

49  
2ij



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

APLICACION DE ANALISIS ESTADISTICOS DE  
TRAFICO PARA EVALUAR LA OPERATIVIDAD DE  
LA RED TELEFONICA DIGITAL DE LA UNAM

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
AREA ELECTRONICA  
P R E S E N T A N  
SACHEL CHAVEZ RAZO  
EDUARDO GUTIERREZ VARGAS



DIRECTOR DE TESIS: ING. DAVID ESTOPIER BERMUDEZ  
COORDIRECTOR DE TESIS: ING. RICARDO MARTINEZ GARZA FERNANDEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D. F.

1996

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

El presente trabajo es el producto de largos años de estudio, el cual no hubiera sido culminado sin la ayuda de todos aquellos que nos acompañaron en ese tiempo.

Queremos compartir éste fruto con todos nuestros compañeros y amigos quienes nos apoyaron en el transcurso de la carrera. Agradecemos al Ing. David Estopler Bermúdez y al Ing. Ricardo Martínezgarza Fernández, así como a todo el personal de la Dirección de Telecomunicaciones de la UNAM por el apoyo brindado para la realización de éste trabajo.

Agradecemos la paciencia y compañía de nuestros hermanos y familiares. Dedicamos con todo cariño el producto de éste trabajo a aquellos que con su ejemplo nos hicieron gente de bien, a aquellos que con su esfuerzo y comprensión nos han apoyado incondicionalmente en todo.

Papá y Mamá... Gracias.

Sachel y Eduardo

INDICE

**INTRODUCCION**

**CAPITULO I**

**Antecedentes teóricos**

- 1.1 Tráfico telefónico
- 1.2 Unidades de tráfico
- 1.3 Hora pico
- 1.4 Teoría de colas
- 1.5 Teoría de muertes y nacimientos
- 1.6 Grado de servicio
- 1.7 Enrutamiento estático y dinámico

**CAPITULO II**

**Redes telefónicas y su dimensionamiento**

- 2.1 Red distribuida en tiempo ( T )
  - 2.1.1 Conmutación por división de tiempo analógica
  - 2.1.2 Conmutación por división de tiempo digital
- 2.2 Red distribuida en espacio ( S )
  - 2.2.1 Conmutación de estado múltiple
- 2.3 Red distribuida en tiempo y espacio
  - 2.3.1 Conmutación STS
  - 2.3.2 Conmutación TST
- 2.4 Redes no bloqueables
  - 2.4.1 Probabilidad de bloqueo de Clos
  - 2.4.2 Probabilidad de bloqueo de Lee Graphs
  - 2.4.3 Probabilidad de bloqueo de Jacobeus
- 2.5 Concepto de troncal y jerarquías de comunicación
  - 2.5.1 Concepto de troncal
  - 2.5.2 Jerarquías de comunicaciones

**CAPITULO III**

**Definición del tipo de llamadas cursadas en una red telefónica**

- 3.1 Concepto de protocolo
  - 3.2 Concepto de señalización
  - 3.3 Tipos de señalización
    - 3.3.1 Señalización de abonado
    - 3.3.2 Señalización entre centrales
    - 3.3.3 Señalización E y M
-

---

## INDICE

---

- 3.4 Señalización de línea
- 3.5 Señalización de registro
  - 3.5.1 Señalización de multifrecuencia (MFC)
  - 3.5.2 Señalización R2
- 3.6 Señalización por canal común
- 3.7 Formato E1
- 3.8 Códigos de línea
- 3.9 Señalizaciones empleadas en la UNAM
- 3.10 Tráfico telefónico en la UNAM

## CAPITULO IV

### El descriptor de llamadas

- 4.1 Introducción
- 4.2 Generalidades de funcionamiento
  - 4.2.1 Hardware del descriptor de llamadas (SMDS)
  - 4.2.2 Interfase RS-232C
- 4.3 Registro de llamadas
- 4.4 Equipo de salida
- 4.5 Formatos más usuales
- 4.6 Análisis de un formato específico

## CAPITULO V

### Topologías de red

- 5.1 Tipos de red
- 5.2 Redes jerárquicas
- 5.3 Estructura de la red telefónica digital de la UNAM
  - 5.3.1 Enlaces vía fibra óptica
  - 5.3.2 Enlaces via microondas
  - 5.3.3 Enlaces satelitales
  - 5.3.4 Enlaces RDI
- 5.4 Plan de encaminamiento

## CAPITULO VI

### Situación actual de la UNAM

- 6.1 Conmutadores empleados en la UNAM
  - 6.2 Cantidad de abonados
  - 6.3 Plan de numeración asignado
  - 6.4 Servicios prestados
  - 6.5 Tráfico en los tipos de enlaces empleados (tráfico promedio y horas pico)
-

---

## INDICE

---

### **CAPITULO VII**

#### **Proyecto de evaluación**

7.1 Manejo de datos del puerto en PC

7.2 Integración en base de datos

7.3 Presentación en pantalla

7.4 Análisis costo- beneficio

#### **Conclusiones**

**Apéndice A. Interfase RS-232C**

**Apéndice B. Recomendaciones C.C.I.T.T**

**Apéndice C. Diagramas de señalización en la UNAM**

**Bibliografía**

---

**INTRODUCCION****BREVE RESEÑA DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES EN MEXICO**

Dos años después de que Alexander Graham Bell inventara el teléfono en el año de 1876, se realizó en nuestro país la primera llamada telefónica entre la ciudad de México y la entonces lejana población de Tlalpan. Nueve meses más tarde se estableció oficialmente el servicio telefónico al instalarse una red que unía las comisarías de la policía con la Inspección General, la oficina del gobernador de la ciudad y el Ministerio de Gobernación. Sin embargo, formalmente, la telefonía en México se inició hasta 1882 con las actividades de la Compañía Telefónica en México, cuyo capital era estadounidense.

Sumida en pleno Porfiriato, en 1881, se comenzó a instalar la red telefónica de la Capital del país. El servicio telefónico pronto cundió con la gran metrópoli, inaugurándose en el año 1885 el servicio de larga distancia entre Tacubaya y Tlalpan.

Con la llegada del nuevo siglo, la telefonía tomó un nuevo rumbo en nuestro país. El señor José Sizenstatter consiguió que la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas le otorgara una concesión por 50 años para la explotación del servicio telefónico en la capital y sus alrededores, vendiéndola después a la empresa L.M. Ericsson de Estocolmo.

Hacia 1910 las compañías establecidas habían ya instalado 12,500 aparatos telefónicos, de los cuales más de 8,500 funcionaban en la Capital de la República Mexicana.

En 1911, a punto de caer el régimen dictatorial de Díaz, la instalación de un teléfono costaba 10 pesos, con una cuota mensual de 8 pesos con 33 centavos.

En la decena trágica, el teléfono desempeñó su primer papel histórico en la vida política Nacional. Fue por esa vía como se le informó al presidente Francisco I. Madero que el general Bernardo Reyes se dirigía con sus tropas a Palacio Nacional con la intención de apresarle y desconocer su gobierno.

"Peligro. Durante lluvias tempestuosas o tormentas eléctricas no use el teléfono"; "No llame por segunda vez a la central sin haber esperado un tiempo razonable (treinta segundos)"; "Todas las llamadas se contestan por turno, y a usted no siempre lo toca el próximo"; "Informe a la operadora si no va a estar junto a su teléfono, y por cuanto tiempo, para que ella se lo haga saber a quienes se quieren comunicar con usted". Estas eran algunas de las severas instrucciones que las compañías telefónicas hacían llegar a los usuarios para el buen uso del servicio telefónico al borde de la década de los años 20.

Por aquellos tiempos, se logró la comunicación sin necesidad de operadoras a través de las ondas portadoras. Así, en 1924, la compañía Ericsson inauguró la primera central telefónica automática, conocida como la central Roma, con capacidad para conectar 10 mil líneas.

---

Con la presidencia del General Calles, terminó la larga intervención que desde 1915 padecía la Compañía Telefónica y Telegráfica de México (CTTM) por parte del gobierno. De esa manera la empresa pudo ser adquirida por la ITT y tomó un nuevo impulso pudiendo así competir con la Ericsson.

En 1925, se obtuvo la concesión para explotar el servicio de larga distancia y casi inmediatamente se interconectó la Capital del país con las ciudades de San Luis Potosí, Puebla, Tampico, Saltillo y Monterrey. Para Septiembre de 1927, la CTTM rebasó las fronteras del país y logró realizar una conferencia telefónica entre el Presidente Calles y el mandatario estadounidense Calvin Coolidge.

Tres años bastaron para que la telefonía mexicana saltara el ancho océano Atlántico: "Señor Valenzuela: habla Estrada. Tengo mucho gusto en saludarlo". Estas serían las primeras palabras transmitidas entre México y Europa a una distancia de más de 10 mil kilómetros, en voz del Subsecretario de Relaciones Exteriores y el licenciado Valenzuela, ministro plenipotenciario de la Gran Bretaña.

En la época del General Lazaro Cárdenas, la reñida competencia entre las dos compañías telefónicas establecidas en el país, desembocó finalmente en su fusión a pesar de que se lo impedía la ley antimonopólica, con la que se instauró un plan de interconexión. El 2 de agosto de 1946 se dieron las condiciones políticas para que se enlazarán definitivamente la compañía Ericsson y la CTTM y, de ésta forma, se constituyera una de las empresas más trascendentales de la historia del México contemporáneo: Teléfonos de México (Telmex). A partir de este momento la empresa inició un rápido crecimiento que se manifestó en un aumento del número de aparatos y en la ampliación de la cantidad de plantas y circuitos de larga distancia en 32 poblaciones más de la República Mexicana.

Durante el primer año de gobierno de Adolfo Ruiz Cortines, se puso en servicio el sistema de microondas entre el D. F. y Puebla, y se introdujo el servicio medido.

Al llegar el año de 1953, Telmex decidió proveerse de equipo telefónico fabricado en el país, por lo que el 5 de Diciembre se constituyó la industria de telecomunicación (Indetel). Ese mismo año se instalaron los primeros teléfonos de alcancía para el servicio público.

En el año de 1960 se instalaron las primeras 10 casetas telefónicas públicas en la ciudad de México.

Entre 1961 y 1962, según la publicación de Words Telephone de la ATT, México ocupaba el séptimo lugar mundial de importancia en cuanto a desarrollo tecnológico y el primero en todo el continente Americano.

El satélite de comunicaciones Telstar fue lanzado al espacio en el verano de 1962, patrocinado por el sistema Bell y la Nasa. Gracias a ello, el sistema de microondas quedó instalado en forma definitiva entre las ciudades de México y Nuevo Laredo. La instalación contribuyó en forma inmediata al perfeccionamiento del servicio de conmutación automática de larga distancia.

---

El 14 de Mayo de 1963 se produjo un acontecimiento memorable para las telecomunicaciones: se llevó a cabo la primera transmisión desde Cabo Cañaveral, en Estados Unidos, hacia México con la intención de cubrir el lanzamiento al espacio del astronauta estadounidense Gordon Cooper.

El sistema de microondas hizo posible transmitir sucesos de trascendencia mundial como el asesinato del presidente J. F. Kennedy.

Con la instalación de nueve centrales telefónicas, durante el gobierno de Díaz Ordaz, se dio la completa automatización del servicio telefónico en la red urbana de la Ciudad de México.

En 1967, se editó el primer directorio telefónico por calles.

En 1968, entró en operación el nuevo servicio de información a través de la clave 07. Pero sin duda, el acontecimiento del año fue la transmisión de la decimonovena olimpiada. Para ello fue necesario instalar una red subterránea de 284 kilómetros de ductos, 203,400 kilómetros de conductores, 19,840 teléfonos en cables y por primera vez en el mundo, un cableado coaxial para troncales urbanas.

Gustavo Díaz Ordaz puso en marcha dos grandes obras de infraestructura telefónica: en 1968 la Torre de Telecomunicaciones y la estación terrena de Tulancingo Hidalgo, con una antena de 105 pies de diámetro que permitía cubrir 60 países por medio de satélites artificiales. Al mismo tiempo, debido al incremento de los abonados, se antepuso un 5 a todos los números telefónicos.

En 1969, en razón de la creciente demanda del servicio de larga distancia, se determinó establecer el sistema de Larga Distancia Automática (LADA), el cual permitió que los subscriptores hicieran sus llamadas telefónicas sin la intervención de la operadora. Un año después se colocó el aparato telefónico un millón.

El 20 de julio de 1970 se inauguró el nuevo sistema automático de larga distancia (LADA 95), el primero en su tipo en Latinoamérica.

La llegada al gobierno de Luis Echeverría dio renovado impulso a las telecomunicaciones. Durante ese periodo gubernamental se dio especial atención a la telefonía rural con tal de integrarla a la red Nacional del país a través de la radiotelefonía.

En 1973 entró en funcionamiento el Centro Telefónico San Juan, considerado el más moderno de Latinoamérica y dotado de una torre de 100 metros de altura para sustentar un sistema de microondas. Ese mismo año se instaló el aparato dos millones.

Al cumplirse el primer centenario de la invención del teléfono, el 10 de Marzo de 1976, Telmex recibió de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes la renovación de la concesión para continuar ofreciendo el servicio telefónico por treinta años más.

Para el año de 1980 llega a México la telefonía digital, la cual ofrece menor sensibilidad a distorsiones e interferencias, facilita la conmutación y la transmisión de las señales en varios canales telefónicos. Dos nuevos avances técnicos en materia de telefonía se dieron ese año: el servicio del sistema autotelefónico radiomóvil y la

---

instalación de los primeros enlaces con fibras ópticas. El 5 de Julio de 1985 se puso en servicio el primer aparato multilínea rural en la población de los Reyes, La Paz, Estado de México, el cual había sido diseñado por técnicos mexicanos del Centro de Investigación de Telefonía Electrónica.

El 28 de Julio de 1985 se llevó a cabo un acto trascendental para las telecomunicaciones mexicanas: entró en órbita el satélite Morelos I.

Con los trágicos sismos de Septiembre del 1985, la telefonía mexicana sufrió un gran golpe. A pesar del desalentador panorama, Telmex logró instalar el Teléfono 7 millones y prestar servicio a 5,476 nuevas localidades en el país.

En 1987, Telmex comenzó a ofrecer nuevos servicios, tales como teléfonos públicos de alcancía que ya cuentan con teclado de marcación y microprocesadores digitales que permiten comunicación de larga distancia LADA 91, LADA 95 y LADA 98. Durante la IX Reunión Anual de planeación corporativa de Teléfonos de México, en San Juan del Río Querétaro, se llevó a cabo la primera videoconferencia telefónica entre funcionarios de la empresa y el Banco de México. En 1988 se puso en servicio la Central de Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), la cual permite que los usuarios puedan utilizar en forma simultánea una sola línea telefónica digital para transmitir los servicios de voz, datos, vídeo y fax.

Debido a los grandes adelantos que se han tenido en materia de comunicaciones, comenzó a manifestarse el interés por parte de compañías privadas tales como Banamex, Bancomer, SHCP, PEMEX y la UNAM, por implementar sus propias redes de voz, las cuales permitieran a sus usuarios comunicarse de un lugar a otro de una manera rápida y confiable.

### ***ENFOQUE DE LA EVOLUCION DE LAS COMUNICACIONES EN LA UNAM***

Respondiendo a la apremiante necesidad de modernizar las comunicaciones en la UNAM, a finales de 1989 se estableció un ambicioso proyecto para renovar completamente la infraestructura y los sistemas de telecomunicaciones. Para la realización de este proyecto la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico creó la Dirección de Telecomunicaciones Digitales cuyo objetivo sería la creación de la Red Integral de Telecomunicaciones de la UNAM. Esta red debería ser capaz de transmitir indistintamente voz, datos e imágenes entre las dependencias universitarias independientemente de su ubicación geográfica.

Tres años después, a finales de 1992, la red integral de telecomunicaciones contaba ya con 31 nodos de cómputo y telecomunicaciones enlazados entre sí a través de fibra óptica, vía satélite o vía microondas. En la parte de transmisión de voz, la red contaba ya con equipos de conmutación pertenecientes a la Compañía japonesa NEC (Nippon Electric Company), con una capacidad instalada para 13,000 servicios alimentados por 24,000 troncales digitales conectadas vía fibra óptica con las centrales

---

telefónicas públicas. En la parte de transmisión de imágenes y datos, se tenía infraestructura ya instalada para la conexión de más de 110 redes locales de cómputo en 8 regiones del país.

Actualmente, las principales instalaciones de la Universidad están integradas a la red; alrededor del 90% de sus miembros se encuentran en instalaciones cubiertas por la red en varias regiones del país desde Ensenada, B.C., hasta Cancún, Q.R.

Hoy en día, toda sociedad que pretenda participar con éxito en lo que promete ser un mundo de alta competitividad, debe invertir enormes esfuerzos por integrar las telecomunicaciones y la computación en su acervo cultural. Las comunicaciones constituyen el instrumento primordial de transmisión de la información. Con las telecomunicaciones se establecen canales de comunicación que acercan a la comunidad universitaria consigo misma y con las de otras instituciones tanto a nivel Nacional como Internacional, minimizando distancias al llegar al usuario en su mismo lugar de trabajo, con valiosa y oportuna información.

El sistema telefónico es el mayor sistema integrado del mundo. Utilizando este sistema, dos abonados particulares situados en puntos diametralmente opuestos del globo pueden establecer comunicación de una manera casi automática. La telefonía suele restringirse a consideraciones sobre la forma en que los abonados son interconectados y a un análisis del tráfico que generan.

La red telefónica digital de la Universidad está creciendo de una manera muy acelerada. Día con día se incrementa más el número de usuarios que quieren pertenecer a la red telefónica de la UNAM. Todo esto implica la realización de una serie de estudios y de análisis estadísticos que permitan conocer la disponibilidad que se tiene en los equipos de conmutación.

El análisis de tráfico que genera una red telefónica es un punto muy importante al momento de dimensionar una red, ya que nos permite obtener el número de circuitos o troncales suficientes para soportar satisfactoriamente la transmisión de información entre puntos de conmutación. Dicho análisis también se realiza para obtener las condiciones que prevalecen en los enlaces de una red así como las horas en las que se transmite mayor cantidad de información, por lo cual, es recomendable realizar un análisis de este tipo de manera periódica, a fin de mantener el correcto funcionamiento de una red de voz.

El objetivo de éste trabajo de tesis es el de analizar el dimensionamiento de la red telefónica de la UNAM, identificar los enlaces con mayores problemas de tráfico así como sus posibles causas y el proponer soluciones que aumenten el nivel del servicio telefónico de la Universidad, optimizando así el uso de los recursos disponibles.

---

## CAPITULO I

## ANTECEDENTES TEORICOS

## 1.1 Definición de tráfico telefónico

El uso que se hace de una central telefónica, o de un grupo de circuitos de enlace, está determinado por dos factores: el ritmo o afluencia de llegada de las llamadas y la duración, o tiempo de ocupación, de cada una de ellas. El término tráfico toma en cuenta ambos factores, por lo que se puede definir al tráfico telefónico como la acumulación de llamadas telefónicas en un grupo de circuitos o troncales considerando tanto su cantidad como su duración. Se puede decir que el flujo de tráfico ( $A$ ) es igual a :

$$A = C \times T \quad (1.1.1)$$

donde:

- $C$  = cantidad de llamadas por hora
- $T$  = duración promedio por llamada
- $A$  = unidad de tráfico

De la fórmula 1.1.1, la unidad del tráfico será igual a llamadas minuto o llamadas hora. Si, por ejemplo, el tiempo promedio de duración por llamada fuera de 2.5 minutos y la cantidad de llamadas en la hora pico para cierto día en particular fuera de 237, el flujo de tráfico sería entonces  $237 \times 2.5$ , dando como resultado 592.5 llamadas-minuto o 9.87 llamadas-hora.

Refiriéndonos a la figura 1.1.1, el tráfico se genera en fuentes de tráfico y, mediante troncales de entrada, se alimenta al equipo de conmutación. El equipo de conmutación acepta parcial o totalmente el tráfico de entrada y lo conduce hacia las troncales de servicio. La intensidad de tráfico que se alimenta al sistema de conmutación se conoce como tráfico ofrecido " $A$ ", la porción del tráfico ofrecido que es aceptado por el equipo de conmutación se conoce como tráfico cursado " $Y$ " y la porción del tráfico que no pasa a través del sistema sino que se desvía se conoce como tráfico de desborde o tráfico residual " $D$ ". Por lo tanto, la suma del tráfico cursado y el tráfico de desborde es igual al tráfico ofrecido :

$$A = Y + D \quad (1.1.2)$$

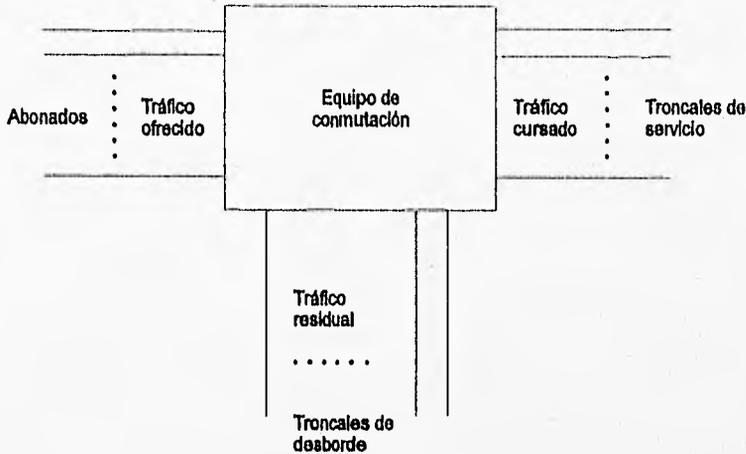


Figura 1.1.1 Tipos de tráfico

Para cada conexión que se

úDE

úDy□□

ArialoÖE□□

desborde con una troncal de entrada. Por otro lado, si el grupo de troncales de desborde se suprime, el tráfico residual se perderá ( el abonado recibe tono de ocupado ). En este caso, el número promedio de troncales fuente simultáneamente ocupadas es igual al número promedio de troncales de servicio simultáneamente ocupadas; sin embargo, esto último estrictamente no es cierto, ya que los intentos de llamada que no se pueden atender también ocupan troncales fuentes aún y cuando lo hagan por un periodo muy corto de tiempo. No obstante, si tales intentos no ocurren muy frecuentemente, el número de troncales de servicio necesarias para satisfacer la demanda de los usuarios difícilmente se incrementará.

El tráfico ofrecido es igual a:

$$A = \frac{O t_m}{T} \text{ erl} \quad (1.1.3)$$

donde :

$O$  = Llamadas ofrecidas

$t_m$  = Tiempo promedio de ocupación de una llamada realizada

$T$  = Período de observación

El tráfico cursado es igual a:

$$Y = \frac{E}{T} \text{ erl} \quad (1.1.4)$$

donde :

$E$  = Número de llamadas completadas

El tráfico perdido es igual a :

$$D = \frac{P}{T} \text{ erl} \quad (1.1.5)$$

donde :

$P$  = Número de llamadas perdidas

Es decir, el número de llamadas ofrecidas es igual al número de llamadas completadas más el número de llamadas perdidas. El número de llamadas perdidas  $P$  se puede referir al número de llamadas ofrecidas o al número de llamadas completadas, dando por resultado dos valores diferentes de pérdida ( $M$  y  $N$ ) los cuales, para el caso de pérdidas pequeñas, son casi iguales:

$$M = \frac{P}{O} \quad (1.1.6)$$

$$N = \frac{P}{E} \quad (1.1.7)$$

La pérdida  $M$ , que se refiere al tráfico ofrecido, es igual a la probabilidad de pérdida, pues en este caso el número de llamadas que se rechazan se divide entre el número total de llamadas ofrecidas (número de casos posibles).

Generalmente, las pérdidas se expresan en términos de porcentaje. Por ejemplo, si una etapa de conmutación ha sido diseñada con una pérdida o grado de servicio de  $M = 0.02$ , significa que el 2% del tráfico ofrecido, en el que se ha basado la planeación, no puede ser cursado por la etapa de conmutación. El 98% restante representa el tráfico que la etapa acepta o sea el tráfico cursado  $Y$ .

## 1.2 Unidades de tráfico

Actualmente se emplean dos unidades de tráfico: el CCS (hundred-call seconds) que se utiliza principalmente en EE.UU. y el Erlang que se utiliza en Europa y otras partes del mundo. La unidad Erlang se denominó así en honor del pionero danés de la teoría de teletráfico A.K. Erlang.

La unidad Erlang es una unidad de tráfico sin dimensiones. Un Erlang de intensidad de tráfico sobre un circuito significa la ocupación continua de tal circuito. Considerando un grupo de circuitos, la intensidad de tráfico en Erlangs es el número de llamadas segundo por segundo o el número de llamadas hora por hora. Si un grupo de 10 circuitos tiene la intensidad de 5 Erlangs, se esperaría encontrar la mitad de los circuitos ocupados en el momento de la observación.

Un Erlang, en términos matemáticos, se expresa de la siguiente forma:

$$1 \text{ Erlang} = 36 \text{ CCS} = 60 \text{ llamadas por minuto}$$

## 1.3 Hora Pico

La cantidad de tráfico que circula por una determinada central telefónica depende de varios factores: de la naturaleza de los abonados en dicha central (personas contables, teléfonos de asesoría, teléfonos de emergencia, zonas comerciales, residenciales o mixtas), de la hora del día, del mes del año, de que sea época de vacaciones u ocurra alguna catástrofe y de la tarifa en vigor.

El tráfico es de naturaleza aleatoria, sin embargo, se puede observar cierta consistencia. Por ejemplo, en una red privada se podría observar más tráfico lunes y los viernes que los miércoles. También se puede encontrar cierta consistencia en la variación por horas durante un día normal de trabajo. Observando la variación de un día típico se nota que cierto periodo de una hora es el que tiene el mayor número de llamadas realizadas. Entre la hora de menor tráfico y la de mayor tráfico la variación puede ser mayor de 100:1. La figura 1.3.1 ilustra la variación típica, hora por hora, durante cierto día para una central telefónica en particular. Como se puede observar, el periodo más activo del día, la hora pico, se encuentra entre las 10:00 A.M y las 11:00 A.M de un día normal de trabajo.

Las 4 definiciones más comunes de hora pico son las siguientes:

- 1.- La lectura promedio de un día entre semana, tomada durante una o dos semanas de la temporada ocupada; práctica usual para tráfico manual (por operadora).
- 2.- El promedio de tráfico en la hora pico de los 30 días más ocupados del año (definida como "tráfico de la hora pico promedio" según Recomendación Q.80 del CCITT).

- 3.- El promedio del tráfico en la hora pico de los 10 días más ocupados del año (norma Norteamericana).
- 4.- El promedio del tráfico en la hora pico de los 5 días más ocupados del año (se refiere al tráfico en los días "excepcionalmente ocupados", según Recomendaciones Q.80 y Q.87 del CCITT).

Cuando se dimensionan centrales telefónicas y rutas de transmisión, se trabajará con niveles de tráfico en horas pico. La definición que se acepte dependerá del lugar en que se esté trabajando. Por ejemplo, los cálculos que se basen en la definición 4 darán como resultado más equipo que si se usan las definiciones 2 y 3.

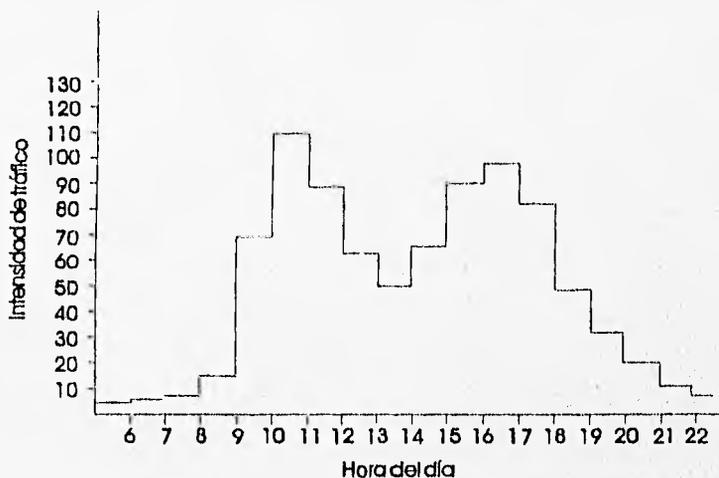


Figura 1.3.1 Variación del tráfico

#### 1.4 Teoría de Colas

Existen sistemas de llamadas perdidas en los que una llamada se pierde si llega cuando todos los circuitos de servicio se encuentran ocupados. En tales sistemas no hay ningún mecanismo que permita que las llamadas esperen hasta que este disponible un circuito. No obstante, si se permiten colas de espera, la llamada puede ser demorada o retenida dentro del sistema hasta que tenga acceso a un circuito libre.

### *Proceso de entrada*

La demanda de servicio la describiremos mediante las distribuciones siguientes:

- El tiempo entre arribos
- El tiempo de servicio

Como una primera aproximación, podemos suponer que al momento del arribo de una llamada ya se encuentra definido su tiempo de servicio; así asociamos el tiempo de servicio a la llamada y suponemos que todos los servidores son equivalentes. En el caso de servidores no equivalentes ( como por ejemplo los cajeros de un banco ), el tiempo de servicio puede definirse al momento de escoger el servidor. El término *tiempo de servicio* se refiere al tiempo que transcurre desde que la llamada entra en la cola de espera hasta el momento en que la atiende el conmutador. En la mayoría de los sistemas de cola para telecomunicaciones, los cálculos de tráfico se basan en la hipótesis de que los arribos de llamadas son aleatorios. En general, supondremos que las distribuciones de arribos y servicios son independientes, lo que implica que el sistema no tome en cuenta la cantidad de llamadas que están esperando en la cola. Es importante también tomar en cuenta si los arribos serán individuales o podrán ocurrir en grupos.

### *Mecanismo de servicio*

Se refiere a la forma en que el sistema atiende las solicitudes y en particular lo describiremos por:

- El número de servidores
- Disciplina de cola

Se llama *disciplina de cola* al método que se sigue para seleccionar de la cola de espera la llamada que se va a atender. Algunas de las disciplinas de cola que podemos encontrar en los sistemas reales son las siguientes :

- 1.- Llamada perdida (no hay cola), las llamadas que no encuentren servidor libre abandonan el sistema.
- 2.- Llamadas impacientes (si no son atendidos en un cierto tiempo abandonan el sistema).
- 3.- Las llamadas esperan indefinidamente hasta ser atendidas.
- 4.- Colas con prioridades (con o sin capacidad de desalojo de la llamada que esta siendo atendida)

- 5.- Colas con capacidad limitada (un número finito de lugares).
- 6.- El primero que llega se atiende primero ( FIFO ); es decir, la llamada que más ha esperado en la cola es la primera en ser atendida . Este método puede resultar costoso debido al equipo que se requiere para mantener el orden de la cola.
- 7.- El último en llegar se atiende primero ( LIFO ); es decir, la última llamada que arribó será la primera en ser atendida.
- 8.- Atención en grupo. Esta última consiste en la selección por grupos de las llamadas que están esperando.

Para expresar en forma más precisa estas disciplinas trabajaremos con las siguientes variables:

- $j$  = Número de abonados en el sistema
- $\lambda$  = Promedio de arribos por unidad de tiempo (arribos/tiempo)
- $s$  = Número de servidores
- $\tau$  = Tiempo medio de servicio
- $N$  = Número de abonados potenciales
- $\mu$  = Servicio promedio del sistema por unidad de tiempo (llamadas/tiempo)
- $E_j(t)$  = Estado del sistema, en el instante  $t$  se tiene  $j$  abonados
- $P_j$  = Proporción del tiempo que el sistema está en el estado  $E_j$
- $\Pi_j$  = Probabilidad de que un arribo encuentre al sistema en el estado  $E_j$

La tasa de servicio de un servidor es la inversa del tiempo medio de servicio de un cliente:

$$\mu = \frac{1}{\tau} \quad (1.4.1)$$

De la figura 1.4.1 definimos los siguientes parámetros:

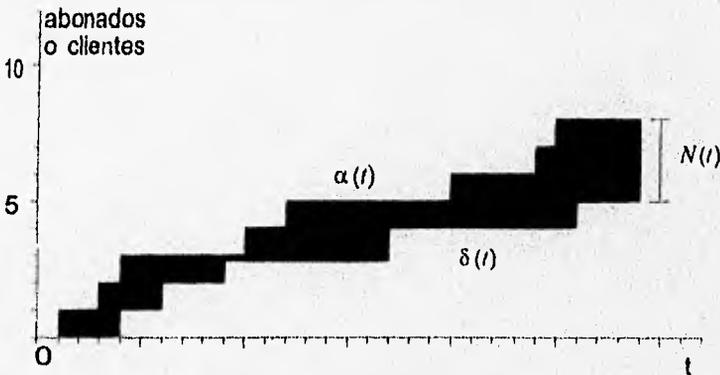


Figura 1.4.1 Mecanismo de servicio

- $\alpha(t)$  = Número de arribos que han ocurrido en  $(0, t)$   
 $\delta(t)$  = Número de servicios que han terminado en  $(0, t)$   
 $N(t) = \alpha(t) - \delta(t)$  = clientes en el sistema en el instante  $t$   
 $\gamma(t)$  = tiempo total de los abonados en el sistema (área sombreada de la figura)

Analizando el comportamiento de este sistema hasta el instante  $t$ , podemos obtener algunos promedios interesantes:

$$\lambda = \frac{\alpha(t)}{t} = \text{tasa (promedio) de arribos (clientes/tiempo)} \quad (1.4.2)$$

$$T_i = \frac{\gamma(t)}{\alpha(t)} = \text{tiempo (promedio) de los clientes en el sistema} \quad (1.4.3)$$

$$n_i = \frac{\gamma(t)}{t} = \text{clientes (promedio) en el sistema} \quad (1.4.4)$$

por lo que en cualquier instante  $t$ :

$$n_i = \lambda_i * T_i \quad (1.4.5)$$

Haciendo tender  $t$  a infinito y suponiendo que el sistema es estable obtenemos la ecuación de LITTLE:

$$n = \lambda * T \quad (1.4.6)$$

La ecuación 1.4.6 también es válida de la siguiente manera:

$$L = \lambda * R \quad (1.4.7)$$

donde:

- $L$  = clientes (promedio) en la cola  
 $R$  = tiempo promedio de los clientes en la cola

### 1.5 Teoría de muertes y nacimientos

La mayor parte de los procesos elementales de colas suponen que las entradas ( llegada de clientes ) y las salidas ( clientes que se van ) del sistema ocurren de acuerdo al *proceso de nacimiento y muerte*. Este importante proceso de teoría de probabilidad tiene aplicaciones en varias áreas. En el contexto de la teoría de colas, el término *nacimiento* se refiere a la llegada de un nuevo cliente al sistema de colas y el término *muerte* se refiere a la salida del cliente servido. El estado del sistema  $N(t)$  en el tiempo  $t$  ( $t \leq 0$ ) es el número de clientes que hay en ese momento. El proceso de nacimiento y muerte describe en términos probabilísticos como cambia  $N(t)$  al aumentar  $t$ . En general, nos dice que los nacimientos y muertes individuales ocurren aleatoriamente, en donde sus tasas medias de ocurrencia dependen del estado actual del sistema. De manera más precisa, las suposiciones del proceso de nacimiento y muerte son las siguientes:

*Suposición 1.* Dado  $N(t) = n$ , la distribución de probabilidad actual del tiempo que falta para el próximo nacimiento (llegada) es exponencial con parámetro  $\lambda_n$ , ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ).

*Suposición 2.* Dado  $N(t) = n$ , la distribución de probabilidad actual del tiempo que falta para la próxima muerte (terminación de servicio) es exponencial con parámetro  $\mu_n$ , ( $n = 1, 2, \dots$ ).

*Suposición 3.* Sólo un nacimiento o una muerte puede ocurrir a la vez.

Excepto por algunos casos especiales, el análisis del proceso de nacimiento y muerte es complicado cuando el sistema se encuentra en condición transitoria. Se han obtenido algunos resultados sobre esta distribución de probabilidad  $N(t)$  pero son muy abstractos para un buen uso práctico. Por otro lado, es bastante directo derivar esta distribución después de que el sistema ha alcanzado la condición de estado estable ( en caso de que se pueda ).

Decimos que un sistema se encuentra en el estado  $E_j$  en el instante  $t$  si  $N(t) = j$  ( $N(t)$  es una variable aleatoria). Este proceso es de muerte y nacimiento si cumple con los siguientes postulados :

$$1. \quad P(E_j \rightarrow E_{j+1}) = P\{N(t+h) = j+1 / N(t) = j\} = \lambda_j + o(h) \quad (1.5.1)$$

$$2. \quad P(E_j \rightarrow E_{j-1}) = P\{N(t+h) = j-1 / N(t) = j\} = \mu_j + o(h) \quad (1.5.2)$$

$$3. \quad P(E_j \rightarrow E_{j+k} / n > 1) = o(h) \quad (1.5.3)$$

La función  $\alpha(h)$  tiene la propiedad :

$$\lim_{h \rightarrow 0} \alpha(h)/h = 0 \quad (1.5.4)$$

La ecuación anterior significa que para que un proceso sea de muerte y nacimiento la probabilidad de una transacción unitaria en un intervalo muy pequeño es directamente proporcional a la duración del intervalo, mientras que la probabilidad de una transacción mayor a la unidad en un intervalo pequeño es cero. En un instante dado solo puede ocurrir un nacimiento, una muerte o permanecer en el mismo estado y, por lo tanto, solo pueden ocurrir transacciones a estados vecinos.

Si definimos como  $P_j(t)$  a la probabilidad de que el sistema se encuentre en el estado  $E_j$  en el instante  $t$  :

$$P_j(t) = P\{N(t) = j\} \quad (1.5.5)$$

Podemos calcular las probabilidades de transición para un proceso de nacimiento y muerte como :

$$P_j(t+h) = [\lambda h + \alpha(h)]P_{j-1}(t) + [\mu_{j+1}h + \alpha(h)]P_{j+1}(t) + [1 - \lambda h - \alpha(h) - \mu_j h - \alpha(h)]P_j(t) \quad (1.5.6)$$

Donde el primer término corresponde a que el sistema se encuentre en el estado  $E_{j-1}$  y ocurra un nacimiento en  $h$ , el segundo término corresponde a que el sistema se encuentre en  $E_{j+1}$  y ocurra una muerte y el último término corresponde a que el sistema se encuentre en  $E_j$  y permanezca en el mismo estado (no ocurra nada).

### 1.6 Grado de servicio

En un sistema sin cola, el grado de servicio se puede medir por el bloqueo, es decir, por la probabilidad de que la solicitud de un cliente encuentre todos los servidores ocupados y, por lo tanto, tenga que abandonar el sistema sin ser atendido.

Para un sistema con cola existen varios parámetros posibles y corresponderá al diseñador elegir el que mejor represente la percepción del usuario. Dichos parámetros son los siguientes:

- Probabilidad de tener que esperar
- Tiempo medio de espera
- Tiempo medio de espera en la cola
- Probabilidad de que el tiempo de espera rebase un cierto valor

El grado de servicio durante la hora pico expresa la probabilidad de encontrar congestamientos. El grado de servicio típico durante la hora pico es de  $p = 0.01$ . Esto significa que, en promedio, se pierde una de cada 100 llamadas durante la hora pico. El siguiente problema servirá para ejemplificar el concepto de grado de servicio:

Si se partiera del conocimiento de que hubiera 354 tomas (líneas conectadas para servicio) y seis llamadas bloqueadas (llamadas perdidas) durante la hora pico, ¿Cuál sería el grado de servicio?

Sabiendo que el congestionamiento de llamadas es igual al total de llamadas perdidas entre el total de llamadas ofrecidas, sustituimos valores y encontramos que :

$$p = \frac{6}{(354 + 6)} = 0.017$$

Es decir, se perderán dos de cada 100 llamadas realizadas durante la hora pico. El grado de servicio promedio de una red se puede obtener sumando los grados de servicio asociados con cada uno de los conmutadores, redes de conmutación o grupo de troncales.

### 1.7 Enrutamiento

El enrutamiento nos define la o las trayectoria que se va a seguir para enlazar a dos usuarios distantes. Se tienen dos tipos de enrutamiento: el enrutamiento estático y el enrutamiento dinámico. El enrutamiento estático es aquel en donde solamente disponemos de una sola trayectoria para comunicar a dos usuarios. El enrutamiento dinámico es aquel en donde disponemos de más de una trayectoria (rutas de avance) para comunicar a dos usuarios.

## CAPITULO II

## REDES TELEFONICAS Y SU DIMENSIONAMIENTO

## 2.1 Red Distribuida en Tiempo

La conmutación por división de tiempo involucra el comportamiento de los puntos de cruce para períodos cortos de tiempo de tal manera que los puntos de cruce individuales y sus enlaces inter-estados asociados son continuamente reasignados a conexiones que ya existen.

La conmutación por división de tiempo es igualmente aplicable a señales analógicas que a señales digitales. La conmutación por división de tiempo analógica es útil cuando se acopla a las facilidades de transmisión analógica, donde las señales son únicamente muestreadas y no codificadas digitalmente. La conmutación por división de tiempo analógica experimenta las mismas limitaciones que los enlaces de transmisión por división de tiempo analógicas: las muestras PAM\* son particularmente vulnerables al ruido, la distorsión y al cruce de llamadas. En la conmutación digital, las señales de voz son regeneradas cada vez que pasan a través de una compuerta lógica.

## 2.1.1 Conmutación por División de Tiempo Analógica

La figura 2.1.1.1 nos muestra la estructura de la conmutación por división de tiempo analógica:

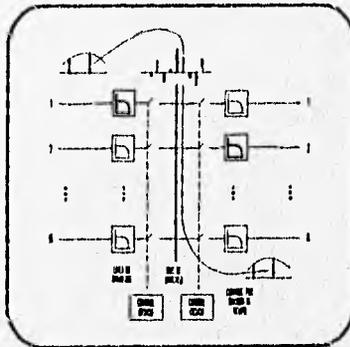


Figura 2.1.1.1 Conmutación por División de Tiempo Analógica

\* Modulación por Amplitud de Pulsos

Un bus de switcheo sencillo soporta un múltiple número de conexiones intercalando muestras PAM de la interface de línea del receptor a la interface de línea del transmisor. Esta operación es realizada a pesar de que las interfaces de recepción se encuentren separadas de las respectivas interfaces de transmisión.

Cuando se conectan dos líneas analógicas las dos interfaces son necesariamente implementadas en un módulo común. El primer grupo de control mostrado en la figura 2.1.1.1 controla la ganancia de las entradas sobre el bus una muestra por cada tiempo. El segundo grupo de control opera en sincronía con el primero y selecciona la línea de salida apropiada para cada muestra de entrada.

Un grupo de pulsos, uno por cada línea de entrada activa, es referido como una trama. La velocidad de dicha trama es referida como la velocidad de muestreo de cada línea. Para sistemas de voz, el rango de la velocidad de muestreo es de 8 a 12 KHz.

**2.1.2 Conmutación por División de Tiempo Digital**

Los requerimientos básicos para una red de conmutación por división de tiempo se muestran en la figura 2.1.2.1.

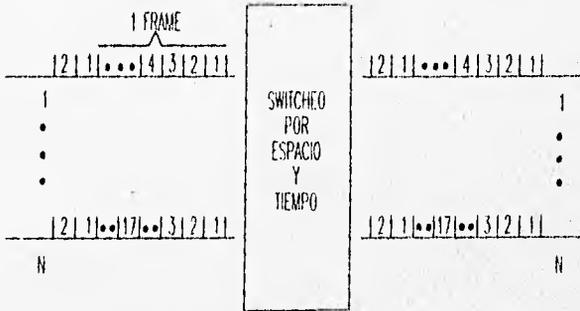


Figura 2.1.2.1 Conmutación por División de Tiempo

Como un ejemplo de conexión, el canal 3 del primer enlace TDM\* es conectado al canal 17 del último enlace TDM. La conexión indicada implica que la información que está llegando por el time slot 3 del primer enlace es transferido al time slot 17 del último enlace. Dado que la digitalización de la voz implica una operación en cuatro hilos, la conexión de regreso es requerida y realizada transfiriendo información desde

\* Multiplexaje por División de Tiempo.

el time slot 17 de la última entrada del enlace hacia el time slot 3 del primer enlace. Como se puede observar, cada conexión requiere dos modos de transferencia de información: en tiempo y en espacio. Las implementaciones por división de tiempo proporcionan funciones de conmutación digital más económicas que las implementaciones por división de espacio. Básicamente, un switch en tiempo opera escribiendo datos dentro y leyendo datos fuera de una memoria simple. En dicho proceso, la información en los time slots seleccionados es intercambiada en la forma como se observa en la figura 2.1.2.2.

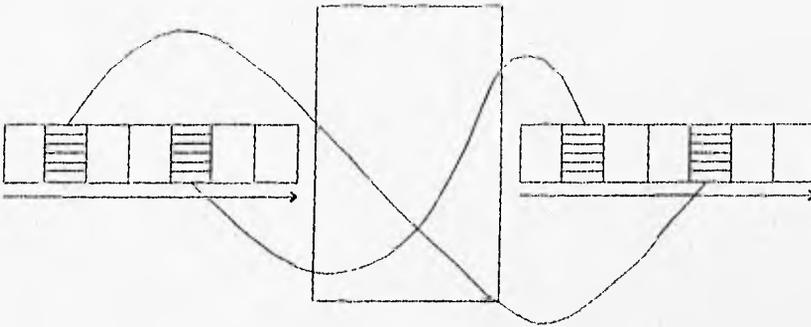


Figura 2.1.2.2 Switch en tiempo

Cuando las señales digitales pueden ser multiplexadas dentro de un formato simple TDM, switches muy económicos pueden ser implementados con un switcheo por tiempo. Las limitaciones prácticas de la velocidad de memoria limitan el tamaño del switch en tiempo, de tal manera que la conmutación por división de espacio es necesaria en switches grandes. La operación funcional básica de un switch de memoria se puede observar en la figura 2.1.2.3.

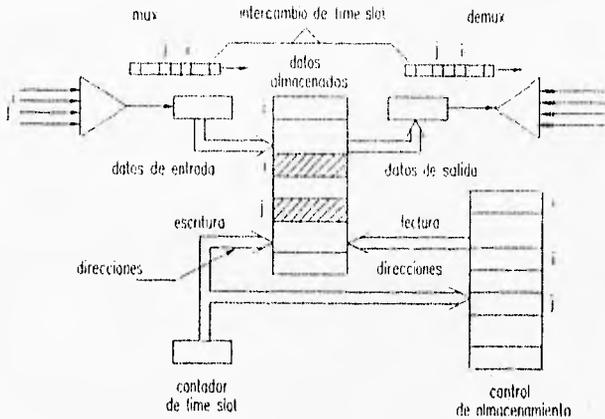


Figura 2.1.2.3 Switch de memoria

Los circuitos de mensajes digitales son multiplexados y demultiplexados individualmente de una manera fija para así establecer un enlace TDM sencillo por cada conexión de envío. Las funciones de multiplexaje y demultiplexaje pueden ser consideradas como parte del switch mismo o pueden ser implementadas en terminales de transmisión remotas. El intercambio de información entre los diferentes time slots es completada por un circuito de Intercambio del time slot (TSI). En el TSI de la figura 2.1.2.3., los datos en los time slots de entrada son escritos dentro de localidades secuenciales de la memoria de almacenamiento de datos. Los datos para los time slots de salida son leídos de la dirección obtenida del bloque de control. Como se indica en el grupo de control asociado, una conexión full duplex entre un canal "i" TDM y un canal "j" TDM, implica que la dirección "i" es leída durante la salida del time slot "j" y viceversa. La memoria que guarda los datos es accesada dos veces durante cada enlace del time slot. Primeramente, un circuito de control selecciona el número del time slot como una dirección de escritura. En segundo lugar, el contenido del grupo de control para un time slot específico es seleccionado como una dirección de lectura. El número máximo de canales "c" que puede ser soportado por un switch de memoria simple se encuentra dado por la siguiente expresión:

$$c = \frac{125}{2t_c} \quad (2.1.2.1)$$

donde, 125 es la trama en microsegundos para una muestra de voz de 8 KHz y  $t_c$  es el tiempo del ciclo de la memoria en microsegundos.

La conmutación por tiempo, inherentemente requiere de elementos de retardo para proporcionar el intercambio entre los time slots deseados. El retardo es más fácilmente implementado mediante memorias de acceso aleatorio donde son escritos como datos que llegan y leídos cuando los datos deben ser transferidos. Existen dos modos básicos en los cuales las memorias de estado de tiempo pueden ser controladas. Pueden ser escritas secuencialmente y leídas aleatoriamente o escritas aleatoriamente y leídas secuencialmente. Las siguientes figuras muestran ambos modos de operación y nos indican como la memoria es accedada para trasladar información del time slot 3 hacia el time slot 17. Debe observarse que ambos modos de operación utilizan un control cíclico que es accedado en sincronía con el contador del time slot.

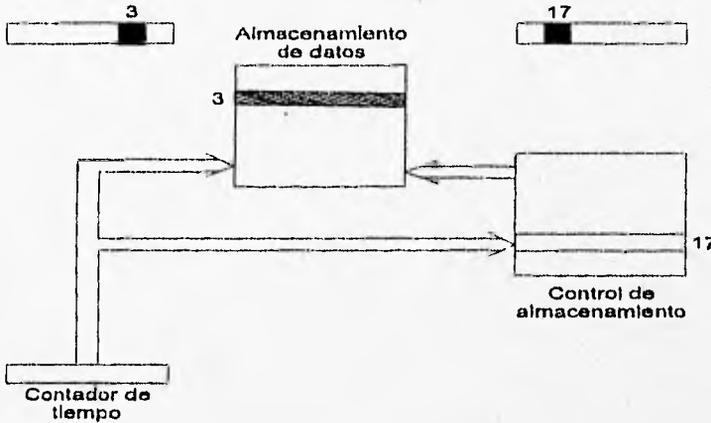


Figura 2.1.2.4 Memorias de estado de tiempo

El primer modo de operación mostrado en la figura 2.1.2.4. implica que las localidades de memoria específicas se encuentran dedicados a canales respectivos del enlace de entrada TDM. Los datos de cada time slot de entrada son guardados en localidades secuenciales hasta que la memoria se incrementa un modulo "c" con cada time slot. Como se indicó, los datos recibidos durante el time slot 3 son automáticamente guardados en la tercera localidad de memoria. A la salida, la información recibida del grupo de control específica que dirección va a ser accedada por éste time slot en particular. Asimismo, el dato 17 del grupo de control contiene el número 3, implicando que el contenido de la dirección 3 es transferida al enlace de salida durante la salida del time slot 17. El segundo modo de operación se observa en la figura 2.1.2.5.

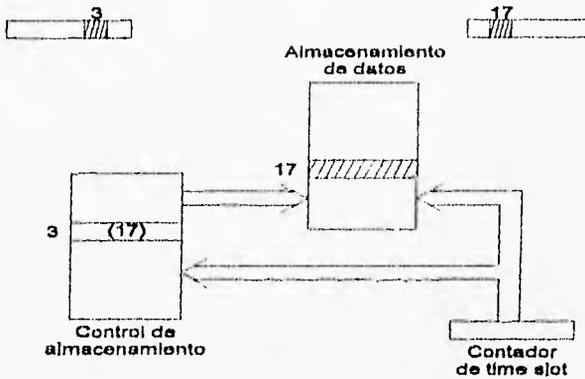


Figura 2.1.2.5. Memorias de estado de tiempo

Como se observa en la figura, este modo de operación es exactamente lo opuesto al modo de operación mostrado en la figura 2.1.2.4. Los datos de entrada son escritos dentro de las localidades de memoria como lo especifica el grupo de control, pero los datos de salida son regresados secuencialmente bajo el control del contador del time slot de salida.

## 2.2 Red Distribuida en Espacio

Básicamente, esta estructura de conmutación es una estructura de cruce de puntos tal y como se indica en la figura 2.2.1. Se emplea para conectar cada una de las  $N$  entradas a cada una de las  $M$  salidas y para proporcionar conexiones entre grupos de entrada y grupos de salida.

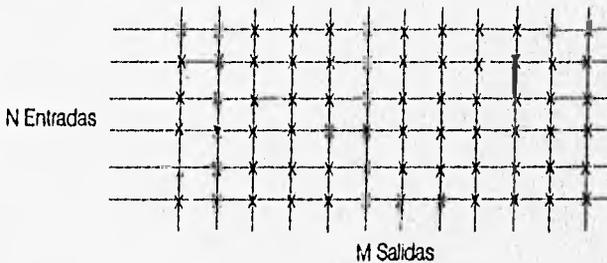


Figura 2.2.1 Cruce de puntos

En la mayoría de las ocasiones no es necesario que las entradas sean conectadas a todas las salidas. Cuando las entradas solo pueden acceder un número limitado de salidas se tiene una disponibilidad limitada. Para solucionar la disponibilidad limitada se utiliza la técnica "grading", la cual puede observarse en la figura 2.2.2.

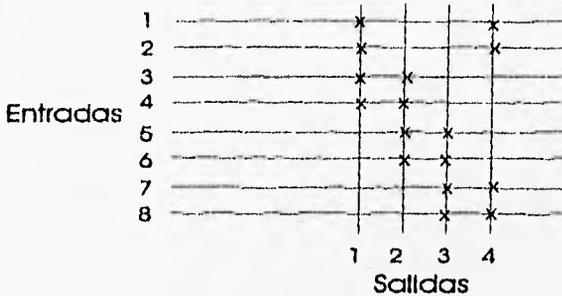


Figura 2.2.2 Grading

Se puede observar que si las conexiones de salida son seleccionadas cuidadosamente, el efecto de la disponibilidad limitada se reduce. En la figura anterior, si la entrada 1 y 8 requieren una conexión de salida, las salidas 1 y 3 serán seleccionadas en lugar de las salidas 1 y 4 a fin de evitar las probabilidades de bloqueo en un futuro a la entrada 2. La estructura *grading* se empleaba para acceder un grupo grande de troncales con switches electromecánicos, en donde los puntos de cruce resultan caros y en donde los módulos de switcheo individuales son limitados en tamaño. El *grading* también se empleaba en switches individuales pertenecientes a switches de múltiple estado donde existe más de una trayectoria a una salida en particular.

La conmutación intergrupala requiere disponibilidad completa para que todas las entradas puedan conectarse a todas las salidas. La figura 2.2.3 nos muestra la estructura para disponer de una interconexión completa.

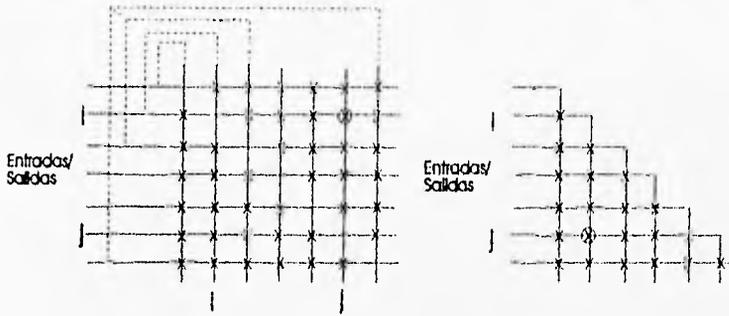


Figura 2.2.3 Interconexión completa

En la figura 2.2.3, las líneas punteadas nos indican que las entradas y las salidas correspondientes de dos matrices de conmutación se interconectan para proporcionar transmisión bidireccional en ambos circuitos. Cualquiera de las dos matrices de conmutación nos permite que se establezca cualquier conexión seleccionando un punto de cruce simple. La matriz cuadrada permite el establecimiento de cualquier conexión particular en dos formas. Si el enlace de entrada "i" es conectada al enlace de entrada "j", el punto de cruce seleccionado será la intersección de la entrada "i" y la salida "j"; o bien, la entrada "j" y la salida "i". En una implementación típica, el punto de cruce (i,j) es empleado cuando la entrada "i" requiere servicio, y el punto de cruce (j,i) se utiliza cuando la entrada "j" requiere servicio.

En la matriz triangular los puntos de cruce redundantes son eliminados. Por lo tanto, antes de levantar una conexión entre la entrada del switch "i" y la entrada del switch "j", el elemento de control de switcheo debe determinar cual de los dos es más grande. Si "i" es más grande, el punto de cruce (i,j) es seleccionado; si "j" es más grande, el punto de cruce (j,i) será seleccionado.

### 2.2.1 Conmutación de Estado Múltiple

En las estructuras de conmutación descritas anteriormente, una entrada se conecta directamente a una salida a través de un punto de cruce simple. Es por ello que a estas estructuras se les denomina conmutación de estado simple. Dado que el número de pares de entrada/salida para un arreglo de la forma triangular es de  $N(N-1)/2$ , y que para un arreglo de la forma rectangular es igual a  $N(N-1)$ , el número de puntos de cruce requeridos para un switch grande está prohibido. Además, un número grande de puntos de cruce para cada línea de entrada y salida implica una gran capacidad de carga sobre las trayectorias del mensaje. Un problema grande de la

conmutación de estado simple es que un punto de cruce específico es necesitado para una conexión específica. Si éste punto de cruce llegara a fallar la conexión asociada a él no podría realizarse.

Un análisis realizado en la conmutación de estado simple nos indica que los puntos de cruce son utilizados ineficientemente. Solamente un punto de cruce en cada renglón o columna de una conmutación de estructura cuadrada se encuentra siempre en uso, aún y cuando todas las líneas se hallen activadas. Para incrementar la eficiencia de la utilización de los puntos de cruce y así poder reducir su número, es necesario que cualquier punto de cruce pueda ser empleado para más de una conexión potencial. Si los puntos de cruce van a ser compartidos es necesario que se encuentre disponible más de una trayectoria para entablar una conexión potencial y de esta forma evitar un posible bloqueo en la conexión. Las trayectorias alternas nos sirven para reducir o evitar la probabilidad de bloqueo y también para tener protección contra posibles fallas en los enlaces. El compartir los puntos de cruce sirve para así poder contar con un mayor número de trayectorias para enlaces potenciales mediante la conmutación de estado múltiple.

Un diagrama de la conmutación de estado múltiple se puede observar en la figura 2.2.1.1.

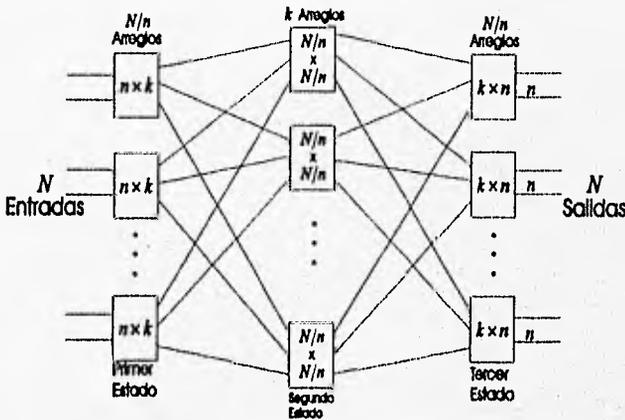


Figura 2.2.1.1 Conmutación de estado múltiple

En la figura anterior se puede observar una conmutación de tres estados en el cual las entradas y las salidas se hallan dentro de subgrupos de "n" entradas y "n" salidas cada uno. Las entradas de cada subgrupo son administradas por un arreglo rectangular de puntos de cruce. El primer estado se encuentra formado por  $n \times k$

arreglos, donde cada una de las "k" salidas se halla conectada a cada uno de los "k" arreglos de estado central. El tercer estado consiste de un arreglo rectangular de  $k \times n$ , el cual nos proporciona las conexiones de cada arreglo de estado central a los grupos de "n" salidas. Todas las partes centrales son arreglos de  $N/n$  por  $N/n$  los cuales nos proporcionan las conexiones del primer estado hacia el tercer estado. Se debe observar que si todos los arreglos nos proporcionan disponibilidad completa se tendrán "k" posibles trayectorias a través del switch para cualquier conexión particular entre entradas y salidas. Cada una de las "k" trayectorias emplean un arreglo de estado central separado. La estructura de estado múltiple proporciona trayectorias alternas a través del switch a fin de evitar fallas. Además, dado que cada enlace de conmutación es conectado a un número limitado de puntos de cruce, la capacidad de carga es minimizada. El número total de puntos de cruce " $N_s$ " requeridos para una conmutación de tres estados, como el de la figura 2.2.1.1, está dado por la siguiente expresión

$$N_s = 2Nk + k\left(\frac{N}{n}\right)^2 \quad (2.2.1.1)$$

donde:

$N$  = Número de entradas/salidas

$n$  = Tamaño de cada grupo de entradas y salidas

$k$  = Número de arreglos de estado central

### 2.3 Red Distribuida en Tiempo y Espacio

La conmutación digital para sistemas grandes requiere operaciones de switcheo tanto en tiempo como en espacio. Considere la estructura de conmutación simple de la figura 2.3.1.

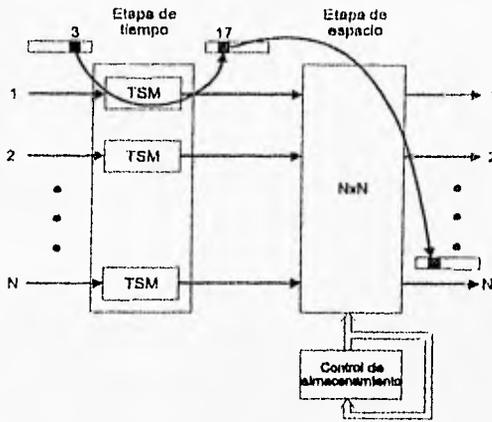


Figura 2.3.1 Conmutación en tiempo y espacio

Este tipo de conmutación consiste de dos estados : un estado de tiempo "T" seguido de un estado de espacio "S". Esta estructura se conoce como un switch tiempo-espacio "TS". La función básica del estado de tiempo es demorar la información en los time slots de entrada hasta que la salida del time slot deseado ocurra. En este momento, la información demorada es transferida a través del estado de espacio hacia el enlace de salida apropiado. En la figura 2.3.1, la información de entrada del time slot 3 del enlace 1 es demorada hasta que la salida en el time slot 17 ocurra. La trayectoria de regreso requiere que la información que arriba en el time slot 17 del enlace  $N$  sea demorada por el time slot 3 de la siguiente trama de salida. Asociada con el estado de espacio, se encuentra un grupo de control que contiene la información necesaria para especificar la configuración del estado de espacio para cada time slot de una trama. Esta información de control es accedida cíclicamente en la misma manera que la información de control en la conmutación por división de tiempo analógica. Por ejemplo, durante cada salida del time slot 3, la información de control es accedida para especificar que el enlace inter-estado número 1 es conectado al enlace de salida  $N$ . Durante otros time slots, el switcheo en espacio es completamente reconfigurado para soportar otras conexiones. El switcheo en tiempo es generalmente menos caro que el switcheo en espacio, primeramente porque la memoria digital es mucho más barata que los puntos de cruce digitales. Existen diversos modos que nos permiten que muchos canales puedan ser multiplexados dentro de un enlace TDM común para un switcheo por tiempo. Cuando estos límites prácticos son rechazados, algunas reducciones en las implementaciones pueden ser realizadas desarrollando estados múltiples.

### 2.3.1 Conmutación STS (Space Time Space)

Un diagrama de bloques funcionales de la conmutación STS se observa en la figura 2.3.1.1.

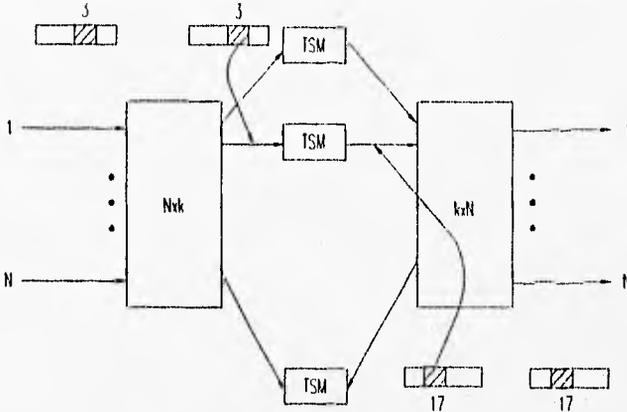


Figura 2.3.1.1 Conmutación STS

Cada uno de los switches de espacio son asumidos para ser switches de estado simple (no bloqueables). Para switches grandes, puede ser deseable implementar el switcheo de espacio con estados múltiples. Estableciendo una trayectoria a través de un switch STS se requiere encontrar un arreglo de switcheo en tiempo con un acceso de escritura disponible durante el deseado time slot de salida y un acceso de lectura disponible durante el deseado time slot de salida.

La probabilidad de bloqueo en un switch STS es igual a :

$$B = (1 - q^2)^k \quad (2.3.1.1)$$

donde:

$$q' = 1 - p' = 1 - p/\beta$$

$$\beta = \frac{k}{N}$$

$k$  = Número de arreglos de conmutación de estado central.

### 2.3.2 Conmutación TST (Time Space Time)

Una segunda forma de conmutación múltiple en espacio y tiempo se muestra en la figura 2.3.2.1.

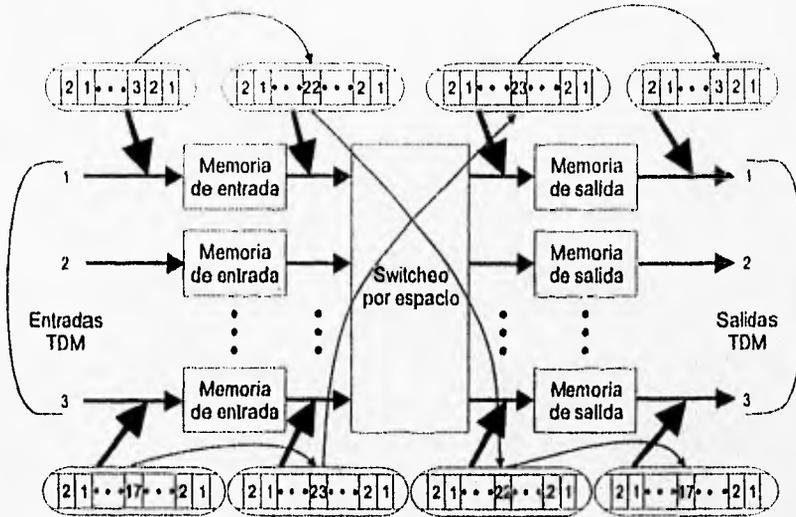


Figura 2.3.2.1 Conmutación TST

Este tipo de conmutación es usualmente referido como un switch de tiempo-espacio-tiempo (TST). La información que llega en un canal TDM de un enlace de entrada es demorado en la entrada de tiempo hasta que una trayectoria apropiada a través del estado de espacio esté disponible. En este momento la información es transferida a través del estado de espacio a la salida apropiada del estado de tiempo donde ésta es mantenida hasta que la salida deseada del time slot ocurre. Asumiendo que el estado de tiempo proporciona una disponibilidad completa, cualquier time slot en espacio puede ser utilizado para establecer una conexión. En un sentido funcional, el estado de espacio es recreado una vez por cada time slot interno. Este concepto se puede observar mejor en la figura 2.3.2.2.

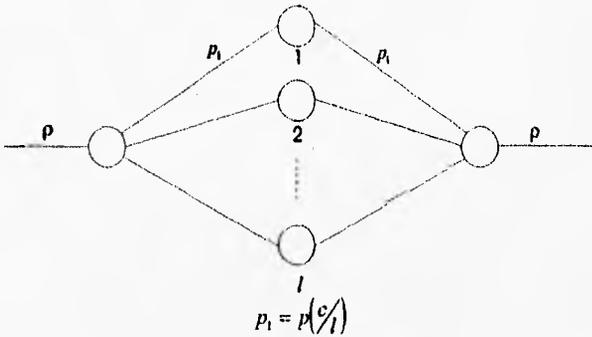


Figura 2.3.2.2 Conmutación TST

Una característica importante que hay que destacar de la conmutación TST, es que el estado de espacio opera en un concepto de tiempo dividido, independientemente de los enlaces TDM externos. De hecho, el número de time slots "l" no tiene que coincidir con el número de time slots TDM "c".

Si el estado de espacio es no bloqueable, el bloqueo en un switch TST ocurre solamente si no se tienen time slots de estado interno, durante el cual el enlace de entrada en el tiempo y el enlace hacia la salida en el tiempo se encuentran desocupados. De hecho, como una analogía de una conmutación de tres estados, el switch TST es estrictamente no bloqueable si  $l = 2c$ . La expresión general para la probabilidad de bloqueo de un switch TST con estados Individuales no bloqueables (T, S, T) es la siguiente :

$$B = (1 - q_1)^l \tag{2.3.2.1}$$

donde:

$$q_1 = 1 - p_1 = 1 - \frac{\rho}{\alpha}$$

$\alpha$  = expansión de tiempo  $(l/c)$

$l$  = Time slots de estado de espacio

## 2.4 REDES NO BLOQUEABLES.

Un switch estrictamente no bloqueable raramente es necesitado en la mayoría de las redes telefónicas. El sistema de switcheo y el número de circuitos en un grupo de troncales son dimensionados para brindar el mejor servicio posible; sin embargo, las cuestiones económicas en las implementaciones de una red, han limitado la capacidad de los equipos, la cual es excedida cuando se tiene un valor de tráfico elevado. Los equipos para redes telefónicas son diseñadas para proporcionar una mínima probabilidad de bloqueo durante las horas pico del día. El valor de esta probabilidad de bloqueo forma parte del grado de servicio de cada Compañía telefónica. Existen diversas técnicas que pueden ser utilizadas para evaluar la probabilidad de bloqueo de una matriz de conmutación.

Un modelo de accesibilidad total es aquel en el que existen  $S$  fuentes de tráfico y  $N$  salidas, y cualquier fuente libre puede acceder a cualquier salida libre, con Independencia del estado del sistema. Un ejemplo sencillo es el siguiente: supóngase que las troncales fuente alcanzan las troncales de servicio sobre el equipo de conmutación constituido como grupo de troncal de accesibilidad completa. Esto significa que independientemente del estado de ocupación de las troncales, cualquier troncal fuente libre puede conectarse con una troncal de servicio en tanto exista cuando menos una troncal de servicio libre. Supongamos ahora que este grupo troncal de servicio se le ofrece, sobre el equipo de conmutación, tráfico puramente al azar originado por un número infinito de troncales fuente. Se sabe que, para este tipo de tráfico, la fórmula de Poisson permite calcular la probabilidad de que  $x$  troncales fuente estén ocupadas simultáneamente. Así, si la intensidad de tráfico ofrecido se denota por  $A$ , tenemos que:

$$P_x = e^{-A} \frac{A^x}{x!} \quad (2.4.1)$$

Si ahora el número de troncales de servicio se limita a  $N$ , aparecerá pérdida siempre que las  $N$  troncales de servicio, y por lo tanto también  $N$  troncales fuente, estén ocupadas, pues bajo estas condiciones se rechazará cualquier intento adicional de llamada. Se infiere entonces que es posible determinar, mediante la fórmula de Poisson, la probabilidad de pérdida  $B$  calculando que tan probable es que en el grupo infinitamente grande de troncales fuente se encuentren simultáneamente ocupadas  $N$  o más de  $N$  troncales. Esta probabilidad  $B$  se encuentra dada por:

$$B = \sum_{x=N}^{\infty} e^{-A} \frac{A^x}{x!} \quad (2.4.2)$$

Esta fórmula, que fue propuesta por Molina, lleva necesariamente a la Interpretación de que la llamada que encuentra condición de bloqueo ( las  $N$  troncales

de servicio ocupadas) permanecerá en la troncal fuente hasta que se libere una troncal de servicio, siendo hasta entonces que se acepta con el resto de su tiempo de duración contribuyendo, en consecuencia, a la carga del sistema (llamadas perdidas mantenidas). Sin embargo, este hecho no concuerda con la realidad en los sistemas de pérdida en donde una llamada que se rechaza desaparece inmediatamente del sistema siendo considerada una pérdida y, por lo tanto, siendo eliminada. La fórmula de Erlang para sistemas de pérdida considera este hecho. La fórmula de Erlang considera los siguientes cambios de estado:

- La fórmula que nos indica la transición de los estados  $E_j \rightarrow E_{j+1}$  se representa mediante  $\lambda P_j$  para todo  $j < N$ .
- La transición de los estados  $E_N \rightarrow E_{N+1}$  es igual a 0 para todo  $j = N$ .
- La longitud de tiempo promedio que una llamada está haciendo uso de una troncal es igual a  $\tau$ . Si una troncal se encuentra ocupada, el número promedio de llamadas que terminan durante un lapso de tiempo  $\tau$  será igual a 1; por lo tanto, la tasa de terminación para una llamada es igual a  $1/\tau$ . La tasa de terminación para  $j+1$  llamadas simultáneas es igual a  $(j+1)/\tau$ . Dado que el sistema se encuentra en un estado  $E_{j+1}$  con una proporción de tiempo  $P_{j+1}$ , se concluye que la transición  $E_{j+1} \rightarrow E_j$  se encuentra dada por la siguiente expresión:  $\lambda P_j = (j+1)\tau^{-1} P_{j+1}$ , para todo  $j < N$ .

Igualando las ecuaciones de los puntos 1 y 3 y resolviéndola por recurrencia, se obtiene la expresión que nos muestra cada  $P_j$  en términos del valor  $P_0$ :

$$P_j = \frac{(\lambda\tau)^j}{j!} P_0, \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (2.4.3)$$

Dado que los valores de  $P_j$  son proporciones, la suma de todas debe darnos como resultado la unidad:

$$P_0 + P_1 + \dots + P_N = 1 \quad (2.4.4)$$

Empleando la ecuación normalizada 2.4.4 junto con la ecuación 2.4.3 podemos determinar el valor de  $P_0$ :

$$P_0 = \left( \sum_{k=0}^N \frac{(\lambda\tau)^k}{k!} \right)^{-1} \quad (2.4.5)$$

Mediante la proporción  $P_j$  del tiempo que  $j$  troncales se hallan ocupadas, se obtiene la siguiente relación :

$$P_j = \frac{(\lambda r)^j / j!}{\sum_{k=0}^N (\lambda r)^k / k!}, \quad (j=0, 1, \dots, N) \quad (2.4.6)$$

El producto  $\lambda r$  es una medida de la demanda realizada sobre el sistema. A menudo se le conoce como carga ofrecida y se representa por la letra "A". Cuando  $j = N$  en la ecuación 2.4.5 se tiene lo que se conoce como fórmula de pérdida de Erlang:

$$B(s, A) = \frac{A^N / N!}{\sum_{k=0}^N A^k / k!} \quad (2.4.7)$$

La fórmula de pérdida de Erlang nos da la proporción del número de usuarios a los cuales se les negó el servicio; esto es, que porcentaje de pérdidas se tuvieron cuando se tuvo un proceso de arribos de Poisson.

**Ejemplo 1:** En un sistema de conmutación de 100 abonados el tráfico ofrecido es de 4 Erlangs. El sistema cuenta con una etapa de preselección a la cual se encuentran conectados 10 troncales de servicio con accesibilidad completa.

a) Determinar la pérdida de la etapa de preselección.

b) Determinar el porcentaje de intentos de llamada que se rechazan por falta de selectores de grupo.

**Solución:** a) La pérdida se obtiene directamente de la fórmula de pérdida de Erlang haciendo  $N = 10$

$$B_{10} = \frac{\frac{4^{10}}{10!}}{1 + \frac{4^2}{2!} + \frac{4^3}{3!} + \dots + \frac{4^{10}}{10!}} \approx \frac{1}{200} = .005$$

$$B = .005$$

b) Del resultado anterior, se deduce que el 0.5% de las llamadas se rechazan por falta de selectores de grupo, o bien, que cada doscientosavo intento de llamada se rechaza por esta misma razón.

Generalmente, una conexión a través de una red grande involucra una serie de enlaces de transmisión, donde cada uno de ellos es seleccionado de un grupo de alternativas. El análisis de la probabilidad de bloqueo punto a punto usualmente

involucra una composición de probabilidades en serie y en paralelo. La figura 2.4.1 nos muestra las conexiones alternas a través de una red y la probabilidad de bloqueo correspondiente:

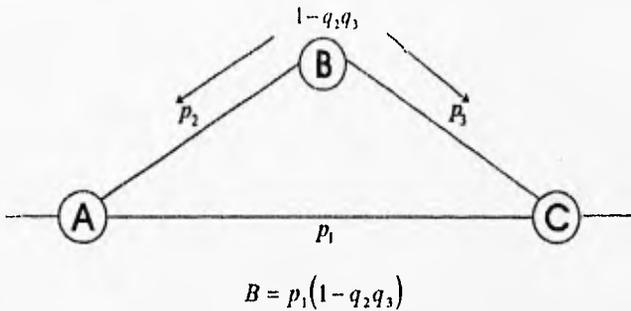


Figura 2.4.1 Probabilidad de bloqueo

La ecuación de la probabilidad de bloqueo de la figura anterior involucra diversas suposiciones de simplificación. Primero, la probabilidad de bloqueo de los switches no se toma en cuenta. En una conmutación por división de tiempo digital las pérdidas debido a los switches es despreciable. En otros switches, estas pérdidas no son insignificantes. Cuando es necesario, el bloqueo por efecto de los switches se incluye dentro del análisis considerándolo como un bloqueo en serie con el grupo de troncales asociadas.

Cuando más de una ruta pasa a través del mismo switch, como en el nodo "C" de la figura 2.4.1, se presentan diversas propuestas para determinar la probabilidad de bloqueo. Una propuesta conservativa considera las pérdidas de switcheo de una manera correlacionada. Es decir, las pérdidas de switcheo se encuentran en serie con el enlace común. Por otro lado, una propuesta optimista asume que las pérdidas de switcheo son independientes, lo cual implica que se encuentran en serie con los enlaces individuales.

La figura 2.4.2 nos muestra estas dos propuestas, donde el enlace "C" a "D" se tiene como un enlace común.

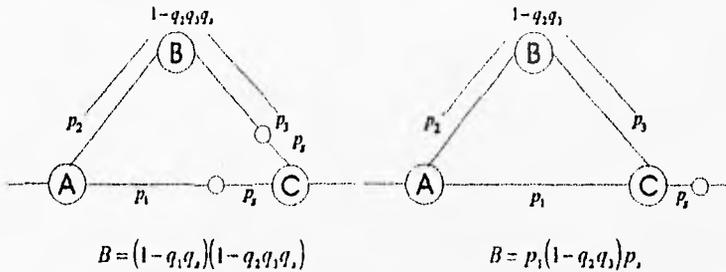


Figura 2.4.2 Probabilidad de bloqueo

Una segunda opción para obtener la probabilidad de bloqueo a partir de la ecuación de la figura 2.4.1, involucra independencia para las probabilidades de bloqueo en los grupos de troncales. Por lo tanto, el bloqueo producido por dos rutas paralelas es meramente el producto de sus respectivas probabilidades de bloqueo. Similantemente, independencia implica que la probabilidad de bloqueo de dos trayectorias en serie es igual a 1 menos el producto de las respectivas disponibilidades. En la práctica actual, las probabilidades de bloqueo nunca son completamente independientes. Esto último es particularmente cierto cuando un monto grande de tráfico sobre una trayectoria es resultado del sobreflujo que se tiene en otra trayectoria. Cada vez que la primera trayectoria se encuentre ocupada, es muy probable que gran parte del tráfico de sobreflujo comience a ser direccionado hacia la segunda trayectoria. Por lo tanto, una ruta alterna podrá estar ocupada cuando una ruta primaria se encuentre ocupada.

A menudo en una red privada, como la red telefónica de la UNAM, el tráfico de sobreflujo proveniente de una ruta tiene una influencia directa sobre el tráfico generado sobre una ruta Tandem. En el caso de la UNAM, el tráfico entre nodos principales aumenta considerablemente por el tráfico proveniente de los nodos secundarios.

**Ejemplo 2.** Dos grupos de troncales son utilizadas como rutas directas entre dos oficinas de switcheo. El primer grupo tiene 12 canales y el segundo grupo tiene 6 canales. Se asume que 10.8 Erlangs de tráfico es ofrecido al grupo de 12 canales y se tiene un sobreflujo de tráfico en dirección del grupo de 6 canales cuando el primer grupo se encuentra ocupado.

¿ Cual es la probabilidad de bloqueo del primer grupo y cuanto tráfico de sobreflujo tendrá el segundo grupo ? Utilizando el volumen del tráfico de sobreflujo como una carga ofrecida, determine la probabilidad de bloqueo del segundo grupo de troncales. ¿ Cual es la probabilidad de que ambos grupos de troncales se encuentren

ocupados ? Compare esta respuesta con la probabilidad de bloqueo de un grupo de troncales de 18 canales.

*Solución.* Utilizando un análisis de pérdidas de llamadas, empleando la ecuación 2.4.7, se determina que la probabilidad de bloqueo del primer grupo es igual a  $(10.8)(12) = 15\%$ . Por lo tanto, el tráfico de sobreflujo es igual a  $(10.8)(0.15) = 1.62$  Erlangs.

La probabilidad de bloqueo para el segundo grupo será igual a  $(1.62)(6) = 0.5\%$

La probabilidad de que los dos grupos de troncales se hallen ocupados de manera simultánea se puede determinar (asumiendo independencia) mediante el producto de sus respectivas probabilidades de bloqueo :

$$B = (0.15)(0.005)$$

$$B = 0.00075$$

En contraste, se tiene que la probabilidad de bloqueo correcta para un grupo de troncales de 18 canales con una carga de 10.8 Erlangs es igual a :

$$B = 0.013$$

El primer error en el ejemplo anterior es que se asume independencia de bloqueo en los dos grupos de troncales. El segundo error resulta del uso de un análisis de tráfico basado en arribos de llamadas puramente aleatorias (Poisson) para el sobreflujo de tráfico dentro de un segundo grupo de troncales.

La separación de los 18 canales dentro de dos grupos es obviamente un artificio. Este ejemplo se utiliza para demostrar un caso extremo de correlación entre las probabilidades de bloqueo de dos grupos de troncales. Cuando la correlación existe, la probabilidad de bloqueo compuesta de una ruta directa y una ruta alterna debe ser determinada de la manera siguiente :

$$B = (B_1)(B_2|1) \quad (2.4.8)$$

donde:

$B_1$  es la probabilidad de bloque del grupo 1.

$B_2|1$  es la probabilidad de bloqueo del grupo 2 dado que el grupo 1 esta ocupado.

En el caso de que se divida un grupo de troncales dentro de dos subgrupos, la probabilidad de bloqueo condicional puede ser determinada como :

$$B_2|1 = B(N|N_1) \quad (2.4.9)$$

que es la probabilidad de  $N$  servidores se encuentren ocupados sabiendo que  $N_1$  servidores se encuentran ocupados.

$$B_2|1 = \frac{P_N}{\sum_{n=N_1}^N P_n}$$

$$B_2|1 = \frac{\binom{A^N}{N!}}{\sum_{n=N_1}^N \binom{A^n}{n!}} \quad (2.4.10)$$

donde  $P_n$  es la probabilidad de que exactamente  $n$  de  $N$  servidores se encuentren ocupados. Evaluando la ecuación 2.4.10 para unos valores de  $A = 10.8$ ,  $N_1 = 12$  y  $N = 18$ , revela que la probabilidad condicional apropiada  $B_2/1$  para el ejemplo 2 es igual a 0.033.

De este modo la probabilidad de bloqueo compuesta para la ecuación 2.4.7 es:

$$B = (0.15)(0.033) = 0.005$$

Las diferencias entre los resultados obtenidos en el ejemplo 2 y los resultados anteriores se deben a las características no aleatorias del tráfico de sobreflujo.

La ecuación 2.4.10 es válida solamente en los casos donde una ruta alterna transporte el tráfico de sobreflujo de una ruta primaria. Puede ser empleada como solución en el peor de los casos en las situaciones donde el sobreflujo de una ruta tienda a dominar el tráfico de una ruta alterna. La correlación entre las probabilidades de bloqueo de rutas individuales se presenta debido a la congestión en una ruta que produce sobreflujo que tiende a causar congestión en otras rutas. Eventos externos estimulan el sobreflujo en las redes provocando que las probabilidades de bloqueo sean correlacionadas. Una tercera suposición dentro de la ecuación de la probabilidad de bloqueo de la figura 2.4.1 es que el tráfico a través de la red es independiente.

### 2.4.1 Probabilidad de bloqueo de Clos

En 1953 Charles Clos, de los Laboratorios Bell, publicó un análisis donde mostraba cuantos arreglos de estado central en las redes de conmutación de tres estados son requeridos para proporcionar una operación individual estrictamente no bloqueable. Sus resultados demostraron que si cada arreglo era no bloqueable, y si el número de estados centrales " $k$ " era igual a  $2n-1$ , entonces el switch era estrictamente no bloqueable. La condición para que no se presente el bloqueo se deriva observando que una conexión a través de un switch de tres estados requiere localizar un arreglo central con un enlace desocupado a partir del primer estado y un enlace desocupado hacia el tercer estado. Un punto importante es la observación de que debido a que cada arreglo del primer estado tiene " $n$ " entradas, solamente  $n-1$  de estos enlaces pueden estar ocupados cuando la entrada correspondiente a la conexión deseada se encuentra desocupada. Si " $k$ " es más grande que  $n-1$ , esto significa que, en la mayoría de las ocasiones,  $n-1$  enlaces hacia el arreglo central pueden estar ocupados. Similamente, en la mayoría de los  $n-1$  enlaces hacia el apropiado arreglo del tercer estado pueden estar ocupados si la salida de la conexión deseada se encuentra desocupada. El peor caso para que ocurra bloqueo ocurre si todos los  $n-1$  enlaces ocupados del primer estado dirigen a un grupo de arreglos centrales, y si todos los  $n-1$  enlaces ocupados hacia el tercer arreglo provienen de un grupo separado de arreglos centrales. De esta manera estos dos grupos de arreglos centrales no son confiables para la conexión deseada. Lo anterior se puede observar en la figura 2.4.1.1.

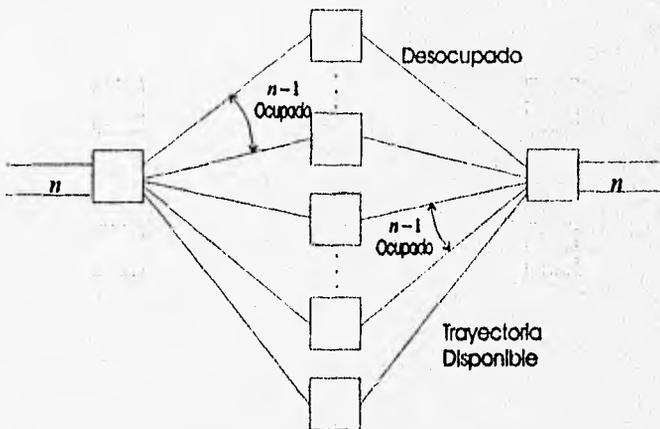


Figura 2.4.1.1 Arreglos de estado central

Si existe un arreglo central más, los enlaces de entrada y salida apropiados deben estar desocupados y este estado central puede ser utilizado para levantar la conexión.

Si ocurre que  $k = (n-1) + (n-1) + 1 = 2n-1$ , entonces el switch es estrictamente no bloqueable. Sustituyendo este valor en la ecuación 2.2.1 se obtiene la siguiente relación para una operación estrictamente no bloqueable en un switch de tres estados:

$$N_s = 2N(2n-1) + (2n-1)\left(\frac{N}{n}\right)^2 \quad (2.4.1.1)$$

Se puede observar que el número de puntos de cruce en un switch de tres estados no bloqueable depende de la manera en la que son divididas las entradas y salidas dentro de un subgrupo de tamaño "n". La expresión para determinar el mínimo valor de puntos de cruce de un switch de tres estados no bloqueables es la siguiente:

$$N_s(\min) = 4N(\sqrt{2N} - 1) \quad (2.4.1.2)$$

donde:

$N$  = Número total de entradas/salidas.

La tabla 2.4.1.1 nos permite observar el número mínimo de puntos de cruce para diversas conmutaciones de tres estados no bloqueables de diversos tamaños, comparando el número de puntos de cruce para una matriz cuadrada de estado simple. Ambas estructuras de conmutación inherentemente proporcionan capacidades de cuatro circuitos, un requerimiento para conmutación digital debido a que la digitalización de la voz implica la utilización de cuatro hilos.

Número de Líneas	Número de puntos de cruce para un Switch de tres estados	Número de puntos de cruce para un Switch de estado simple
128	7680	16256
512	63488	261632
2048	516096	4.2 millones
8192	4.2 millones	67 millones
32768	33 millones	1 billón
131062	268 millones	17 billones

Tabla 2.4.1.1 Conmutación de tres estados

Como se indica en la tabla anterior, la matriz de switcheo de tres estados proporciona una reducción significativa del número de puntos de cruce, particularmente para switches grandes. Los switches grandes típicamente utilizan más de tres estados para proporcionar grandes reducciones en los puntos de cruce.

### 2.4.2 Probabilidad de bloqueo de Lee Graphs

El análisis de la probabilidad de bloqueo de Lee Graphs analiza la carga de tráfico en cada uno de los enlaces de una manera individual.

La notación " $p$ " será utilizada, en general, para determinar la parte del tiempo que un enlace particular se encuentra en uso. La probabilidad de que un enlace se encuentre desocupado se denota por  $q = 1 - p$ . Cuando cada uno de los enlaces paralelos pueden ser empleados para complementar una conexión, la probabilidad de bloqueo " $B$ " (probabilidad de que todos los enlaces se encuentren ocupados) se denota por :

$$B = p^n \quad (2.4.2.1)$$

Cuando una serie de " $n$ " enlaces son necesarios para completar una conexión, la probabilidad de bloqueo se determina más fácilmente como 1 menos la probabilidad de que se encuentren todos los enlaces disponibles:

$$B = 1 - q^n \quad (2.4.2.2)$$

Una probabilidad gráfica de tres estados se puede observar en la figura 2.4.2.1 Esta gráfica nos muestra el hecho de cualquier conexión en particular puede ser establecida con " $k$ " trayectorias diferentes, una a través de cada estado central.

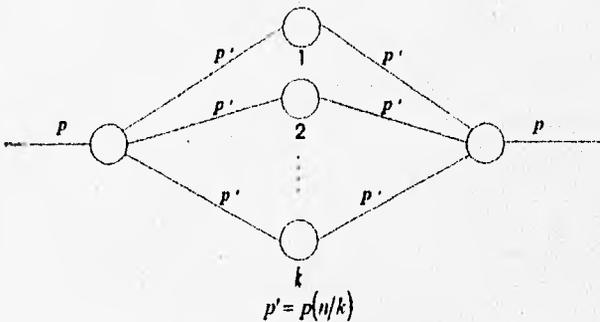


Figura 2.4.2.1 Arreglo de tres estados

La probabilidad de que cualquier enlace particular inter-estado se encuentre ocupado se denota por " $p'$ ". La probabilidad de bloqueo para una red de tres estados puede ser determinada de la manera siguiente:

$$B = (1 - q'^2)^k \quad (2.4.2.3)$$

donde  $k$  es el número de arreglos de estado central y  $q' = 1 - p'$  es la probabilidad de que un enlace inter-estado se encuentre desocupado. Si la probabilidad  $p$  de que una entrada se encuentre ocupada se conoce, la probabilidad  $p'$  de que un enlace inter-estados se encuentre ocupado puede ser determinado por la siguiente ecuación:

$$p' = p/\beta \quad (2.4.2.4)$$

donde:

$$p/\beta$$

La ecuación 2.4.2.4 nos presenta el hecho de que cuando un determinado número de entradas (o salidas) se encuentran ocupadas, el mismo número de salidas del primer estado (o entradas del tercer estado) se encuentran también ocupadas. Además, se tienen enlaces inter-estados así como entradas o salidas. Por lo tanto, el porcentaje de enlaces inter-estados que se encuentran ocupados se reduce mediante el factor  $\beta$ . El factor  $\beta$  es definido si es mayor a, lo cual implica que el primer estado del switch está proporcionando una expansión en espacio. Actualmente,  $\beta$  puede ser menor a 1, implicando que el primer estado se encarga del tráfico de entrada. La concentración del primer estado es usualmente empleada en oficinas terminales o PBX's grandes donde las entradas son altamente empleadas (5-10%). En tandems, además, las troncales de entrada son ampliamente utilizadas y la expansión es usualmente necesitada para proporcionar probabilidades de bloqueo bajo de una manera adecuada.

Sustituyendo la ecuación 2.4.2.4 en la ecuación 2.4.2.3 se tiene una expresión completa para la probabilidad de bloqueo de un switch de tres estados en términos de la utilización de las entradas:

$$B = [1 - (1 - p/\beta)^2]^k \quad (2.4.2.5)$$

### 2.4.3 Probabilidad de bloqueo de Jacobaeus

La fórmula para obtener la probabilidad de bloqueo sugerida por Lee Graphs contiene diversas consideraciones de simplificación. Una de estas consideraciones es el obtener la probabilidad de bloqueo para rutas alternas como el producto de las probabilidades de bloqueo de cada trayectoria individual. Esto involucra que las probabilidades de bloqueo son independientes. De hecho, las probabilidades no son independientes.

Considerando una matriz de switcheo con  $k=2n-1$ , la ecuación de probabilidad de bloqueo de Lee Graphs produce una probabilidad finita de bloqueo, aún y cuando el switch sea diseñado para ser no bloqueable. Los desajustes se producen debido a que cuando  $2n-2$  trayectorias se encuentran ocupadas se asume que la trayectoria restante se encuentra ocupada con una probabilidad igual a  $-(q)^2$ . De hecho, la trayectoria restante se encuentra necesariamente desocupada.

En general, cuando la expansión de espacio existe, el asumir probabilidades individuales independientes produce que se obtengan probabilidades de bloqueo más altas que las actuales. Los desajustes se producen debido a que conforme más y más trayectorias en un switch sean encontradas para ser ocupadas, las trayectorias restantes tienen menos oportunidad de ser empleadas (solamente un subgrupo de  $n$  de los enlaces inter-estados pueden siempre estar ocupadas al mismo tiempo).

Un análisis más apropiado para las matrices de switcheo multiestado fue presentado en 1950 por C. Jacobaeus. La ecuación resultante para un switch de tres estados se muestra a continuación:

$$B = \frac{(n!)^2}{k!(2n-k)!} p^k (2-p)^{2n-k} \quad (2.4.3.1)$$

donde:

- $n$  = número de entradas (salidas) para el primer (tercer) arreglo.
- $k$  = número de arreglos del segundo estado
- $p$  = utilización de entrada

## 2.5 Concepto de troncal y jerarquías de comunicaciones

### 2.5.1 Concepto de troncal

La red telefónica se puede considerar como el desarrollo sistemático de la interconexión de medios de transmisión, de tal manera que un usuario se pueda conectar con cualquier otro de la red. Las líneas telefónicas que conectan un centro de conmutación o central con otra se conocen como troncales en Norteamérica y como enlaces en Europa.

Las líneas telefónicas que conectan a un abonado con su central se conocen como líneas con circuitos de abonado. La diferencia esencial entre una línea de abonado y una troncal es que la primera esta permanentemente asignada a un abonado específico, mientras que la segunda es una conexión cuyo empleo se comparte. Es decir, considerando la figura 2.5.1.1, existe una línea de abonado para cada subscriptor conectado a una central, pero no existe una troncal dedicada para cada comunicación posible entre los abonados. El número de circuitos troncales que debe existir entre esos puntos está en función del número de comunicaciones efectivas que se establecen.

Una troncal urbana directa conecta a dos centrales locales, una troncal Tandem conecta a una central local con una central Tandem, mientras que una troncal urbana de L.D ( larga distancia ) conecta una central local con el primer centro de larga distancia. Las troncales urbanas de L.D también se conocen como troncales terminales ya que constituyen los extremos de una conexión de L.D. Las conexiones entre centros de conmutación que pertenecen a ciudades diferentes ( troncales interurbanas) constituyen la red interurbana que se emplea para comunicaciones de larga distancia.

### 2.5.2 Jerarquías de comunicaciones

La Compañía Norteamericana AT&T estableció una jerarquía digital TDM la cual ha comenzado a ser el estándar de América del Norte. Comenzando con una señal DS1\* como un bloque de construcción fundamental, todos los otros niveles son implementados como una combinación de algunos números de señales de bajo nivel. La designación de los multiplexores digitales de alto nivel refleja los respectivos niveles de entrada y salida. Por ejemplo, un multiplexor M12 combina cuatro señales DS1 para formar una señal DS2 simple. La tabla 2.5.2.1 nos presenta niveles de multiplexaje diversos, sus velocidades en bits y la transmisión media empleada en cada uno de ellos.

---

\* Nivel de multiplexaje primario en la jerarquía TDM de América del Norte.

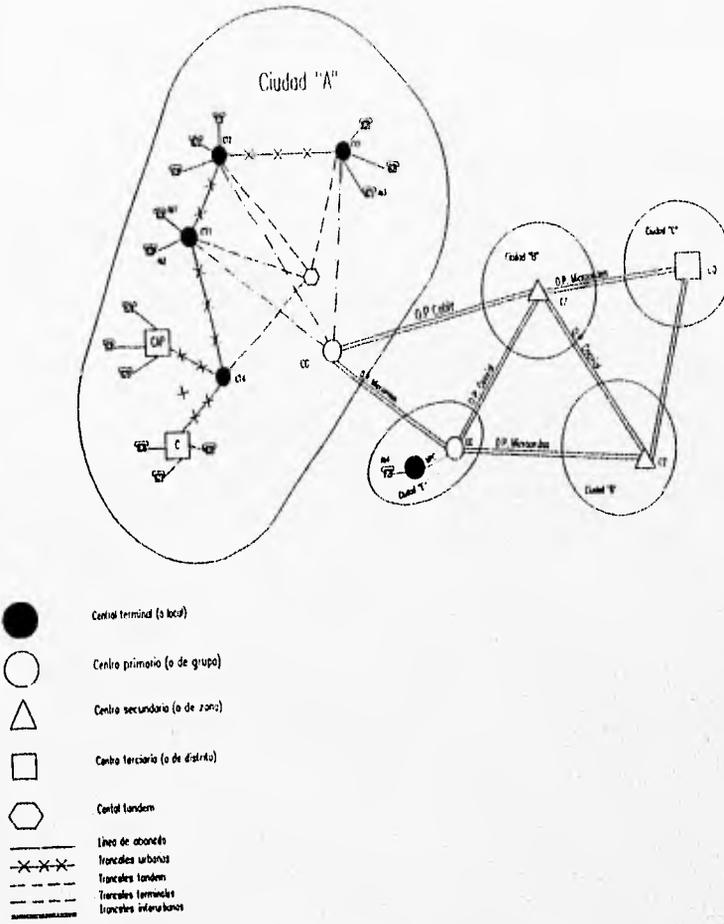


Figura 2.5.1.1 Red telefónica

Número de señales digitales.	Número de circuitos de voz.	Designación del multiplexor.	Velocidad (Mbps).	Transmisión media.
DS1	24	D	1544	T1 Par trenzado
DS1C	48	M1C	3152	T1C Par trenzado
DS2	96	M12	6312	T2 Par trenzado
DS3	672	M13	44738	Radio, fibra
DS4	4032	M34	274176	Coaxial T4M Guía de onda WT4 Radio

Tabla 2.5.2.1 Jerarquía digital TDM

Una jerarquía digital similar ha sido también establecida por el CCITT como un estándar Internacional. Como se muestra en la tabla 2.5.2.2 esta jerarquía es similar al estándar de América del Norte, pero involucra diferentes circuitos de voz en todos los niveles.

Nivel	Circuitos de voz	Multiplexor	Velocidad (Mbps)
CEPT1	30		2.048
CEPT2	120	M12	8.448
CEPT3	480	M23	34.368
CEPT4	1920	M34	139.264
CEPT5	7680	M45	565.148

Tabla 2.5.2.2 Jerarquía digital CCITT

## CAPITULO III

### DEFINICION DE TIPOS DE LLAMADAS

#### 3.1 Protocolo

Las convenciones para telecomunicaciones son comúnmente llamadas protocolos. Un protocolo es un conjunto de reglas y procedimientos que nos definen como dos o más usuarios deben interactuar para intercambiar información. Los protocolos necesitan ser cuidadosamente definidos cuando se requiere manejar información entre máquinas. Se debe especificar que es lo que se va a ser comunicado, como va a ser comunicado y cuando será comunicado. La mala elección de un protocolo puede causar un incremento dramático de tráfico.

#### 3.2 Concepto de Señalización

La señalización implica un proceso de generación y manejo de información necesaria para establecer la conexión dentro de los sistemas telefónicos. Se tienen dos aspectos básicos en cualquier sistema de señalización: las señales eléctricas, que son especialmente codificadas, y la forma en que estas señales deben ser interpretadas.

De manera general se tienen dos tipos de señalización: interna y externa. La señalización interna emplea corriente directa (d.c), mientras que la señalización externa puede emplear corriente directa y también corriente alterna (a.c). La señalización interna se utiliza en redes locales, mientras que la señalización externa se emplea entre centrales telefónicas.

Es importante mencionar en esta parte la diferencia que existe entre los conceptos de red urbana y red interurbana para una red pública y una red privada. Una red urbana, desde el punto de vista de una red pública, es aquella que contiene a un conjunto de redes locales sin tomar en cuenta los enlaces que se tienen para realizar llamadas de larga distancia nacional o internacional. Desde el punto de vista de una red privada, como es el caso de la red de la UNAM., una red urbana involucra todos los enlaces locales que se tengan, tomando en cuenta los enlaces que se tienen hacia el exterior; es decir, hacia fuera de la red universitaria (Red Telmex).

Una red interurbana, desde el punto de vista de una red pública, es un conjunto de redes urbanas donde se toman en cuenta los enlaces de larga distancia tanto nacionales como internacionales. Desde el punto de vista de una red privada, una red interurbana involucra los diversos nodos de switcheo o conmutadores que forman parte de esa red, pudiendo estar los conmutadores en cualquier parte del país e inclusive en el extranjero, pero sin hacer uso de los enlaces que se tienen hacia la red pública (Red Telmex).

Dentro de esta capítulo se emplearán los términos de red urbana y red interurbana referentes a una red privada, tal y como lo es la Red Telefónica de la UNAM.

### 3.3 Tipos de señalización

Los tipos de señalización que más se utilizan actualmente en los sistemas de telefonía son:

- a) Señalización de abonado
- b) Señalización entre centrales
- c) Señalización E y M ( d.c y a.c )
- d) Señalización por canal común
- e) Señalización de línea
- f) Señalización de registro

A continuación se dará una explicación más detallada de los tipos de señalización antes mencionados.

#### 3.3.1 Señalización de abonado

La señalización de abonado se encuentra formada por los siguientes tipos de señales:

- *Señal de Información.*- Son tonos de frecuencia vocal que involucran al tono de la campana del aparato, indicándonos que la línea está siendo llamada, o bien, indicándonos tono de ocupado.
- *Señal de Supervisión.*- Nos indica cuando se presentan peticiones de servicio. Para este tipo de señalización se abastece corriente directa desde la central sobre la línea de abonado. La señal de supervisión nos indica los siguientes 4 estados:
  - a) Estado normal o reposo
  - b) Estado llamante
  - c) Estado de conversación
  - d) Estado de desconexión
- *Señal de Control.*- Nos permite completar una conexión requerida. Las señales se generan mediante interrupciones de d.c para un teléfono dactilar y mediante señales monofrecuentes para un teclado de tonos.

### 3.3.2 Señalización entre centrales

La señalización entre centrales mediante d.c se emplea extensamente cuando se tienen distancias cortas. La señalización mediante a.c se emplea cuando se tienen distancias más largas o bien cuando la señalización mediante d.c no es posible. Se tienen dos métodos de señalización mediante corriente directa: la señalización en circuito y la señalización E y M.

La señalización en circuito se emplea tanto en troncales urbanas como en troncales interurbanas. Las señales de supervisión y de control se generan ya sea interrumpiendo el flujo de corriente, cambiando su valor o invirtiendo su dirección en el extremo distante de la línea troncal.

### 3.3.3 Señalización E y M

Este tipo de señalización se aplica en troncales interurbanas largas y en troncales urbanas de corto alcance. Para implementar este tipo de señalización se requiere tener dispositivos de señalización independientes en el extremo de cada línea troncal. Los conductores que conectan a este equipo de señalización con el circuito troncal se conocen como terminales E (recepción) y M (transmisión). La señalización E y M se puede emplear con los métodos de d.c y de a.c. Entre los sistemas de señalización de d.c se encuentran los sistemas duplex (DX), simplex (SX) y el compuesto (CX). Estos sistemas permiten la señalización y pulsos de marcación sobre distancias más grandes de lo que es posible con la señalización en circuito.

La señalización E y M mediante a.c emplea el método de frecuencia única (FU) en los sistemas dentro y fuera de banda.

En los sistemas de señalización E y M las señales se pueden enviar en ambas direcciones al mismo tiempo sin que las señales se interfieran entre sí. En la señalización E y M, cuando la terminal E se encuentra aterrizada significa que se ha recibido una señal desde el otro extremo. Cuando la troncal se encuentra libre significa que la terminal E se encuentra abierta o no aterrizada. La terminal M se aterriza cuando la troncal se encuentra libre o cuando el teléfono del abonado del extremo cercano se halla colgado. Cuando la troncal se toma o cuando el abonado llamado descuelga el potencial de batería se substituye por tierra en la terminal M transmitiendo señal hacia el otro lado de la troncal.

Las diferentes situaciones que presentan las terminales E y M para generar las señales que se envían sobre enlaces troncales interurbanos se pueden observar en la tabla 3.3.3.1.

OFICINA DE ORIGEN			OFICINA TERMINAL			
Estado del abonado que llama	Terminal E	Terminal M	Dirección de la señal	Terminal E	Terminal M	Estado del abonado llamado
Troncal libre	Abierta	Tierra	nada	Abierta	Tierra	Colgado
Troncal ocupada	Abierta	Batería	→	Tierra	Tierra	Colgado
Conversación	Tierra	Batería	←	Tierra	Batería	Descolgado
Colgado	Tierra	Tierra	→	Abierta	Batería	Colgado
Troncal libre	Abierta	Tierra	nada	Abierta	Tierra	Colgado

Tabla 3.3.3.1 Sistema de señalización E y M

La aplicación de los sistemas de señalización de corriente alterna se encuentran en todos los circuitos urbanos y en las troncales interurbanas de corto alcance derivadas de sistemas de OP (Operación por Portadora).

La señalización que emplea frecuencias en el rango de voz (200-3200 Hz) se conocen como sistemas de señalización dentro de banda de frecuencia vocal. En estos sistemas se emplea una misma trayectoria para la información de voz y de señalización por lo que se debe evitar la interferencia mutua.

La señalización fuera de banda utiliza frecuencias fuera de la banda de frecuencia vocal, generalmente en el rango de 3400 a 3700 Hz, permitiendo el empleo de niveles más altos de tonos de señalización.

El sistema de señalización dentro de banda de uso más común es el tipo monofrecuente (FU) que utiliza una frecuencia de 2600 Hz para troncales que operan con 4 hilos. Para una operación a 2 hilos se proporcionan dos frecuencias: 2600 Hz en una dirección y 2400 Hz en la dirección contraria. Lo anterior debido a que la misma trayectoria de transmisión a dos hilos se emplea entre terminales. Las señales de d.c que se reciben del equipo de troncal se convierten a tonos de 2600 Hz para su transmisión sobre el canal de voz. En el extremo distante los tonos que se reciben se regresan a señales de d.c.

El sistema de señalización fuera de banda se encuentra en enlaces troncales urbanos e interurbanos de corto alcance. Las frecuencias de señalización más empleadas son de 3400, 3550 y 3700 Hz. Las principales ventajas de este tipo de señalización es la ausencia de interferencia de voz y el empleo de niveles más altos de señal que permiten mejorar la seguridad en la señalización.

En ciertas terminales de OP se emplean tonos de 3400 y 3550 Hz para señalización fuera de banda. El tono de 3400 Hz se utiliza para indicar troncal libre y condición de colgado. Las condiciones de troncal ocupada y de descolgado se envían mediante el tono de 3550 Hz. Las señales de supervisión y pulsos de selección,

impresas en la terminal M desde el circuito de troncal, actúan el oscilador de señalización provocando su desviación de 3400 a 3550 Hz.

### 3.4 Señalización de línea o de supervisión

La función principal de la señalización de línea es supervisar la conexión entre centrales. La señalización de supervisión proporciona información acerca de la condición de la línea o circuito e indica si el circuito está en uso o no; informa al conmutador y a los circuitos troncales de interconexión acerca de las condiciones en la línea, por ejemplo, que la parte que llama ha "descolgado" o ha "colgado". Los términos "colgado" y "descolgado" se derivan de la posición del receptor en un aparato telefónico antiguo, en este caso un gancho. Si el auricular de un abonado está colgado, el conductor (línea de abonado) entre el abonado y su central local está abierto y no hay flujo de corriente; para la condición inversa o de descolgado, hay un puente de d.c. en la línea y fluye la corriente.

Dentro de la señalización de línea se establece un código de señalización de línea:

a) *Señal de toma.*- Consiste de un elemento de señal corta, la cual se envía desde un juego de circuitos de la troncal de salida a la terminal opuesta del circuito iniciándose con esto la operación en la central distante.

b) *Señal de liberación forzada.*- Consiste de un elemento de señal larga. Se envía desde el extremo de entrada de un circuito en el momento de recibirse la señal de toma si el registro o receptor de código no recibe los dígitos antes de temporizar. Al recibirse en el extremo de salida la señal de liberación forzada, se inicia la señalización de liberación hacia adelante. La duración de la temporización es: primer dígito, 2 a 5 segundos. Dígitos siguientes, 500 mseg.

c) *Señal de respuesta.*- Consiste de un elemento de señal corta; se envía hacia la central de origen para indicarle que el abonado llamado ha levantado su teléfono. La función de esta señal es de supervisión, pudiéndose así iniciar el cobro.

d) *Señal de liberación hacia atrás.*- Consiste de un elemento de señal larga; se envía para indicar que el abonado llamado ha colgado.

e) *Señal de liberación hacia adelante.*- Consiste en un elemento de señal larga; los circuitos de la troncal de salida de la central de origen la envía cuando la llamada termina con el objeto de liberar la conexión

La tabla 3.4.1 resume las señales que se manejan en el sistema de señalización de línea.

Señal	Duración	Dirección
Toma	150 ms	→
Liberación forzada	600 ms	←
Respuesta	150 ms	←
Liberación hacia atrás	600 ms	←
Liberación hacia adelante	600 ms	→
Liberación de guardia	600 ms	←
Bloqueo	continuo	←

Tabla 3.4.1 Sistema de señalización de línea

### 3.5 Señalización de registro o de destino

La señalización de destino se origina en los dígitos que marca un abonado que llama, mismos que son aceptados por su central local. Con esa información se dirige la llamada telefónica hacia el abonado distante deseado. Si con el establecimiento de una llamada interviene más de un conmutador, se requiere señalización entre ellos (tanto de destino como de supervisión). En los sistemas convencionales la señalización de destino entre conmutadores se denomina *señalización de registro*.

#### 3.5.1 Señalización de multifrecuencia (MFC)

Una de las técnicas más comunes de señalización entre registros es la de código de multifrecuencia a secuencia obligada (MFC). Este tipo de señalización se emplea en troncales urbanas e interurbanas para la transmisión de información numérica o de selección.

Este es un método dentro de banda que transmite los dígitos por combinaciones de 2 a 6 dígitos del 1 al 0, y combinaciones de 5 dígitos para las señales adicionales (códigos auxiliares). La tabla 3.5.1.1 ilustra las combinaciones de frecuencias con las que se obtienen los diferentes códigos de señalización MFC

Código	Valor numérico del código	Señales de avance Señales de retroceso Índice	Frecuencias en c/s					
			1380	1500	1620	1740	1860	1980
			1140	1020	900	780	660	540
			f0	f1	f2	f3	f4	f5
15	7+11						x	x
14	4+11					x		x
13	2+11				x			x
12	1+11			x				x
11	0+11		x					x
10	4+7					x	x	
9	2+7				x		x	
8	1+7			x			x	
7	0+7		x				x	
6	2+4				x	x		
5	1+4			x		x		
4	0+4		x			x		
3	1+2			x	x			
2	0+2		x		x			
1	0+1		x	x				
		Peso	0	1	2	4	7	11

Tabla 3.5.1.1 Código y combinaciones de frecuencias

La velocidad promedio de las cifras es de por lo menos de 5 dígitos por segundo. Los dígitos se envían bajo el control del equipo receptor por medio de señales de control. En las tablas 3.5.1.2 y 3.5.1.3 se ilustran por separado las señales numéricas y de control de la señalización MFC.

Se emplean dos tipos de señales de control: las señales que se emplean para establecer la conexión con la línea llamada y señales que se emplean para indicar el estado de esta línea. El primer tipo se conoce como señales A y el segundo como señales B. Se emplean las mismas frecuencias para las señales A y B. El cambio para la interpretación de las señales de control del modo A y B se realiza mediante la señal A3 (ver tabla 3.5.1.3).

c/s						Núm. de señal	Signi- ficado	Clasificación de señales después de las señales de control A3 o A
1380	1500	1620	1740	1860	1980			
x	x					1	dígito 1	Llamada desde operadora
x						2	2	Llamada desde ab-normal
	x	x				3	3	
x		x	x			4	4	
	x		x			5	5	
			x			6	6	
x		x		x		7	7	
	x			x		8	8	
				x		9	9	
		x	x	x		10	10	
x					x	11		
	x				x	12		
		x			x	13		
			x		x	14		
				x	x	15		Fin del número de A

Tabla 3.5.1.2 Señales numéricas

c/s				m. de señal	Señales A	Señales B
1140	1020	900	780			
x	x			1	Enviar el siguiente dígito	Abonado libre (cobro)
x		x		2	Enviar 1er. dígito	Abonado ocupado
	x	x		3	Cambio a señales B	Intercapción
x			x	4	Congestión	Congestión
	x		x	5		Abonado libre (sin cobro)
		x	x	6	Identificación del abonado que llama	Número prohibido

Tabla 3.5.1.3 Señales de control

**Principales señales que constituyen al sistema de señalización MFC**

1. Señal de congestión (A4).- En cualquier momento del establecimiento de la conexión, un receptor de código puede enviar señal de congestión hacia el registro de origen. El registro que recibe esta señal inicia entonces la señalización de liberación de avance.

2. Solicitud de identificación.- Cuando un registro interurbano de origen ha recibido suficiente información de dígitos para comenzar la conexión hacia la central terminal, su receptor de código envía señal A6 en lugar de A1, con lo cual se significa la petición del número del abonado que llama (identidad de A). El registro emisor debe estar listo para recibir la señal A6 en cualquier estado y cambiar para la transmisión del número que corresponde a la identidad A. Cuando el registro emisor recibe A6, la transmisión del número del abonado B se suspende y se envía la categoría del abonado A en la forma de señal numérica 1 a 0 que corresponde a 10 categorías:

- 1) para llamada desde operadora
- 2) para llamada desde abonado normal
- 3) para abonado restringido
- 4) para aparato de alcancía
- 5) para servicio inmediato, por ejemplo, el abonado A que recibe información de cobro inmediatamente después de la conversación.

Si el sistema local no tiene división en categorías, siempre se debe transmitir el dígito 2 para marcar un abonado normal.

El receptor responde al dígito de categoría con la señal A1, que significa: transmisión del siguiente dígito (la primera vez = al primer dígito) del número de A. El transmisor envía entonces el primer dígito del número de A, con lo que el receptor contesta una vez más con A1 y así sucesivamente. Los dígitos se transmiten desde un registro de origen local o interurbano y se reciben en un receptor de código que puede pertenecer a otro registro o estar directamente conectado al marcador de un selector de grupo. Las señales de control se transmiten desde el receptor de código hasta el registro de origen. La transmisión de dígitos está doblemente controlada en un sistema que se conoce como *de secuencia obligada* que se explica a continuación:

- a) Desde el registro de origen se transmite la señal numérica continuamente.
- b) Cuando en un receptor de código se reciben ambas frecuencias, se realiza la identificación del dígito y se regresa en forma continua la señal de control.
- c) La señal de control se recibe en el registro de origen e interrumpe la transmisión de la señal numérica.
- d) Cuando las dos frecuencias de avance aparecen en el receptor de código, éste interrumpe la transmisión de la señal de control.

e) Cuando la señal de control desaparece en el registro de origen, la nueva señal numérica requerida por la señal de control se transmite.

El principio de señalización a secuencia obligada se ilustra en la figura 3.5.1.1.

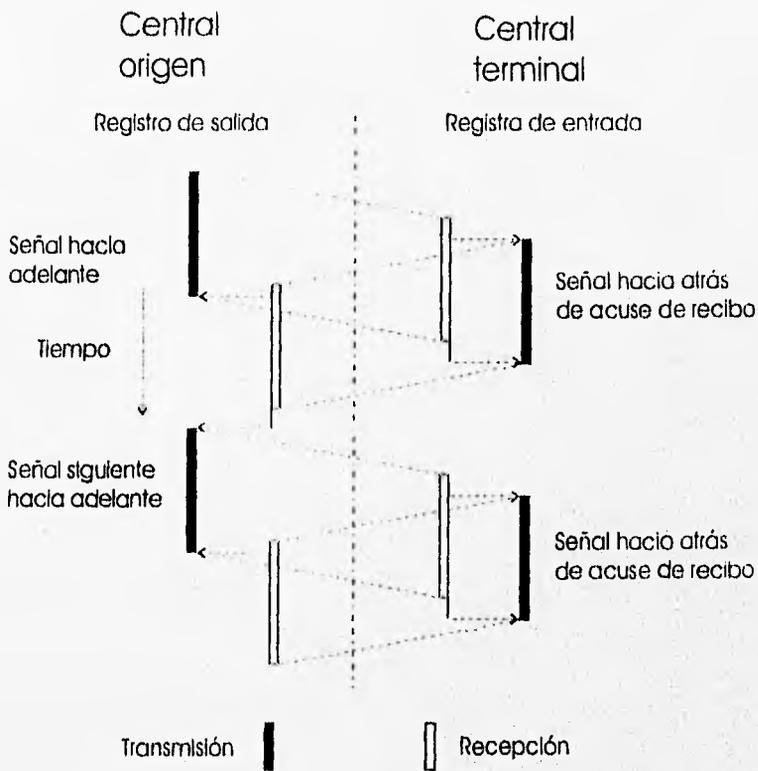


Figura 3.5.1.1 Señalización a secuencia obligada

Un ejemplo de una señal que no es a secuencia obligada es el caso de el sistema de señalización R1. Por ejemplo: la central de origen envía la señal de toma de 100 mseg; una vez que se recibe esta señal en el extremo distante, la central distante envía la señal hacia atrás "procedase a transmitir" a la central de origen. En el caso del sistema R1, esta señal tiene la duración de 140 mseg o más. La central de origen

al recibir la señal para transmitir emite todos los dígitos hacia adelante. Cada dígito es un pulso de 68 mseg con la separación de 68 mseg entre cada pulso. Después del último dígito, se envía una señal de fin de pulsos. El registro de conmutador de entrada (extremo distante), sabe la cantidad de dígitos que debe esperar. Por lo tanto, hay un reconocimiento implícito de que el establecimiento de la llamada ha sido satisfactorio. De lo anterior se puede concluir que en un sistema de señalización totalmente a secuencia obligada cada señal se envía en continuidad hasta que se recibe un reconocimiento. La ventaja de la señalización a secuencia obligada consiste en que los receptores de señalización no necesitan medir la duración de cada señal, lo que hace al equipo de señalización más simple y más económico. El principal inconveniente de la señalización a secuencia obligada es su baja velocidad inherente, por consiguiente, se requiere más tiempo para establecer la conexión entre ambos lados.

### 3.5.2 Señalización por código R2

El código R2 se cataloga por la CCITT como un código europeo para señalización regional. Si se aprovechan por completo dos de seis tonos de frecuencia se dispone de 15 posibles pares de frecuencias; esta cantidad se duplica en cada dirección con dos grupos de significado: I y II hacia adelante, A y B hacia atrás (ver tabla 3.5.2.1).

Frecuencias (Hz)							
	1380	1500	1620	1740	1860	1980	I/II hacia adelante
No. de Índice para los grupos I/II y A/B	1140	1020	900	780	660	540	A/B hacia atrás
1	x	x					
2	x		x				
3		x	x				
4	x			x			
5		x		x			
6			x	x			
7	x				x		
8		x			x		
9			x		x		
10				x	x		
11	x					x	

Frecuencias (Hz)							
	1380	1500	1620	1740	1860	1980	I/II hacia adelante
No. de Índice para los grupos I/II y A/B	1140	1020	900	780	660	540	A/B hacia atrás
12		x				x	
13			x			x	
14				x		x	
15					x	x	

Tabla 3.5.2.1 Sistema R2 europeo

Se dice que los grupos I y A son los de significado primario y los grupos II y B de significado secundario. El cambio de significado primario a secundario se controla mediante la señal hacia atrás A3 o A5. Se puede regresar únicamente del significado secundario al primario cuando el cambio original se hizo mediante el uso de la señal A5. En la tabla 3.5.2.1 se observa que los 10 dígitos que se envían hacia adelante en el sistema R2 están en el grupo I y tienen los números de índice 1 al 10. La señal de índice 15 (grupo A) indica "congestión internacional o a su salida", esta es una señal típica de información acerca del estado del circuito. El grupo B consta casi por completo de "información hacia atrás" y trata en particular con el estado del abonado.

Hay dos versiones del sistema de señalización de línea R2: una que se usa en centrales analógicas y otra que se usa en redes digitales. La versión analógica es un sistema fuera de banda con tono en libre. En la tabla 3.5.2.2 se muestran las condiciones de la línea en cada dirección hacia adelante y hacia atrás. Se observa que para el código se aprovecha una secuencia de señales que tienen seis condiciones características de operación.

A continuación se consideran varias de estas condiciones.

**Toma.-** La central de salida (central origen de la llamada) quita el tono hacia adelante. Si a la toma le sigue inmediatamente una liberación, la ausencia de tono se debe mantener por lo menos durante 10 mseg para asegurar su identificación en el extremo de entrada.

**Respuesta.-** El extremo de entrada quita el tono hacia atrás. Cuando en la conexión hay un enlace que precede a la central de salida y que usa también señalización continua con tono libre, se debe establecer la condición de "no tono" sobre el enlace tan pronto como se identifique en la central.

**Liberación hacia atrás.**- El extremo de entrada restaura el tono hacia atrás. Cuando en la conexión hay un enlace que precede a la central de salida y que usa señalización continua con tono en libre, se debe establecer la condición de "no tono" en este enlace tan pronto como se identifique en la central.

**Liberación hacia adelante.**- El extremo de salida restaura el tono hacia adelante.

**Bloqueo.**- El circuito permanece en bloqueo en la central de salida por todo el tiempo que el tono hacia atrás esté suspendido.

Condición de operación del circuito	Condiciones de señalización	
	Hacia adelante	Hacia atrás
1. libre	tono presente	tono presente
2. toma	tono fuera	tono presente
3. respuesta	tono fuera	tono fuera
4. liberación hacia atrás	tono fuera	tono presente
5. liberación	tono presente	tono presente o fuera
6. bloqueo	tono presente	tono fuera

Tabla 3.5.2.2 Condiciones de línea para el código R2

Dentro del sistema R2 MFC digital se utilizan señales dentro de banda (0 a 4 Khz) y señales de registro (hacia adelante y hacia atrás). Existen 15 señales de registro básicas donde se tienen tres grupos llamados I, II y III hacia adelante, y tres grupos llamados A, B y C hacia atrás.

**Señales hacia adelante:**

- Grupo I.- Señales numéricas que contienen un elemento de información decimal.
- Grupo II.- Suministra información acerca de la naturaleza del solicitante
- Grupo III.- Indica la identificación del origen de la llamada.

**Señales hacia atrás:**

- Grupo A.- Contiene información de solicitud para el envío de dígitos de categoría del abonado que llama y del estado de la línea.
- Grupo B.- Contiene información sobre el estado de la línea e información para servicios especiales, tales como llamadas maliciosas.
- Grupo C.- Contiene información relacionada con la interpretación de mando para solicitar la repetición de algún dígito que no se halla interpretado de manera correcta.

Las señales de línea para un sistema R2 MFC digital, al igual que las señales para un sistema R1, contemplan las señales del estado anterior, teniendo en cuenta las desconexiones en caso de interrupción en el proceso, debido a motivos de marcación incompleta o incongruente.

Tomando en cuenta la estructura de trama para un formato E1 (ver Formato E1), el funcionamiento de los 8 subcanales pertenecientes al canal 16 de señalización para un sistema de señalización R2 MFC digital se encuentra regido por la tabla 3.5.2.3:

Estado	Transmisión				Recepción			
	a	b	c	d	a	b	c	d
1 Libre	1	0	0	1	1	0	0	1
2 Toma	0	0	0	1	1	0	0	1
3 Acuse de recibo	0	0	0	1	1	1	0	1
4 Contestación	0	0	0	1	0	1	0	1
5 Desconexión después del punto 3	1	0	0	1	1	1	0	1
6 Desconexión después del punto 4	1	0	0	1	0	1	0	1
7 Reposición	0	0	0	1	1	1	0	1
8 Bloqueo	1	0	0	1	1	1	0	1

Tabla 3.5.2.3 Señalización R2 digital

### 3.6 Señalización por canal común

En lugar de enviar la información de señalización sobre el mismo canal en que viajan las señales de voz, la señalización por canal común (CCIS) emplea un enlace de datos dedicados entre los elementos de control de los sistemas de switcheo. El sistema de señalización por canal común define tres elementos funcionales: los puntos de señalización (SP), los puntos de transferencia de señalización (STP) y los enlaces de señalización. Un punto de señalización es cualquier punto de la red de señalización capaz de manejar mensajes de control; este puede ser un punto terminal y no es capaz de procesar información que no sea direccionada hacia él. Un punto de transferencia de señales es un punto de la red capaz de enrutar mensajes de control; este puede ser un nodo de enrutamiento pudiendo incluso desempeñar las funciones de un punto terminal. Finalmente, un enlace de señalización conecta puntos de señalización.

Este protocolo de señalización es una forma de comunicación de datos, en la cual, toda información es transferida en mensajes identificados con nombres característicos. Debido a que toda la información es transferida independientemente de los canales telefónicos, es posible transferir toda clase de información vía el canal de

señalización y encaminar la señalización de diferentes maneras por todo el sistema, dependiendo de las condiciones de línea.

El sistema de señalización por canal común divide la red de transmisión en cuatro niveles. Los últimos tres niveles, referidas como **Parte de Transferencia de Mensajes (MTP)**, proporcionan el servicio para enrutar los mensajes a través de la red de señalización. El nivel más bajo, el enlace de datos de señalización, se relaciona con los aspectos físicos y eléctricos de los enlaces de señalización. Esto incluye enlaces entre STP's, entre STP's y SP's y enlaces de control entre SP's. El nivel de enlace de señalización es un protocolo de control de enlaces de datos que proporcionan una secuencia de entrega de datos confiables a través de un enlace de señalización. El nivel superior del MTP, referido como el nivel de señalización, proporciona el enrutamiento de los datos a través de múltiples STP's desde la fuente de control hasta el destino de control.

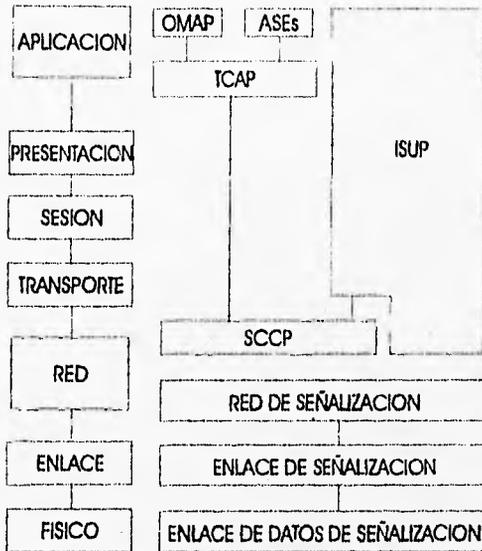
En el nivel 4 se tiene lo que se conoce como **Parte de Control de la Conexión de Señalización (SCCP)**. El SCCP y el MTP son conocidos como la **Parte de Servicio de la Red (NSP)**.

La **Parte de Usuario ISDN (ISUP)** proporciona la señal de control requeridas en un ISDN.

La **Parte de Aplicación de las Capacidades de Transacción (TCAP)** proporciona los mecanismos para la transacción y orientación de aplicaciones y funciones.

La **Parte de Aplicación de Mantenimiento y Operación (O&MAP)** especifica las funciones de administración de la red y los mensajes relacionados con operaciones y mantenimiento.

Las diversas partes que integran el sistema de señalización por canal común se muestran en la figura 3.6.1:



ARQUITECTURA DEL PROTOCOLO SS7

Figura 3.6.1 Señalización SS7

El sistema de señalización por canal común opera con las unidades de señal siguientes:

- Unidad FISU (Unidad de señal de relleno).- Proporciona Información de relleno cuando no se esta ocupando el canal a fin de evitar ausencia de corriente directa.
- Unidad LSSU (Unidad de señal de estado de enlace).- Se emplea al comienzo de un enlace o bien cuando se detecta un error. Transporta información de control necesaria para el nivel de enlace de señalización.
- Unidad MSU (Unidad de señal de mensaje).- Transporta la información de usuario proveniente del nivel 4.

La figura 3.6.2 nos muestra la estructura de trama de las unidades del sistema de señalización por canal común.

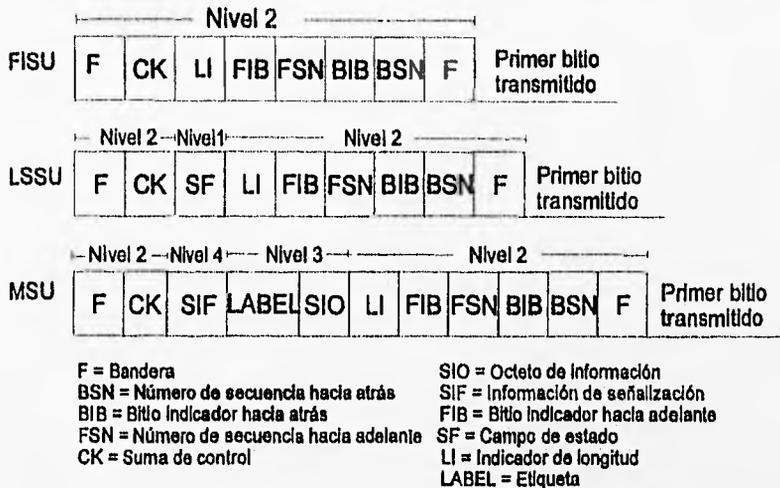


Figura 3.6.2 Trama del SS7

### 3.7 Formato E1

Cuando se realiza la digitalización de una señal analógica se emplean dos tipos diferentes de sistemas de transmisión en telefonía. El primero de ellos es el sistema de 24 canales (T1) desarrollado en los Laboratorios Bell y es empleado en Estados Unidos, Japón y otros países. El segundo de ellos es el sistema europeo (E1) especificado por CCITT. Este sistema puede soportar 30 canales telefónicos en una línea. Como el sistema necesita un canal para obtener sincronía y otro para señalización, se deberá transmitir 32 intervalos elementales de tiempo. Cada canal es muestreado 8000 veces por segundo. Cada muestreo es transmitido con un valor de 8 bits. Esto significa que cada canal individual tiene una velocidad de transmisión de 64 Kb/s (un E0) y que la velocidad de transmisión para los 32 intervalos de tiempo del sistema es de 2048 Kb/s (un E1). Los 32 intervalos de tiempo ocupan 125 microsegundos. Una ranura de tiempo es el espacio que ocupa un bit; por lo que cada bit de cada uno de los 32 canales ocupa 3.9 microsegundos. Los 30 canales telefónicos se encuentran dispuestos en los intervalos numerados de 1 al 15 y del 17 al 31. El canal de sincronía se encuentra en el intervalo de tiempo 1, mientras que el canal 16 es empleado para enviar la señalización. Es importante mencionar que en un formato T1 no se emplea el bit número 8 de un canal por lo que eso disminuye su capacidad de transmisión en comparación con un formato E1. La trama de un formato E1 se muestra en la figura 3.7.1:

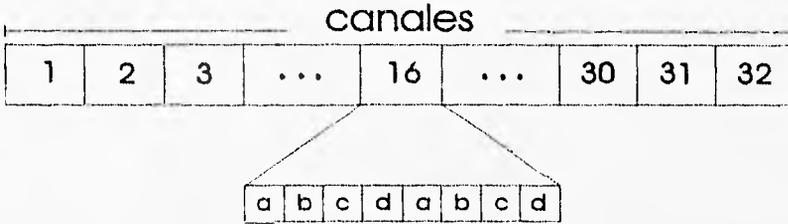


Figura 3.7.1 Trama E1

El canal 1 es de sincronía y de alarmas mientras que el canal 16 es de señalización. Por lo tanto se tienen 30 canales para el envío de voz. Toda esta información se envía por multitramas. Cada multitrama se halla compuestas por 16 tramas. El canal 16 del formato E1 nos envía señalización de línea. Como se puede observar en la figura 3.7.1, el canal 16 se encuentra dividido en 8 subcanales. Los primeros cuatro subcanales son de transmisión y los últimos cuatro subcanales son de recepción. El funcionamiento de estos 8 canales pertenecientes al canal 16 de señalización se encuentra regido por la tabla 3.7.1:

Estado	Transmisión				Recepción			
	a	b	c	d	a	b	c	d
Libre	0	0	0	1	0	0	0	1
Toma	1	1	0	1	0	0	0	1
Confirma A	1	1	0	1	1	1	0	1
					0	0		
<b>Registro</b>								
Conversación	1	1	0	1	1	1	0	1
Libera B	1	1	0	1	0	0	0	1
Confirma B	0	0	0	1	0	0	0	1
Libera A	0	0	0	1	1	1	0	1
Confirma A	0	0	0	1	0	0	0	1

Tabla 3.7.1 Canal 16 de señalización

Es importante mencionar que, a diferencia de la Red Digital de Servicios Integrados (ISDN, por sus siglas en inglés), un formato E1 emplea un sistema de señalización por canal asociado.

### 3.8. Códigos de línea

Los códigos de línea emplean niveles de señales diferentes para codificar cada símbolo discreto que es transmitido y para mantener la sincronía entre el transmisor y el receptor. Asimismo, los códigos de línea pueden aumentar la capacidad del canal ya que nos permiten transmitir mayor cantidad de información en un mismo espacio de tiempo. Los códigos de línea más empleados para transmisión digital son los siguientes:

- Código NRZ ( no retorno a cero ).- Es cero cuando la señal es cero y 1 cuando la señal es 1. Este tipo de código no permite extraer el reloj y el espectro de la señal contiene una componente de corriente continua (c.c)

- Código RZ (retorno a cero).- Habilita la extracción del reloj cuando largas secuencias de unos se están transmitiendo. Esto es porque un 1 es transmitido como un 1 en la primera mitad del impulso y como un 0 en la segunda mitad. Esto requiere un doble ancho de banda, aunque no solucionará el problema de extracción del reloj cuando se transmitan largas secuencias de 0. El espectro de la señal RZ incluye una componente de c.c.

- Código AMI (Inversión de marca alterna).- Este código presenta tres niveles que emplea impulsos negativos y positivos. El código es un cero transmitido como un cero y un 1 transmitido como un 1. Sin embargo, las marcas que representan los unos (1) son alternados para cada marca consecutiva. Esto soluciona el problema de c.c , no así el problema de secuencia cero.

- Código HDB3 (Bipolaridad de alta densidad, máximo 3 ceros).- Cuando más de tres ceros consecutivos han de ser transmitidos, una substitución ha de ser introducida en lugar de los cuatro ceros. Para hacer que el receptor reconozca que ha recibido una substitución y no un 1, se introduce una violación de código. El código HDB3 emplea una inversión de marca alternativa y la violación de código consiste en dos marcas consecutivas con la misma polaridad. Una substitución consiste de 4 bits. Hay dos tipos diferentes, uno con la configuración 0001 y el otro con la configuración 1001. Si la polaridad de la última marca transmitida tiene la misma polaridad que la marca en la última substitución, la configuración a introducir es 1001. Si la polaridad de la última marca transmitida es diferente de la marca en la última substitución, la configuración 0001 ha de ser introducida. Lo anterior resuelve los problemas que se tienen al extraer el reloj. El uso de un código terciario (3 niveles) resuelve el problema del nivel de c.c.

- Código 2BIQ (2 dígitos binarios en un dígito cuaternario).- Este código de línea surgió cuando fue desarrollado el múltiplexaje por compresión de tiempo (TCM), la cual

simultánea en ambos sentidos empleando canceladores de eco y trabajando a una velocidad de transmisión de 160 kbps. Con el empleo del código 2B1Q la velocidad de símbolo (baudios) sobre la línea es de 80,000 símbolos/segundo. Esta baja velocidad de símbolo minimiza la interferencia intersímbolos así como la interferencia de las llamadas. El formato de la trama y la estructura de supertrama de una interface U ANSI es la siguiente: cada trama consiste de 240 bits conteniendo 18 bits de formación, 216 bits de carga (12 campos de 18 2B+D bits de datos) y 6 bits generales. La velocidad de trama es de 667 tramas/segundo. Los 6 bits generales son organizados como un bloque de 48 bits en una supertrama de 8 tramas. Las funciones incluidas en los bits generales son de 24 bits para los canales de operación, 1 bit de activación, 1 bit de desactivación, 1 bit de bloqueo de error, 12 bits de CRC y 9 bits fijos ONE. Todos los bits, excepto los 18 bits de formación, se encuentran revueltos en la transmisión.

La figura 3.8.1 nos muestra algunos ejemplos de los códigos de línea antes explicados:

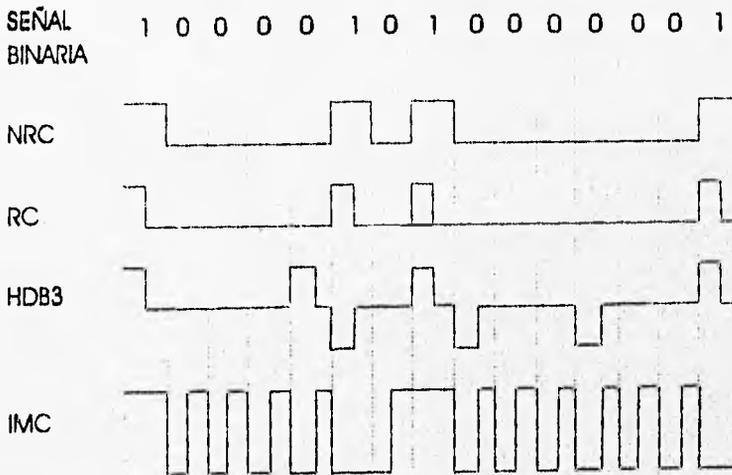


Figura 3.8.1 Códigos de línea

### 3.9 Tipos de señalización empleados en la UNAM

#### *Interface de señales de entrada y salida:*

- a) Ring down
- b) Second dial tone
- c) Sender :
  - Immediate start
  - Delay dial start
  - Wink start

#### *Selección de señales de entrada y salida:*

- a) DP, 10 pps, 33% make
- b) PB, 60 msec. Interruption
- c) DP/PB
- d) MF
- e) DP, 20 pps, 33% make
- f) DP, 20 pps, 50% make
- g) PB, 60 msec. interruption
- h) DP, 10 pps, 40 % make

#### *Señales de línea:*

- a) Loop Start
- b) Ground start
- c) CDH
- d) E & M
- e) DX (duplex)
- f) 24V4
- g) R2

#### *Clases de troncales:*

- a) DDD line
- b) FX line
- c) WATS line
- d) Tie line
- e) CCSA line
- f) Toll terminal
- g) CAS line
- h) Paging
- i) Code Call Trunk
- j) Dictation trunk
- k) General Paging trunk
- l) Radio Paging trunk
- m) C. O Trunk
- n) 30 B+D

### 3.10 Tráfico en la red UNAM

Una red local es aquella en la que un grupo de usuarios dependen del mismo nodo de switcheo o conmutador. Este concepto es igualmente aplicable tanto para una red privada como para una red pública.

En las redes locales que forman parte de la Red Telefónica Digital de la UNAM, la señalización de línea y de registro que se necesita para establecer una comunicación telefónica es proporcionada por el CCIS\*. Cabe mencionar que en esta parte, la señalización viaja por el mismo par de hilos empleados para las señales de voz. La señalización que se tiene en las redes locales se encuentran dentro de banda; es decir, dentro del rango de frecuencias de la voz.

Básicamente, la red urbana de la UNAM involucra los enlaces que se tienen hacia Telmex, ya sea mediante troncales analógicas o bien por RDI.

Los enlaces urbanos que tiene la UNAM emplean el protocolo de señalización R2 para troncales analógicas y un protocolo de señalización R2 digital para los enlaces vía RDI.

Los tipos de señalización para la red urbana de la UNAM son independientes del medio de transmisión que se empleen.

La señalización que se emplea en la red interurbana de la UNAM es la señalización por canal común (CCIS). Es importante mencionar que en el caso de los enlaces en los que se hace uso de la infraestructura creada por Telmex (microondas y fibra óptica), la señalización no la proporciona Teléfonos de México, sino que se emplea el CCIS de la Universidad.

En los enlaces urbanos e interurbanos que se tienen en la red telefónica digital de la UNAM se emplea un formato E1, utilizando el canal 16 para señalizar mediante canal común.

El código de línea empleado dentro de los enlaces telefónicos de la UNAM es el código HDB3.

---

\* Ver Apéndice C.

## CAPITULO IV

## EL DESCRIPTOR DE LLAMADAS

## 4.1 Introducción

El descriptor de llamadas (Station Message Detail System) nos proporciona un registro detallado de las llamadas de entrada y de salida realizadas vía el conmutador *NEAX2400 IMS*. Los datos incluidos dentro de este registro son el número de la estación que llama, el número llamado, el código de acceso, el tiempo de inicio de la conversación y el mes y día del año.

La información obtenida puede ser utilizada para analizar la cantidad de tráfico telefónico generado en redes públicas y privadas para propósitos de tarificación. Su propósito principal es administrar y optimizar una red de comunicaciones. El descriptor de llamadas (SMDS) puede trabajar de las siguientes maneras:

- SMDS - Interfase RS-232C
- SMDS - Terminal (APC IV)
- SMDS - Impresora

El modo empleado para obtener la información de las llamadas realizadas dentro de la UNAM es el SMDS - Interfase RS-232C.

## 4.2 Generalidades de funcionamiento

## 4.2.1 Hardware necesario para el SMDS

Se tienen dos tipos diferentes de hardware para el SMDS:

- 1) El hardware para un MMG (Multiple Module Group)
- 2) El hardware para un IMG (Interface Module Group)

**Hardware para un MMG**

Para el SMDS de un MMG, la tarjeta PA-1002 es empleada como interfase. Esta tarjeta debe ser montada en el misceláneo B en los slots 20, 21 y 22. La tarjeta cuenta con las siguientes características:

1) Dos puertos de salida - entrada (1/0). El puerto 0 es empleado para la MAT\* o para una impresora. El puerto 1 es empleado para el SMDS.

---

\* MAT. Terminal de Mantenimiento y Administración

- 2) La velocidad de transmisión que se maneja en la interfase es de 4800 bps.
- 3) Maneja una palabra de 8 bits.
- 4) Un bit de paro.
- 5) Un bit para checar la NO paridad.
- 6) Se utilizan 64 bytes para el envío de información mediante FIFO (Primero en llegar primero en salir).
- 7) Tiene unos switches los cuáles deben configurarse para hacer compatible la tarjeta PA-IO02 con la interfase RS-232C.

#### *Transmisión de datos*

1. Cuando una persona descuelga su aparato telefónico para contestar una llamada, la persona que realizó la llamada comienza a hablar con la persona llamada. En el momento en que la persona llamada ha descolgado para contestar se inicia el siguiente proceso:

- El procesador local (LP) detecta la extensión que realizó la llamada.
  - El procesador principal (MP) ejecuta los programas de conexión externa.
  - El MP envía los datos al procesador de supervisión (SP) que involucran el número de la extensión a la que se le está siendo cargada la llamada así como la troncal externa que se utilizó.
  - El procesador de supervisión SP edita los datos del número de la extensión que realizó la llamada y de la troncal externa empleada con propósitos de tarificación.
2. Cuando el número de extensión que realizó la llamada termina de hablar, el SP edita la información después de que la llamada ha terminado en la misma secuencia como se explicó en el punto 1.
  3. El SP envía los datos de tarificación editados hacia la tarjeta PA-IO02.
  4. La tarjeta PA-IO02 recibe los datos de tarificación y los envía a la interfase RS-232C.
  5. La transmisión de datos es de manera asíncrona.

#### *Hardware para un IMG*

Para el SMDS de un IMG sencillo la tarjeta PA-CS20 es empleada como interfase, esta tarjeta debe ser montada en el misceláneo C en el slot 1. La tarjeta cuenta con las siguientes características:

**Transmisión de datos**

1. Cuando una persona descuelga su aparato telefónico para contestar una llamada, la persona que realizó la llamada comienza a hablar con la persona llamada. En el momento en que la persona llamada ha descolgado su teléfono para contestar comienza a cargarse la llamada a la persona que la realizó.
2. Cuando la extensión que realizó la llamada termina de hablar, el CPU del sistema detecta la finalización de la llamada y edita esos datos como datos de tarificación.
3. El CPU envía los datos de tarificación editados hacia la tarjeta PA-CS20.
4. La tarjeta PA-CS20 recibe los datos de tarificación y los envía a la interfase RS-232C.
5. La transmisión de datos es de manera asíncrona.

**4.2.2 Interfase RS-232C**

Para la conexión entre el conmutador *NEAX2400 IMS* y la terminal de salida teniendo una interfase RS-232C, las conexiones requeridas son las que se muestran en la figura 4.2.2.1.

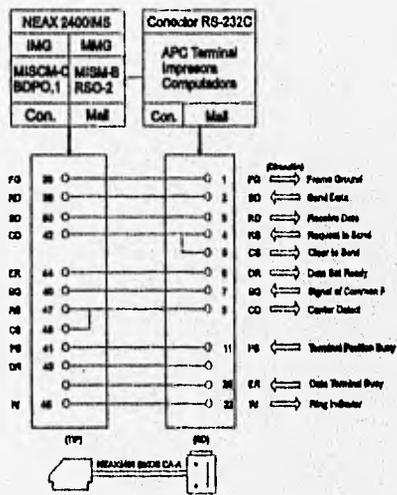


Figura 4.2.2.1 Conexión vía interfase RS-232C

**Registro de llamadas mediante la interfase RS-232C**

La información proporcionada por el SMDS es obtenida mediante la interfase RS-232C hacia un equipo terminal. El SMDS es implementado con una tarjeta adicional. El procesador del SMDS recibe y ensambla la información de las llamadas provenientes del NEAX2400 IMS mediante canales de datos. Esta información es proporcionada como un registro de las llamadas de entrada o salida hacia una terminal de procesamiento (PC).

Existen dos tipos diferentes de registro de llamadas: de entrada y de salida. Cuando una llamada es completada, la información de las llamadas realizadas es registrada por cualquier tipo de troncal tales como CO, DID, TIE LINE, etc. Esta información es la siguiente:

**A) Para un registro de llamadas de salida:**

1. Número de la troncal de salida y número de ruta
2. Usuario que llama
  - a) Número de la estación
  - b) Número de la consola de operadora
  - c) Número de la troncal original en caso de una conexión Tandem
3. Tiempo de inicio de la conversación
4. Tiempo de terminación de la llamada
5. Código de cuenta
6. Código de condición (tipo de llamadas)
7. Información de la ruta de avance
8. Número marcado

**B) Para registro de llamadas entrantes**

1. Número de la troncal de entrada y número de la ruta
2. Usuario llamado
  - a) Estación llamada
  - b) Número de la consola de operadora
  - c) Número de la troncal de salida en caso de una conexión Tandem
3. Tiempo de inicio de la llamada
4. Tiempo de terminación de la llamada
5. Código de condición (tipo de llamada)

### Limitaciones

Como una regla general, la velocidad de transmisión de salida para una tarjeta SMDS es de 1200 bits por segundo. A esta velocidad la tarjeta puede soportar alrededor de 5300 llamadas por hora en un NEAX2400 IMS.

### Requerimientos de Hardware

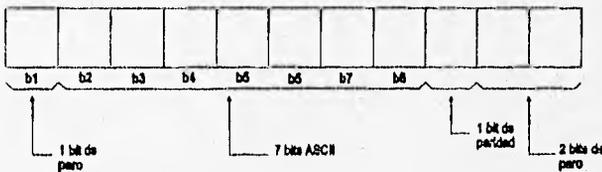
El siguiente hardware es requerido para la información de salida del SMDS del NEAX2400 IMS:

- Una tarjeta de SMDS y su programa
- Cable SMDS desde el NEAX2400 IMS hacia la computadora
- Una computadora de procesamiento

La tarjeta del SMDS debe ser montada en el módulo misceláneo del NEAX2400 IMS.

### Operación

El NEAX2400 IMS proporciona un puerto de salida RS-232C conforme a el código ASCII (7 bits más un bit de paridad). La operación del sistema es asíncrona transmitiendo datos en un modo simplex (solo transmisión). Los datos son transmitidos a una velocidad de 1200 o 4800 bits por segundo. La figura 4.2.2.2 nos muestra como cada caracter transmitido consta de un bit de inicio, ocho bits de Información y dos bits de paro. De igual manera podemos observar el formato de los datos de salida del registro de las llamadas del SMDS.



El SMDS registra las llamadas de salida (transmisión)  
Su formato es el siguiente:

S	S	U		E
T	A	A	MENSAJE DEL REG. DE LLAMADAS	T
X				X

ETX-Inicio de texto (1 caracter)  
SA -Dirección del Sistema (1 caracter)  
UA -Unidad de Dirección (1 caracter)  
ETX-Fin de Texto (1 caracter)  
MENSAJE DEL REGISTRO DE LLAMADAS (128 CARACTERES)

Figura 5.2.2.2 Registro de las llamadas del SMDS

Los datos de salida del registro de llamadas del SMDS son transmitidos hacia la computadora de procesamiento una vez que se hallan cumplido las siguientes condiciones:

- Cuando una llamada es liberada de una entrada, salida o de una llamada Tandem.
- Cuando una extensión es retenida con el propósito de transferir una llamada a otra estación o troncal.

El registro de las llamadas que se realizan se proporciona de manera detallada. Los datos salen en ráfagas y se almacenan en un "buffer" que va leyendo la información. Los elementos que forman parte de los registros de las llamadas de entrada y de salida se muestran en la figura 4.2.2.3.

000	STX	
001	SA	
002	UA	
003	INDICE DE ENTRADA "K"	"INDICE DE ENTRADA "K" SMDS-REGISTRO DE LLAMADAS.
004	TIPO DE REGISTRO "A"	"TIPO DE REGISTRO "A" OO REGISTRO DE LLAMADAS
005	NUMERO DE RUTA - CENTENAS	
006	NUMERO DE RUTA - DECENAS	
007	NUMERO DE RUTA - UNIDADES	
008	NUMERO DE TRONCAL - DECENAS	"INFORMACION DEL USUARIO LLAMADO: IDENTIFICACION DEL USUARIO LLAMADO:
009	NUMERO DE TRONCAL - CENTENAS	0: NUMERO DE EXTENSION (MAX. 8 DIGITOS)
010	NUMERO DE TRONCAL - UNIDADES	1: NUMERO DE ATTENDANT (2 DIGITOS)
011	NUMERO DE USUARIO	2: NUMERO DE TRONCAL Y RUTA
012	NUMERO DE TENANT - DECENAS	
013	NUMERO DE TENANT - UNIDADES	
014	NUMERO DE LLAMADA - 1	
015	NUMERO DE LLAMADA - 2	
016	NUMERO DE LLAMADA - 3	
017	NUMERO DE LLAMADA - 4	
018	NUMERO DE LLAMADA - 5	
019	NUMERO DE LLAMADA - 6	
020	MES - DECENAS	"TIEMPO DE INICIO DE LA CONVERSACION
021	MES - UNIDADES	
022	DIA - DECENAS	
023	DIA - UNIDADES	
024	HORA - DECENAS	
025	HORA - UNIDADES	
026	MINUTOS - DECENAS	
027	MINUTO - UNIDADES	
028	SEGUNDOS - DECENAS	
029	SEGUNDOS - UNIDADES	

CONTINUA LA SIG. PAGINA

030	MES - DECENAS	*TIEMPO COMPLETADO DE LA LLAMADA
031	MES - UNIDADES	
032	DIA - DECENAS	
033	DIA - UNIDADES	
034	HORA - DECENAS	
035	HORA - UNIDADES	
036	MINUTOS - DECENAS	
037	MINUTOS - UNIDADES	
038	SEGUNDOS - DECENAS	
039	SEGUNDOS - UNIDADES	
040	CODIGO DE CONTEO - 1	*CODIGO DE CONTEO
041	CODIGO DE CONTEO - 2	
042	CODIGO DE CONTEO - 3	
043	CODIGO DE CONTEO - 4	
044	CODIGO DE CONTEO - 5	
045	CODIGO DE CONTEO - 6	
046	CODIGO DE CONTEO - 7	
047	CODIGO DE CONTEO - 8	
048	CODIGO DE CONTEO - 9	
048	CODIGO DE CONTEO - 10	
050	ESPACIO	*NO HAY INFORMACION
051	ESPACIO	
052	ESPACIO	
053	CODIGO DE CONTEO - 1	*CODIGO DE CONTEO
054	CODIGO DE CONTEO - 2	
055	CODIGO DE CONTEO - 3	
	CONTINUA	

056	RUTA No 1 - CENTENAS	* INFORMACION DE LA RUTA DE AVANCE
057	RUTA No 1 - DECENAS	
058	RUTA No 1 - UNIDADES	
059	RUTA No 2 - CENTENAS	
060	RUTA No 2 - DECENAS	
061	RUTA No 2 - UNIDADES	
062	NUMERO LLAMADO - 1	* NUMERO LLAMADO ( MAXIMO 24 DIGITOS)
063	NUMERO LLAMADO - 2	
064	NUMERO LLAMADO - 3	
065	NUMERO LLAMADO - 4	
066	NUMERO LLAMADO - 5	
082	NUMERO LLAMADO - 21	
083	NUMERO LLAMADO - 22	
084	NUMERO LLAMADO - 23	
085	NUMERO LLAMADO - 24	
066	ESPACIO	* NO HAY INFORMACION
067	ESPACIO	
068	ESPACIO	
069	ESPACIO	
092	ESPACIO	
093	ESPACIO	
094	0	* NO HAY INFORMACION
095	0	
096	0	
098	ESPACIO	* NO HAY INFORMACION
099	ESPACIO	
129	ESPACIO	
130	ESPACIO	
131	ETX	

Figura 4.2.2.3 Elementos de los registros de entrada y salida

El caracter 003 nos indica que a continuación se proporcionará información de registro de llamadas. Dentro del caracter 004 se tienen dos opciones; si se tiene un registro de llamada de salida (OG) se coloca la letra "A", mientras que si lo que se tiene es un registro de una llamada de entrada (IC) se coloca la letra "E". Los caracteres 005 a 010 nos indican el número de la ruta y de la troncal que se está empleando ya sea que se trate de una llamada entrante o de salida. Es importante mencionar que no se deben dejar espacios en blanco; si, por ejemplo, el número de la ruta de entrada es "1", se deberá escribir como "001".

La parte relacionada con la información de la persona que esta realizando la llamada abarca los caracteres 011 a 019 y se encuentra estructurada de la manera siguiente:

- Primer caracter (011) ..... Identificación  
0 = Estación PBX/STX  
1 = Consola de operadora  
2 = Troncal de entrada
- Siguientes dos caracteres..... Número de Tenant  
(012-013)
- Últimos seis caracteres..... Número de la estación que llama, si la  
(014-019) identificación es "0".  
Número de operadora, si la identificación es  
"1".  
Número de la ruta troncal de entrada más el  
número de la troncal, si la identificación es  
"2".

El tiempo de inicio de la conversación comienza a ser registrada cuando la persona a la que se le esta hablando ha contestado nuestra llamada. El tiempo de terminación de una llamada se registra cuando la troncal ha sido liberada o bien cuando se ha transferido una llamada. El código de conteo forzado nos proporciona el número de clave asignado a un usuario, si es que se le proporcionó clave alguna. El código de condición nos indica el método que se empleó para levantar una llamada telefónica encontrándose dividido de la siguiente manera:

Primer código de condición. Este código nos muestra cuando una llamada es una llamada original o bien cuando ha sido transferida colocando un "0" o un "1" respectivamente.

Segundo código de condición. Este código nos muestra cuando una llamada ha sido procesada por una cola de espera de salida y/o por la marcación de un código de cuenta. Dentro de este código se tienen 4 posibilidades:

- Código de condición 2 es igual a 0 si se tiene una llamada de entrada, una llamada Tandem, una llamada de salida sin haber pasado por una cola de espera y sin haberse marcado un código de cuenta.
- Código de condición 2 es igual a 1 si se tiene una llamada de salida que ha sido procesada por una cola de espera y sin haber marcado un código de cuenta.
- Código de condición 2 es igual a 2 si se ha marcado un código de cuenta pero sin haber sido procesada por una cola de espera de salida.

- Código de condición 2 es igual a 3 si tiene una llamada que ha sido procesada por una cola de espera y donde también se utilizó un código de cuenta.

Tercer código de condición. Este código nos muestra una llamada que ha sido procesada por una operadora ATT, si es ruta de avance o si se ha empleado LCR. Dentro de este código se tienen 9 posibilidades:

Si la llamada es OG:

Código = "0" = Llamada OG regular o llamada Tandem directa  
 Código = "1" = Llamada asistida por operadora ATT  
 Código = "2" = Ruta de avance  
 Código = "3" = Ruta de avance y asistencia de operadora ATT  
 Código = "4" = Ruta de costo menor  
 Código = "5" = Ruta de costo menor y asistencia de operadora ATT  
 Códigos "6" - "9" = No se emplean

Si la llamada es IG:

Código = "0" = Llamada terminada directa a una estación sin asistencia ATT tales como DID y DIT  
 Código = "1" = Llamada asistida por operadora ATT  
 Códigos "2" - "9" = No se emplean

La información de la ruta de avance debe ser registrada sin tomar en cuenta si la ruta de avance ha tomado lugar o no. Esta información debe ser registrada cuando el código de condición 3 presenta de un 2 a un 5. Si el código de condición 3 nos muestra un 0 ó un 1, este campo debe ser rellenado con espacios. El campo del número de ruta 1 registra el número de la ruta que actualmente se tiene seleccionada, mientras que el campo del número de la ruta 2 registra el número de la ruta de la primer ruta seleccionada.

#### 4.3 Equipo de salida

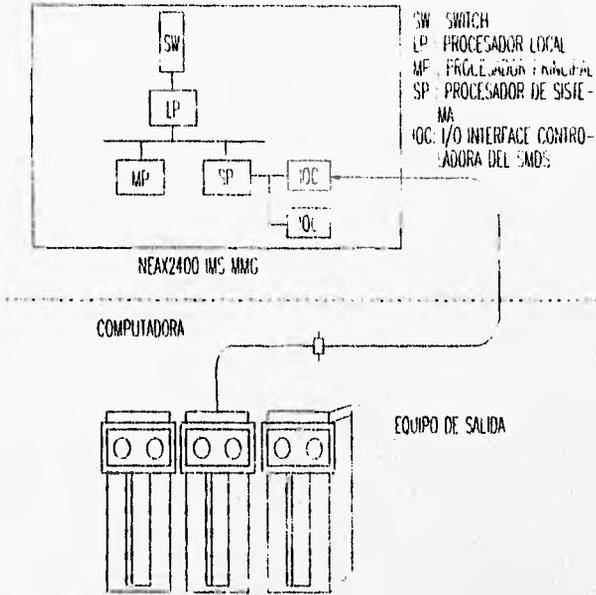
El equipo de salida que se utiliza es determinado por las necesidades del usuario, pudiendo ser una PC, una impresora, etc.

Para que la comunicación se lleve a cabo debe tomarse en cuenta los parámetros de transmisión con los que trabajan las tarjetas, los cuales ya se mencionaron anteriormente.

En el caso particular de la UNAM se emplea una PC asíncrona como equipo de salida.

**Transmisión de datos para un MMG o IMG**

La transmisión de datos para un MMG y un IMG se puede observar en las figuras 4.3.1 y 4.3.2 respectivamente.



**Figura 5.3.1 Transmisión de datos para un MMG**

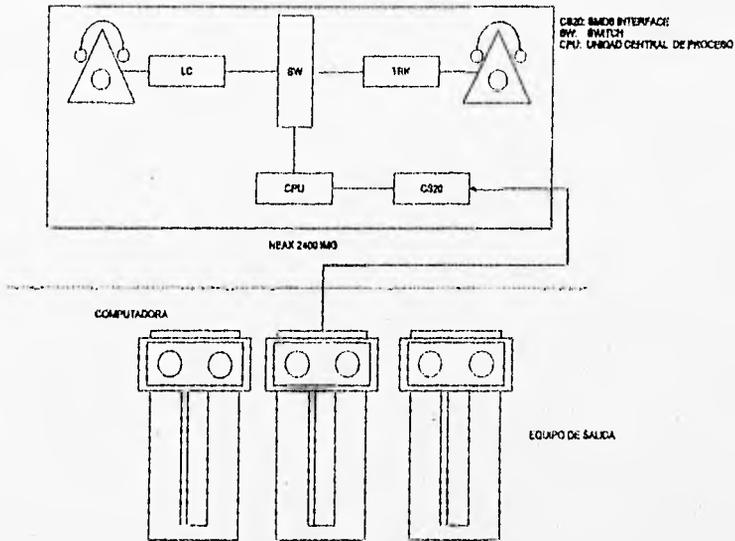


Figura 4.3.2 Transmisión de datos para un IMG

La transmisión de datos es de la manera siguiente:

1. La PC recibe los datos de la interfase RS-232C mediante una operación interactiva entre el CPU de la máquina y las memorias ROM y RAM.
2. Los datos recibidos se guardan en el disco duro.

#### 4.4 Formatos más usuales

El formato de la impresión del SMDS es el siguiente:

*CHARGE LIST * TRAINING DATA		0000, 07,11 SUN 10:33 PAGE 001				
LIST DATA OFF MESSAGE DATA DETAIL						
CALLING	ATT	ORIGINATING-TIME	DURATION S	CALLED-NUMBER	CO.COUNT	CO.CHARGE
STN:	3910	07,11 10:08, 36	33	93112	41	410

A continuación se dará una explicación de los parámetros de impresión:

- TRAINING DATA** : Nombre de la oficina
- CALLING** : Usuario que realiza la llamada (STN/RT. máximo 5 dígitos)
- ATT** : Cuando la llamada ha sido originada vía attendant, un asterisco es impreso "\*\*"
- ORIGINATING-TIME** : Tiempo de inicio de la llamada (mes/día/hora/min/seg)
- DURATION S** : Duración desde el inicio hasta el final de la llamada. La información es impresa en unidades de segundo, (máximo 6 dígitos)
- CALLED- NUMBER** : Número marcado por la persona que está llamando/ATTCON ( máximo 12 dígitos).
- CO. COUNT** : Tasa de mensajes. En caso de que el servicio de pulsos de conteo sea proporcionado, el número de pulsos de conteo se van numerando(máximo 6 dígitos).
- CO. CHARGE** : Carga de llamadas (máximo 7 dígitos).

Ejemplos de formatos de impresión.

1) Titulo

*CHARGE LIST * NEC ABIKO IMG IC-2				1986, 06,04 WED 13:19 PAGE 001		
LIST DATA OFF MESSAGE DATA DETAIL						
CALLING	ATT	ORIGINATING-TIME	DURATION	S	CALLED-NUMBER	CO.COUNT CO.CHARGE
STN:45999		06,04 13:19, 03		16	85441	65,535, 8,322,945
STN:441		06,04 13:26, 15		29	871234567891	21,845, 2,774,315

2) Via attendat

ATT: 02		06,04 13:36, 02		6	8745678912345	65,535, 8,322,945
STN:441		06,04 13:36, 08		4	8745678912345	21,845, 2,774,315

3) Tandem

RT: 006		06,04 13:28, 54		62	67123456789	65,535, 8,322,945
---------	--	-----------------	--	----	-------------	-------------------

4) De entrada (en el caso de un IMG, la indicación de entrada no está disponible)

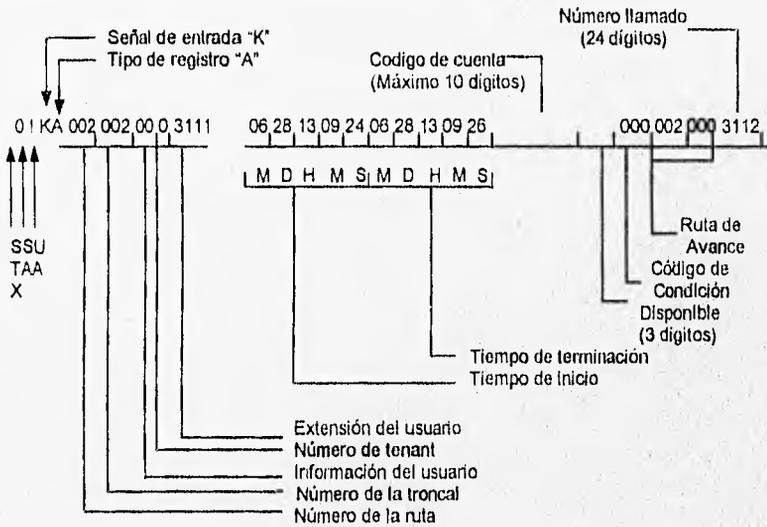
ATT: 02 *		06,04 13:20, 10		16	Incoming	43,6905, 548,830
-----------	--	-----------------	--	----	----------	------------------

5) Extensión a Extensión, Extensión a ATT

STN: 441	06,04	13:31,55		1	45999	0	0
STN: 441	06,04	13:32,04		2	02	0	0
ATT: 02	06,04	13:32,20		3	45999	0	0

#### 4.5 Análisis de un formato específico

El formato específico de salida empleado en la UNAM para propósitos de control y de mantenimiento en la red telefónica es el siguiente:



El significado de los parámetros anteriores ya se explicó en los puntos precedentes.

## CAPITULO V

### TOPOLOGIAS DE RED

#### 5.1 Tipos de red

Una red de telecomunicaciones puede ser definida como la manera en la que se encuentran conectados dos o más centros de conmutación, permitiendo a un usuario de la red comunicarse con cualquier otro usuario dentro de la misma red, o bien, con usuarios que se encuentran en redes diferentes. Existen tres formas de conectar una red telefónica:

- a) Malla
- b) Estrella
- c) Doble estrella

Estos tipos de conexiones se muestran en la figura 5.1.1.

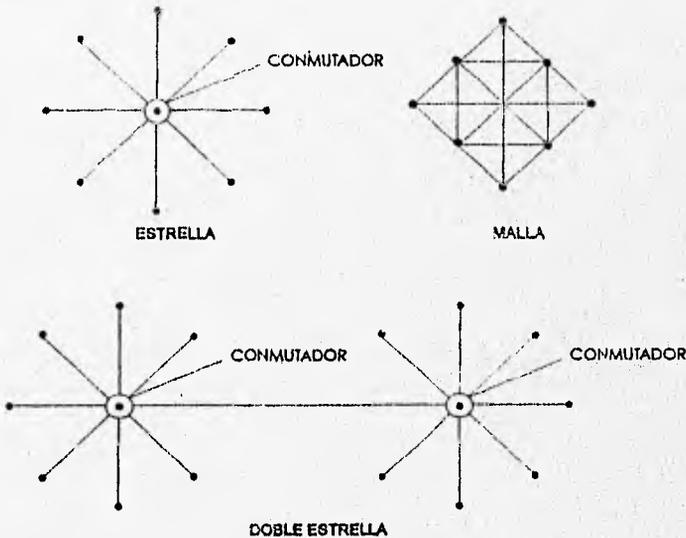


Figura 5.1.1 Topologías de red

La conexión en malla es aquella donde todos y cada uno de los conmutadores se interconectan entre si a través de sus troncales. La conexión estrella utiliza los centros de conmutación tandem de tal forma que cada central telefónica, o conmutador local, es conectado al tandem por una sola vía. Una conexión en doble estrella es aquella donde dos o más conexiones en estrella se encuentran unidas entre si. Una red en malla se emplea cuando existe comparativamente un alto nivel de tráfico entre los conmutadores. Una red de estrella se utiliza cuando los niveles de tráfico son comparativamente bajos. La red de telefonía de la UNAM emplea una topología de red de tipo malla-estrella.

### 5.2 Redes jerárquicas

Una red jerárquica tiene niveles asociados a los órdenes de importancia de las centrales que constituyen la red y ciertas restricciones con relación al flujo de tráfico. La figura 5.2.1 tiene centrales de tres niveles. Los cuadros más pequeños del diagrama corresponden a las centrales con rango más bajo. Tal como lo muestra la figura, el tráfico de 3A1 con destino a 3A2 tendrá que fluir a través de la central 2A1. De igual forma, el tráfico de 2A2 a 2A3 tendrá que fluir a través de 1A. El tráfico de cualquier central A hacia cualquier central B tendrá que enrutarse a través de la central 1A. Si se tuvieran intensidades de tráfico muy altas entre 2B1 y 2B2, se puede establecer una ruta de alto uso entre las dos centrales. Así, se puede llamar a la ruta de alto uso una ruta directa. Una vez que se establecen rutas de alto uso se ofrece primero el tráfico a estas rutas y el desbordamiento se cruza sobre la estructura jerárquica. Si el enrutamiento es através del nivel jerárquico más alto, la ruta se conoce como ruta final.

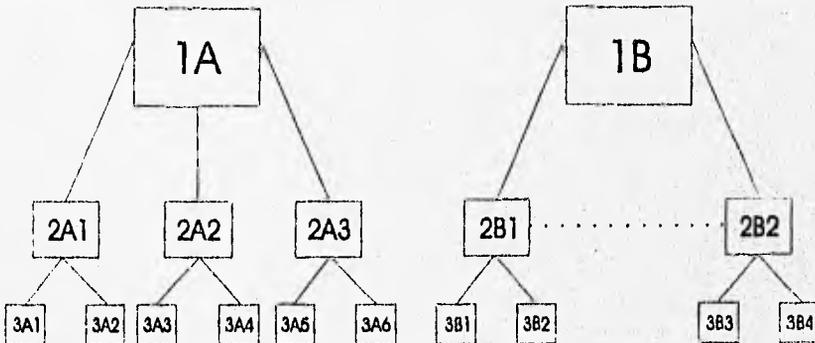


Figura 5.2.1 Redes jerárquicas

### 5.3 Estructura de la Red Telefónica Digital de la UNAM

La red de telefonía digital de la Universidad se encuentra estructurada mediante nodos principales y secundarios, cada uno de los cuales brindan servicio a una determinada zona. Se tienen 5 nodos principales y 31 nodos secundarios o satélites. Los nodos principales se conectan entre sí mediante fibra óptica y son los siguientes:

- a) NP1 - Facultad de Arquitectura
- b) NP2 - Torre II de Humanidades
- c) NP3 - Instituto de Investigaciones de Matemáticas Aplicadas y Sistemas (IIMAS)
- d) NP4 - Dirección General de Servicios de Cómputo Académico (DGSCA)
- e) NP5 - Zona Cultural

Los nodos secundarios que emplean fibra óptica en sus enlaces dentro de Ciudad Universitaria son los siguientes:

- a) S1 - Torre de Rectoría
- b) S2 - Facultad de Economía
- c) S3 - Dirección General de Personal
- d) S4 - Facultad de Ingeniería
- e) S6 - Facultad de Medicina
- f) S7 - Facultad de Veterinaria
- g) S8 - Instituto de Geografía
- h) S9 - Instituto de Química
- i) S10 - Facultad de Química (conjunto "E")
- j) S11 - Sistema de Universidad Abierta (SUA)
- k) S12 - Instituto de Investigaciones Antropológicas
- l) S13 - Teatro "Juan Ruiz de Alarcón"
- m) S14 - Dirección General de Obras
- n) S15 - Jardín Botánico
- o) S16 - Coordinación de Humanidades

Los nodos secundarios que emplean RDI en sus enlaces son los siguientes:

- a) DGSCA Mascarones
- b) Cuernavaca 1

Esos nodos secundarios se conectan a la UNAM mediante NP5.

- c) E5 - FES Cuautitlán Campo IV
- d) E1 - ENEP Acatlán
- e) E3 - ENEP Iztacala

Esos nodos secundarios se conectan a la UNAM mediante NP2.

Los nodos secundarios que emplean microondas en sus enlaces son los siguientes:

- a) E2 - ENEP Aragón
- b) E4 - ENEP Zaragoza
- c) E7 - FES Cuautitlán (Campo I)
- d) DGSCA Pitágoras

Esos nodos secundarios se conectan a la UNAM mediante NP2.

Los nodos secundarios que emplean cable coaxial en sus enlaces son los siguientes:

- a) S10 ( Facultad de Química, conjunto "E")
- b) S12 ( Instituto de Investigaciones Antropológicas)
- c) Cuernavaca 2

Los nodos secundarios que emplean el satélite en sus enlaces son los siguientes:

- a) Ensenada.
- b) Mazatlán.
- c) Hermosillo
- d) Puerto Morelos.
- e) Temixco.
- f) Observatorio de San Pedro Mártir.
- g) Houston.

### **5.3.1 Enlaces vía fibra óptica**

La conexión entre nodos principales se encuentra formada por enlaces de fibra óptica a una velocidad de 8 Mbps. Los enlaces vía fibra óptica entre nodos principales y sus nodos satélites tienen una velocidad de 2 Mbps.

La conexión de los nodos principales y secundarios con cada una de las dependencias de la Universidad a las cuales brindan servicio se lleva a cabo mediante par trenzado.

Actualmente, se tienen más de 60 kilómetros de cableado de 8 fibras, lo cual representa, aproximadamente, 500 kilómetros de fibra operacional.

### 5.3.2 Enlaces vía microondas

El único nodo principal que tiene enlaces vía microondas hacia sus satélites es el de la Torre II de Humanidades (NP2). El campo 1 de la FES Cuautitlán se encuentra conectado vía microondas al campo 4 de la FES, el cual se halla conectado directamente a la UNAM vía RDI. Asimismo, la ENEP Aragón está enlazada con la ENEP Zaragoza mediante un enlace vía microondas; la ENEP Zaragoza mantiene un enlace directo hacia la UNAM vía RDI. El último enlace vía microondas que se tiene es hacia la DGSCA plantel Pitágoras.

Algunas de las características de los enlaces de microondas que tiene la Universidad en el área metropolitana son las siguientes:

- Cobertura con los mismos servicios ofrecidos en C.U
- 4 enlaces de microondas operados por la UNAM
- 4 enlaces RDI de 2 Mbps contratados a Telmex
- Enlaces 100% digitales con canales que van desde 2 a 10 Mbps, redundantes

### 5.3.3 Enlaces satelitales

Los enlaces satelitales presentan un acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA). Los canales de voz se digitalizan y comprimen en 8 Kbps a fin de integrarse al canal mediante multicanalización.

En Ciudad Universitaria existen dos antenas parabólicas orientadas al satélite Morelos II. La primera de ellas se encuentra en el la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico; la otra antena se encuentra ubicada en el Instituto de Astronomía.

### 5.3.4 Enlaces RDI

Los enlaces RDI (Red Digital Integrada) son enlaces de fibra óptica rentados a Teléfonos de México. Dentro de los enlaces RDI tenemos los que conectan a la ENEP Acatlán y la ENEP Iztacala con la UNAM, el enlace hacia DGSCA plantel Mascarones y el enlace hacia la ciudad de Cuernavaca. Además, se tienen los enlaces RDI que se mencionaron dentro de los enlaces vía microondas.

A continuación, dentro de la tabla 5.3.4.1, se presentan las ventajas y desventajas de los medios de transmisión antes mencionados.

<b>FIBRA OPTICA</b>	<p>Los enlaces de fibra óptica están siendo empleados en diferentes países en la instalación de líneas telefónicas de larga distancia. Esta tendencia seguramente continuará en las siguientes décadas y será cada vez mayor la sustitución del cable coaxial por fibra.</p> <p>Dentro de las ventajas que presenta la fibra óptica es el que se le pueda colocar en lugares libres de problemas ambientales evidentes ( físicos ó eléctricos). No le afecta estar sumergido en agua.</p> <p>Se utiliza para cumplir requisitos de distancias cortas y uso pesado o para aplicaciones en trayectos largos.</p> <p>Proporciona un ancho de banda grande y pérdida de potencia pequeña; las fibras no se ven afectadas por alteraciones de voltaje o corriente en las líneas de potencia, por interferencia electromagnética, etc.</p> <p>Las fibras son también muy delgadas por lo que representa un factor positivo muy importante para las compañías que tienen gran cantidad de cables y conductos abultados. Su velocidad de transmisión es mayor que la del cable coaxial.</p> <p>Por otro lado dentro de las desventajas que representa son que sus propiedades ópticas pueden ser afectadas por enroscadura u otro daño similar; el empalme o unión de dos o más fibras es difícil y más todavía su derivación.</p>
<b>MICROONDAS</b>	<p>Aunque muchos de los sistemas de comunicación de datos utilizan cables de cobre o fibras para realizar la transmisión, algunos simplemente utilizan el aire para hacerlo.</p> <p>Como una alternativa del cable coaxial, en aplicaciones para comunicaciones de larga distancia, se ha utilizado muy ampliamente la transmisión por microondas.</p> <p>Este tipo de sistemas de comunicación trasladar la información a bandas de frecuencia muy alta, permitiendo de esta manera manejara grandes volúmenes de información. Su uso se ha extendido considerablemente en los últimos años con la construcción de grandes centrales de microondas.</p> <p>La ventaja de las microondas es que la construcción de dos o más torres resulta, por lo general, más económica que abrir una zanja de 100 Km. de longitud sobre la cuál se pueda depositar el cable o la fibra, y posteriormente volver a cubrirla. El hecho de colocar el cable sobre la zanja no es el único problema al que se enfrenta dicho proyecto, también hay que considerar que a los repetidores colocados u lo largo de la trayectoria, se les tendrá que dar mantenimiento en forma periódica y, puede ocurrir que los cables se rompan por diferentes causas, como, por ejemplo, la gran cantidad de roedores.</p> <p>Ninguno de estos problemas existe con las microondas.</p> <p>Por otra parte, las señales de una antena pueden dividirse y propagarse, siguiendo trayectorias ligeramente diferentes hacia la antena receptora. Cuando éstas señales, que se encuentran defasadas, se recombinan puede haber interferencia entre ellas, de tal manera que se reduce la intensidad de la señal. La propagación de las microondas también se ve afectada por las tormentas y por otros fenómenos atmosféricos.</p>
<b>SATELITES</b>	<p>Un satélite de comunicación proporciona una forma de sustitución de microondas. Dada la posición física que ocupa éste dentro del contexto de un sistema de comunicación puede transmitir señales a grandes distancias, lo que no es posible realizar a través de un enlace único en la tierra debido a las condiciones orográficas de ésta.</p> <p>Los satélites de comunicación tienen varias propiedades que son completamente diferentes de las que presentan los enlaces terrestres punto a punto. Por ejemplo,</p>

	<p>aun y cuando las señales que van o vienen del satélite viajan a la velocidad de la luz, éstas introducen un relardo substancial al recorrer la distancia total como consecuencia del tiempo que tarda la información en ir y venir.</p> <p>La calidad de la línea de transmisión proporcionada por los satélites es buena y sin problemas graves de ruido. Otra diferencia que existe entre enlaces terrestres y satelitales es el ancho de banda disponible así como las velocidades de transmisión y recepción que maneja.</p>
RDI	<p>Durante más de un siglo, el sistema telefónico ha representado la infraestructura fundamental para la comunicación internacional. Este sistema, que se diseñó para transmisiones analógicas de voz, ha demostrado que es inadecuado para resolver las necesidades de las comunicaciones modernas, como, por ejemplo, la transmisión de datos, facsímil y video. La demanda de éstos y otros servicios por parte de los usuarios, ha propiciado que se establezca un compromiso internacional para sustituir una parte considerable del sistema telefónico, en el mundo entero, por un sistema digital avanzado.</p> <p>A este nuevo sistema se le conoce como RDI y su principal objetivo consiste en la integración de los servicios de voz, con los servicios que no utilizan voz.</p>

Tabla 5.3.4.1 Cuadro comparativo

#### 5.4 Plan de encaminamiento

El enrutamiento de las llamadas se encuentra predeterminada por el número de dígitos que son marcados. El proceso de enrutamiento guarda los dígitos marcados dentro de un registro y los traslada hacia los dígitos de enrutamiento, indicando al equipo de switcheo la trayectoria que se debe de tomar a través de la red. Esto permite manejar el sistema telefónico eficientemente cambiando el enrutamiento de las llamadas conforme se vayan alterando las circunstancias, sin necesidad de cambiar el número telefónico de los suscriptores. El plan de encaminamiento de la UNAM se encuentra estructurado de tal forma que, en caso de ser necesario, siempre exista una trayectoria de desborde disponible, evitando así la suspensión del servicio telefónico a los usuarios. Las trayectorias que permiten la comunicación entre nodos principales y secundarios dentro de la Universidad se pueden observar en la figura 5.4.1. De igual forma, la tabla 5.4.1 nos permite observar el número de troncales que se tienen programadas en cada una de las rutas de la UNAM.

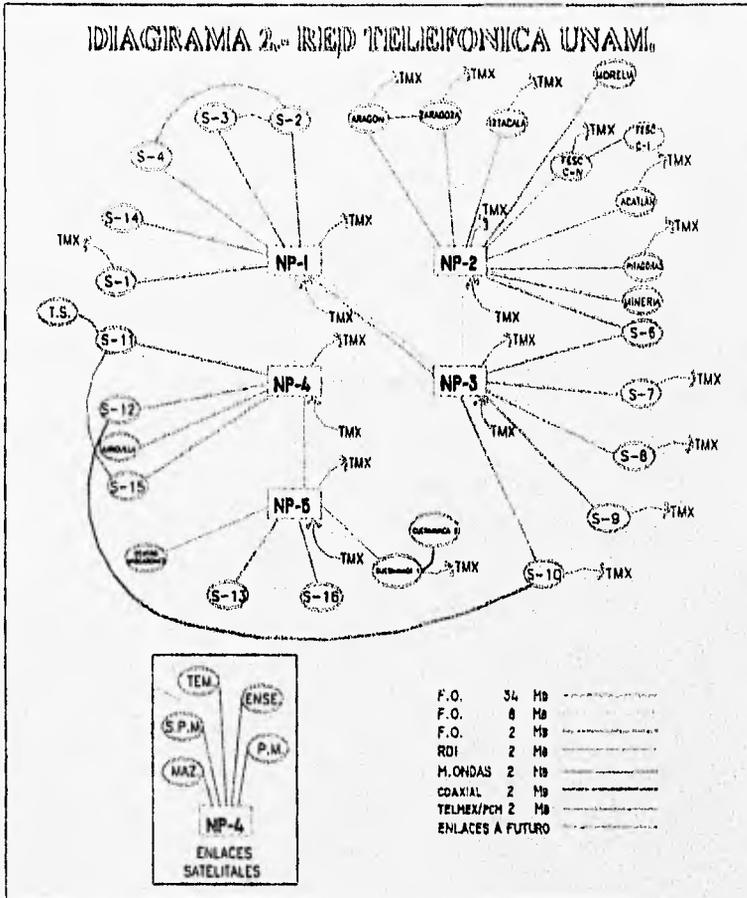


Figura 5.4.1 Red telefónica de la UNAM

NODO	ENLACES	NUMERO DE TRONCALES
NP-1	IIMAS TORRE II DGSCA RECTORIA ECONOMIA PERSONAL INGENIERIA OBRAS TMX	3 3 3 2 2 2 2 2 2 15
NP-2	ARQUITECTURA IIMAS ARAGON ZARAGOZA IZTACALA CUAUTITLAN 1 CUAUTITLAN 4 ACATLAN PITAGORAS MEDICINA TMX	3 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 19
NP-3	ARQUITECTURA TORRE II DGSCA MEDICINA VETERINARIA GEOGRAFIA I. QUIMICA QUIMICA "E" TMX	3 3 3 1 2 2 2 2 2 8
NP-4	ARQUITECTURA IIMAS Z.C SUA ANTROPOLOGICAS JARDIN BOTANICO TMX	3 3 3 1 2 1 1 9
NP-5	DGSCA MASCARONES TEATROS C. HUMANIDADES CUERNAVACA TMX	3 1 2 2 1 9
S-1	ARQUITECTURA TMX	2 1

Tabla 5.4.1 Enlaces telefónicos

En los casos en los cuales se tiene la infraestructura necesaria para colocar enlaces entre nodos secundarios, estos enlaces funcionan como rutas de desborde para agilizar el flujo de llamadas evitando así problemas de tráfico excesivo en la red. En los casos donde no se tienen enlaces entre nodos secundarios que pudieran servir como rutas de desborde (como en el caso de los nodos satélites de NP2 y el nodo satélite S1) se tiene la opción de tener salida directa hacia Telmex, de manera que si pierdo mi enlace principal hacia la red, el usuario no se quedará incomunicado.

## CAPITULO VI

## ANALISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA UNAM

## 6.1 Conmutadores empleados en la UNAM

Los equipos con los que cuenta la red de telefonía de la UNAM son de la más avanzada tecnología existente en este ámbito.

*Descripción general*

El sistema de administración de información NEAX2400 IMS (Sistema de Manejo de Información), perteneciente a la Compañía NEC, es un controlador de comunicaciones digitales inteligentes que ofrece todas las funciones y servicios de una central privada avanzada, pudiendo proporcionar diferentes servicios integrados de información.

*Arquitectura del sistema*

La arquitectura del NEAX2400 IMS consiste de 3 componentes funcionales:

- 1) El Controlador Distribuido
- 2) La Red de Conmutación Digital y
- 3) La Interfase de Puertos

Estos componentes se pueden observar en la figura 6.1.1.

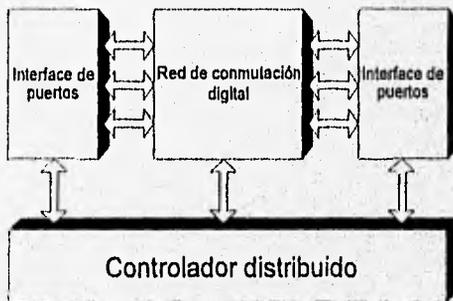


Figura 6.1.1 Componentes del NEAX2400 IMS

### Configuración básica del sistema para un IMG Individual

Un IMG (Grupo Modular de interfase) consiste de un Módulo Misceláneo (MISCAM) y de hasta 4 PIMS (Modulo de Puertos de Interfase), dependiendo del número de dispositivos terminales del sistema. El grupo misceláneo consta de un controlador de alarmas, el cual tiene la función de detectar fallas durante el procesamiento de la información, el control del panel de alarmas y el cambio de los sistemas que tienen redundancia; un controlador de equipo periférico, el cual consta de una interfase hombre-máquina (una computadora personal), de un tarifificador (del que ya se habló extensamente en el capítulo IV) y de una sección de potencia, la cual proporciona la alimentación necesaria (de -48 a -52 Volts) para el buen funcionamiento del equipo.

La vista general de un IMG, la apariencia de cada uno de sus módulos y del grupo modular de interfase se muestran en la figura 6.1.2:

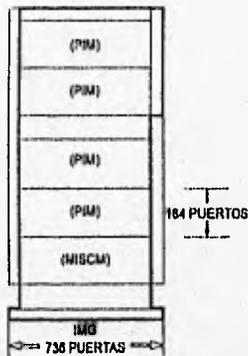


Figura 6.1.2 Grupo Modular de Interfase

Dentro de un IMG los 3 componentes funcionales realizan las siguientes tareas:

- 1) Controlador Distribuido. Consiste de un CPU formado por un microprocesador de 16 bits (8086), una memoria y un componente de interfase. Se encarga de mantener el control y la supervisión total de la red de conmutación digital (TDSW -Switch por División de Tiempo), así como de ejecutar las tareas requeridas por cada uno de los dispositivos del puerto que se encuentra dentro de cada PIM.

2) Red de Conmutación Digital. Consiste de un conmutador de división temporal digital de no-bloqueo que permite el uso simultáneo de todos los puertos. El TDSW opera bajo un formato PCM entre sus dispositivos terminales. La probabilidad teórica de bloqueo es uno en 10,000,000 llamadas para un acceso de 15 ccs/puerto.

3) Interfase de puertos. La interface de puertos provee acceso a las redes públicas y privadas para varios tipos de dispositivos terminales incluyendo teléfonos digitales y analógicos, terminales de datos, computadoras, etc.

#### Descripción del módulo de Interfase de puertos

Un PIM consiste de tres secciones: una interface de puerta, un Conmutador de División de Tiempo (TDSW) y un procesador. La figura 6.1.3 nos muestra como se encuentra formado físicamente un PIM dentro de un IMG.

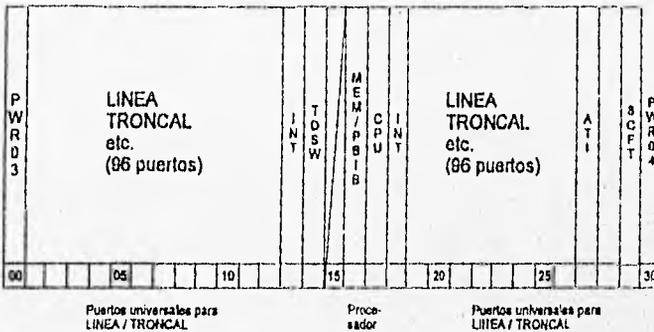


Figura 6.1.3 Módulo de Interfase de Puertos

La sección de interfase de puertos, como se muestra en la figura consiste de 23 ranuras que pueden equiparse con hardware para conectar varios tipos de extensión/troncal y otros dispositivos terminales. Cada ranura provee 8 puertos con pleno acceso al TDSW. Dentro de la sección de interfase de puertos cada PIM está equipado con un total de 184 (8 x 23) puertos.

**Confiabilidad del sistema**

La filosofía básica del diseño del NEAX2400 IMS consiste en proporcionar un duplicado de toda la circuitería crítica como son:

- Procesadores
- Circuitería de control
- Memoria
- Red de Conmutación y Alimentación

Un sistema redundante provee un alto grado de mantenimiento ya que posibilitan al personal de mantenimiento a aislar y reemplazar módulos que han fallado, en un tiempo mínimo, sin interrumpir la continuidad del servicio.

**Terminal de administración y mantenimiento**

Se usa una computadora personal cargada con varios comandos de mantenimiento para la administración del sistema, datos del sistema de verificación, mediciones de tráfico, etc.

**Capacidad de equipamiento**

Las capacidades de equipamiento del NEAX2400 IMS en su configuración básica (IMG) y en su configuración de MMG ( para más de 736 puertos ) son las siguientes:

Capacidad de equipamiento	IMG	MMG
• Número de líneas de extensión y troncales	736 puertos	5,520 puertos*
• Número de Rutas	31	63
• Número de troncales por Ruta	255	255
• Número de ATTCON's	8	32
• Número de Comunidades	7	15
• Condiciones de tráfico	- Standard 0.15 Erl/extensión. Se puede manipular más de 0.15 Erl/extensión sin degradación del servicio. - 3,200 BHC/procesador.	

**Nota:** Estas condiciones son máximas.

Se disponen de hasta 23,184 puertos.

Es importante mencionar que para configuraciones de más de 736 puertos la matriz de conmutación (TDSW) también aumentará en función del número de puertos que se incremente el conmutador ya que el máximo número de puertas a las cuales todas las tarjetas de circuitos de interface en un PIM que pueden conectarse físicamente es de 184.

## 6.2 Número de abonados

La red telefónica digital de la Universidad tiene una capacidad máxima instalada para dar servicio de marcación de entrada directa a un total de 13 000 usuarios. También se tiene una capacidad instalada para brindar números telefónicos de uso interno a aproximadamente 12 000 usuarios. Se debe entender a un usuario como una línea telefónica. Actualmente, se tienen programadas alrededor de 7 200 extensiones de entrada directa a la red, mientras que extensiones de uso interno se tienen programadas aproximadamente unas 500.

Los números de marcación de uso interno son comúnmente empleados cuando se programan módems, postes y teléfonos de emergencia, equipos multilíneas y aparatos en los cuales la marcación directa desde fuera de la red no es necesaria.

## 6.3 Plan de numeración

Un abonado telefónico que observe hacia el interior de una red telefónica verá una especie de árbol con varias ramas las cuales constituyen enlaces en donde cada punto de ramificación tiene múltiples caminos a escoger. Supóngase que un abonado que llama desea comunicarse con un abonado distante. Para alcanzar a ese abonado se establece una conexión utilizando una elección en cada punto de ramificación. La llamada se encamina a través de este laberinto conocido como red telefónica gracias al número telefónico marcado. Este número telefónico realiza dos operaciones importantes: enruta la llamada y activa los aparatos necesarios para el cargo correspondiente de la llamada.

A cada abonado telefónico se le asigna un número telefónico definido, el cual se lista en el directorio telefónico junto con su nombre y dirección, así como una línea correspondiente de abonado la cual es asignada por su central telefónica local. Si el abonado desea hacer una llamada telefónica, levanta su auricular y espera el tono de invitación a marcar que le indica el conmutador que le atiende. Una vez obtenido el tono de marcación, el conmutador está listo para recibir el número que el abonado marca, información que es necesaria para enrutar la llamada hacia el abonado distante con quien se desea comunicar y para establecer el costo de la llamada.

Se tienen dos tipos diferentes de planes de numeración: el plan de numeración cerrado y el plan de numeración abierto. Un plan de numeración cerrado es aquél en donde se tienen asignados diferentes rangos de numeración para cada uno de los equipos de conmutación que integran una red. Un plan de numeración abierto es aquel en donde se pueden asignar los mismos planes de numeración para cada uno de los equipos de conmutación de una red. Para el caso de la red universitaria se tiene un plan de numeración cerrado. Dentro del este plan de numeración se tiene la siguiente programación:

- Extensiones telefónicas DID's "2X", "3X"
- Extensiones telefónicas (serie 30000 y 40000) "3X", "4X"
- Códigos de servicio especial "1X", "7X"
- Red de emergencia "55"
- Acceso a la red pública "9"

El plan de numeración asignado a la UNAM corresponde a la serie 622 y parte de la serie 623 (para el caso de NP-2 y de sus nodos satélites) de Teléfonos de México para números de marcación de entrada directa (DID - Direct Input Dialing). Esto es, si una persona que se encuentra fuera de la red de la UNAM desea marcar a una persona que labora en la Universidad, y cuyo número de extensión es, por ejemplo, la 28765, la persona deberá de marcar un 62 y después el número de la extensión. La UNAM cuenta también con otros rangos de numeración asignados a cada dependencia, las cuales funcionan únicamente como extensiones internas (series 30000 y 40000). Estas extensiones solamente funcionan para comunicarse entre dos o más usuarios que se encuentran dentro de la red universitaria; es decir, una persona que se encuentra fuera de la red UNAM no podrá llamar a estas extensiones ya que éstas no funcionarán como DID's. Asimismo, se cuenta con extensiones denominadas virtuales, las cuales no ocupan un lugar físico dentro del conmutador, pero pueden ser programadas dentro de un equipo multilíneas.

La tabla 6.3.1 nos muestra los planes de numeración asignados a cada dependencia perteneciente a la UNAM.

NODO	NOMBRE	RANGO DE EXTENSIONES DID's	RANGO DE EXTENSIONES SERIE 40000
NP-1	ARQUITECTURA	20000 - 20589	40000-40099 40200-40499
S1	RECTORIA	21000-21598	40100-40199 40500-40699
S-2	ECONOMIA	21600 - 22198	40800-41099
S-3	PERSONAL	22200 - 22599	41100-41399
S-4	INGENIERIA	20600 - 20999	41400-41899
S-14	D.G. OBRAS	22600 - 22999	41700-41999
NP-3	IMAS	23000 - 23899	44000-44999
S-8	GEOGRAFIA	23900 - 24399	45400-45599
S-9	INST. QUIMICA	24400 - 24799	45600-45799
S-10	QUIMICA "E"	24800 - 25499	45800-45999
S-7	VETERINARIA	25500 - 25999	45200-45399
NP-5	ZONA CULTURAL	26000 - 26799	48000-48499
S-13	TEATRO J.R.	26800 - 27199	48500-48999
S-16	C. HUMANIDADES	27200 - 27599	49000-49499
	CUERNAVACA 1	27600 - 27799	38200-38399
	CUERNAVACA 2	27800-27899	38400-38599
	MASCARONES	27950-27999	38000-38199
NP-4	D.G.S.C.A.	28000 - 28599	46000-46999
S-11	S.U.A. /C.I.S.E.	28600 - 28788	47000-47299
	TRABAJO SOCIAL		38600-38699
S-15	JARDIN BOTANICO	28900 - 29299	47700-47999
S-12	ANTROPOLOGICAS	29300 - 29699	47400-47699
	<b>JURIQUILLA</b>	29700 - 29999	
NP-2	TORRE II	30000 - 30499	42000-42499
E-4	ZARAGOZA	30500 - 30799	39000-39199
E-2	ARAGON	30800 - 31099	39200-39399
E-3	IZTACALA	31100 - 31399	39700-39899
	PITAGORAS	31400 - 31499	43750-43999
E-1	ACATLAN	31500 - 31799	38800-38999
E-5	CUAUTITLAN 1 Y IV	31800 - 32099	39400-39599, 39600-39699
S-6	MEDICINA	32100 - 32699	45000-45199
	<b>MINERIA</b>	32700-32799	
	<b>MORELIA</b>	32800-32999	
RESERVA			27900-27949, 38600-38799 42500-43749, 47300-47399 49500-49999

Tabla 6.3.1 Plan de numeración de la UNAM

Dentro de la tabla anterior, las dependencias que se encuentran escritas con letras oscuras son enlaces a futuro para los cuales ya se tienen contemplados sus planes de numeración.

#### 6.4 Servicios prestados

La Red Telefónica de voz de la UNAM brinda a sus usuarios una serie de servicios los cuales facilitan la comunicación entre ellos permitiéndoles un mejor aprovechamiento de la red.

Los servicios básicos que brinda la red de voz de la UNAM a sus usuarios son los siguientes:

- a) Servicios de emergencia
- b) Facilidades
  - Retrollamada
  - Enrutamiento de llamadas
  - Transferencia de llamadas.
  - Marcación del último número marcado
  - Conferencia tripartita
  - Conferencia de ocho personas
  - Teléfonos en grupo
- c) Claves personalizadas
- d) Correo de voz
- e) Acceso a la red pública
  - Red metropolitana
  - Larga distancia nacional
  - Larga distancia internacional

#### 6.5 Tráfico en los tipos de enlaces utilizados (Tráfico promedio y horas pico)

El proceso de análisis desarrollado para evaluar la cantidad de tráfico y para localizar las horas del día en las cuales se tiene el mayor número de llamadas dentro de la UNAM, se realizó en cada uno de los nodos principales y en el nodo secundario de rectoría a fin de trabajar con una muestra de datos representativa, para así generalizar el comportamiento del tráfico que se tiene en la UNAM. Dicho proceso consistió en el monitoreo de los enlaces que existen entre nodos principales y nodos secundarios durante un periodo de dos semanas, en un horario de las 9 de la mañana a las 8 de la noche. Se seleccionó un periodo de dos semanas para poder observar

como varía el tráfico de la red durante la semana en la que cobran los empleados de la UNAM y durante la semana en la que no se cobra.

A partir de los formatos entregados por el NEAX2400 IMS (ver copias anexas), se tuvo que buscar una forma sencilla de presentar la información. El primero de estos formatos contiene la siguiente información:

- El número de la ruta
- El número de troncales por ruta\*\*
- El tráfico en Erlangs
- El día y el tiempo monitoreado

El segundo formato obtenido contiene la siguiente información:

- El número de llamadas de entrada y de salida
- El número de llamadas completadas
- El número de llamadas perdidas
- El número de llamadas generadas de estación a estación
- El número de llamadas que realizaron Tandem en la estación

Una vez obtenidos los listados antes mencionados, se procedió a clasificar la información en dos grupos: semana de pago (del 19 al 23 de Febrero) y semana de no pago (del 26 de Febrero al 1° de Marzo). Acto seguido se comenzó a analizar la información de cada uno de los conmutadores, obteniendo para cada una de las rutas los siguientes datos:

- El valor máximo de tráfico durante el día
- La hora pico del día
- El valor máximo de tráfico durante la semana
- La hora pico de la semana
- El día durante el cual se tiene el valor máximo de tráfico
- La semana en la que se observó el valor máximo de tráfico
- El número de llamadas de entrada/salida
- El grado de servicio\*\*\*

\* Ver Recomendación E.500 de la CCITT en el Apéndice B.

\*\* El número de troncales corresponde a la fecha en que se realizó el monitoreo de los enlaces, es por eso que difiere de los valores presentados en la tabla 5.4.1 del capítulo V, la cual nos presenta el número de troncales con que se cuenta en la actualidad.

\*\*\* Ver Apéndice B, Recomendaciones E.540 y E.541 de la CCITT

La información obtenida fue capturada en una hoja de cálculo para así obtener una visión gráfica de los resultados. Las tablas y gráficas que contienen la información antes mencionada se pueden observar en las páginas subsecuentes.

Es importante mencionar que el monitoreo directo de los nodos secundarios de la red no fue necesario llevarlo a cabo ya que la experiencia que se ha tenido con estos nodos nos indica que el valor de tráfico que generan entre ellos mismos es muy pequeño en comparación con el flujo de tráfico que se tiene entre nodos principales. Además, los listados obtenidos del monitoreo de los nodos principales nos permiten conocer si el tráfico que se tiene en cada enlace es de entrada o de salida.

Análisis de tráfico telefónico en la red UNAM

ARQUITECTURA							
RUTAS	DESTINO	No. de troncales	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
			19 de Febrero	20 de Febrero	21 de Febrero	22 de Febrero	23 de Febrero
2	TORRE II	120	5.941	7.758	6.875	5.975	5.184
3	IIMAS	120	19.078	16.402	17.684	19.750	18.348
4	DGSCA	90	19.973	17.184	18.348	18.180	17.445
6	PERSONAL	60	33.371	34.129	34.480	34.750	31.898
7	ECONOMIA	60	27.152	36.266	27.430	27.535	27.152
8	RECTORIA	60	32.492	28.000	28.051	32.137	28.383
9	OBRAS	60	15.996	18.242	19.582	21.006	18.297
15	INGENIERIA	60	29.668	29.695	29.698	28.938	31.270
31	TMX IN	255	58.582	60.156	59.422	59.898	60.145
36	TMX OUT	179	85.152	83.234	82.340	83.535	81.680
RUTAS	DESTINO	No. de troncales	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
			26 de Febrero	27 de Febrero	28 de Febrero	29 de Febrero	1° de Marzo
2	TORRE II	120	5.449	6.305	6.332	5.328	5.949
3	IIMAS	120	18.531	19.637	19.602	17.826	18.719
4	DGSCA	90	15.809	18.422	18.855	17.320	17.098
6	PERSONAL	60	33.492	32.414	34.273	32.898	32.406
7	ECONOMIA	60	27.082	31.266	33.855	28.055	37.883
8	RECTORIA	60	28.730	31.129	31.746	27.539	34.340
9	OBRAS	60	19.570	19.625	21.566	19.762	19.590
15	INGENIERIA	60	30.809	33.406	27.672	27.574	27.430
31	TMX IN	255	59.785	59.527	68.184	60.766	68.914
36	TMX OUT	179	80.887	85.371	87.184	83.765	84.652

Análisis de tráfico telefónico en la red UNAM

TORRE II de HUMANIDADES							
<i>Primer semana</i>							
RUTAS	DESTINO	No. de troncales	LUNES 19 de Febrero	MARTES 20 de Febrero	MIÉRCOLES 21 de Febrero	JUEVES 22 de Febrero	VIERNES 23 de Febrero
1	IIMAS	120	7.738	4.707	6.535	8.152	8.598
2	ARQUITECTURA	120	4.871	8.016	7.410	6.961	5.723
10	MEDICINA	30	27.434	27.449	26.395	27.211	27.672
20	ZARAGOZA	29	13.563	11.582	29.031	29.031	10.457
21	ARAGON	30	8.480	10.926	11.746	11.398	9.184
22	CUAUTITLAN	29	15.875	15.664	16.336	16.910	14.926
23	IZTACALA	30	15.133	17.762	17.801	16.887	17.066
24	ACATLAN	30	16.379	17.973	18.219	18.926	18.484
31	TMX IN	255	39.734	45.152	45.234	43.707	43.484
32	TMX IN	255	22.723	26.176	24.024	24.477	21.633
36	TMX OUT	238	64.277	60.797	65.223	62.914	59.586
40	PITAGORAS	30	3.000	3.930	3.352	4.195	3.609

RUTAS	DESTINO	No. de troncales	LUNES 26 de Febrero	MARTES 27 de Febrero	MIÉRCOLES 28 de Febrero	JUEVES 29 de Febrero	VIERNES 1º de Marzo
1	IIMAS	120	8.238	7.855	8.262	7.168	8.055
2	ARQUITECTURA	120	5.637	6.430	6.402	5.438	6.160
10	MEDICINA	30	26.660	27.766	27.699	27.754	27.316
20	ZARAGOZA	29	15.500	10.645	12.719	11.558	13.645
21	ARAGON	30	11.207	10.766	12.301	11.500	11.563
22	CUAUTITLAN	29	13.234	29.006	19.000	15.836	17.117
23	IZTACALA	30	16.355	16.941	17.826	16.211	17.820
24	ACATLAN	30	19.008	20.922	18.750	20.648	17.906
31	TMX IN	255	42.195	45.344	44.789	44.918	47.785
32	TMX IN	255	27.871	32.617	24.438	23.840	25.066
36	TMX OUT	238	58.250	67.641	69.301	63.035	67.152
40	PITAGORAS	30	2.758	3.453	3.605	3.789	3.902

Análisis de tráfico telefónico en la red UNAM

IIMAS							
RUTAS	DESTINO	No. de troncales	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
			19 de Febrero	20 de Febrero	21 de Febrero	22 de Febrero	23 de Febrero
1	TORRE II	120	35.098	9.578	12.195	9.211	8.043
3	ARQUITECTURA	124	23.363	24.918	20.332	23.926	22.563
6	DGSCA	89	13.77	12.238	10.137	13.504	10.922
10	MEDICINA	30	8.141	5.352	4.703	6.328	8.875
11	VETERINARIA	60	42.133	39.848	42.973	42.328	40.941
12	GEOGRAFIA	60	32.914	32.539	30.023	31.816	32.945
13	I.QUIMICA	60	13.965	14.078	15.609	14.602	12.926
14	QUIMICA "E"	60	39.465	37.258	38.27	39.105	38.539
51	TMX OUT	150	79.059	75.336	74.375	74.516	76.574
52	TMX IN	195	92.582	89.516	96.602	93.516	97.035
RUTAS	DESTINO	No. de troncales	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
			26 de Febrero	27 de Febrero	28 de Febrero	29 de Febrero	1º de Marzo
1	TORRE II	120	6.957	7.879	10.28	9.168	7.395
3	ARQUITECTURA	124	19.254	23.876	23.984	21.938	23.566
6	DGSCA	89	8.91	13	13.555	13.402	14.652
10	MEDICINA	30	4	10.125	7.523	6.715	9.441
11	VETERINARIA	60	34.891	42.285	47.531	39.164	43.363
12	GEOGRAFIA	60	25.195	31.262	32.781	33.82	33.441
13	I.QUIMICA	60	12.008	15.332	16.355	13.039	15.449
14	QUIMICA "E"	60	31.996	38.648	41.383	34.875	39.668
51	TMX OUT	150	65.691	77.551	81.672	74.574	76.859
52	TMX IN	195	74.941	93.902	104.363	92.613	97.668

Análisis de tráfico telefónico en la red UNAM

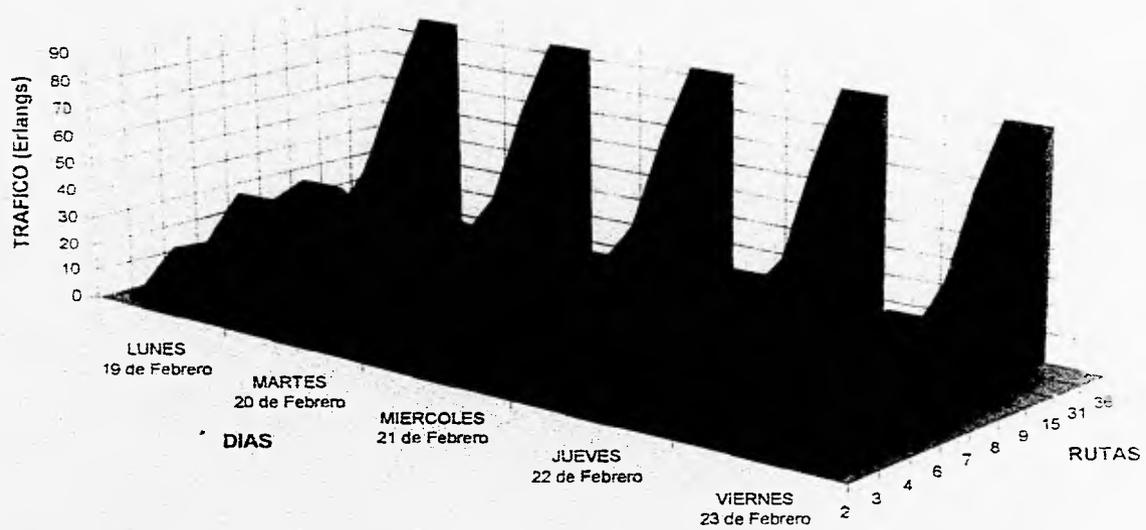
DGSCA							
RUTAS	DESTINO	No. de troncales	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES 23
			19 de Febrero	20 de Febrero	21 de Febrero	22 de Febrero	de Febrero
4	ARQUITECTURA	30	18.129	17.332	17.465	18.266	17.531
5	ZONA CULTURAL	120	18.164	16.238	16.512	19.965	18.676
6	IIMAS	89	13.727	11.094	11.285	13.566	11.223
7	SUA	30	12.855	12.176	13.43	13.766	12.383
8	JARDIN BOTANICO	30	8.477	8.133	7.422	7.898	8.297
9	ANTROPOLOGICAS	60	25.059	25.367	25.633	26.266	25.324
51	TMX OUT	90	37.996	39.027	35.75	36.48	38.133
52	TMX IN	180	60.598	59.266	57.629	61.555	59.922
RUTAS	DESTINO	No. de troncales	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
			26 de Febrero	27 de Febrero	28 de Febrero	29 de Febrero	1º de Febrero
4	ARQUITECTURA	30	15.969	17.527	17.891	17.426	16.539
5	ZONA CULTURAL	120	18.523	18.148	19.809	18.168	17.18
6	IIMAS	89	11.387	13.211	13.691	13.563	12.191
7	SUA	30	14.57	14.656	13.484	11.859	11.254
8	JARDIN BOTANICO	30	7.379	9.203	8.375	8.742	8.031
9	ANTROPOLOGICAS	60	25.379	25.625	30.777	26.352	25.891
51	TMX OUT	90	36.18	38.805	39.508	36.137	36.301
52	TMX IN	180	63.734	64.258	55.875	55.887	53.863

ZONA CULTURAL							
Primera semana							
RUTAS	DESTINO	No. de troncales	LUNES 19 de Febrero	MARTES 20 de Febrero	MIERCOLES 21 de Febrero	JUEVES 22 de Febrero	VIERNES 23 de Febrero
5	DGSCA	120	18,387	16,000	16,023	19,188	18,430
6	TEATROS	30	20,535	20,000	19,422	20,207	20,633
7	CORD. HUMANIDAD	30	28,000	26,523	26,570	26,570	28,128
8	MASCARONES	49	31,000	30,367	31,180	30,984	30,699
10	CUERNAVACA	34	8,000	7,082	7,305	7,445	7,555
31	TMX IN	210	48,000	43,445	44,059	45,418	46,645
36	TMX OUT	90	38,000	38,473	38,824	39,105	39,895
RUTAS	DESTINO	No. de troncales	LUNES 26 de Febrero	MARTES 27 de Febrero	MIERCOLES 28 de Febrero	JUEVES 29 de Febrero	VIERNES 1º de Marzo
5	DGSCA	120	17,742	18,637	19,313	18,145	16,953
6	TEATROS	30	21,727	20,086	22,750	20,074	22,270
7	CORD. HUMANIDAD	30	27,770	28,363	27,566	27,211	27,410
8	MASCARONES	49	31,266	31,680	31,316	30,508	32,148
10	CUERNAVACA	34	8,043	7,449	8,219	7,082	7,543
31	TMX IN	210	46,668	47,328	47,082	42,617	45,648
36	TMX OUT	90	40,871	38,676	41,703	40,590	40,234

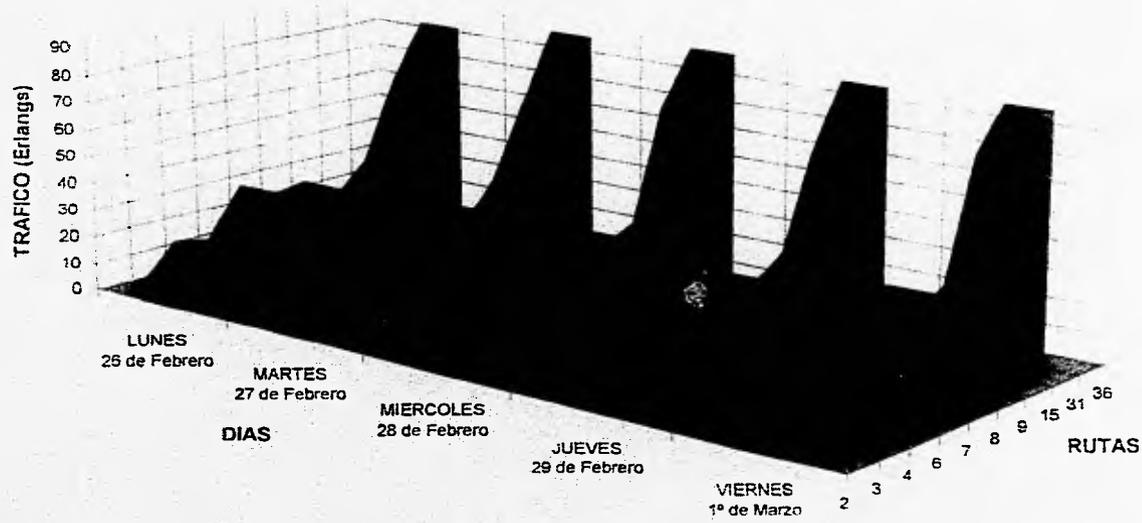
Análisis de tráfico telefónico en la red UNAM

RECTORIA							
RUTAS	DESTINO	No. de troncales	LUNES 19 de Febrero	MARTES 20 de Febrero	MIÉRCOLES 21 de Febrero	JUEVES 22 de Febrero	VIERNES 23 de Febrero
8	ARQUITECTURA	60	32.633	28.148	28.328	32.078	28.445
RUTAS	DESTINO	No. de troncales	LUNES 26 de Febrero	MARTES 27 de Febrero	MIÉRCOLES 28 de Febrero	JUEVES 29 de Febrero	VIERNES 1º de Marzo
8	ARQUITECTURA	60	28.926	31.219	31.824	30.984	34.512

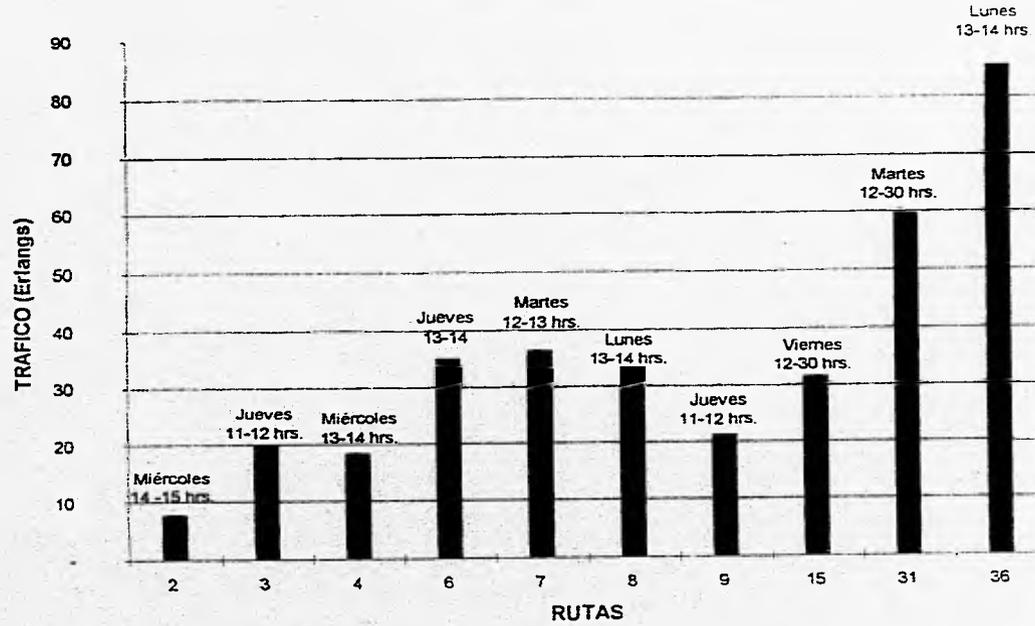
### ARQUITECTURA (del 19 al 23 de Febrero)



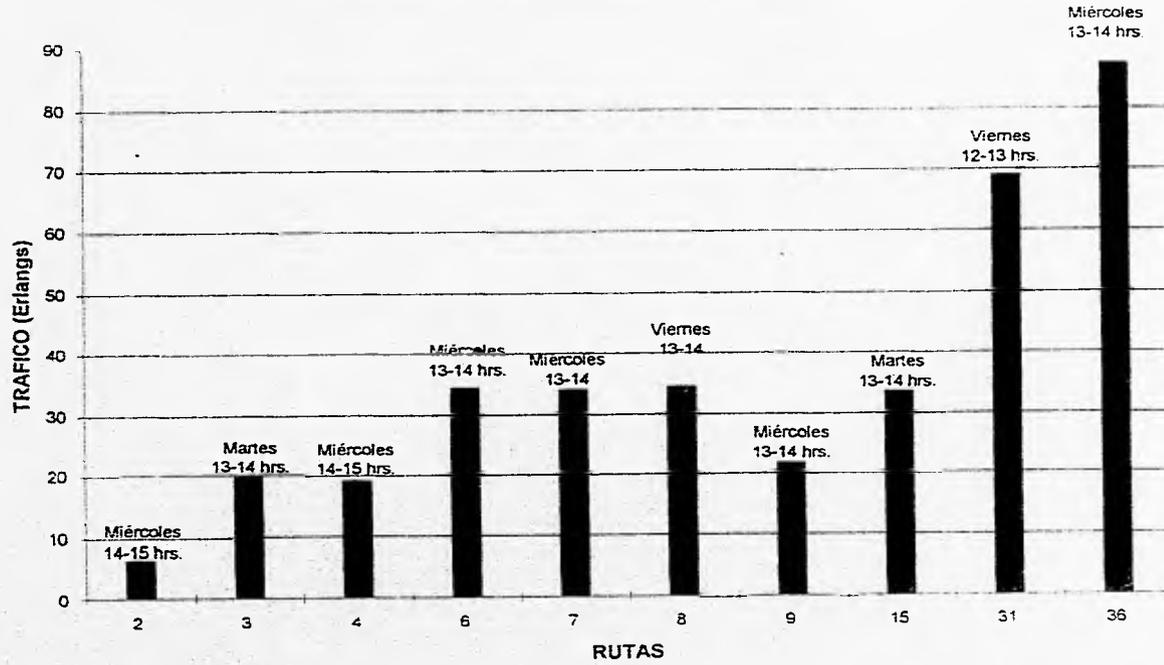
ARQUITECTURA (del 26 de Febrero al 1° de Marzo)



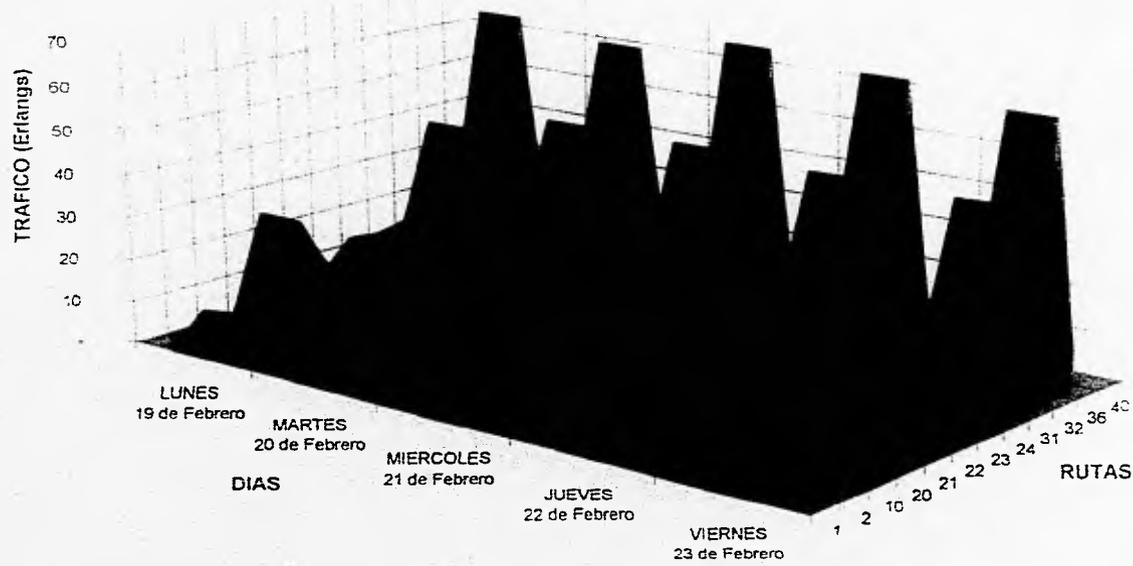
ARQUITECTURA (del 19 al 23 de Febrero)



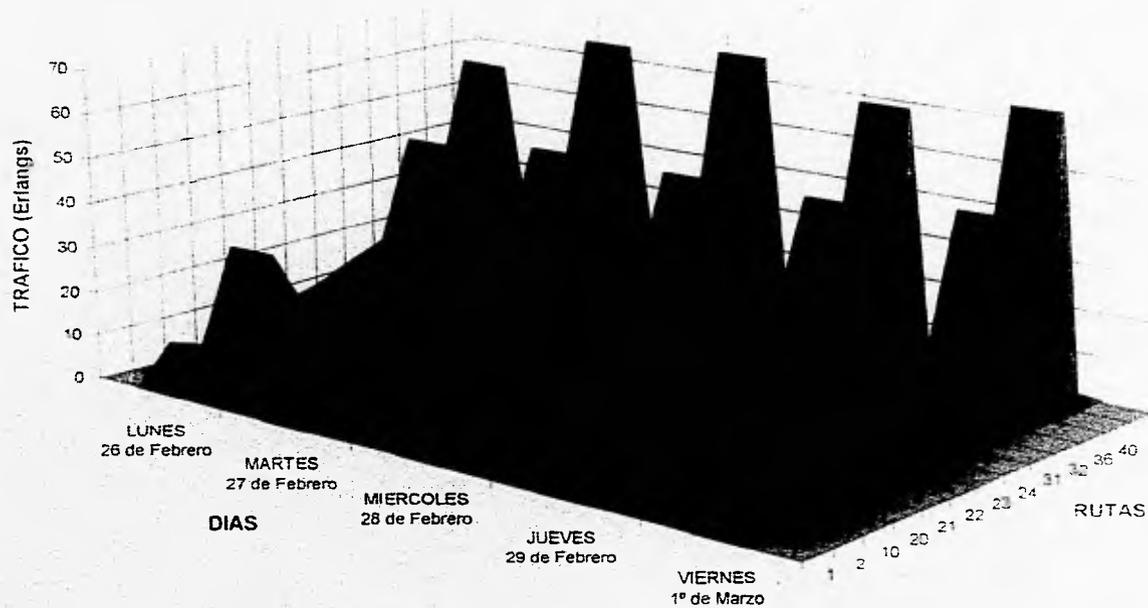
ARQUITECTURA (del 26 de Febrero al 1º de Marzo)



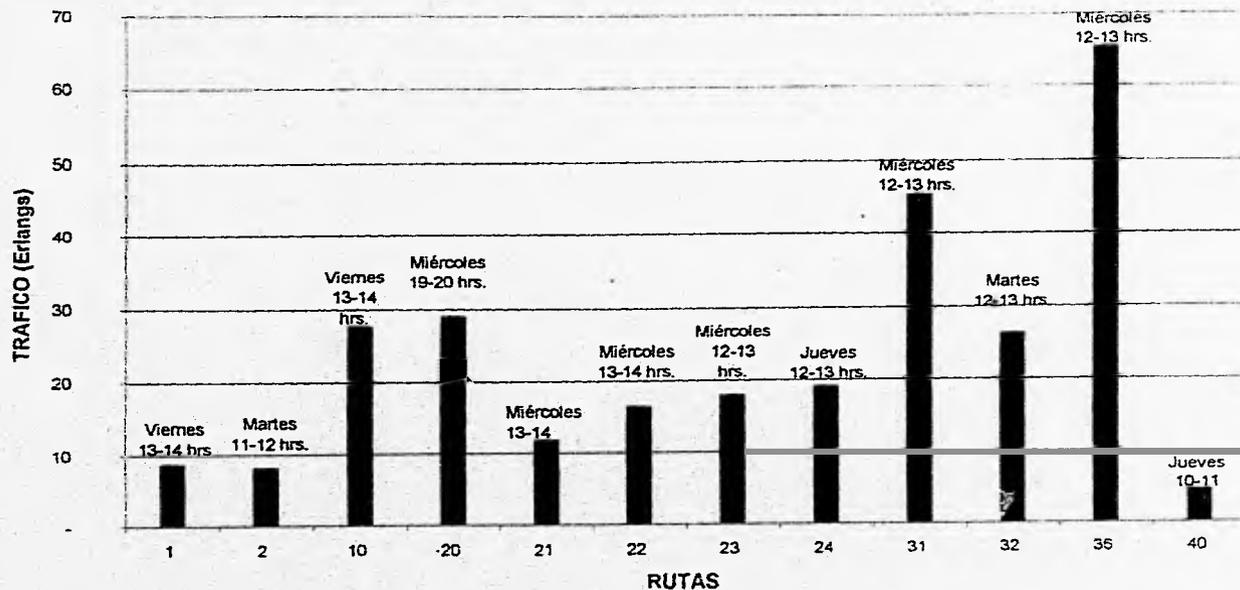
TORRE II (del 19 al 23 de Febrero)



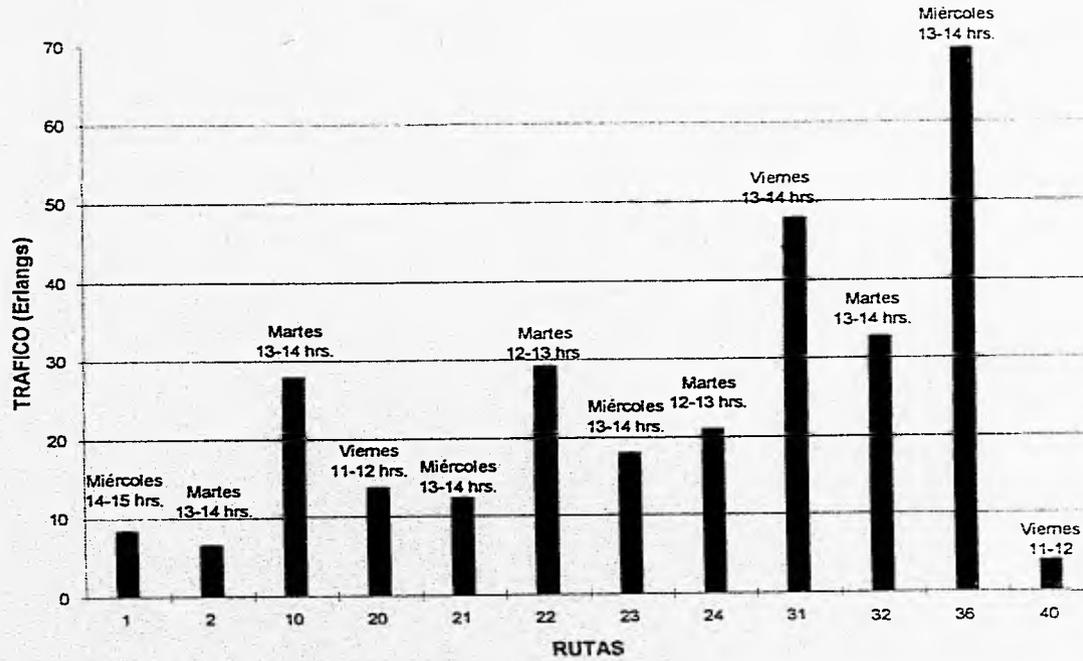
TORRE II (del 26 de Febrero al 1° de Marzo)



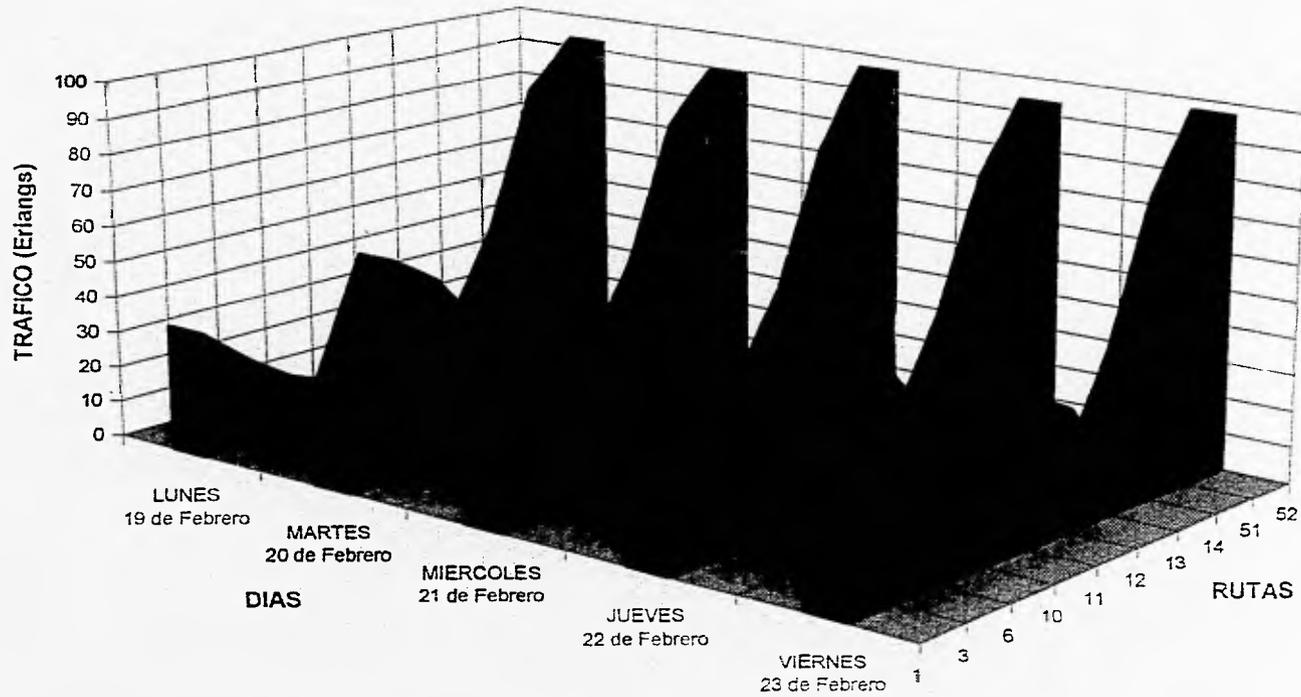
TORRE II (del 19 al 23 de Febrero)



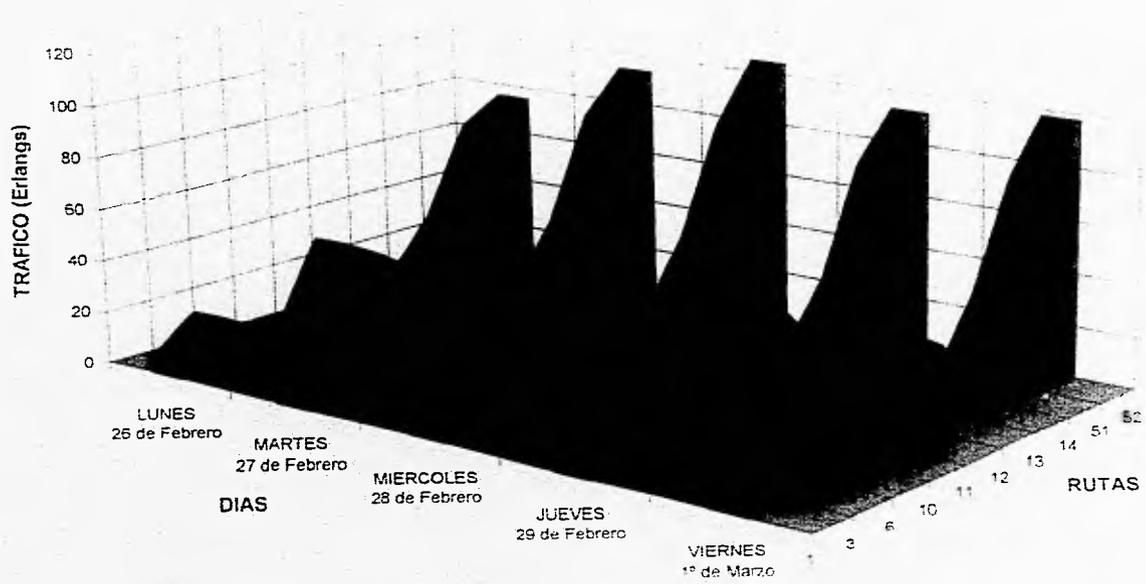
TORRE II (del 26 de Febrero al 1° de Marzo)



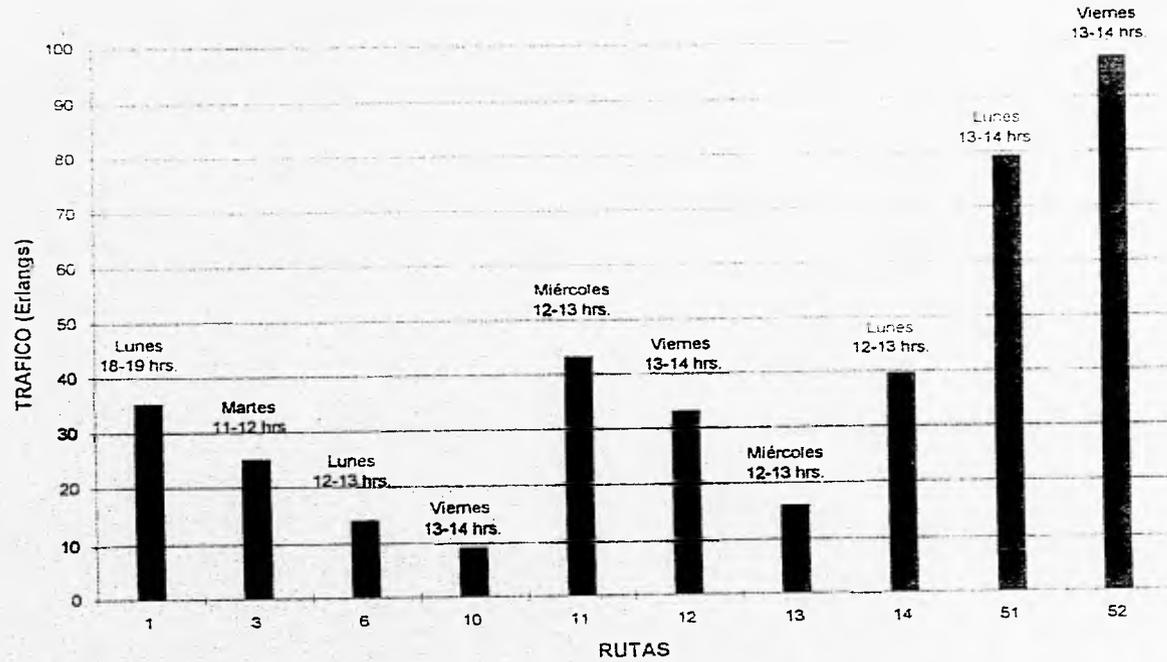
IIMAS ( del 19 al 23 de Febrero)

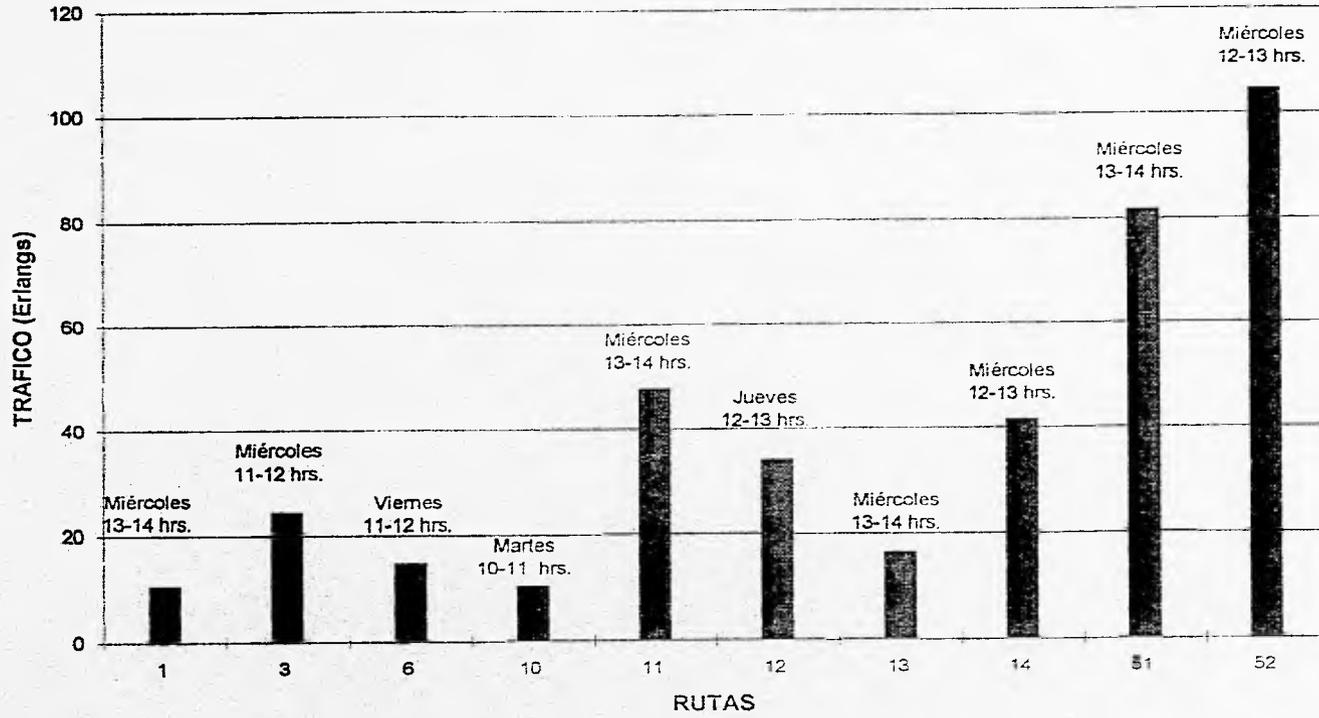


II MAS (del 26 de Febrero al 1º de Marzo)

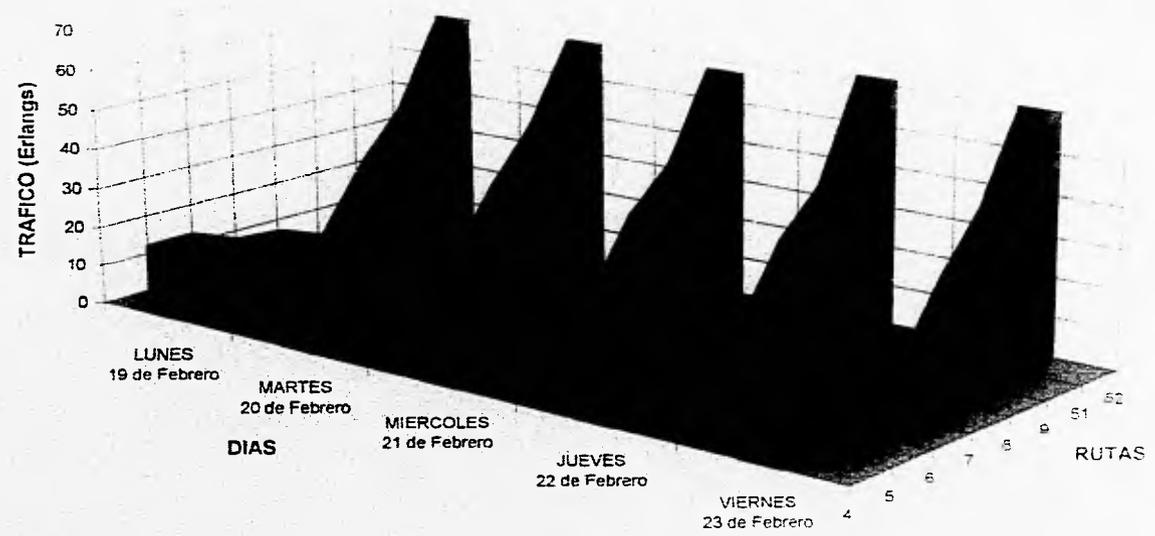


IIMAS (del 19 al 23 de Febrero)

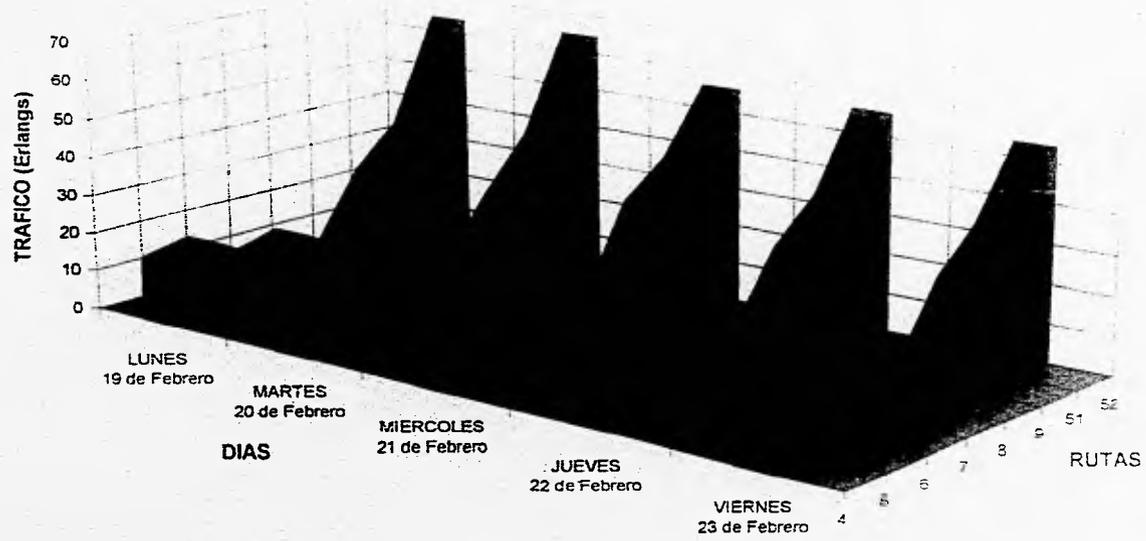




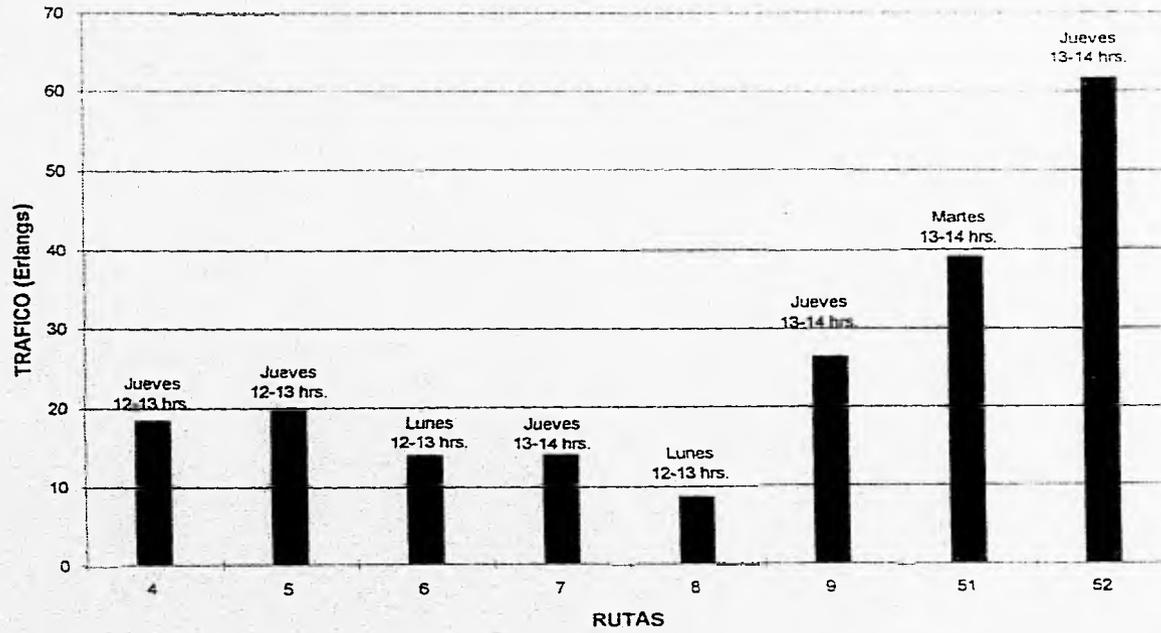
DGSCA (del 19 al 23 de Febrero)



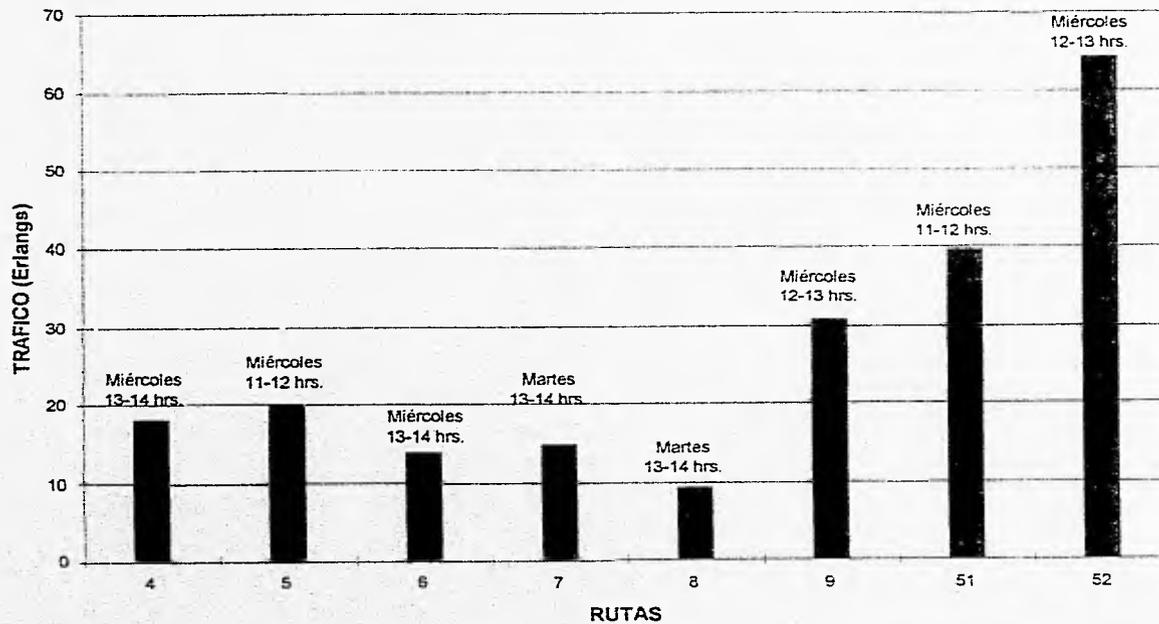
DGSCA (del 26 de Febrero al 1° de Marzo)



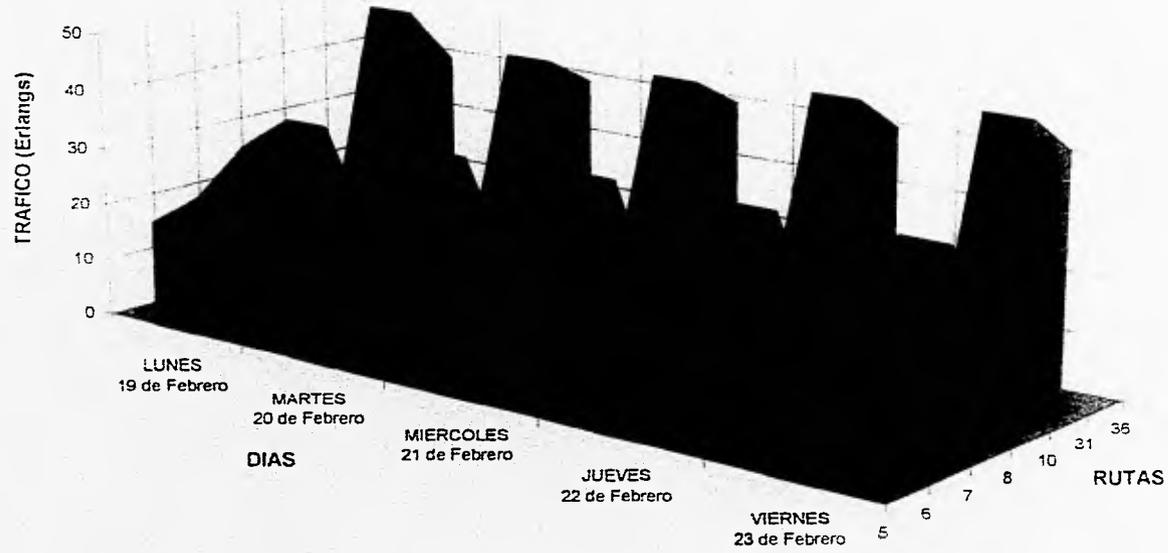
DGSCA (del 19 al 23 de Febrero)



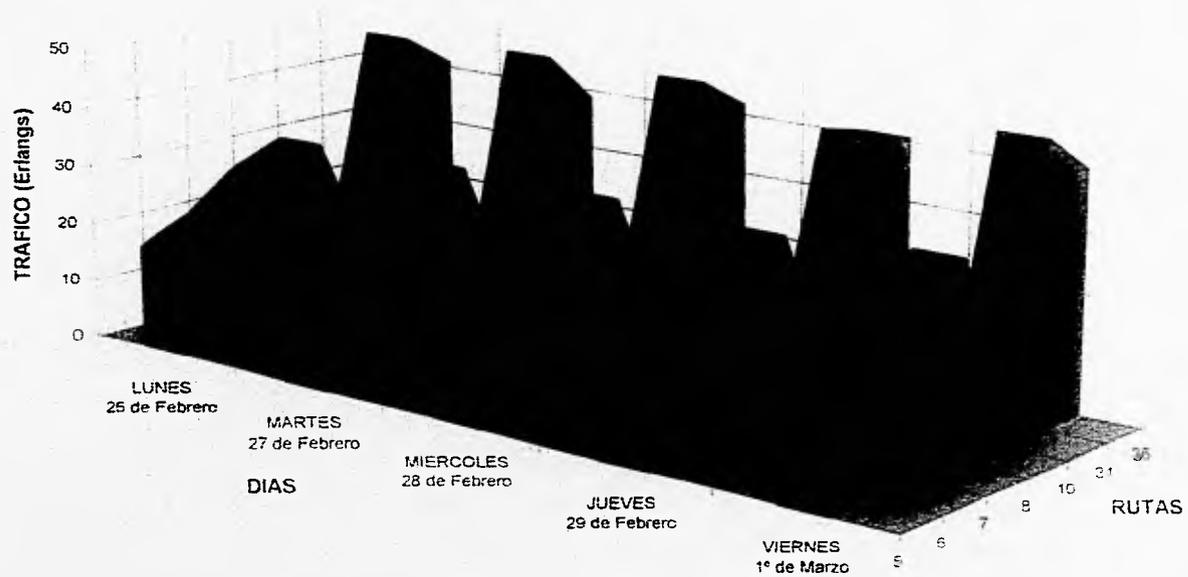
DGSCA (del 26 de Febrero al 1° de Marzo)



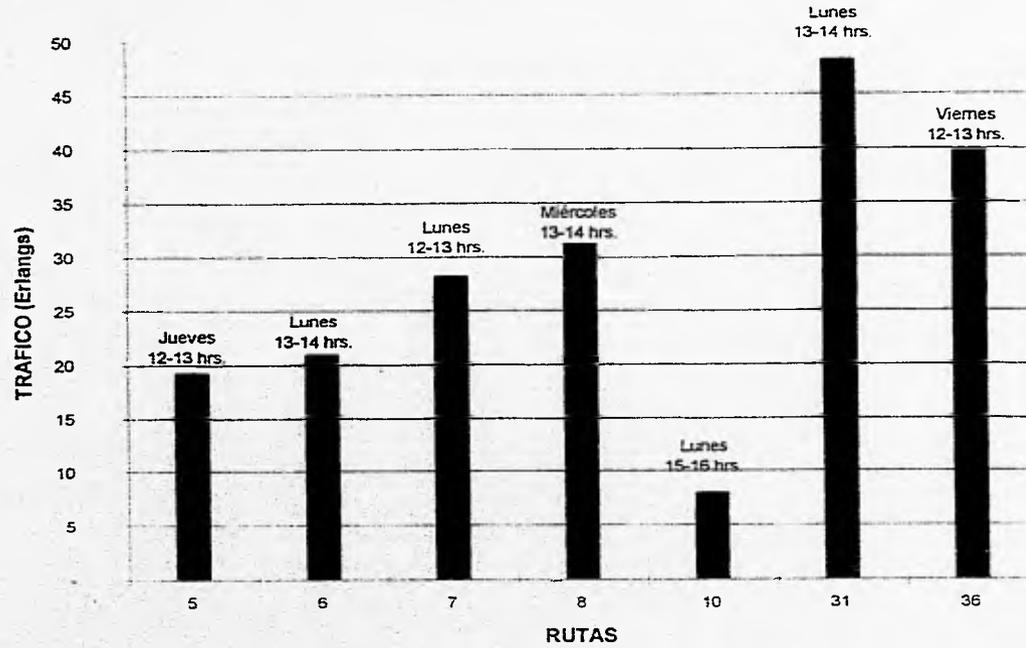
ZONA CULTURAL (del 19 al 23 de Febrero)



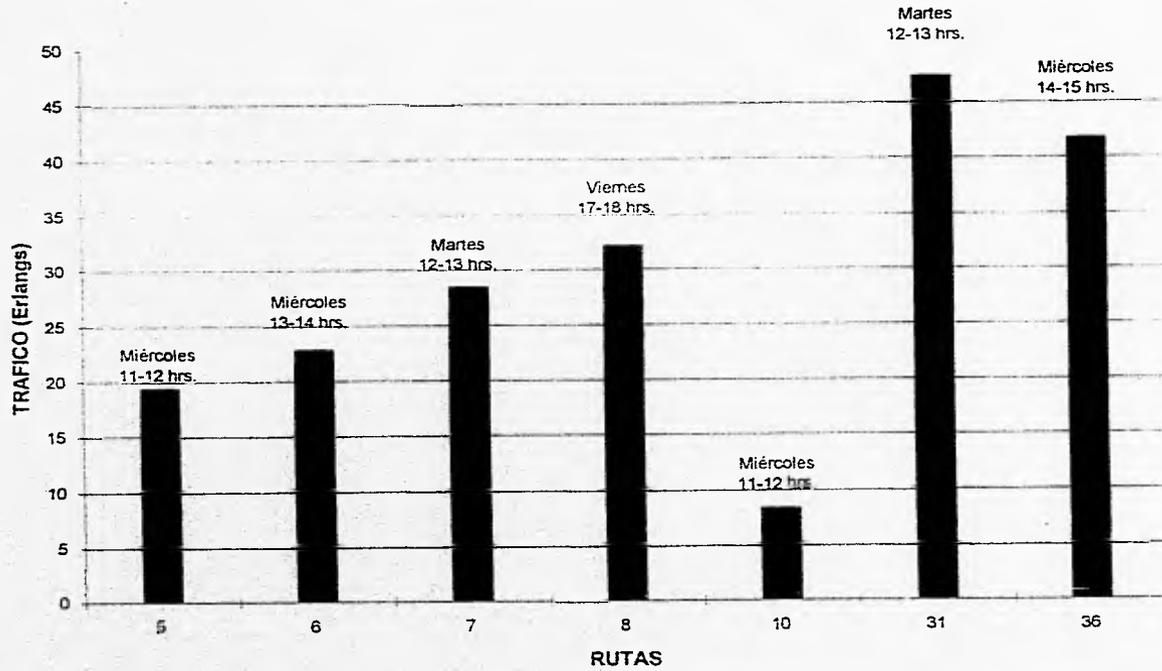
ZONA CULTURAL (del 26 de Febrero al 1° de Marzo)



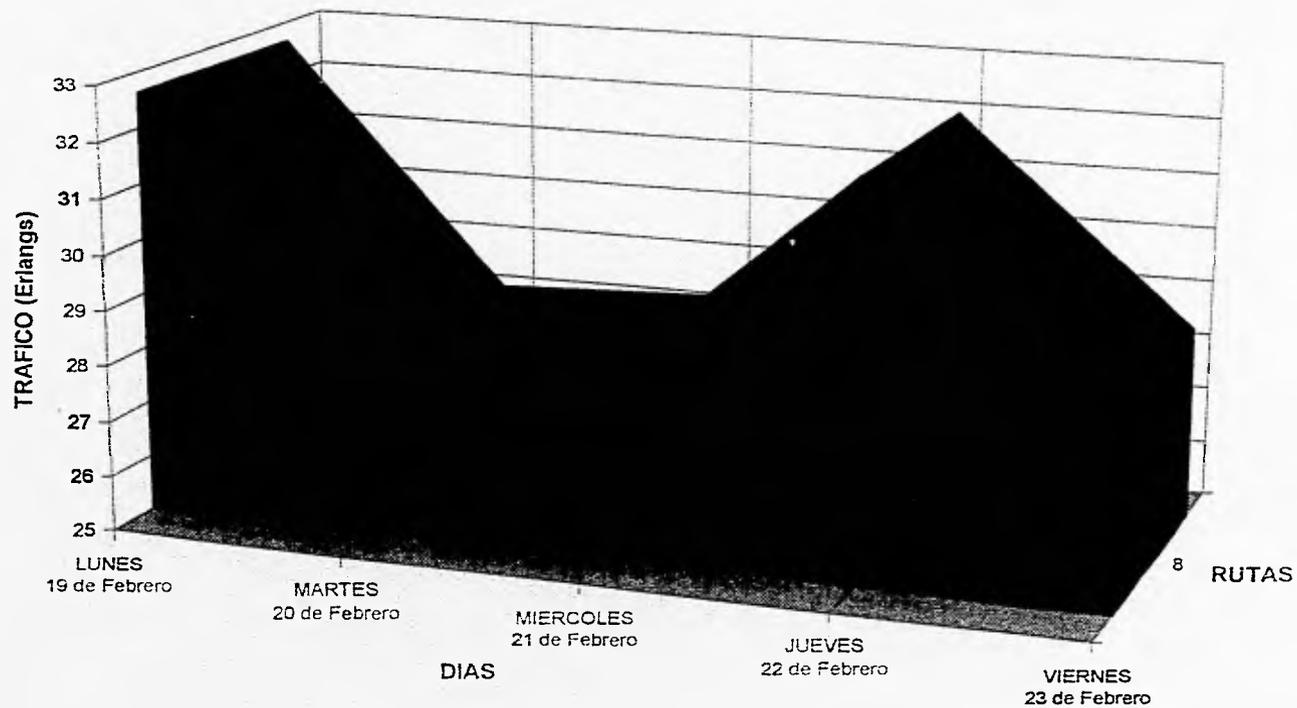
ZONA CULTURAL (del 19 al 23 de Febrero)



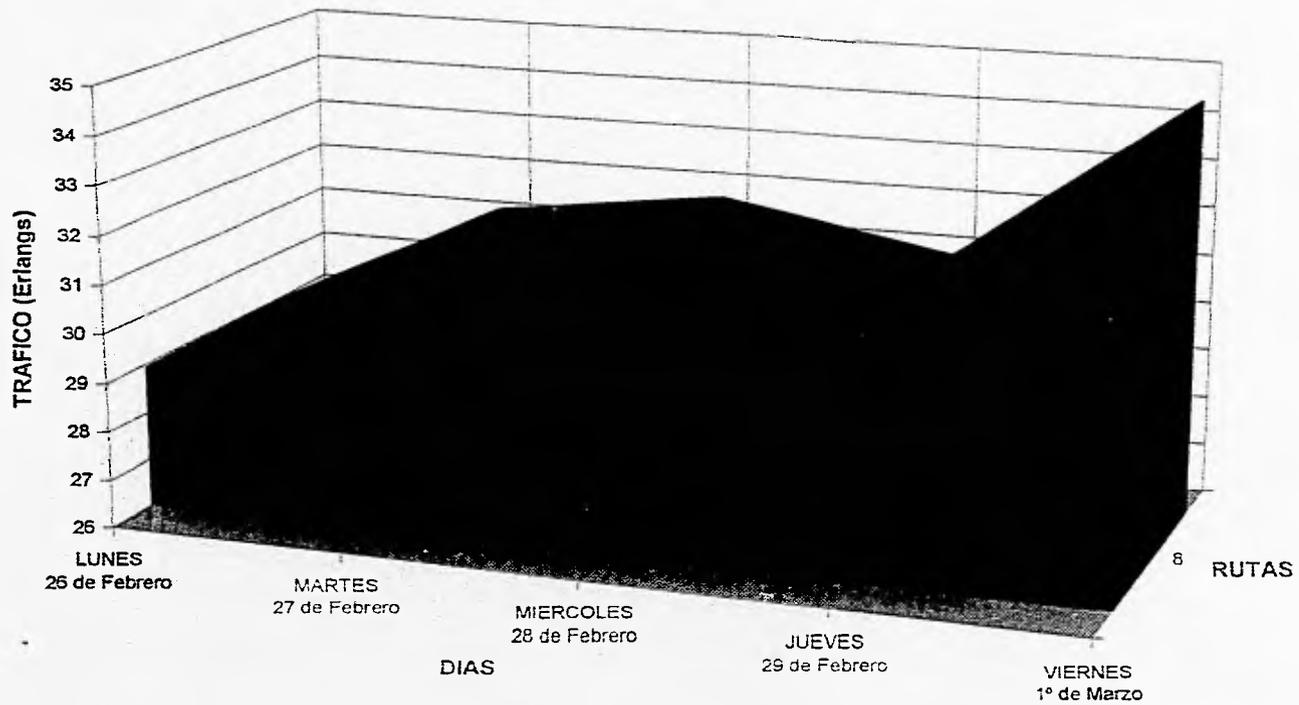
ZONA CULTURAL (del 26 de Febrero al 1º de Marzo)



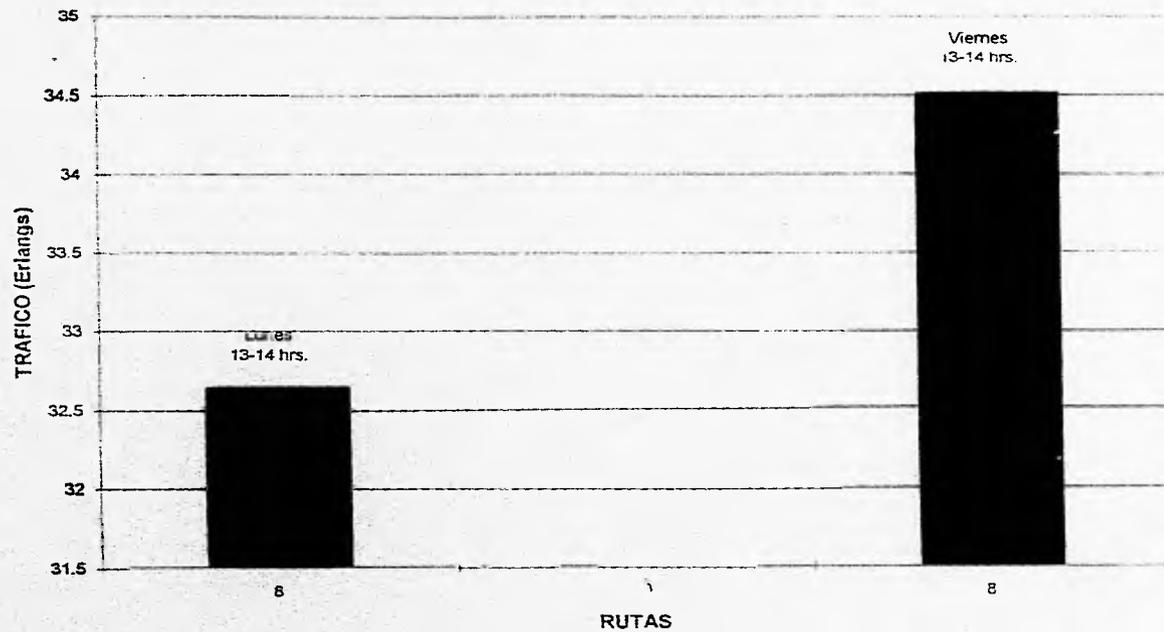
# RECTORIA (del 19 al 23 de Febrero)



RECTORIA (del 26 de Febrero al 1° de Marzo)



RECTORIA (del 19 al 23 de Febrero, del 26 de Febrero al 1° de Marzo)



## ARQUITECTURA

RUTA	DIA	HORA	LLAMADAS ENTRANTES				LLAMADAS SALIENTES			
			# DE LLAMADAS	ESTACION	TANDEM	OTRAS	POSIBLE DESTINO LLAMADAS TANDEM	# DE INTENTOS DE LLAMADA	# DE LLAMADAS BLOQUEADAS	GRADO DE SERVICIO
2	Martes 20	11-12 hrs.	323	16	284	23	TMX Ingeniería Personal Rectoría	84	0	
3	Jueves 22	11-12 hrs.	436	46	343	47	TMX Personal Rectoría Ingeniería	296	0	
4	Miércoles 21	13-14 hrs.	509	31	469	9	TMX Personal Economía Rectoría	349	0	
6	Jueves 22	13-14 hrs.	574	18	535	21	TMX Rectoría Economía Ingeniería	795	0	
7	Martes 20	12-13 hrs.	739	7	686	46	TMX IIMAS Personal Rectoría	860	0	
8	Lunes 19	13-14 hrs.	560	8	533	19	TMX Personal Ingeniería	597	0	
9	Jueves 22	12-13 hrs.	328	7	313	8	TMX Personal Rectoría	338	0	
15	Viernes 23	12-13 hrs.	768	17	671	80	TMX Economía IIMAS	679	0	

## ARQUITECTURA

ARQUITECTURA										
RUTA	DÍA	HORA	LLAMADAS ENTRANTES					LLAMADAS SALIENTES		
			# DE LLAMADAS	ESTACION	TANDEM	OTRAS	POSIBLE DESTINO LLAMADAS TANDEM	# DE INTENTOS DE LLAMADA	# DE LLAMADAS BLOQUEADAS	GRADO DE SERVICIO
2	Miércoles 28	14-15 hrs.	260	14	217	29	TMX Personal Economía Rectoría	11	0	
3	Martes 27	13-14 hrs.	526	46	401	79	TMX Personal Economía Ingeniería	359	0	
4	Miércoles 28	14-15 hrs.	355	46	278	31	TMX Personal Economía Rectoría	435	0	
6	Miércoles 28	13-14 hrs.	792	13	729	10	TMX Rectoría Ingeniería Economía	778	0	
7	Viernes 1	12-13 hrs.	525	4	424	97	TMX Personal Rectoría	612	519	0.45888594
8	Viernes 1	13-14 hrs.	685	8	621	56	TMX Personal Ingeniería	812	0	
9	Miércoles 28	13-14 hrs.	417	10	363	44	TMX Personal Rectoría Ingeniería	470	0	
15	Martes 27	13-14 hrs.	827	15	724	88	TMX Personal Economía	721	0	

**TORRE II**

TORRE II										
RUTA	DIA	HORA	LLAMADAS ENTRANTES				LLAMADAS SALIENTES			
			# DE LLAMADAS	ESTACION	TANDEM	OTRAS	POSIBLE DESTINO LLAMADAS TANDEM	# DE INTENTOS	# DE LLAMADAS BLOQUEADAS	GRADO DE SERVICIO
1	Viernes 23	13-14 hrs.	101	29	54	18	TMX Medicina	27	0	
2	Martes 20	11-12 hrs.	81	5	18	58	TMX Medicina	326	0	
10	Viernes 23	13-14 hrs.	164	0	131	33	TMX Iztacala Cuautitlán IV	293	125	0.349162
20	Miércoles 21	19-20 hrs.								
21	Miércoles 21	13-14 hrs.	245	3	237	5	TMX Medicina	163	0	
22	Miércoles 21	13-14 hrs.	301	3	296	2	TMX Medicina	280	0	
23	Miércoles 21	12-13 hrs.	314	0	297	17		282	0	
24	Jueves 22	12-13 hrs.	396	1	380	15	TMX Medicina	295	0	
40	Jueves 22	10-11 hrs.	77	0	76	1	TMX Medicina	37	0	

**TORRE II**

RUTA	DÍA	HORA	LLAMADAS ENTRANTES				LLAMADAS SALIENTES			
			# DE LLAMADAS	ESTACION	TANDEM	OTRAS	POSIBLE DESTINO LLAMADAS TANDEM	# DE INTENTOS DE LLAMADA	# DE LLAMADAS BLOQUEADAS	GRADO DE SERVICIO
1	Miércoles 28	14-15 hrs.	242	77	117	48	TMX Medicina	55	0	
2	Martes 27	13-14 hrs.	31	1	29	1	TMX Medicina	317	0	
10	Martes 27	13-14 hrs.	542	1	414	127	TMX Cuautitlán IV Arquitectura	770	393	0.33791917
20	Viernes 1	11-12 hrs.	281	2	276	3	TMX Medicina	174	0	
21	Miércoles 28	13-14 hrs.	307	1	304	2	TMX Medicina	220	0	
22	Martes 27	12-13 hrs.								
23	Miércoles 28	13-14 hrs.	460	1	435	24	TMX Medicina	283	0	
24	Martes 27	12-13 hrs.	446	0	442	4	TMX Medicina	324	0	
40	Viernes 1	11-12 hrs.	50	0	50	0	TMX Medicina	40	0	

## IIMAS

RUTA	DIA	HORA	LLAMADAS ENTRANTES				LLAMADAS SALIENTES			
			# DE LLAMADAS	ESTACION	TANDEM	OTRAS	POSIBLE DESTINO LLAMADAS TANDEM	# DE INTENTOS DE LLAMADA	# DE LLAMADAS BLOQUEADAS	GRADO DE SERVICIO
1	Lunes 19	18-19 hrs.	15	5	10	0	TMX Veterinaria Química "E" Geografía	84	0	
3	Martes 20	11-12 hrs.	120	30	82	8	TMX Veterinaria Química "E" Geografía	240	0	
6	Lunes 19	12-13 hrs.	254	46	194	14	TMX Veterinaria Química "E" Geografía	293	0	
10	Viernes 23	13-14 hrs.	308	3	304	1	TMX Veterinaria Química "E" Geografía	88	8	0.08333333
11	Miércoles 21	12-13 hrs.	787	10	759	18	TMX Química "E" Torre II Geografía	744	0	
12	Viernes 23	13-14 hrs.	644	18	620	6	TMX Veterinaria Química "E"	630	0	
13	Miércoles 21	12-13 hrs.	238	8	230	0	TMX Veterinaria Química "E" Torre II	280	0	
14	Lunes 19	12-13 hrs.	862	47	789	26	TMX Veterinaria Geografía	687	0	
51	Lunes 19	13-14 hrs.						2986	244	0.07554175
52	Viernes 23	13-14 hrs.	3175	654	2121	400	Veterinaria Química "E" Geografía			

## IIMAS

RUTA	DIA	HORA	LLAMADAS ENTRANTES				LLAMADAS SALIENTES			
			# DE LLAMADAS	ESTACION	TANDEM	OTRAS	POSIBLE DESTINO LLAMADAS TANDEM	# DE INTENTOS DE LLAMADA	# DE LLAMADAS BLOQUEADAS	GRADO DE SERVICIO
1	Miércoles 28	13-14 hrs.	104	6	98	0	TMX Veterinaria Arquitectura Química "E" Geografía	317	0	
3	Miércoles 28	11-12 hrs.	314	46	246	22	TMX Química "E" Veterinaria Geografía	486	0	
6	Viernes 1	11-12 hrs.	350	120	205	25	TMX Química "E" Veterinaria Geografía	380	0	
10	Martes 27	10-11 hrs.	378	7	369	2	TMX Veterinaria Química "E" Geografía Arquitectura	56	0	
11	Miércoles 28	13-14 hrs.	1288	18	1258	12	TMX Química "E" Arquitectura Geografía	1142	18	0.01551724
12	Jueves 29	12-13 hrs.	524	11	508	5	TMX Veterinaria Química "E"	576	0	
13	Miércoles 28	13-14 hrs.	438	11	413	14	TMX Veterinaria Química "E" Arquitectura Geografía	351	0	
14	Miércoles 28	12-13 hrs.	796	33	733	30	TMX Veterinaria Geografía Arquitectura	723	3	0.00413223
51	Miércoles 28	13-14 hrs.						4393	520	0.10564104
52	Miércoles 28	12-13 hrs.	3453	640	2097	716	Veterinaria Química "E" Geografía			

DGSCA

DGSCA										
RUTA	DIA	HORA	LLAMADAS ENTRANTES				LLAMADAS SALIENTES			
			# DE LLAMADAS	ESTACION	TANDEM	OTRAS	POSIBLE DESTINO LLAMADAS TANDEM	# DE INTENTOS DE LLAMADA	# DE LLAMADAS BLOQUEADAS	GRADO DE SERVICIO
4	Jueves 22	12-13 hrs.	436	43	370	23	TMX Antropológicas Z.C	303	0	
5	Jueves 22	12-13 hrs.	378	24	310	44	TMX Antropológicas Arquitectura	411	2	0.00484262
6	Lunes 19	12-13 hrs.	291	63	161	67	TMX Antropológicas Z.C	262	0	
7	Jueves 22	13-14 hrs.	300	2	277	21	TMX Antropológicas IIMAS	275	0	
8	Lunes 19	12-13 hrs.	177	0	177	0	TMX Antropológicas Z.C	192	0	
9	Jueves 22	13-14 hrs.	450	2	448	0	TMX IIMAS	565	0	
51	Martes 20	13-14 hrs.						1486	0	
52	Jueves 22	13-14 hrs.	1948	536	797	615	Arquitectura IIMAS			

**DGSCA**

DGSCA										
RUTA	DIA	HORA	LLAMADAS ENTRANTES				LLAMADAS SALIENTES			
			# DE LLAMADAS	ESTACION	TANDEM	OTRAS	POSIBLE DESTINO LLAMADAS TANDEM	# DE INTENTOS DE LLAMADA	# DE LLAMADAS BLOQUEADAS	GRADO DE SERVICIO
4	Miércoles 28	13-14 hrs.	526	54	440	32	TMX Antropológicas Z.C	392	0	
5	Miércoles 28	11-12 hrs.	416	28	364	24	TMX Antropológicas Arquitectura	530	14	0 02573529
6	Miércoles 28	13-14 hrs.	241	46	180	15	TMX Antropológicas Z.C	283	0	
7	Martes 27	13-14 hrs.	306	3	278	25	TMX Antropológicas Z.C	253	0	
8	Martes 27	13-14 hrs.	158	0	158	0	TMX Antropológicas Z.C	202	0	
9	Miércoles 28	12-13 hrs.	512	0	511	1	TMX Z.C	507	0	
51	Miércoles 28	11-12 hrs.						1446	0	
52	Miércoles 28	12-13 hrs.	1685	601	722	362	Antropológicas Z.C			

### ZONA CULTURAL

RUTA	DIA	HORA	LLAMADAS ENTRANTES				LLAMADAS SALIENTES			
			# DE LLAMADAS	ESTACION	TANDEM	OTRAS	POSIBLE DESTINO LLAMADAS TANDEM	# DE INTENTOS DE LLAMADA	# DE LLAMADAS BLOQUEADAS	GRADO DE SERVICIO
5	Jueves 22	12-13 hrs.	386	118	158	110	TMX Coord. Humanidades Teatro J.R.A.	372	0	
6	Lunes 19	13-14 hrs.	411	13	382	16	TMX Coord. Humanidades DGSCA	482	8	0.016326531
7	Lunes 19	12-13 hrs.	627	15	477	135	TMX Teatro J.R.A DGSCA	872	302	0.257240204
8	Miércoles 21	13-14 hrs.	30	0	30	0	TMX Coord. Humanidades Teatro J.R.A.	22	0	
10	Lunes 19	15-16 hrs.	7	0	7	0	TMX Teatro J.R.A Coord. Humanidades	24	0	

### ZONA CULTURAL

RUTA	DIA	HORA	LLAMADAS ENTRANTES				LLAMADAS SALIENTES			
			# DE LLAMADAS	ESTACION	TANDEM	OTRAS	POSIBLE DESTINO LLAMADAS TANDEM	# DE INTENTOS DE LLAMADA	# DE LLAMADAS BLOQUEADAS	GRADO DE SERVICIO
5	Miércoles 28	11-12 hrs.	524	153	135	236	TMX Coord. Humanidades Teatro J.R.A.	410	0	
6	Miércoles 28	13-14 hrs.	353	9	324	20	TMX Coord. Humanidades DGSCA	547	14	0.024518355
7	Martes 27	12-13 hrs.	621	7	416	198	TMX Coord. Humanidades Teatro J.R.A.	1251	544	0.30135504
8	Viernes 1	17-18 hrs.	31	0	31	0	TMX Coord. Humanidades Teatro J.R.A.	20	0	
10	Miércoles 28	11-12 hrs.	5	1	2	2	TMX Coord. Humanidades Teatro J.R.A.	13	0	

RECTORIA										
LLAMADAS ENTRANTES							LLAMADAS SALIENTES			
RUTA	DIA	HORA	# DE LLAMADAS	ESTACION	TANDEM	OTRAS	POSIBLE DESTINO LLAMADAS TANDEM	# DE INTENTOS DE LLAMADA	# DE LLAMADAS BLOQUEADAS	GRADO DE SERVICIO
8	Lunes 19	13-14 hrs.	597	339	0	258		596	0	
RECTORIA										
LLAMADAS ENTRANTES							LLAMADAS SALIENTES			
RUTA	DIA	HORA	# DE LLAMADAS	ESTACION	TANDEM	OTRAS	POSIBLE DESTINO LLAMADAS TANDEM	# DE INTENTOS DE LLAMADA	# DE LLAMADAS BLOQUEADAS	GRADO DE SERVICIO
8	Viernes 1	13-14 hrs.	148	103	0	45		240	0	

A continuación se hará un breve análisis, por semana y por ruta, de los resultados que se obtuvieron al analizar la información proporcionada por los conmutadores monitoreados.

NODO	Semana de pago			Semana de no pago		
	Ruta con más tráfico	Día de más tráfico	Hora de más tráfico	Ruta con más tráfico	Día de más tráfico	Hora de más tráfico
Arquitectura	36	Lunes	13:00-14:00	36	Miércoles	13:00-14:00
Torre II	36	Miércoles	12:00-13:00	36	Miércoles	13:00-14:00
IIMAS	52	Lunes	12:00-14:00	52	Miércoles	13:00-14:00
DGSCA	52	Jueves	12:00-14:00	52	Miércoles	13:00-14:00
Zona Cultural	31	Lunes	13:00-14:00	31	Martes	13:00-14:00
Rectoría	8	Lunes	13:00-14:00	8	Viernes	13:00-14:00

Tabla 6.5.1 Resultados obtenidos

Como se puede observar en la tabla anterior, las rutas de Telmex, tanto de entrada como de salida, son las rutas que mayor demanda tienen dentro de la Universidad, provocando la mayor cantidad de tráfico dentro de la red de la UNAM, teniendo en ambas semanas una hora pico que va de las 12:00 a las 14:00 hrs. De acuerdo a los resultados antes presentados y en base a lo observado en el capítulo V, se obtuvo la forma en que se encuentra jerarquizada la red universitaria.

Como se pudo observar en la figura 5.4.1, cada nodo principal mantiene una configuración de estrella con sus nodos secundarios; a su vez, los nodos principales - con excepción de NP5 - se encuentran conectados entre sí en una configuración en malla. El nodo principal de Zona Cultural (NP5) mantiene una configuración de doble estrella con el nodo principal de Arquitectura (NP4). Se observa también que los nodos secundarios de SUA (S11), Cuernavaca 1 y la FES Cuautitlán campo 4 tienen una configuración de estrella con Trabajo Social, Cuernavaca 2 y la FES Cuautitlán campo 1 respectivamente. De igual manera, se pueden observar enlaces directos entre algunos nodos secundarios. El nivel más alto de la estructura jerárquica de la red UNAM lo tienen los nodos principales ya que son los que proporcionan los medios necesarios para establecer comunicación entre dos o más usuarios ubicados en cualquier parte de la red; los nodos secundarios de la red - con excepción del nodo de Trabajo Social, Cuernavaca 2 y la FES Cuautitlán campo 1 - representan el nivel secundario ya que necesitan de un nivel jerárquico primario para entablar comunicación con otros nodos, además de que sirven de nivel jerárquico superior a los nodos que pertenecen al nivel tercero de la red ( Trabajo Social, Cuernavaca 2 y la FES Cuautitlán campo 1). Debido a las altas concentraciones de tráfico entre algunos nodos secundarios, se han establecido rutas de alto uso entre los nodos secundarios S11 y S15, S12 y S10, S4 y S2; mientras que el resto de los nodos utilizan la estructura jerárquica para mantener contacto con cualquier punto de la red.

## CAPITULO VII

## PROYECTO DE EVALUACION

Es importante mencionar dentro de este capítulo que, aún y cuando se realizó el monitoreo de tráfico para los enlaces de cada uno de los 5 nodos principales y un nodo secundario de la red de voz de la UNAM de una manera manual, actualmente se cuenta en el mercado con diversos paquetes de computación que permiten realizar de una manera directa y rápida el análisis de tráfico que nosotros realizamos.

Uno de estos paquetes recibe el nombre de WINSAT y es realizado por la Compañía Intersel. WINSAT es un paquete de tarificación que nos permite recibir la información directamente del conmutador hacia una PC con características específicas, acomodar la información dentro de una base de datos y tener una presentación escrita y/o gráfica de la información que se requiera conocer.

A continuación se muestra de una manera más detallada las diferentes partes funcionales que integran a este software de tarificación telefónica.

### 7.1 Manejo de datos del puerto en PC

El conmutador telefónico que se esté empleando debe ser conectado en serie a una computadora personal, la cual debe contar con las siguientes características:

- Procesador 386 o superior
- 8 Mb en RAM
- Disco duro no menor a 100M
- Windows versión 3.1 en adelante

El paquete de tarificación requiere 20 Megas de espacio en la PC para poder ser instalado. Se recomienda que la PC que se vaya a utilizar se encuentre dedicada únicamente al paquete de tarificación para así aprovechar al máximo la capacidad de memoria de la máquina. El paquete de tarificación nos permite configurar desde dentro de la PC el tipo de conmutador que se va a emplear. El software de tarificación nos pide que le entreguemos el formato de los datos que entrega el conmutador. Para el caso de un equipo NEC, se introduciría la información que nos envían nuestros conmutadores, poniendo atención en la posición de cada dato, en el número de espacios que emplean y en su significado. También se debe especificar el número de espacios que se dejan al principio y al final del formato, así y en los espacios que existen entre dato y dato.

\* Ver Capítulo V, "El descriptor de llamadas".

## 7.2 Integración en base de datos

A medida que la PC va recibiendo la información que le envía el conmutador, se va generando una base de datos la cual contiene los siguientes campos básicos:

- Día
- Hora
- Número marcado
- Localidad
- Duración
- Costo

En los campos anteriores se guarda la información que recibe directamente del conmutador. El software de tarificación WINSAT tiene la opción de personalizar la base de datos de cada conmutador. Por ejemplo, permite ligar el número de extensiones que se tienen en un conmutador con el nombre de los usuarios que las utilizan y con el departamento al cual corresponde cada línea telefónica, pudiendo así generar reportes donde se pueda observar la utilización que le da cada usuario, o departamento, a las líneas telefónicas que tienen asignadas. Supongamos, para nuestro caso, que deseamos generar un reporte donde podamos obtener el tráfico que se tiene en cada uno de los enlaces del nodo principal de IIMAS durante un día específico y durante un intervalo de tiempo seleccionado. Dentro de la información que le proporciona el conmutador al software de tarificación se encuentra el número de rutas y troncales que se tienen, únicamente es necesario ligar a cada ruta con el nombre de los conmutadores de origen y destino. Para obtener la información deseada tan solo se necesita generar el reporte correspondiente, especificando el día, la hora y las rutas deseadas.

Dependiendo de la cantidad de tráfico que fluya por un equipo de conmutación será necesario estar respaldando la información periódicamente a fin de estar liberando espacio en memoria y así evitar problemas de procesamiento de información. La base de datos de este software de programación se encuentra realizada en FOXPRO.

## 7.3 Presentación en pantalla

El software de tarificación nos presenta la alternativa de obtener los resultados deseados de una manera gráfica después de haber generado un reporte. Únicamente es necesario decirle que es lo que se va a graficar y el tipo de gráfica que se desee.

#### 7.4 Análisis costo-beneficio

El análisis económico realizado consistió en calcular el monto que representan los enlaces que forman parte de la red de voz de la UNAM. Los medios de transmisión empleados en la UNAM son mediante fibra óptica, microondas, satélites y RDI. En cada uno de los enlaces se consideraron los costos de material, costos de instalación y los costos de mantenimiento. Los resultados obtenidos que se muestran en la tabla 7.4.1 no incluyen el costo mensual que debe pagarse por la renta de las frecuencias asignadas en los casos de enlaces satelitales y microondas. En los casos de RDI se paga una renta mensual por concepto de un canal E1 o por concepto de troncal:

Tipo de enlace	Monto
Enlaces de fibra óptica	\$3,290,542.36
Enlaces microondas	\$1,822,214.63
Enlaces satelitales	\$9,999,831.6
Enlaces RDI	\$8,545,581.00
<b>Total</b>	<b>\$24,378,790.09</b>

Tabla 7.4.1 Costos por concepto de enlaces

En base a los resultados obtenidos mediante el monitoreo de tráfico de la red podemos establecer que no se le está dando un mal uso a la Infraestructura creada en la Universidad para la red de voz, ya que observamos que en la gran mayoría de los enlaces que se tienen no se presentan problemas de bloqueo de llamadas, resultando un grado de servicio aceptable ( entre 0.01 y 0.03 ), por lo que consideramos que el dimensionamiento de la red es el adecuado. Es importante mencionar que siempre es necesario contar con enlaces redundantes para los casos en los que se presenten fallas con los enlaces principales. Sin embargo, se encontraron algunos enlaces en donde el grado de servicio rebasaba la norma establecida. Las razones por las cuales se excedía el valor del grado de servicio fueron diversas. Entre ellas se encuentran problemas por saturación de los conmutadores debido al aumento del número de usuarios y a la mala administración de los recursos con que cuenta el conmutador. También encontramos problemas debido al plan de encaminamiento propuesto en un principio para algunos conmutadores, lo cual trajo por consecuencia que se tuviera que volver a reestructurar debido a las necesidades que comenzaron a surgir dentro de la red. Otros problemas que se tuvieron fueron por falta de mantenimiento en algunos enlaces, los cuales se encontraban fuera de operación al momento de realizar el monitoreo de la red.

\* Ver Apéndice B (Recomendaciones CCITT)

---

## CONCLUSIONES

---

### CONCLUSIONES

Después de realizar el monitoreo y el análisis estadístico de la red telefónica de la UNAM, pudimos llegar a las siguientes conclusiones:

- a) El monitoreo de tráfico de la red se basó en las normas internacionales establecidas por la CCITT, por lo cual consideramos que los resultados obtenidos en este trabajo son confiables.
  - b) Se encontró que los enlaces telefónicos donde el grado de servicio resulto ser muy alto, se debió a las siguientes causas:
    - Enlace Arquitectura - Economía.- Problemas relacionados con el mantenimiento del equipo, los cuales se solucionaron proporcionándole el soporte técnico necesario.
    - Enlaces IIMAS - Medicina y Torre II - Medicina.- El problema se debió a un mal dimensionamiento de la red ya que se incremento el número de usuarios que dependían del conmutador de Medicina sin aumentar la capacidad de procesamiento de información del equipo. La solución consistió en emigrar a un equipo de conmutación más poderoso y con mayor capacidad que el anterior.
    - Enlace IIMAS - TMX.- El problema se debió a saturación del equipo, esto aunado al alto crecimiento del número de usuarios que utilizaban el nodo de IIMAS para acceder y recibir llamadas de la red pública. La solución consistió en cancelar los enlaces que unían al nodo de IIMAS con cuatro de sus nodos secundarios, reduciendo así la cantidad de información que procesaba el conmutador y programando enlaces de salida directa hacia Telmex en cada uno de los nodos secundarios.
    - Enlace Zona Cultural - Coordinación de Humanidades.- El problema que se tuvo se debió al mal planeamiento del enlace entre Zona Cultural y los nodos secundarios de Teatros y Coordinación de Humanidades.  
En un principio, estos nodos secundarios se encontraban unidos mediante un enlace el cual pretendía servir como ruta de desborde en caso de que su enlace directo hacia Zona Cultural se encontrara saturado. Dicho enlace nunca funcionó adecuadamente debido a que los nodos secundarios saturaban constantemente su enlace directo hacia Zona Cultural, anulando su función como ruta de desborde.  
El problema se solucionó eliminando el enlace entre nodos secundarios y aumentando el número de enlaces directos entre ellos y la Zona Cultural.
-

---

## CONCLUSIONES

---

- c) De acuerdo al análisis realizado podemos afirmar que el dimensionamiento de la red telefónica de la UNAM es el adecuado ya que cuenta con el número de enlaces suficientes para brindar un buen servicio a los usuarios de la red.
  - d) Debido al constante aumento del número de usuarios en la red telefónica de la UNAM, es recomendable realizar un estudio de tráfico periódico a fin de realizar los redimensionamientos que se consideren necesarios, modificaciones de planes de encaminamiento y establecimientos de nuevos enlaces que mantengan un grado de servicio óptimo a fin de asegurar el buen funcionamiento de la red.
  - e) Es clara la importancia que representa la evaluación de tráfico y el adecuado dimensionamiento de una red de conmutación. Asimismo, es importante conocer las características propias de la RED UNAM, con objeto de que si, en determinado caso, se decidiera instalar equipo nuevo, se conozca el perfil de tráfico que se tiene. Por tal motivo, el presente trabajo cobra vital importancia ya que proporciona una herramienta útil de consulta y no solo eso, sino que contiene la teoría necesaria para los desarrolladores de software de dimensionamiento de tráfico.
-

---

## APENDICE A

---

### INTERFASE RS-232C

RS-232C es la especificación de una interfase desarrollada con el propósito de normalizar la comunicación con los equipos de cómputo a distancia. La interfase RS-232C es la especificación eléctrica más comúnmente utilizada para comunicación serial asíncrona. Desarrollado por el Departamento de Ingeniería de la EIA (Electronic Industry Association), la recomendación estándar RS-232C está definida formalmente como una "interfase para el intercambio de datos binarios en forma serial entre un DTE y un DCE", siendo el DTE un equipo terminal de datos y el DCE un equipo de comunicación de datos, nombres dados formalmente al equipo de cómputo y al módem respectivamente.

Al igual que cualquier interfase física, RS-232C define características mecánicas, eléctricas y funcionales.

#### *Características mecánicas:*

Se define el uso de un conector hembra para el DCE y un conector macho para el DTE, cada uno con un ancho de 47.04 mm y 25 posiciones definidas.

#### *Características eléctricas de la señal:*

Se permiten velocidades desde cero hasta un límite nominal de 20 000 bits por segundo lo cual es bastante bueno para una comunicación asíncrona, pero no para una síncrona. En cuanto a la distancia, la máxima permitida por el estándar es de 50 pies o 15.25 m aunque prácticamente se llega a utilizar hasta 100 o 150 pies (30.5 ó 45.75 m). Las señales que maneja están entre +5 y +15 volts para un nivel alto (uno lógico) y entre -5 y -15 volts para un nivel bajo (cero lógico). Estos niveles son válidos únicamente para las líneas de datos de los pines 2 y 3 (lógica negativa). El resto de las señales maneja lógica positiva, es decir, un uno lógico está representado por un valor positivo de voltaje (entre +5 y +15 volts) y un cero lógico por un valor negativo (entre -5 y -15 volts).

#### *Características funcionales:*

Si de las 25 posiciones del conector se eliminan las que carecen de asignación y las usadas sólo en transmisiones síncronas, nos quedan sólo las 11 patas más usadas (resaltadas en el cuadro de asignación)

---

**APENDICE A**

<b>ASIGNACION DE POSICIONES</b>			
<b>PATA</b>	<b>NOMBRE DEL CIRCUITO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>ABREVIATURA</b>
1	AA	Tierra de protección	
2	AB	Transmisión	TD (Transmitted Data)
3	BB	Recepción	RD (Received Data)
4	CA	Solicitud de envío	RTS (Request to send)
5	CB	Modem listo para enviar	CTS (Clear to send)
6	CC	Modem listo	DSR (Data set Ready)
7	AB	Tierra de la señal	(Signal Ground or Common)
8	CP	Detección de portadora	DCD (Data Carrier Detect)
9	-	Reservada para pruebas	
10	-	Reservada para pruebas	
11	-	-sin asignación-	
12	SCF	Detección de portadora (*)	
13	SCB	Modem listo para enviar (*)	
14	SBA	Datos transmitidos (*)	
15	DB	Sincronización del transmisor	
16	SBB	Datos recibidos (*)	
17	DD	Sincronización del receptor	
18	-	-sin asignación-	
19	SCA	Solicitud de envío (*)	
20	CD	Equipo de cómputo listo	DTR (Data Terminal Ready)
21	CG	Detector de calidad de la señal	
22	GE	Indicador de llamada	RI (Ring Indicator)
23	CH/CI	Selector de velocidad	
24	DA	Sincronización para la transmisión	
25	-	-sin asignación-	

(\*) señalización secundaria

**COMUNICACIÓN SERIAL**

La base de la comunicación serial es la transmisión de información por un sólo hilo. Básicamente existen tres modos de transmisión serial: simplex, half-duplex y full-duplex. En el modo *simplex* la operación es unidireccional y esta nunca cambia. Uno de los dispositivos siempre transmite y el otro siempre recibe.

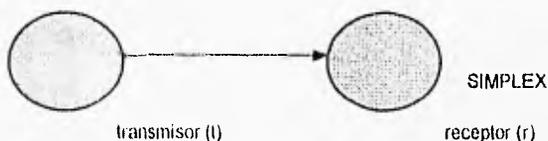
---

---

APENDICE A

---

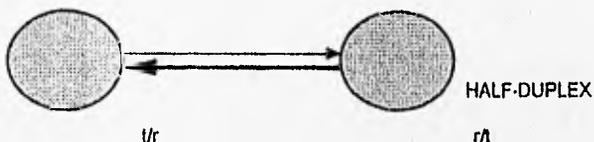
---



El modo simplex se utiliza cuando alguno de los dispositivos no tiene que transmitir en ningún momento, sólo recibir como, por ejemplo, las impresoras.

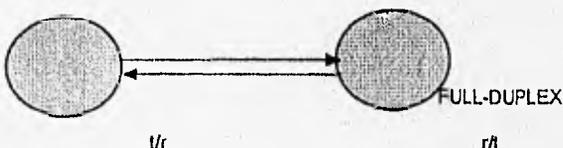
En el modo *half-duplex* la operación es bidireccional, pero no simultánea. Esto es, en un momento uno de los dispositivos transmite y el otro recibe y después la dirección se invierte y el dispositivo que transmitía recibe y el que recibía transmite. Sólo puede transmitir un dispositivo a la vez.

Esta forma tienen el inconveniente de una gran demora por inversión de la línea que puede llegar a 150 ms o más y por consiguiente no siempre es aplicable a sistemas en línea en tiempo real.



El modo half-duplex se utiliza cuando no se tiene un ancho de banda suficiente para tener comunicación bidireccional simultánea. Como por ejemplo las líneas telefónicas, en las que no se puede tener una comunicación full-duplex arriba de 2400 bps. Cuando el ancho de banda es amplio se puede tener el modo full-duplex, como por ejemplo en las transmisiones de microondas.

En el modo *full-duplex* ambos dispositivos pueden transmitir simultáneamente, de tal forma que la información pasa en ambas direcciones.



---

## APENDICE A

---

Existen dos tipos de transmisión serial: Sincrona y Asíncrona. La *transmisión asíncrona* es aquella en donde no existe sincronismo a nivel de mensaje pero si existe sincronismo a nivel carácter.

En los sistemas asíncronos, la información es dividida en pequeñas partes, cada una de ellas formando una palabra cuya longitud puede variar entre 5 y 8 bits. No se envía ninguna señal de sincronización o reloj con los datos. Tanto el transmisor como el receptor tienen relojes internos, los cuáles se sincronizan con el bit de inicio. Las velocidades comunes de transmisión asíncrona son 2400, 3600, 9600 y 14400 entre otras.

En este tipo de transmisión un bit de inicio precede a cada carácter transmitido, esto avisa al receptor sobre la llegada de un carácter. Los bits que lo forman se transmiten uno por uno. Por convicción el primer bit que se envía es el menos significativo. El carácter transmitido es seguido por uno o mas bits de paro, lo cual permite al receptor un periodo de descanso antes de que se transmita el siguiente carácter, en el cual el receptor puede armar el carácter recibido. Al conjunto de bits de información, bit de inicio, bit de paridad y bits de paro se les llama trama.

Entre el último bit del carácter y el primer bit de paro, generalmente, se inserta un bit de paridad, como medio para verificar la integridad de la información.

Existen dos tipos de paridad a través de las cuales podemos detectar errores en la transmisión a nivel de bits. Dicha detección se hace contando el número de bits en la palabra y determinando si el resultado es par o impar.

La *transmisión síncrona* es orientada a bloques, es decir, existe sincronismo a nivel de mensaje. En ella, el receptor y el transmisor se sincronizan usando cierto tipo de señal auxiliar para que ambos extremos de la conexión vayan al mismo paso. El periodo de separación entre cada bit se mantiene usando un reloj común sincronizado entre el transmisor y el receptor. Un bit faltante, o adicional, pueda detectarse fácilmente ya que aparecería en una posición inasperada en el flujo de bits.

Para mantener la sincronía alguno de los dispositivos (receptor - transmisor) debe enviar un bit de reloj al otro, por ello no se requiere de un bit de inicio del mensaje, los cuáles sirven para sincronizar al receptor con el transmisor.

Para la transmisión síncrona hay métodos muy sofisticados de detección y corrección de errores para asegurar la integridad del mensaje. La técnica más común es la del código de redundancia cíclica o CRC.

Usualmente la transmisión de datos síncrona permita mayores velocidades que la asíncrona

---

## RECOMENDACIONES CCITT

### *Recomendación E.500*

En particular, en esta Recomendación se definen los niveles de carga a los que han de asociarse las normas de grado de servicio; se especifican los datos que deben obtenerse y se describe el cómputo de los niveles de carga normalizados a partir de los datos recogidos.

Para la red interurbana, es necesario medir, por cada haz de circuitos:

- La intensidad de tráfico, el número de tentativas de toma y el número de tentativas de toma con desbordamiento/ bloqueadas, o
- El número de tomas.

El número de tentativas de toma y, de preferencia, también la intensidad de tráfico, deben determinarse igualmente para cada relación (destino) por separado. Los datos obtenidos se aplican como sigue:

- En la explotación: para la activación de haces de circuitos
- En la planificación: para el dimensionamiento de haces de circuitos, modificaciones de encaminamiento, establecimiento de nuevos enlaces.

Las mediciones de tráfico tienen como finalidad proporcionar la base de datos de la que se calculan los siguientes parámetros:

1. Intensidad de tráfico para niveles de carga normal y elevada,
2. Número de tentativas de llamada.

Estos dos parámetros servirán para evaluar las futuras necesidades en materia de equipo, sea para las centrales o los haces de circuitos.

### *Recomendación E.540*

- Según la recomendación E.520, los haces de circuitos directos se calculan con arreglo a una probabilidad de pérdida  $p = 1\%$  durante la hora cargada.
  - En las relaciones aseguradas exclusivamente en tránsito, el grado de servicio empeora en función del número de centros de tránsito atravesados. De las mediciones de congestión efectuadas se desprende que el grado de servicio global en las comunicaciones con hasta seis secciones en tándem es inferior al que correspondería a una probabilidad de pérdida  $p$  doble en cualquiera de las seis secciones de la
-

---

## APENDICE B

---

cadena de circuitos. En consecuencia, en una serie de rutas, cada una de ellas calculada para un valor de  $p = 1\%$ , el grado de servicio global rara vez excede del 2%.

### *Recomendación E.541*

El grado de servicio global en las conexiones internacionales (de abonado a abonado) - referido únicamente al fenómeno de la congestión en la totalidad de la red como resultado del volumen de tráfico - depende de varios factores, por ejemplo, los sistemas de encaminamiento en las partes nacionales e internacionales de la conexión, la congestión admitida por paso de conmutación, el método utilizado para medir el tráfico de base y las diferencias entre las horas cargadas en los diversos enlaces participantes en la conexión.

La única manera práctica de garantizar un grado de servicio global aceptable en las comunicaciones internacionales consiste en especificar, para las redes nacionales, un límite superior de diseño para una probabilidad de pérdida por enlace de la conexión, al igual que se hace para los enlaces de la red internacional. (Véase la Recomendación E.540).

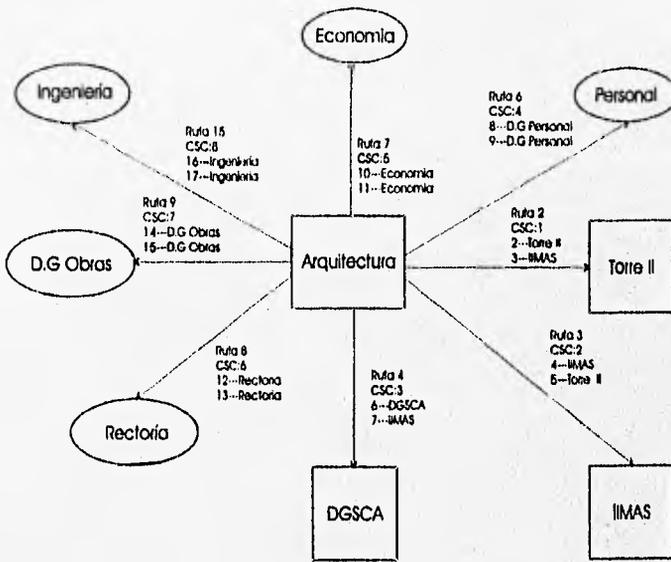
Se recomienda diseñar los enlaces de la red nacional con una probabilidad de pérdida no mayor del 1% por enlace de la ruta de última elección durante la hora cargada que corresponda. Se reconoce igualmente que si el grado de servicio nacional no asegura el grado de servicio recomendado, tal vez no sea económicamente posible asegurar ese grado de servicio en las relaciones internacionales.

Aunque el peor grado de servicio global corresponderá aproximadamente a la suma de las probabilidades de pérdida de los distintos enlaces conectados en tándem, en la mayoría de las comunicaciones el grado global de servicio será sensiblemente mejor.

---

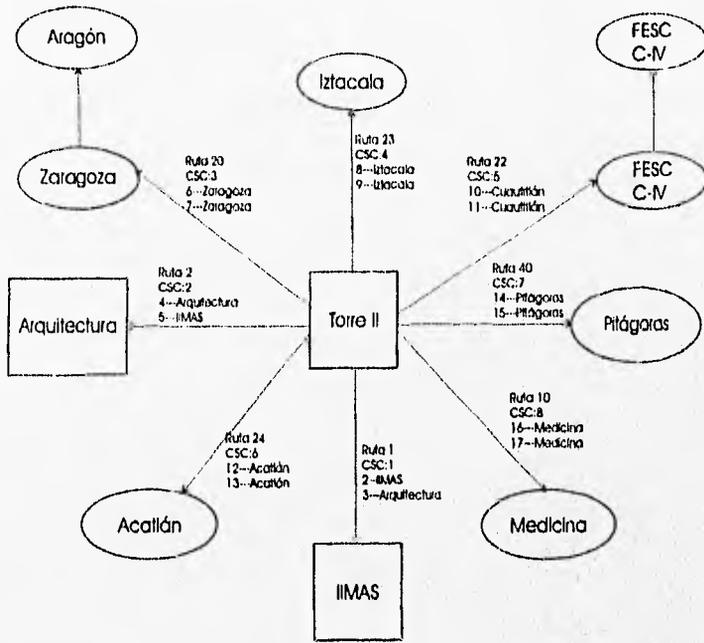
Señalización de la red UNAM

Las prioridades de señalización que se tienen dentro de la red UNAM se pueden observar en los diagramas que a continuación se muestran. Por ejemplo, en el caso del nodo principal correspondiente a Arquitectura, tenemos que la ruta 2 que lo enlaza con el nodo de Torre II de Humanidades tiene un CSC:1; de aquí se tienen dos circuitos: el número 2 nos indica que la primera prioridad la tiene en nodo de la Torre II, si surgiera algún problema con el enlace que une a los dos nodos principales entraría en operación la segunda prioridad que es el circuito número 3 y que se dirige hacia el nodo principal de IIMAS. De esta manera se estaría tratando de asegurar el que siempre exista la señalización necesaria entre equipos de conmutación.



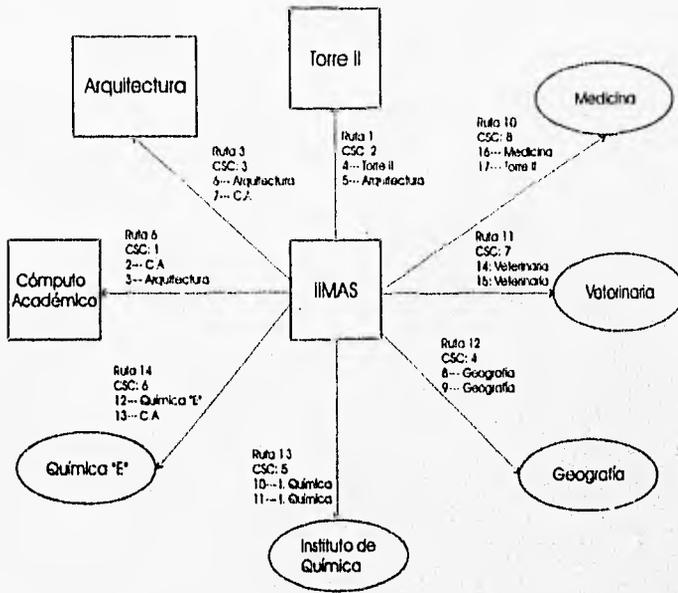
NP1 Arquitectura

APENDICE C



NP2 Torre II

APENDICE C

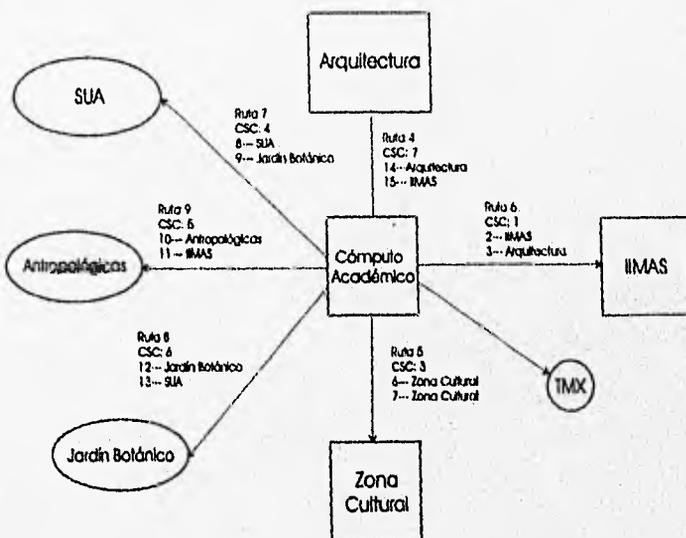


NP3 IIMAS

---

APENDICE C

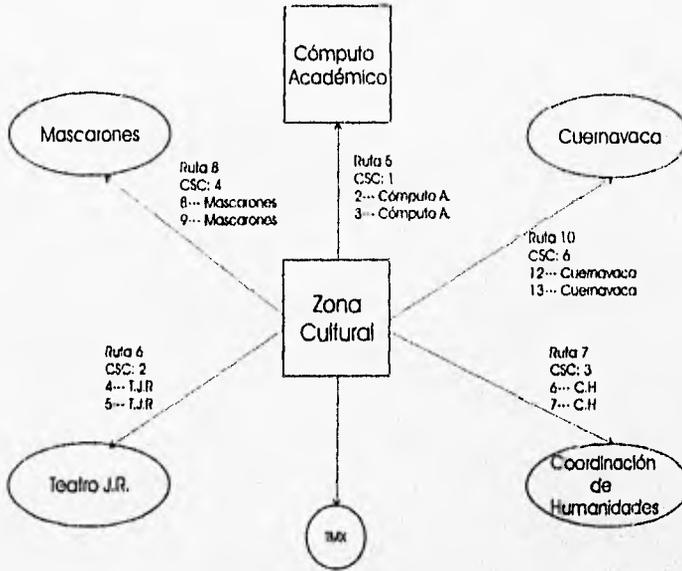
---



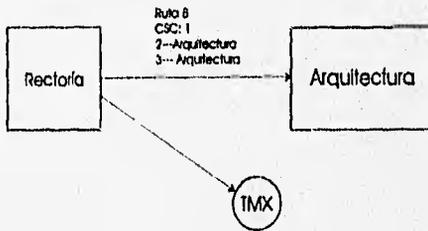
NP4 DGSCA

---

APENDICE C



NP5 Zona Cultural



S1 Torre de Rectoría

## **BIBLIOGRAFIA**

**Ingeniería de Sistemas de Telecomunicaciones**

**Freeman**

**Editorial: Limusa**

**1993**

**Digital Telephony**

**John Bellamy**

**Editorial: Wiley Series in Telecommunications**

**Second Edition**

**Fundamentos de Ingeniería telefónica**

**Enrique Herrera Pérez**

**Editorial: Limusa**

**Redes de Area local**

**Madrón**

**Editorial: Grupo Noriega Editores**

**1992**

**Teletráfico**

**Carlos E. Hirsch Ganievich**

**1993**

**Redes de ordenadores**

**Andrew S. Tanenbaum**

**Segunda edición**

**Seminario**

**Fundación Arturo Rosenblueth para el avance de la ciencia A.C**

**1980**

**NEAX2400 IMS**

**Descripción general**

**NEC Corporation**

**1986**

**NEAX2400 SMDS**

**Descripción general**

**NEC Corporation**