trama de bloques, los cuales se repiten cada 125  $\mu$  seg. La información se condiciona convenientemente para transmisión serie en el medio seleccionado, a una velocidad a la cual es sincronizada con la red. Un stm básico se define a 155,520 kbps. Este se denomina stm-1. Los stm's de mayor capacidad se constituyen a velocidades equivalentes al No. de veces de la velocidad básica.

Actualmente se han definido capacidades de stm para n=4, n=16 y n=64; se están considerando valores mayores para n.

Los servicios considerados dentro de la nueva plataforma son los servicios que actualmente se ofrecen: nx64 (dso's, eo's y el's punto a multipunto) y el's punto a punto.

Para la integración de servicios privados en atm se deben considerar los servicios de nx64 (dso's, eo's y el punto – multipunto) y el punto a punto (el pp), que sólo se proporcionan a través de la red nacional de servicios privados (rnsp) y transponte basado en pdh y sdh, respectivamente.

Para los servicios dedicados de nx64 actuales y elpp, se deben adaptar a la red atm al usar equipos que utilicen interfaces eI, con la funcionalidad de emulación de circuitos (ces) basadas en el estándar aal1. Para el caso de estos servicios de nx64 se deberán utilizar interfaces ces estructuradas, y para el caso elpp se deben aplicar interfaces no estructuradas.

Las interfaces estructuradas, también conocidas como canalizadas, deben permitir que cada eo o grupo de eo's dentro del el sean mapeados en un flujo atm aal1 y asignar a cada flujo un vpI/vc1, para que sea posible que los equipos atm realicen la función de dacs 1/n.

Mediante la función anterior se deben realizar las distintas funciones que llevan a cabo en los said's, por lo que dichos sald's ya no deben crecer de tal forma que los na deben cubrir las necesidades de crecimiento y sustitución de sald's.

Finalmente, el ces soporta la asignación del ancho de banda dinámico, lo cual utiliza ancho de banda en la troncal del lado atm cuando la conexión ces está activa, por lo tanto el ancho de banda liberado debe ser usado por otros servicios de voz, datos o video y optimizar su uso. Sin embargo, por el tipo de servicio que en la actualidad ofrece una compañía telefónica, no es conveniente emplear este ancho de banda para otros servicios, hasta que se realice un análisis del comportamiento de la utilización de ancho de banda después de haber incluido este nuevo concepto.

---

En lo que respecta a los mms actuales, se deberán seguir utilizando para concentrar los servicios de nx64 que se prestan, ya que los equipos de adaptación sólo reciben interfaces e1 ces.

El elemento importante, por su nueva introducción y funcionalidad, es el modo atm de acceso. Éste tiene tres funciones principales:

- Adaptar los flujos e1 tdm provenientes de los mms's en celdas atm mediante el uso de aal1.
- Entregar al nodo de concentración los flujos en formato atm con interfaces de al menos e3 o stm-1
- Realizar las cross conexiones de los servicios a nivel de nx64 kbps y el na debe ser el encargado de realizar las funciones que realizan los dac's I/O actuales; es decir, a partir de la introducción de estos nodos, ya no se podrán incluir más dacs en la planta.

Es importante mencionar que los equipos a utilizar como na, físicamente podrán estar constituidos por uno o más elementos de red, que deben ser vistos como un solo nodo por el sistema de gestión que los atiende.

MMS. Multiplexor multiservicios.

SAID. Sistema de acceso de interconexión digital (*cluster*).

NTU. Unidad terminal de datos.

RNSP. Red nacional de servicios privados.

ADSL. Asymmetric digital subscriber line.

Es la tecnología que permite la transmisión de información a velocidades altas en forma asimétrica, a través del mismo par de cobre que utiliza para la línea telefónica básica convencional.

DSLAM. Multiplexor de acceso para instalación en la central.

En el mercado actual existe una demanda de servicios de acceso a Internet de alta velocidad. La tecnología adsl permite ofrecer anchos de banda arriba los 128 kbps y menores a los 2 mbps, sin necesidad de utilizar infraestructura de fibra óptica.

Las unidades ium-t/stu-56 permiten transportar datos en forma digital a velocidades menores a 64 kbps para servicios locales, nacionales e internacionales, y a través de la red martis dxx. Las velocidades que se ofrecerán son las siguientes: 9, 6, 14.4, 9.2, 38.8, 48 y 56 en modo síncrono asíncrono.

Un circuito en martis dxx se compone de una interfase tanto en la ium-t como en la stu-56, y una conexión permanente entre ellas.

Ium-st/ium-10t

Las unidades ium-st y ium-10t son interfases en banda base en los nodos dxx. La unidad ium-st tiene cuatro interfases y se conectan a las unidades terminales de red stu, mientras que la unidad ium-10t soporta hasta 8 interfases u.

Stu-56

La unidad stu-56 es una unidad ntu (network terminating unit) que está diseñada para transferir datos dentro de las redes: 1.2 kbps hasta 128 kbps.

La stu-56 sólo es un módem, que es usada con los sistemas de multiplexación y cross-conexión de martis dxx. Del lado central: la stu nodo básico. Un máximo de 8 unidades stu-56 pueden ser conectadas a una unidad ium-10t.

---

## Terminología

### Acceso básico (bri), acceso a velocidad primaria

Disposición de acceso usuario–red que corresponde a la estructura de interfaz, compuesta de dos canales b y un canal d. La velocidad binaria del canal d para este tipo de acceso es de 16 kbps.

Diseñado para ofrece una versión digital mejorada de la línea del cliente, ya que utiliza el mismo par para transmitir 2b + d en forma conmutada de alta velocidad.

### Acceso primario (pri), acceso a velocidad primaria

Disposición de acceso usuario–red que corresponde a la velocidad primaria de 2048 kbit/s. La velocidad binaria del canal d para este tipo de acceso es 64k bit/s. El acceso a velocidad primaria de 1,544 kbps (23b+d) no se aplica en esta norma.

### El (punto a punto)

Servicio que permite transportar información de voz, datos y video a una velocidad de 2,048 kbps dedicado, es decir, se transporta la señal de una dirección del cliente a otra y el acceso del cliente es a través de una interfaz G–703 a 2,048 kbps.

### Unidad terminal de red (utr)

Es el dispositivo que indica la frontera en la localidad del cliente y delimita el inicio o final de la red de telecomunicaciones de una compañía telefónica con la red interna de usuario (riu). Por lo general está implementado físicamente por un dispositivo de interconexión terminal (dit); para el caso de la última milla de la rdsi está representado por el equipo lado remoto (nt1 o nt1 plus). Este punto se utiliza como auxiliar en las pruebas para deslindar responsabilidades entre el cliente y la empresa.

### Línea Digital rds1

Se constituye por un par de cobre trenzado en los cables principal, secundario, puentes y bajante para el enlace de la nt1 o nt1 plus en el lado cliente, con la tablilla de servicios especiales rds1 en el distribuidor general de la central telefónica.

Los pares de cobre que transmiten voz y datos mediante tecnología rds1 están energizados con una diferencia de potencial de hasta 115 vdc; por lo tanto, deben estar identificados en todos y cada uno de los elementos de la red, que indique la norma de instalación en la planta externa para eliminar la posibilidad de afectación a la integridad física del personal y de la transmisión del enlace.

### Tablilla de servicios especiales rds1

Es el punto de interconexión entre la red de transporte y la central rds1 con la terminal de red; es decir, entre los elementos constitutivos de la última milla de la rdsi de planta interna y planta externa.

### Repetidor

Este dispositivo alternativo se usa para las órdenes de servicios de accesos básicos rds1 (video conferencia) y proporciona alcance necesario superior al alcance normal de funcionamiento del enlace de la última milla rds1.

---

## Capítulo IV

### Conceptos teóricos generales de transmisión

#### 4.1 Breve historia de las telecomunicaciones

Las telecomunicaciones nacieron hace más de 100 años, comenzando con el telégrafo. La velocidad de las telecomunicaciones fue la del corredor más rápido. Un poco más rápidas era la señalización por humo de los griegos y romanos, el tam– tam africano y la paloma mensajera.

Cuando el hombre comprendió las leyes de la óptica, hizo posible la creación del telescopio y se pudo comunicar más rápido a distancia: Claude Chappe inventó un sistema óptico para envío de mensajes por toda Francia. De ahí, el telégrafo se difundió a Inglaterra (1794), Estados Unidos (1800) y algunos países europeos, siendo el medio de comunicación más rápido.

Sin embargo, la electricidad reemplazó pronto la señalización óptica. Alejandro Volta y Luis Galván habían realizado ya los experimentos fundamentales en que se hace el auge extraordinario, que en años siguientes tendría el telégrafo eléctrico.

En Estados Unidos se fue mejorando gradualmente, y en 1845 se usó el sistema de Samuel Morse para una línea telegráfica entre Baltimore y Washington. Uno de los factores que más contribuyeron a este crecimiento fue el desarrollo de un nuevo servicio telegráfico de noticias para la prensa de Nueva York.

Como la telegrafía eléctrica se convirtió en un instrumento importante de comunicación, pronto trascendió fronteras y comenzó la colaboración internacional. El primer tratado escrito lo firmaron Austria y Prusia en 1849. Pronto siguieron otros tratados de Austria y Baviera (1850), Prusia y Sajonia (1830). En 1850, estos cuatro estados dieron un paso más y formaron la “Unión austro–alemania”, que duró hasta 1872, después de la duración del imperio alemán.

Los resultados fueron satisfactorios y a la unión se adhirieron otros estados germánicos. El aparato telegráfico de Morse fue declarado oficial para todas las líneas internacionales.

En 1864 el gobierno de Francia organizó una conferencia, a la que asistieron 20 estados. Así, en mayo de 1865, se firma el primer convenio telegráfico internacional base del mantenimiento de la unión telegráfica internacional.

##### 4.1.1 El siguiente paso: el teléfono

A pesar de que sus señales recorren los hilos eléctricos casi a la velocidad de la luz, la telegrafía es un medio relativamente lento de comunicación: la redacción de texto exige un tiempo y es preciso integrarlo al telegrafista, quien primero transmite los telegramas en prioritarios.

---

La transmisión instantánea de la voz por hilo eléctrico es mucho más rápida, además puede transmitirse un volumen mucho mayor de información. Los elementos esenciales para el descubrimiento del teléfono existían por lo menos desde un tercio de siglo antes de que se le otorgara la patente a Bell. A pesar de que la ciencia y la tecnología ya habían alcanzado el punto para que surgiera la invención del teléfono, tuvieron que transcurrir más de 40 años antes de que éste apareciera.

La historia de la telefonía comenzó en 1876. El teléfono como invento no fue opacado por las nuevas novedades surgidas en este siglo de la electrónica.

En pocos años las redes telefónicas empezaron a surgir en Europa: Inglaterra, Francia y Suiza. En los siguientes decenios la red telefónica se extendió a distancias más y más largas.

En 1927 se inauguró el primer servicio telefónico público trasatlántico mediante potentes transmisiones, que en la dirección oeste–este iban desde Tocky Pint, Long Island, hasta Cuba, Escocia, y en sentido contrario desde Rugby, Inglaterra, a Houlton Maine. Este logro es un magnífico ejemplo de cooperación internacional entre la empresa privada at & t y la post office del gobierno británico.

Para el tendido de cables submarinos a través del atlántico hubo que esperar hasta que se desarrollara la técnica de los amplificadores electrónicos. Así, el primer cable entre Estados Unidos y Gran Bretaña se tendió en 1956 con el nombre de TAT –1, y años después fue seguido por otros cables semejantes. En la década de los noventa surgieron, entre México y España, los cables de fibra óptica.

Durante 1962, el satélite Telstar estableció comunicación telefónica entre 23 ciudades europeas y otras tantas en Estados Unidos; en la actualidad ya existen otros satélites para la comunicación telefónica hacia todo el mundo.

La unión telegráfica internacional, en su conferencia administrativa de 1855, no tuvo conocimiento oficial del teléfono, sino hasta 1903, en la conferencia de Londres. En ésta se redactó y se incluyó en el reglamento teleográfico una serie de 15 artículos sobre telefonía internacional, vigente hasta la conferencia de París de 1925. En Madrid (1932) se discutió este reglamento y se acordó separar el reglamento teleográfico del telefónico.

#### 4.1.2 Reglamento internacional

Los sistemas telefónicos han evolucionado desde el inicio y continúan con rápidos cambios hoy en día. Los distintos competidores han creado equipos que realizan las mismas funciones pero que son diferentes, de manera que no pueden trabajar juntos.

Debido a ello han surgido organismos internacionales responsables de dictar las recomendaciones para las comunicaciones internacionales. Actualmente es la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) la encargada de manejar las cuestiones de telecomunicaciones internacionales. La ITU (*International Telecommunication Union*) surgió

---

de la antigua unión internacional telegráfica, y ahora pertenece a la ONU, con sede en Génova, Italia.

A continuación se mencionan sus cuerpos permanentes:

El secretario general, responsable de las actividades económicas y administrativas de la ITU.

El IFRB (*International Frequency Registration Board*) es el responsable de la coordinación y uso de todos los tipos de radiofrecuencias.

El ccitt es el encargado de desarrollar los estándares de telefonía. El trabajo se desarrolla en grupos expertos de las compañías y administraciones de los países miembros y se encargan de dar las recomendaciones.

Cada cuatro años se actualizan estas recomendaciones en los libros de un color, el cual da su nombre al documento. En 1981 fue el libro “amarillo” y en 1985 el libro “rojo”.

Cada grupo de estudios se conoce por su letra:

V. Para comunicación de datos vía telefónica.

X. Para otras cuestiones de comunicación de datos.

I. Para isdn (*integrated service digital network*).

Las recomendaciones se conocen por la letra del grupo, seguida de un número.

Por ejemplo V.24 es la recomendación número 24 del grupo V (V.24 se define en el ccitt) como una interfase entre un módem y una computadora.

Como son recomendaciones, no hay nada para forzar a las administraciones para que las sigan. Sin embargo, es conveniente seguirlas para ser compatibles con los demás.

Es más fácil para las administraciones telefónicas si los fabricantes siguen las recomendaciones ccitt, porque así pueden tener independencia de elegir los proveedores de equipo.

## 4.2 Medios de transmisión

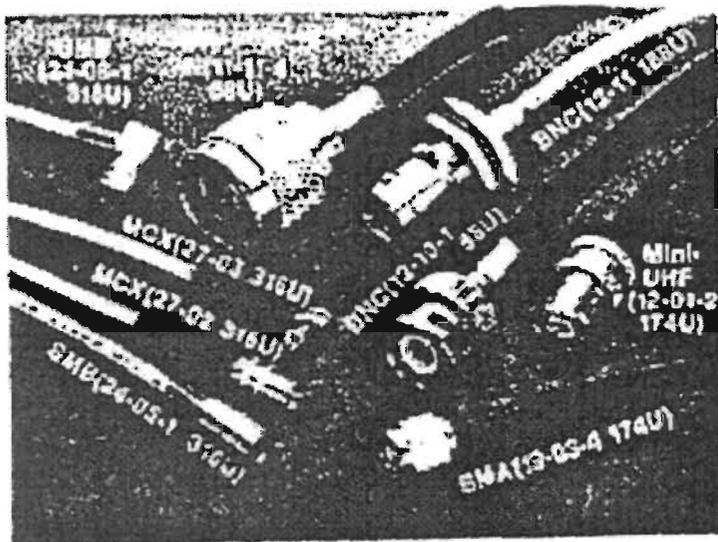
Es el medio físico de interconexión entre las tarjetas de interfase de los dispositivos, es decir, es el cable que permite la comunicación física entre los diferentes elementos que componen la red. Existen varios tipos de cable: coaxial, por trenzado y la fibra óptica. El cable a utilizar estará en función de la topología y los requerimientos físicos, como son la distancia, la velocidad, la resistencia a interferencias electromagnéticas, etc.

El medio de transmisión empleado para conectar las estaciones de la red está en función de la velocidad, flexibilidad, distancias y costos. Existen dos clasificaciones de medios de transmisión: el inalámbrico y alámbrico.

---

Por lo general el medio inalámbrico utilizado para proveer servicios de conexión en áreas no cubiertas por los medios alámbricos son pequeños equipos de radio que se usan para cubrir áreas más alejadas de una zona urbana, se diría que son sistemas de radio y repetidores que permiten extender el alcance de los sistemas en varios kilómetros. Las características que se deben tomar en cuenta para este tipo de equipos son la banda de RF en que pueden transmitir y su capacidad de transmisión, ya que en el mercado (mundial) existen varias marcas de productos. La interconexión de redes locales para los alámbricos se realiza por medio de cable coaxial, par trenzado o fibra óptica.

#### 4.2.1 Cable coaxial



El cable coaxial consiste en un núcleo conductor de cobre rodeado de material aislante. El material está cubierto por una segunda capa de material conductor, generalmente en forma de malla. Por último sigue un revestimiento aislante que protege al cable completo como se ilustra.

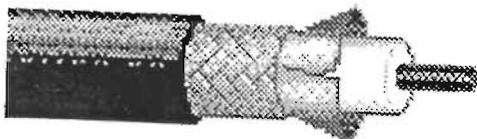


Figura 4.2.1 tipos de cables coaxial

---

Los anchos de banda son muy parecidos a los del cable de par trenzado. Varios tipos de cable coaxial son de uso común en las redes, dependiendo del tipo de red y de los requerimientos del servicio. Algunos tipos y estándares en los cuales se usa cable coaxial son los siguientes:

rg-8 y rg-11 para ethernet en cable grueso (50 ohms), 500 mm máximo.

rg-58 para ethernet en cable delgado (50 ohms), 185 mm máximo.

lado cliente  
punto "A"

lado central

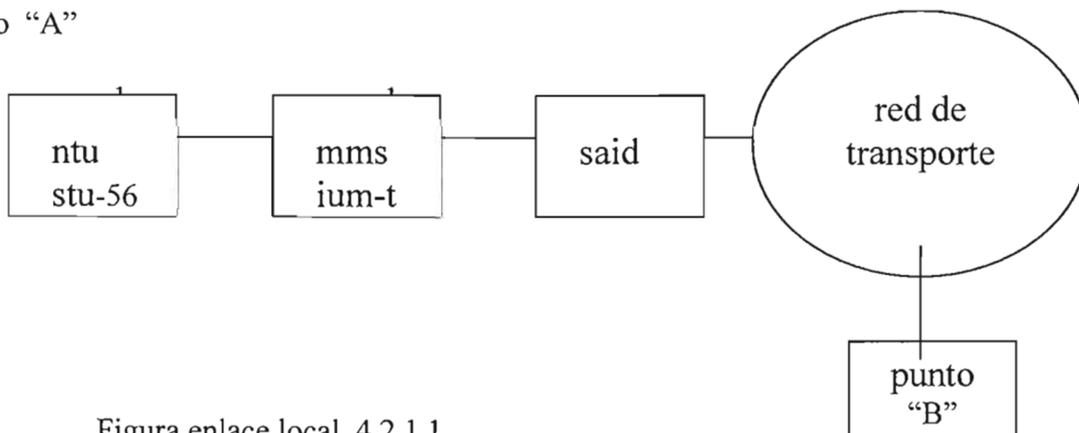


Figura enlace local 4.2.1.1

Existen dos servicios de transmisión con cable coaxial: banda base y banda ancha. El primero es utilizado principalmente en transmisión de datos, usa una sola frecuencia de transmisión y los datos se envían en forma digital. El segundo se transmite en forma analógica y puede ocurrir varias transmisiones dentro de un mismo canal; es un servicio de transmisión simultánea de múltiples señales (datos, videos y voz "audio") que trabaja gracias a esquemas de multiplexación de la información.

#### 4.2.2 Cable de par trenzado

Este tipo de cable adquiere su nombre por la forma como se construyó. Está formado por dos o cuatro pares de cables cruzados entre ellos, con el fin de reducir los campos electromagnéticos generados.

Hay varios tipos de cables de par trenzado, entre ellos los siguientes: *shielded twister pair* (stp) *unshielded twister pair* (utp) y lo más nuevo en cable de cobre trenzado *giga speed*. El stp está recubierto por una malla metálica que aísla el cable aún más de interferencias y lo hace más confiable. Esto también tiene una desventaja, que lo hace menos flexible e incrementa su costo. El cable utp es muy flexible, fácil de instalar y de bajo costo; existen varias categorías de utp: desde la categoría 1 hasta la categoría 5 plus. El más usado en la actualidad es la categoría 5, ya que tiene muchas ventajas como, por ejemplo, 0.4 db para una frecuencia de 100 mhz. La máxima atenuación para un tramo de 100 metros es de 32 db y una impedancia característica de 85 a 115 ohms. Su velocidad de transmisión es de 100 mbps, por eso puede ser usado con *ethernet* (10 base t). Lo último en cable de par trenzado se llama *giga speed*, de *lucent Technologies*, y es mayor a la del cable categoría 5.

---

Algunas de sus características más importantes son las siguientes:

Soporta Ethernet 1 gbps y 1.2 Gbps.

Soporta atm a 2.4 gbps, así como los 77 canales de (550 mhz) en video analógico de banda ancha.

Reduce la interferencia por diafonía, un mínimo de 10 db en todas las frecuencias en comparación con el cable de categoría 5.

Algunas aplicaciones de *giga speed*.

100 base t *ethernet*, 155 mbps atm, audio digital aes/ebu.

Video digital 270 mbps.

622 mbps 64-cap atm.



77 canales de video banda base hasta 550 mhz.

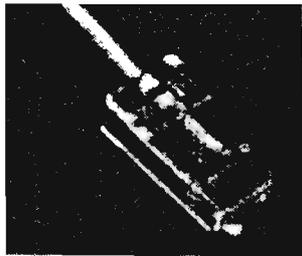


Figura 4.2.2 Cable de par trenzado con conector rj-45 y otro tipo de cable de par trenzado

### 4.2.3 Fibra óptica

Es una de las tecnologías más recientes en transmisión. Está hecha por fibra de material conductor de luz (vidrio o plástico). Las fibras se encuentran al centro de un tubo de revestimiento protector, que a su vez está rodeado por una gruesa cubierta exterior.

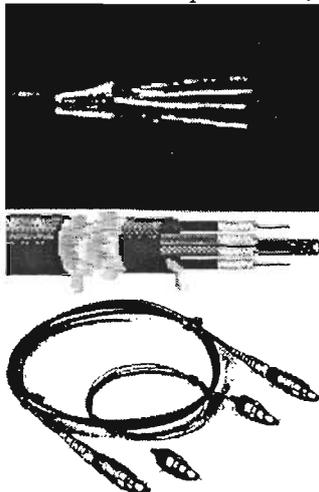


Figura 4.2.3

---

Los dispositivos de interfaz para fibra óptica convierten las señales de los equipos emisores en pulsos de luz y viceversa, la cual es llevada por la fibra de vidrio. Los pulsos de luz son generados por diodos emisores de luz (*led: light emisor diode*) o por diodos de inyección láser (*ild: inyección lazer diode*); los pulsos de luz se convierten en señales eléctricas a través de fotodiodos. Este cable es utilizado para grandes distancias y para la alta capacidad de aplicaciones de comunicación. Y cuando el ruido y la interferencia electromagnética son un factor ineludible, entre sus múltiples ventajas, tiene la inmunidad a la interferencia electromagnética. Las fibras empleadas pueden ser del tipo monomodo o multimodo y cada una tiene aplicaciones especiales. Las fibras multimodo también están divididas en diferentes categorías. Las de un solo grado tienen la capacidad para llevar varias señales sobre el mismo hilo, mediante multiplexaje óptico. Las fibras multimodo empleadas en los cableados estructurales son la mayor parte del sistema vertical cuando se usa para interconectar a algunos edificios.

Éstas son fibras con grado superior a uno, por eso se tiene una mejora en cuanto a las fibras de un solo grado. El ancho de banda se amplía y se minimiza, así la dispersión que se tiene en otro tipo de fibra, lográndose una capacidad mayor para distancias fuertes. Figura 4.2.3, tipos de fibra óptica.

#### 4.2.4 Microondas

Como una opción del cable coaxial, en aplicaciones para comunicaciones de larga distancia se ha utilizado la transmisión por radio de microondas. Las antenas parabólicas de estos sistemas se pueden instalar sobre torres para enviar un haz de señales a otra antena que se encuentre a decenas de kilómetros de distancia. Estos sistemas son ampliamente utilizados en transmisiones eléctricas y de video, cuando mayor altura tenga la torre más grande será el alcance que se obtenga. Las señales de una antena se pueden dividir y propagar, siempre y cuando sigan las trayectorias ligeramente diferentes hacia la antena receptora.

Cuando estas señales, que se encuentran desfasadas, se vuelven a combinar, puede haber interferencia entre ellas, de tal manera que se reduce la intensidad de la señal. La propagación de microondas también se ve afectada por las tormentas y otros fenómenos atmosféricos. La transmisión mediante microondas se lleva a cabo en escala de frecuencia que va de 2 a 40 ghz, correspondiendo a longitudes de onda de 15 y 0.75, respectivamente.

#### 4.2.5 Transmisión vía satélite

En la actualidad estas bandas a las que en general se les conoce como bandas 4-5-6 ghz, o bandas c, se encuentran súper pobladas.

La banda superior siguiente que está disponible para la telecomunicación es la de 12–14 ghz o banda ku; la banda de frecuencia 20–30 ghz o banda ka también se ha reservado para el área de telecomunicaciones.

Un satélite, por ejemplo, que tenga un ancho de banda de 5000 mhz, puede dividirlo en aproximadamente una docena de transpondedores cada uno con un ancho de la banda de 36 mhz.

Cada transpondedor se puede emplear para transmitir un flujo de información de 50 mbps, u 800 canales de voz digitalizada de 64 kbps.

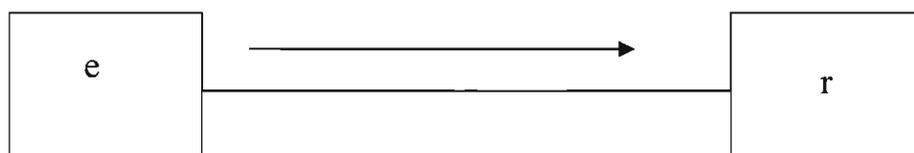
---

### 4.3 Modos de transmisión

En la comunicación de datos frecuentemente se utilizan los términos síncrono y asíncrono. Sin embargo, estos términos causan confusión debido a que ambos términos son usados para describir diferentes tipos de circuitos, módem, protocolos y otros atributos de información. Existen varios modos de transmisión de las edt (*equipment data terminal*) y de las etcd (*equipment terminal circuit data*). A continuación se mencionan las siguientes:

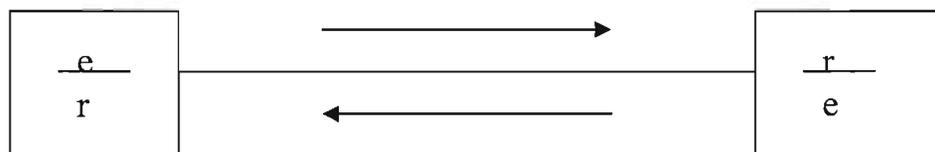
#### Símplex

Éste se emplea cuando los datos se van a transmitir en una sola dirección. Las símplex también son llamadas líneas para recibir, transmitir o de un solo sentido. La televisión comercial y los sistemas de radio son ejemplos de transmisión símplex.



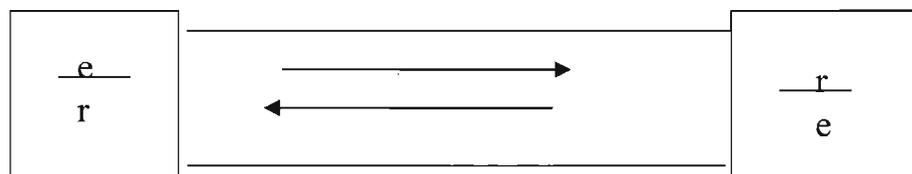
#### Half dúplex

En el modo half dúplex, la transmisión de datos es posible en ambas direcciones, pero no al mismo tiempo. Estas líneas también se llaman de dos sentidos alternados. La banda civil cb es un ejemplo de transmisión half dúplex.



#### Full dúplex

En el modo full dúplex las transmisiones son posibles en ambas direcciones simultáneamente, pero deben estar entre las dos mismas estaciones. Estas líneas también son llamadas de sentidos simultáneos o líneas de dos sentidos. Un sistema telefónico estándar es un ejemplo de la transmisión full dúplex.



---

#### 4.3.1 Transmisión asíncrona

Es una transmisión de caracteres, en donde cada uno tiene asociada una serie de bits de inicio y de parada. También es conocida como sincronización de carácter. La sincronización es normalmente generada en terminales con interfaces para operadores. La implementación de una interfase asíncrona no es muy cara porque cada carácter puede ser manejado en forma separada, y además la transmisión se realiza a bajas velocidades. Esta técnica es perfecta si la terminal de transmisión es de un cpu.

Para esta técnica de transmisión es necesario que los equipos receptores sean capaces de aceptar los caracteres enviados a diferentes intervalos de tiempo.

Esto se realiza con la ayuda de un carácter llamado bit de inicio, el cual nos indica el comienzo. Para que el receptor sea capaz de identificar cuál es el final del carácter, se agrega una secuencia de bit de parada, que dependiendo del tipo de dispositivo, puede ser de uno o de dos bits.

#### 4.3.2 Transmisión síncrona

En este tipo de transmisión la información es sincronizada a través de un reloj, el cual sincroniza el inicio y parada de los caracteres de información con el equipo terminal. Las compañías telefónicas cuentan con relojes maestros de casio; éstos sincronizan sus edificios telefónicos, que se encuentran estratégicamente ubicados. Además, tienen un mínimo de error.

A esta técnica se le conoce como sincronización de mensaje. Para que el hardware pueda leer este mensaje, se insertan bits de inicio y bits de parada del mensaje.

La secuencia de inicio contiene un simple carácter o serie de bits que indican al hardware que un mensaje está llegando para ser leído, mientras que la señal de parada por lo regular contiene un carácter que indica al receptor que el mensaje ha terminado y puede estar listo para recibir otro nuevo mensaje.

En transmisión síncrona puede haber diferentes intervalos de tiempo entre mensaje, pero definitivamente no entre bits o carácter.

Una típica transmisión síncrona inicia con dos caracteres de sincronización.

El siguiente carácter es inicio de mensaje o som (*start of message*), que indica el comienzo de un mensaje. Después de som se encuentra uno o más caracteres de control que especifican al hardware del receptor direcciones, prioridades, etc., como también cambios en el código de transmisión, o si esta información contiene datos binarios tal como gráficas, o datos comprimidos enseguida de los caracteres de control se recibe el mensaje y luego del carácter de parada o fin de mensaje (*edm*) (*end off message*).

---

## Capítulo V

### Modulación por codificación de pulsos (pcm)

#### 5.1 Modulación (pcm)

Las señales de banda producidas por diferentes fuentes de información no siempre son adecuadas para la transmisión directa a través de un canal dado. Estas señales son, en ocasiones, fuertemente modificadas para facilitar su transmisión. Este proceso de conversión se conoce como modulación. Aquí se utiliza la señal de banda base para modificar algún parámetro de una señal portadora de alta frecuencia.

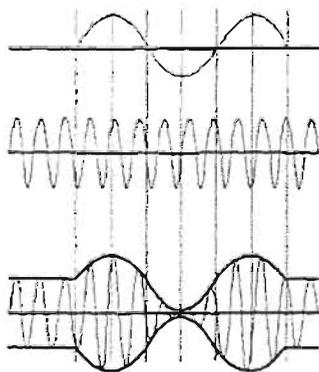
Una portadora es una senoide de alta frecuencia, y uno de sus parámetros tal como la amplitud, la frecuencia o la fase se varía en proporción a la señal de banda base. De acuerdo con esto se obtiene una modulación en amplitud, frecuencia y fase.

##### 5.1.1 Modulación en amplitud

Es el proceso de cambiar la amplitud de una portadora de frecuencia relativamente alta de acuerdo con la amplitud de la señal modulante (información). Con la modulación de amplitud, la información se imprime sobre la portadora en la forma de cambios de amplitud. La modulación en amplitud es una forma relativamente barata y de baja calidad de modulación que se utiliza en la radiodifusión de señales de audio, video y radio de banda civil.

Un modulador de amplitud es un aparato no lineal con dos señales de entrada de información: una señal portadora de amplitud constante y de frecuencia sencilla y la señal de información. La información actúa sobre o modula la portadora y puede ser una forma de onda de frecuencia simple o compleja compuesta de muchas frecuencias que fueron asignadas de una o más fuentes.

Debido a que la información actúa sobre la portadora, se le llama señal modulante. La resultante se llama onda modulada o señal modulada. La figura 5.1 muestra un modulador am simplificado que ilustra la relación entre la portadora, la señal de entrada (modulante) de la información y la señal modulada  $f(t) \cos \omega_c t$ .



---

señal modulante  $f(t)$

portadora  $\cos \omega_c t$

onda modulada  $f(t) \cos \omega_c t$

Figura 5.1 generación de am

### 5.1.2 Modulación en frecuencia y fase

La modulación en frecuencia y fase son ambas formas de modulación angular. Desafortunadamente, a las dos formas de modulación angular se les llama fm, cuando en realidad existe una diferencia clara entre las dos. Las ventajas de utilizar la modulación angular por modulación en amplitud se reflejan en la reducción del ruido, la fidelidad mejorada del sistema y el uso más eficiente de la potencia. Sin embargo, fm y pm tienen desventajas importantes, las cuales incluyen requerir un ancho de banda extendida y circuitos más complejos, tanto en el transmisor como en el receptor.

La modulación angular se introdujo en 1931 como alternativa a la modulación en amplitud. Se sugirió que la onda con modulación angular era menos susceptible al ruido de am y que podía mejorar el rendimiento de las comunicaciones de radio. La modulación angular en la actualidad se utiliza para radiodifusión de radio comercial, televisión, radio móvil, radio celular, microondas y satélite.

La modulación angular resulta cuando el ángulo de fase ( $\theta$ ), de una onda sinusoidal, varía con respecto al tiempo. La onda con modulación angular se muestra matemáticamente de la siguiente manera:

$$m(t) = v_c \cos [\omega_c t + \theta(t)]$$

en donde  $m(t)$  = onda con modulación angular  
 $v_c$  = amplitud pico de la portadora (volts)  
 $\omega_c$  = frecuencia en radianes de la portadora (velocidad angular,  $2\pi f_c$ )  
 $\theta(t)$  = desviación instantánea de fase (radianes)

Con la modulación angular es necesario que  $\theta(t)$  sea una función prescrita de la señal modulante. Por lo tanto, si  $v_m(t)$  es la señal modulante, la modulación angular se muestra matemáticamente así:

$$\theta(t) = f[ v_m(t) ]$$

en donde  $v_m(t)$  =  $v_m \sin(\omega_m t)$   
 $\omega_m$  = velocidad angular de la señal modulante (radianes/segundo)  
 $f_m$  = frecuencia de la señal modulante (hertz)  
 $v_m$  = amplitud pico de la señal modulante (voltios)

---

---

La diferencia entre la modulación en frecuencia y fase está en cuál propiedad de la portadora (la frecuencia o la fase) varía directamente por la señal modulante y cuál propiedad varía indirectamente. Siempre que la frecuencia de la portadora está variando, la fase también lo hace, y viceversa. Por lo tanto, fm y pm deben ocurrir cuando se realiza cualquiera de las formas de la modulación angular. Si la frecuencia portadora varía directamente de acuerdo con la señal modulante, resulta en una señal fm. Si la fase de la portadora varía directamente de acuerdo con la señal modulante, resulta en una señal pm. Por lo tanto, la fm directa es la pm indirecta y viceversa. La modulación en frecuencia y fase se pueden definir de la siguiente forma:

- Modulación en frecuencia directa. Variando la frecuencia de la portadora de amplitud constante directamente proporcional, a la amplitud de la señal modulante, con una relación igual a la frecuencia de la señal modulante.
- Modulación en fase directa. Variando la fase de una portadora con amplitud constante directamente proporcional, a la amplitud de la señal modulante, con una relación igual a la frecuencia de la señal modulante: la figura 5.2 muestra la modulación de frecuencia y fase de una portadora sinusoidal por una señal modulante de frecuencia sencilla. Se puede observar que las formas de onda de fm y pm son idénticas, excepto por su relación de tiempo (fase). Por lo tanto es imposible distinguir una forma de onda de fm de una forma de onda pm.

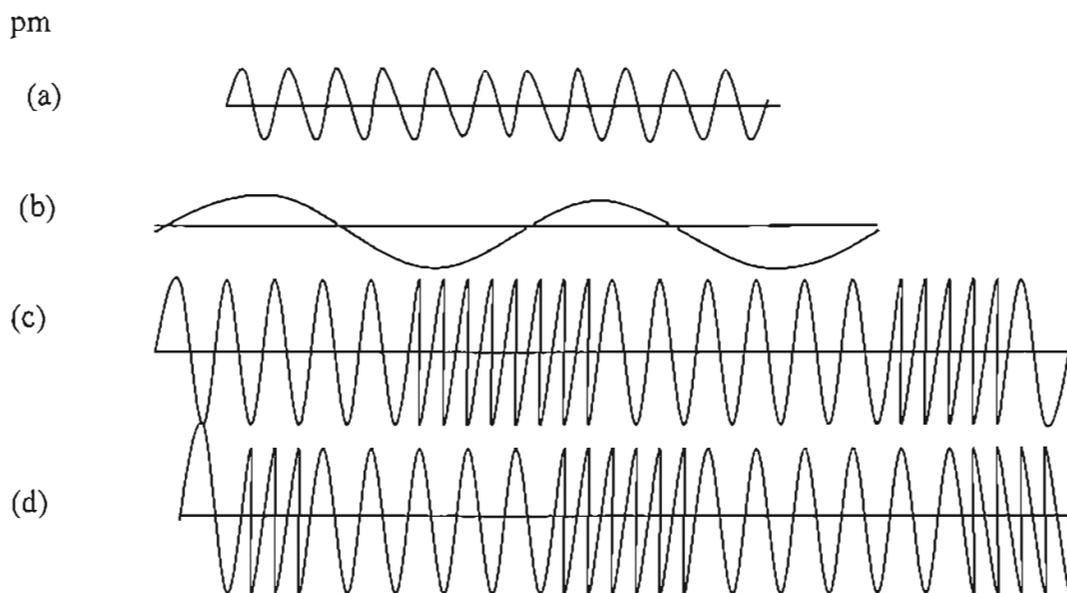


Figura 5.2 Modulación en frecuencia y fase de una portadora de onda seno, por una señal de onda seno: (a) portadora demodulada; (b) señal modulante; (c) onda de fm; (d) onda de pm.

## 5.2 Modulación de pulsos

Esta modulación incluye muchos métodos diferentes para convertir información a forma de pulsos para transferirlos de una fuente a un destino. Los cuatro métodos predominantes son modulación de ancho de pulso pwm, modulación de posición del pulso ppm, modulación de amplitud de pulsos pam y modulación de pulsos codificados pcm. Los cuatro métodos más comunes de la modulación de pulsos se resumen a continuación y se muestran en la figura 5.3.

- Pwm. Este método a veces se llama modulación de duración de pulso, o modulación de longitud de pulso. El ancho del pulso (porción activa del ciclo de trabajo) es proporcional a la amplitud de la señal analógica.
- Ppm. La modulación de posición de pulso consiste en mantener constantes la amplitud y el ancho de los pulsos y variar su posición en proporción a los valores de  $f(t)$  en los instantes de muestreo.
- Pam. La amplitud de un tren de pulsos de ancho constante varía en proporción a los valores mostrados de la señal moduladora. Los pulsos, por lo regular, se toman a intervalos de tiempo equidistantes.
- Pcm. La regulación del pulso o señal binaria puede variar continuamente de acuerdo a la amplitud de la señal analógica.

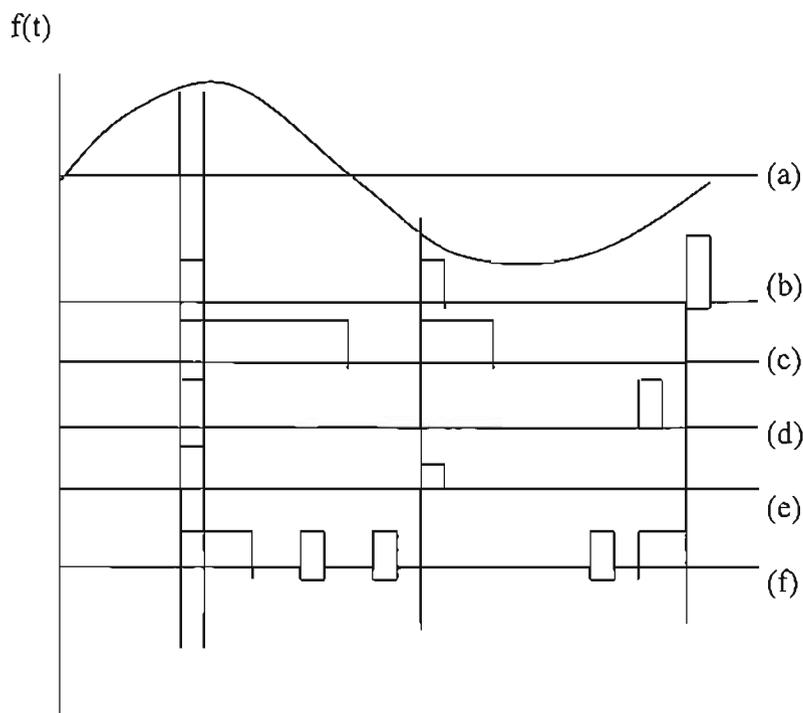


Figura 5.3 Modulación de pulsos: (a) señal analógica; (b) pulso de muestreo; (c) pwm; (d) ppm; (e) pam; (f) pcm.

---

Pam se usa como una forma intermedia de modulación, con psk, qam y pcm, aunque raramente se usa sola. Pwm y Ppm se usan en los sistemas de comunicación, de propósitos especiales, normalmente para el ejército, pero raramente se usan los sistemas comerciales. Pcm es por mucho el método más usado de modulación de pulsos.

### 5.3 Modulación por pulsos codificados (pcm)

La modificación de algunas características de una señal portadora de acuerdo con otra señal moduladora se le llama proceso de modulación, y esto es con el objeto de que se transporte la información que contiene la señal moduladora.

#### 5.3.1 Antecedentes históricos de pcm

La transmisión digital tiene una larga historia. Los primeros sistemas de transmisión. Los telégrafos ópticos fueron digitales. El telégrafo eléctrico, que se introdujo a principios del siglo xx, también fue digital.

En 1937, A. H. Revés, que por aquel tiempo trabajaba para itt París, propuso la idea de usar pcm, modulación por pulsos codificados, para la transmisión del habla por medio de señales digitales.

Para esa época ya había elaborado, en teoría, los principios fundamentales del muestreo y del multiplexaje por división de tiempo. La patente francesa se registró en 1938, la británica en 1939 y la americana en 1942.

En 1948, Bell Telephones Lab, confirmó que las teorías eran aplicables en la práctica. Debido a las dificultades que se encontraban en la “era del tubo”, no fue sino hasta 1956 cuando se pudo comenzar algún trabajo de desarrollo en el propio sentido de la palabra. La irrupción del transistor cambió radicalmente las condiciones para los sistemas pcm comerciales. En 1962, att en Estados Unidos, puso en operación los primeros sistemas. Desde entonces la tecnología de componentes especialmente en lo que respecta a componentes digitales se ha desarrollado rápido, con la posibilidad de diseñar sistemas pcm muy compactos y económicos.

---

## 5.4 Conceptos básicos

El pcm es una forma de onda codificada y es una norma para la codificación de voz en las redes telefónicas. El rango de bits generado por llamada (64 kbits/s) ha sido un factor decisivo en los diseños de conmutación y transmisión.

Un proceso de modulación, por ejemplo, es cuando se mantiene una comunicación telefónica dentro de un área local a través de centrales analógicas. La señal acústica que emite no es la apropiada para transmitirse sobre el cable telefónico.

Las ondas de presión sonora de la voz inciden sobre el diafragma del micrófono, expandiendo o comprimiendo una capa de partículas de carbón, variando así la resistencia de esta capa al flujo de una corriente eléctrica unidireccional.

De esta manera la corriente eléctrica varía su amplitud conforme a la variación de las ondas acústicas de la voz. La señal de información acústica modifica las características de la señal eléctrica en forma tal que transporte la información.

### 5.4.1 El teorema de muestreo

“Toda la información de la señal original estará presente en la señal descrita por las muestras sí:

- La señal original tiene un ancho de banda limitado; esto es, no contiene ningún componente con una frecuencia excedente en un valor dado,  $b$ .
- La frecuencia de muestreo debe ser dos veces más grande que la frecuencia más alta de la señal original; esto es,  $>2xb$ .

Puesto que las conexiones telefónicas operan en la banda de 300–3400 hz, 8000 hz es una frecuencia de muestreo que reúne los requerimientos primarios para la calidad de transmisión: la información no debe ser de pérdida.

La frecuencia de muestreo es dos veces la frecuencia máxima, la cual es significativamente más baja que 8 khz.

## 5.5 Etapas principales de pcm

Las etapas que caracterizan a pcm son:

- Muestreo
- Cuantificación
- Codificación

---

### 5.5.1 Muestreo

A la lectura de la amplitud en intervalos regulares se le llama muestreo. Es importante tomar las muestras en una curva de voz en un intervalo satisfactorio, lo cual significa que la calidad obtenida nos permitirá reconocer claramente las voces de cada uno. Tomar demasiadas muestras es antieconómico; una frecuencia de muestreo satisfactoria es de 8000 muestras por segundo.

El resultado nos dará una señal de pulso de amplitud–modulada (pam), donde cada pulso corresponde directamente a la amplitud de la curva de voz.

### 5.5.2 Cuantificación

La transmisión digital involucra la transferencia de valores numéricos. Por lo tanto medimos la amplitud de estos impulsos en la señal pam, y damos a cada impulso un valor numérico. Con el fin de no tener un número infinito de valores numéricos por transferir, los niveles de amplitud se dividen en intervalos. Todas las muestras que caen dentro de un intervalo determinado tienen el mismo valor. Esto se conoce como cuantificación de muestra.

La cuantificación significa que nos comprometemos con la exactitud. La serie de números no es en realidad más grande que toda la verdad sobre la curva de conversión. La desviación se conoce como distorsión de cuantificación. Pero al mismo tiempo que obtenemos un número limitado de valores numéricos para transmitir, el equipo puede ser más simple y el riesgo de errores de transmisión es menor. En los sistemas de telefonía se utilizan 256 intervalos de cuantificación y, por lo tanto, existen 256 valores diferentes para transferir.

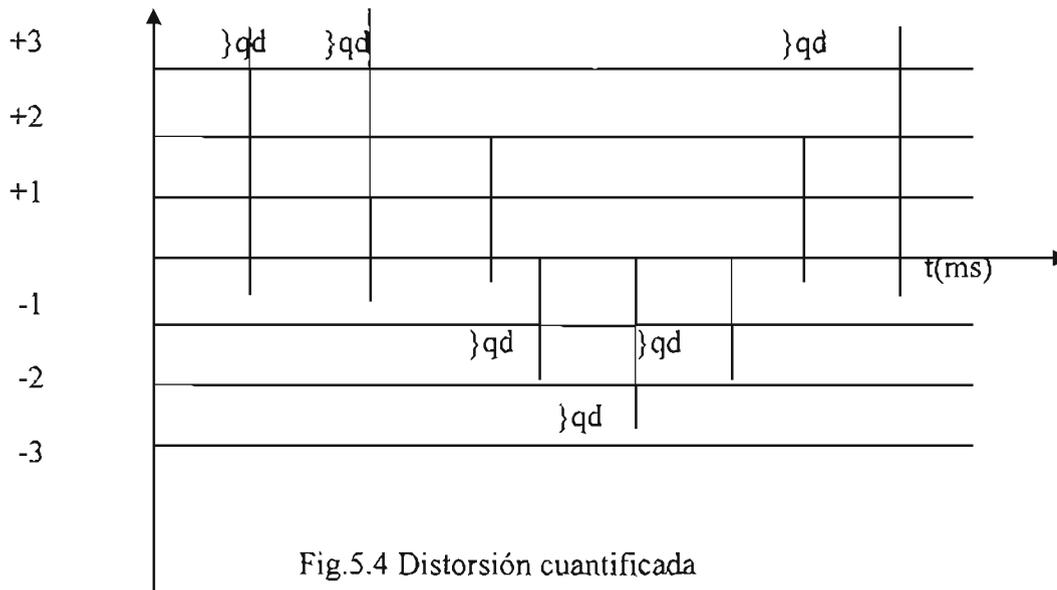
Sin embargo, hay otros problemas por resolver. Quizá se tenga una idea de ellos por la figura 5.4. Ahí, los intervalos de cuantificación son exactamente de igual tamaño sin importar la amplitud. Si observamos la distorsión en relación con la amplitud, podemos ver las cosas desde un punto de vista diferente. Es importante para el audio que la distorsión sea menor en relación con la intensidad de sonido: una voz débil podría tener mucha distorsión con este modelo.

Una manera de resolver el problema es hacer un modelo de cuantificación lo suficientemente pequeño, en el que incluso se puedan transmitir las variaciones con los niveles de audio suficientes. Sin embargo, al mismo tiempo obtendríamos innecesariamente pequeños intervalos para las amplitudes más altas, y por lo tanto, también un alto nivel de valores numéricos por transmitir.

Lo ideal es que debe aumentarse el intervalo de cuantificación para la amplitud. La proporción de distorsión/amplitud debe permanecer, de preferencia, constante. Además, tenemos que encontrar un equilibrio perfecto entre el número de intervalos de cuantificación y la calidad de transmisión deseada.

Contamos con dos modelos para resolver este problema. El primero, la ley  $\alpha$ , el otro, la ley  $\mu$ , la amplitud máxima es con ceros, y bajo la ley  $\alpha$  con unos. De tal manera que si la amplitud está completamente quieta, se generan ceros en la ley  $\alpha$  y unos en la ley  $\mu$ .

amplitud                      qd = distorsión cuantificada



### 5.5.3 Codificación

Lo que resta ahora es dar a nuestros 256 posibles valores una forma adecuada para la transmisión. Se enumerará con la ayuda de pulsos binarios, es decir, pulsos con sólo 2 niveles. Ocho de estos pulsos o bits son suficientes para la formación de un código único para cada valor del intervalo.

El equipo necesita diferenciar únicamente entre los pulsos de un nivel y otro y contar hasta ocho. Una técnica comprobada de computadora que se adapta muy bien a la telefonía. Todo el proceso recibe el nombre de pcm (*pulse code modulation*) y el resultado, el código binario de 8 bits, es conocido como una palabra pcm.

Una palabra de pcm corresponde a una muestra. Se generan 8000 palabras pcm por segundo. Para cada conversación la transferencia de los bits del enlace digital es de 64 kbps.

### 5.6 Multiplexaje

El multiplexaje es la transmisión de información, de más de una fuente a más de un destino, por el mismo medio de transmisión, pero no necesariamente al mismo tiempo. El medio de transmisión puede ser un par de cables metálicos, un cable coaxial, un sistema de radio de microondas terrestre, o de satélite, fibra óptica. Hay varias formas en que se puede lograr el proceso de multiplexaje. Los dos métodos más comunes son multiplexaje por división de tiempo tdm y multiplexaje por división de frecuencia fdm.

### 5.6.1 Multiplexaje por división de frecuencia (fdm)

En el pdm, múltiples fuentes que originalmente ocupaban el mismo espectro de frecuencias se convierten, cada una, a bandas de frecuencias diferentes y se transmiten simultáneamente en un solo medio de transmisión. Así muchos canales de banda relativamente angosta se pueden transmitir en un solo sistema de transmisión de banda ancha.

El fdm es un esquema de multiplexaje analógico, la información que entra a un ejemplo de fdm es la banda de radiodifusión comercial de am, que ocupa un espectro de frecuencia desde 535 a 160 kHz. Cada estación lleva una señal con un ancho de banda de 0 a 5 khz. Si el audio de cada estación se transmitiera con otra. En lugar de eso, cada estación modula la amplitud de una frecuencia de portadora diferente y produce una señal de doble banda lateral de 10 khz. Debido a que las frecuencias de portadora, de las estaciones adyacentes, están separadas por 10 kHz, la banda total comercial de am se divide en 107 fracciones, de frecuencia de 10khz, apiladas unas a otras, en el dominio de la frecuencia. Para recibir una estación particular, simplemente se sintoniza un receptor a la banda de frecuencia asociada con las transmisiones de esa estación. La figura 5.5 muestra cómo las señales de las estaciones radiodifusoras de am comerciales se multiplexan por división de frecuencia y se transmiten en un solo medio transmisor, que es el espacio libre.

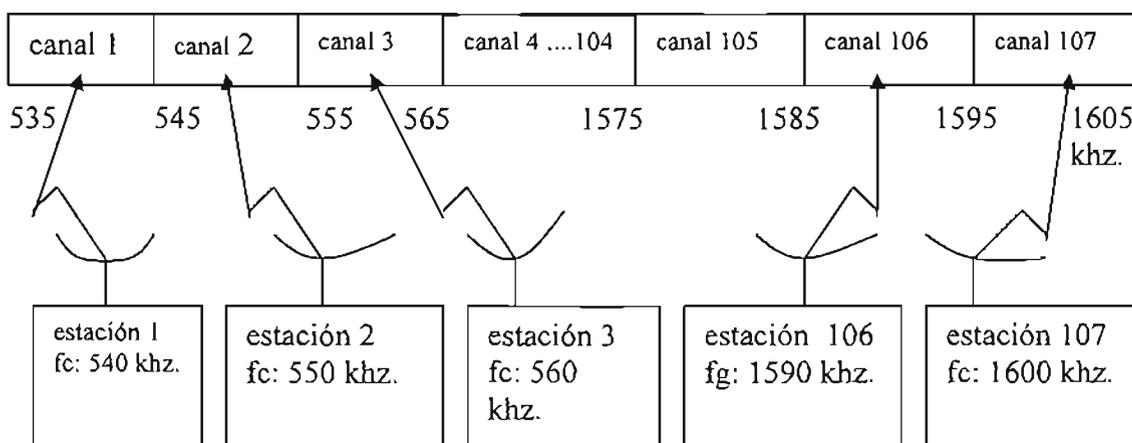


Figura 5.5 Multiplexaje por división de frecuencia

Hay muchas otras aplicaciones para fdm, como fdm comercial, difusión de televisión y sistemas de telecomunicaciones de gran volumen. Dentro de cualquiera de las bandas de radiodifusión comercial, las transmisiones de cada estación son independientes de las transmisiones de las otras estaciones. En consecuencia, el proceso de multiplexaje se realiza sin ninguna sincronización entre las estaciones. Con un sistema de comunicación por teléfono de gran volumen, muchos canales de teléfono, de banda de voz, se pueden originar de una fuente común y terminar en un destino común. El equipo terminal de fuente y destino probablemente sea un sistema de conmutación electrónica de alta capacidad.

### 5.6.2 Multiplexaje por división de tiempo (tdm)

Con tdm, las transmisiones para fuentes múltiples ocurren sobre el mismo medio pero no al mismo tiempo. Las transmisiones de varias fuentes se intercalan en el dominio del tiempo. El tipo más común de modulación utilizada con los sistemas tdm es pcm. Con un sistema pcm-tdm, se muestran dos o más canales de banda de voz o datos, convertidos a códigos pcm, y luego se utiliza el proceso de multiplexaje por división de tiempo en un solo par de cables metálicos o en un cable de fibra óptica.

El proceso de multiplexaje es simplemente un interruptor electrónico con dos entradas y una salida. El canal 1 y el canal 2 se selecciona de manera alterna y se conecta a la salida del multiplexor. El tiempo que toma transmitir una señal en cada canal se llama tiempo de trama. Por lo tanto, el tiempo es igual al recíproco de la razón de muestreo ( $1 / fs$ ). La figura 5.6 muestra un diagrama a bloques simplificado de un sistema de portadora para pcm-tdm de dos canales. Mientras que el código pcm para el canal 1 se está transmitiendo, el canal 2 se está usando y convirtiendo a un código pcm. Mientras que el código pcm del canal 2 se está transmitiendo, la siguiente señal se toma del canal 1 y se convierte a código pcm.

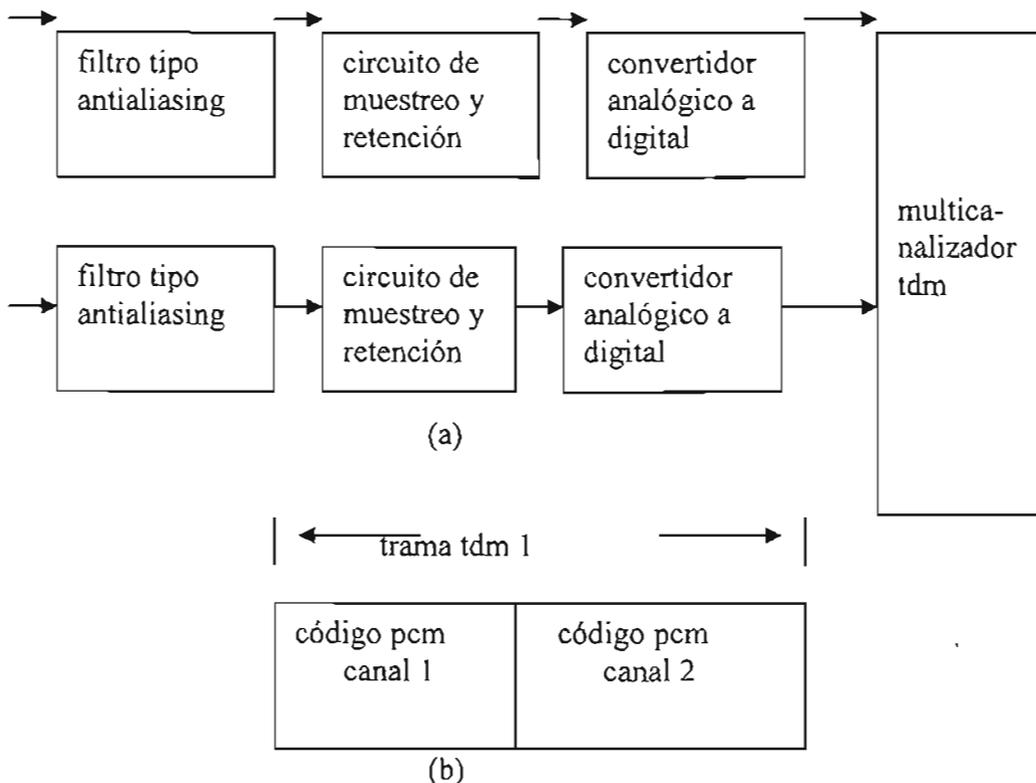


Figura 5.6 Sistema pcm-tdm de dos canales (a) diagrama a bloques; (b) trama tdm

---

## 5.7 Código pcm

En este tema hablaremos de algunos códigos utilizados en los sistemas pcm y las ventajas que tienen algunos, y las razones por las cuales son utilizados en la transmisión en la línea pcm.

### 5.7.1 Transmisión de una señal pcm

En una señal pcm, considerándose al último como un tren de pulsos (bit en unos y ceros), ahora ese tren tiene que ser transmitido. Dependiendo del medio de transmisión adoptados (cable, radioenlace, etc.), podrían aparecer dificultades al emplear una señal constituida de esa forma, por eso es necesario darle un tratamiento para que manteniendo inalteradas las informaciones contenida en ella (la señal), se adapte más al medio de transmisión.

### 5.7.2 Conceptos de código

Es un conjunto de símbolos y cada uno tiene un significado asociado. Con dichos símbolos combinados se pueden conformar significados más complejos. Hay una gran cantidad de números complejos que sirven para dar un mejor tratamiento y seguridad a la información.

### 5.7.3 Conversores de código

Son circuitos encargados de realizar la transformación o traducción de un código a otro.

### 5.7.4 No retorno a cero (nrz)

Unipolar 100 por ciento. Éste es el código en el que el periodo de cada bit es el 100 por ciento, es decir, de trabajo de cada bit es el 100 por ciento. Este código se usa internamente en los equipos.

Desventajas:

El nrz tiene desventajas para ser usado en una transmisión, en especial por cable debido a lo siguiente:

- La componente continua de corriente no permite enviar por línea la telealimentación de los regeneradores.
- No es posible que la señal de componente continua pase a través de los regeneradores de línea.

En la práctica, el reloj se extrae de las transmisiones de señal recibida para sincronizar un circuito tanque o similar (de cada regenerador y del multiplexor de recepción). Al usar nrz podría existir una pérdida de sincronía al presentar las largas cadenas de ceros.

---

### 5.7.5 Retorno a código (rz)

Unipolar al 50 por ciento. En este código la señal es similar al nrz, pero el ciclo de trabajo de cada bit se reduce al 50 por ciento. Se usa en el interior de los mismos equipos colocados, e incluso tienen las mismas ventajas que el interior para la transmisión.

### 5.7.6 Código adi

Este código significa inversión de dígitos alternado por sus signos en inglés. Este código sigue un patrón conocido como pininini, lo cual significa que al primer bit hay que cambiarle su estado (inversión), al siguiente bit dejarlo normal, al otro bit hacerle una inversión y así sucesivamente.

Le sirve al equipo para evitar largas cadenas de ceros y unos, y lo utilizan internamente algunas tarjetas de pcm.

### 5.7.7 Código ami

AMI (*Alternative Mark Inversión*) bipolar al 50 por ciento alternativo a tres niveles. Inversión de marcas alternativas. Este código consiste en que una vez aplicado el rz, se alternará la polaridad de los unos, de esta forma, no existirán componentes de corriente continua.

Se considera ya un código de línea, aunque con algunas diferencias, ya que elimina la posibilidad de que una cadena larga de ceros haga imposible la extracción de la frecuencia de reloj.

### 5.7.8 Código hdb3

HDB (*High Density Binary* –binario de alta velocidad– máximo de tres ceros consecutivos). Bipolar al 50 por ciento alternativo a tres niveles. Es un código de línea, mantiene nula la componente de corriente continua. Tiene todas las ventajas del ami, pero además puede extraer el reloj aun en presencia de largas cadenas de ceros. En el código se requiere de ciertas reglas de aplicaciones que se mencionan a continuación:

- a) Mientras que no aparezcan más de tres ceros en forma consecutiva en la señal binaria, el código hdb es idéntico al código ami.
- b) Cuando aparecen más de tres ceros en forma consecutiva se hace una sustitución: se forman grupos de 4 bits. Hay dos formas diferentes de hacer la sustitución: una es insertar el patrón 0001 y otra es colocar el patrón 1001.
- c) Si un bit al ser transmitido tiene la misma polaridad que la última violación insertada, el patrón a insertar es 1001. Convencionalmente, lo llamaremos el uno de la primera posición.
- d) Si la polaridad del último uno transmitido es diferente a la polaridad de la última violación insertada, se colocará el patrón 0001. Sólo al inicio, la polaridad de la violación debe ser igual al último uno recibido y si no hubo se hace una suposición.
- e) Si después de que se agregaron la marca y la violación no hubo rompimiento de alternancia. Es decir, quedaron tres consecutivos, se hará inversión del tres posterior de la señal hasta encontrar otra nueva condición.

---

## 5.8 Regeneradores intermedios

El propósito de los regeneradores intermedios de línea es compensar la atenuación del cable y regenerar el tren de pulsos.

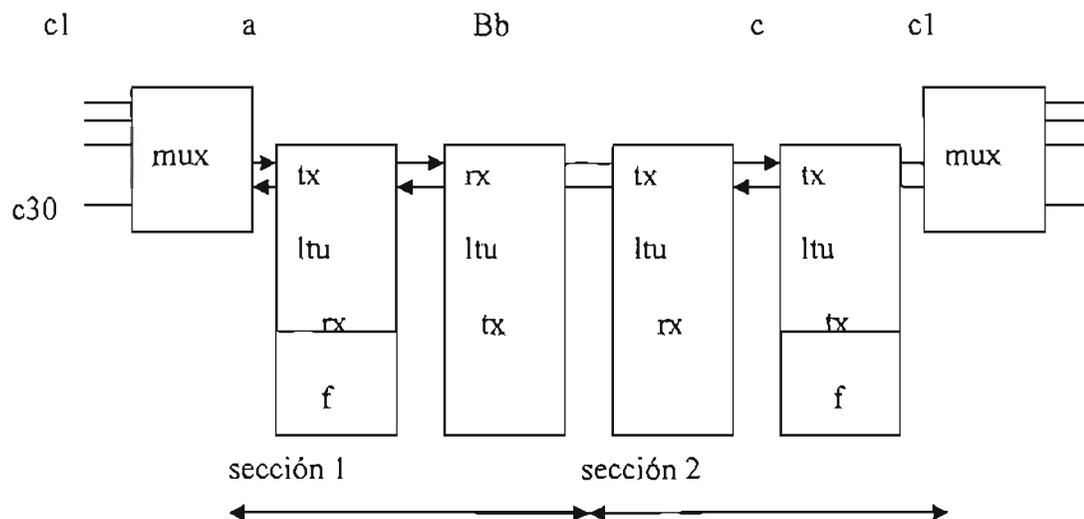
### 5.8.1 Equipo de línea

El equipo de línea lo constituyen los siguientes componentes:

- Unidades terminales de línea (ltus).
- Equipo de localización de líneas.
- Equipo de localización de fallas.
- Cajas de regeneradores.
- Regeneradores intermedios de línea.
- Filtros para localización de fallas.

### 5.8.2 Unidad terminal de línea

La unidad de línea (ltu) transforma la impedancia de 75 ohms desbalanceado, que se usa del lado del equipo, a 120 ohms balanceado, que se usa del lado calle (línea). También se encarga, por medio de una fuente de alimentación, de energizar los regeneradores de línea y de lado recepción, a la ltu que regenera la señal de recepción.



f: fuente de línea

ltu: unidad terminal de línea

Figura 5.7

---

### 5.8.3 Par fantasma

Los regeneradores intermediarios de línea usan un diodo zener, y de éste toman la energía que requieren los circuitos del regenerador. Este transformador de entrada y a la derivación central de secundario del transformador de salida, y se le conoce como par fantasma. La señal hdb se monta en voltaje continuo negativo, puesto que tenemos 48mA a través de la fuente de alimentación de línea y de la ltu para que se alimente a los regeneradores de esta sección de línea.

### 5.8.4 Definición de Jitter

El jitter se define como la pequeña variación de los instantes significativos de una señal digital de su posición ideal en el tiempo. Actualmente el jitter es una de las limitaciones más importantes de la tecnología que se utiliza en pcm, como un vehículo de transmisión.

Otra definición de jitter es el desplazamiento de los cruces de una señal (analógica-digital) de su tiempo esperado de ocurrencia. Se podría considerar como una modulación no deseada de fase. El jitter demora y afecta los procesos de decisión en el tiempo apropiado.

Los regeneradores son las fuentes primarias de jitter. La línea de éste puede ser sistemática. El jitter sistemático puede ser causado por desplazamiento de los pulsos, es decir, donde la cresta del pulso no coincide con las crestas de temporización del regenerador o transiciones están desplazadas, la interferencia intersimbólica (dependiente de los patrones de pulsos específicos) o el desplazamiento del umbral del reloj local.

El jitter no sistemático puede ser originado por las variaciones en el tiempo que ocurre de un repetidor a otro y por la diafonía.

Cuando hay largas cadenas de repetidores, el jitter sistemático es el que predomina, acumulativo, aumentando los valores rms como  $n$  a la  $1/2$ , donde  $n$  es el número de repetidores de la cadena.

El jitter también es proporcional al ancho de banda del filtro de los repetidores. El aumento de  $q$  o el factor de calidad de estos filtros tienen a reducir el jitter regenerado en la señal, pero también aumenta la tasa de error al muestreo de la señal en el tiempo no óptimo.

El principal efecto de jitter es la señal analógica resultante después de ser decodificada en la distorsión de la señal.

---

La señal analógica deriva a través de un tren de pulsos pam, en el cual es llevado hacia un filtro pasabajos. El jitter desplaza a los pulsos pam de su posición adecuada, manifestándose ésta como una modulación por posición de pulsos ppm no deseada. Debido a que el jitter varía con el número de regeneradores que se coloque en serie, éste es uno de los principales inconvenientes de líneas largas para los sistemas de alto orden, lo cual se verá en el momento apropiado.

#### 5.8.5 Unidades de medición del jitter

El jitter se mide en unidades internacionales, abreviándose comúnmente como ui. Un ui es igual a 180 grados. Así mismo, se puede expresar como desviación en partes por millón. Para el caso de primer orden de 2048 kbps se tiene una tolerancia de más o menos cincuenta partes por millón.

Para medir el jitter se utilizan equipos como el pjj y el pjm de w & g.

#### 5.9 Estructura de una señal pcm

Un sistema de señal pcm acomoda las señales de sus canales y agrega palabras de sincronía y alarmas, obedeciendo el orden de la estructura, de acuerdo con la norma americana o la norma europea, que es la que más aplicaremos.

La totalidad de la trama está formada por 1544000 bits por segundo o 1.544 mbits/seg, según resulta del siguiente cálculo: 8000 hz (8bits x 24 canales) + 1 bit de alineamiento: 1.544 mbits/seg.

Al mismo tiempo calculamos la velocidad de transmisión, o sea, el número de bits transmitidos en la unidad de tiempo. El cálculo de esta velocidad se realiza, considerando el tiempo que transcurre entre dos muestras sucesivas del mismo canal telefónico, que es de 125  $\mu$ , así todos y cada uno de los canales se deben muestrear cada 125  $\mu$ : 8 bits x 24 canales = 192 bits + 1 bit de alineamiento = 193 bits. La velocidad de transmisión es también un indicativo de que los circuitos de transmisión deberán tener un ancho de banda suficiente para dejar pasar una señal de ese orden de magnitud.

##### 5.9.1 Norma europea

Está basada en la multiplexación de 30 canales, más dos canales de servicio. Cada muestra se codifica con 8 bits (de acuerdo a lo explicado durante la codificación). La frecuencia de muestreo es de 8 khz, por lo tanto, el período de cada trama es de:  $t = 1/(8000\text{hz}) = 125 \mu\text{s}$ .

Cada trama es lo que divide en 32 intervalos de tiempo, la duración de cada intervalo será de:

$t : 125 \mu\text{s}/32 : 3.9 \mu\text{s}$ . cada intervalo se compone de 8 bits.

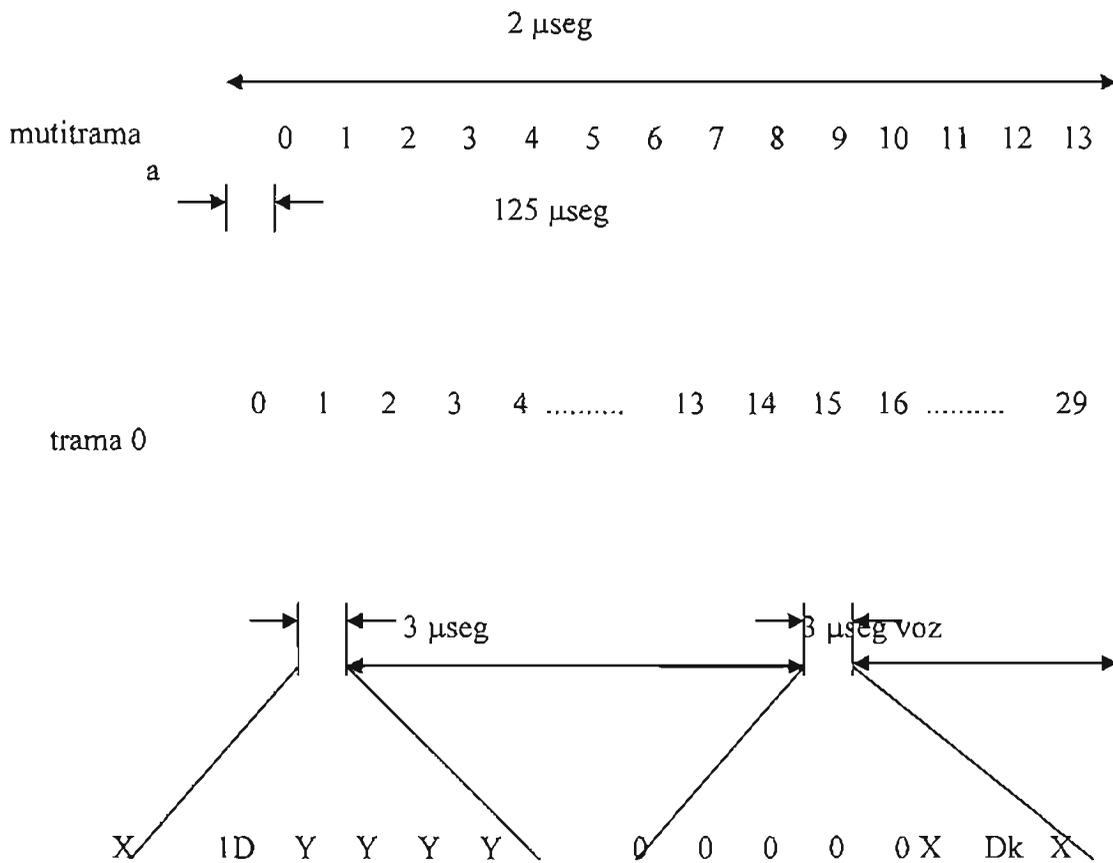
$t : 3.9 \mu\text{s}/8 : 0.4881 \mu\text{s}$ , que es la duración de un bit.

### 5.9.2 Velocidad de transmisión

La velocidad de muestreo para cada uno de los intervalos de tiempo es de 8 khz y cada intervalo de tiempo está formado por una palabra de 8 bits, por lo tanto tenemos lo siguiente:  $8 \text{ khz} \times 32 \text{ intervalos de tiempo} \times 8 \text{ bits} : 2048 \text{ kbits/seg.}$

### 5.9.3 Multitrama

Es el conjunto de 16 tramas, numeradas de la 0 a la 15, y es el ciclo completo en donde se insertó toda la información de alarmas, señalización, voz y palabras de alineamiento de trama y multitrama.



palabra de alarma en tramas pares (norma 11011111) d: alarma urgente. Problemas de alineamiento de tramas en el extremo distante.

solo en la trama 0 palabra de alineamiento de multitrama dk: 1 alarma urgente problema de mfas en el extremo distante. y: bits de uso adicional.

Figura 5.8

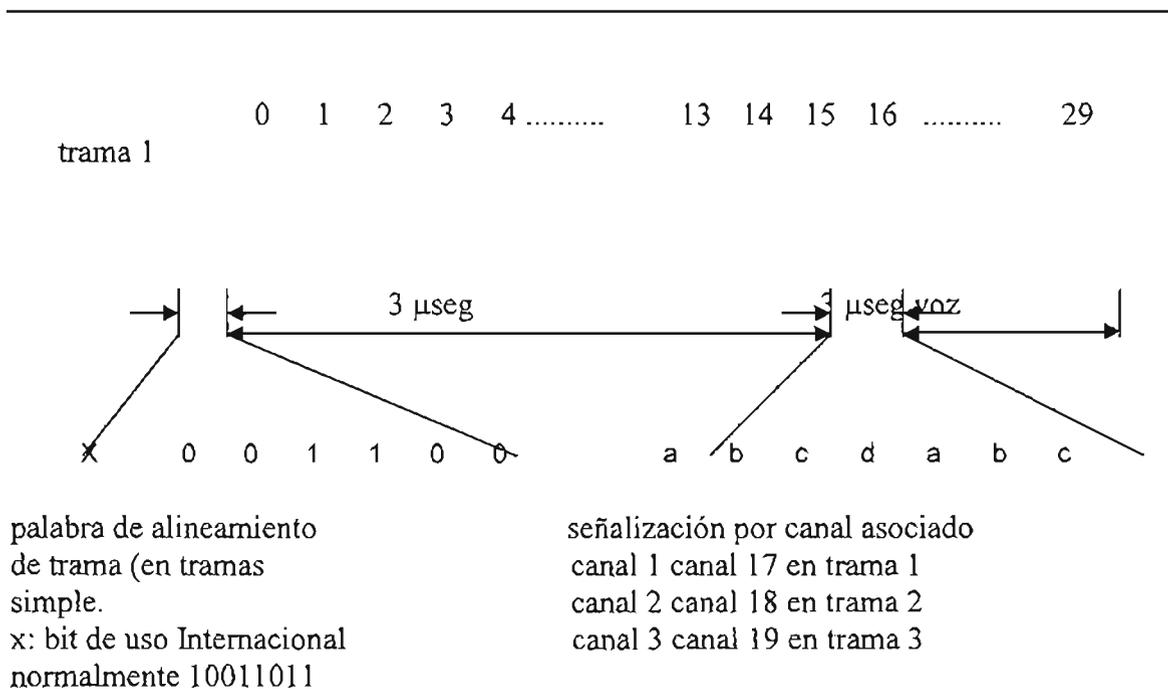


Figura 5.9 Estructura de la trama y la multitrama

#### 5.9.4 Sincronía de trama

También es conocida como alineamiento de trama. Deberá transmitirse de la forma: x00110011 sólo en los intervalos de tiempo 16 de las tramas cero. Los bits marcados como xxx se pueden usar para transmitir datos o alarmas, por ejemplo, el bit 6 en estado alto significa una pérdida de sincronía de multitrama del extremo remoto.

#### 5.9.5 Intervalo de tiempo 16 en las tramas de 1 a 15

En este intervalo de tiempo se transmite la información de señalización de los canales 1 y 16 en la trama 1, la información de señalización de los canales 2 y 17 en la trama 2, la información de señalización de los canales 3 y 18 en la trama 3 y así hasta la trama 15, donde va la información de señalización de los canales 15 a 30. A esta manera de agrupar las señalizaciones se les conoce como señalización por canal asociado. A los intervalos de tiempos se les conoce como *ts*, que son sus iniciales en inglés (*time slot*).

---

## Conclusiones

De acuerdo con todo lo anterior, se llega a los siguientes puntos:

- a) Se necesita desarrollar en forma inmediata el programa sise, con todas las variables y necesidades que se tienen en la base de datos invequi (inventario de equipo).
- b) Con el objetivo de que el programa sise, sea tan fuerte y común en las áreas que lo usan, para que en forma normal se tengan actualizados todos los datos necesarios en las órdenes de trabajo, y no tengan ningún problema que las retrase desde su emisión y que afecte la puesta en servicio por parte del cliente y las áreas involucradas de los diferentes tipos de servicios.
- c) Las pérdidas que se tienen actualmente al no tener sistematizado el programa sise con todos los requerimientos que se necesitan, provoca pérdida de recursos humanos, materiales, retrasos de entrega, desactualización de base de datos, etc. Aunque no son cuantificados, sí son muy significativos.
- d) Si aplicamos el término cim (*computer integrated manufacturing*) a esta problemática expuesta, ya se está llevando en forma parcial, sin embargo como menciona la bibliografía de los libros, realmente debe ser un compromiso sólido de la dirección, incluyendo todos los departamentos de esta empresa, lo cual considero muy difícil que se dé a corto plazo.
- e) Definitivamente se debe dejar el control de datos que se llevan en carpetas, donde persiste el error administrativo y extemporáneo por parte del personal técnico.

---

## Glosario

**adm** multiplexor add/drop– término inglés para mux de inserción y drop.

**ami** inversión de marcas alternadas.

**ansi** instituto de estándares nacional americano.

**atm** (asynchronous transfer mode) modo de transferencia asíncrona.

**bdd** bastidor distribuidor de troncales digitales.

**ccitt** comité consultivo en telegrafía y telefonía internacional.

**dwdm** (dense wdm) densidad de multiplexaje por división de longitud de onda.

**etsi** (euopan telecommunication standarisati3n institute) instituto de estandarización de telecomunicaciones europeas.

**fdm** multiplexaje por división de frecuencia.

**g bit/s** (gigabit por second) digabit por segundo (Ej. 1 bill3n de bits por segundo).

**hdb3** (high density binary) bipolar de alta densidad de máximo 3 ceros consecutivos.

**iso** (international standars organisation) organizaci3n internacional de estándares.

**itu** (international telecommunication union) uni3n internacional de telecomunicaciones.

**msoh** encabezado de la secci3n multiplex que tiene 5 filas por 9 bytes.

**ne** elementos de la red.

**nni** interfaz con el nodo de la red.

**nsap** (network service point) punto de acceso a servicios de red.

**nrz** c3digo no retorno a cero.

**osi** (open dystem interconnection) interconexi3n de sistema abierto.

**pam** modulaci3n por amplitud de pulsos.

**pcm** modulaci3n por pulsos codificados.

**pdh** jerarquía digital plesiócrono.

**plesiocrona** cuando las señales tienen igual velocidad pero diferente fase y frecuencia.

**rz** c3digo de retorno a cero.

**sdh** (synchronous digital hierarchy) jerarquía digital síncrona.

**soh** encabezado de secci3n.

**stm–n** m3dulo de transporte síncrono.

**tdm** (time divisi3n multiplexing) multiplexaje por divisi3n de tiempo.

**trama** intervalo existente entre dos muestras de un mismo canal.

**tributaria** la raz3n de señal de entrada más baja para un multiplexor. Para combinaci3n (multiplexi3n) con otras señales de raz3n baja para formar una señal de rasp3n agregada más alta.

**vc** contenedor virtual

**wdm** (wave divisi3n multiplexing ) multiplexaje por divisi3n de longitud de onda.

**cmi** (coded mark inversion) inversi3n codificada de marcas.

**compansion** combinaci3n de los procesos de compresi3n y expansi3n.

**concatenaci3n** procedimiento en una multiplicidad de contenedores virtuales, que se asocian unos a otros de modo que su capacidad combinada pueda utilizarse como un contenedor sencillo en el que se mantiene la integridad de la secuencia de bits.

**correspondencia (mapeo)** procedimiento por el que se adaptan las tributarias (afluentes) a contenedores virtuales en los límites de una red sdh.

---

**es (error second)** segundo erróneo, un evento según la recomendación G.826.

**esr (error second ratio)** tasa de segundo erróneos, parámetro según la recomendación G.826.

**fdi (fibre distributed data interface)** interfaz de datos distribuidos por fibra, norma ansi para la transmisión de datos a través de enlaces ópticos a velocidades de 100 mbps cini máximo.

**febe (far end block error)** error de bloque en el extremo lejano, señal de mantenimiento en la red sdh.

**fec** corrección de errores hacia adelante.

**ferf (far end receive failure)** fallo de recepción en el extremo lejano, una señal de mantenimiento en la red sdh.

**los (loss of signal)** pérdida de señal, señal de mantenimiento de la red sdh.

**multiplexación** procedimiento por el que varias señales de capa de trayecto de orden inferior se adaptan a un trayecto de orden superior, o por el que múltiples señales de capa de trayecto de orden superior se adaptan a una sección múltiplex.

---

## Bibliografía

- Mikell P. Groveer  
Automation, production systems and computer integrated manufacturing  
Editorial: Prentice Hall
- Boumgartner; Knischewshi, Wicding  
cim  
Consideraciones básicas
- R.E. Ziemer  
Principios de comunicación  
Editorial: Trillas 2ª edición. México, D.F.
- Intel mex  
Técnicas de modulación de pulsos codificados primer orden (pcm)  
Junio de 1997. México, D.F.
- Intel mex  
Multiplexores digitales de alto orden (pdh)  
Junio de 1997. México, D.F.
- Intel mex  
Jerarquía digital síncrona (sdh)  
Junio de 1997, México, D. F.
- Manual de referencia  
Modelo osi
- Smale P.D.  
Introducción a los sistemas de las telecomunicaciones  
Editorial: Trillas
- Comunicaciones por fibra óptica  
Ericsson  
Editorial: Conductores Latincasa