



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN
INGENIERIA**

FACULTAD DE INGENIERIA

**ANALISIS Y DISEÑO DE UNA RED TELEFONICA PARA LA
UNAM**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERIA

ING. ELECTRICA - TELECOMUNICACIONES

P R E S E N T A :

MAURICIO JUAREZ ORTA

**TUTOR:
VICTOR RANGEL LICEA**



2007



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.

ÍNDICE

| | |
|----------------------|-----|
| PRÓLOGO | III |
|----------------------|-----|

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

| | |
|---|---|
| 1.1 Introducción al área. | 2 |
| 1.2 Definición del problema. | 4 |
| 1.3 Objetivos generales y contribuciones. | 6 |
| 1.4 Estructura de la tesis | 7 |

CAPÍTULO II

PRINCIPIOS BÁSICOS DE TELEFONÍA

| | |
|---|----|
| 2.1 El teléfono. | 10 |
| 2.2 El conmutador. | 13 |
| 2.3 Señalización telefónica. | 19 |
| 2.4 Redes telefónicas | 27 |
| 2.5 Tendencias de los sistemas telefónicos. | 30 |

CAPÍTULO III

LA RED TELEFÓNICA ACTUAL DE LA UNAM

| | |
|---|----|
| 3.1 Historia de la red telefónica de la UNAM. | 33 |
| 3.2 Características de la red telefónica de la UNAM | 38 |
| 3.3 Topología de la red telefónica de la UNAM | 40 |
| 3.4 Señalización en la actual red telefónica de la UNAM. | 42 |
| 3.5 Tráfico de llamadas en la actual red de la UNAM. | 45 |
| 3.6 Interconexión con la red telefónica pública y enlaces hacia diferentes centros de extensión de la UNAM. | 50 |
| 3.7 Servicios y facilidades que ofrece la actual red telefónica de la UNAM. | 53 |



CAPÍTULO IV

TECNOLOGÍAS, SERVICIOS Y FACILIDADES NECESARIOS PARA LA NUEVA RED TELEFÓNICA DE LA UNAM

| | |
|--|----|
| 4.1 Características requeridas para la nueva red | 59 |
| 4.2 Tecnologías recientes empleadas en la nueva red. | 61 |
| 4.3 Softphone. | 69 |
| 4.4 Calidad de servicio. | 70 |
| 4.5 Servicios y facilidades de la nueva red | 72 |

CAPÍTULO V

DISEÑO DE LA NUEVA RED

| | |
|---|----|
| 5.1 Dimensionamiento del número de extensiones para la nueva red telefónica de la UNAM. | 76 |
| 5.2 Dimensionamiento de tráfico. | 81 |
| 5.3 Topología de la nueva red telefónica. | 91 |
| 5.4 Implementación y resultados esperados. | 98 |

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

| | |
|-------------------------------------|-----|
| 6.1 Conclusiones generales. | 101 |
| 6.2 Trabajos futuros. | 102 |
| 6.3 Conclusiones finales. | 102 |

| | |
|-----------------------------|-----------|
| REFERENCIAS. | VI |
|-----------------------------|-----------|

| | |
|------------------------------------|------------|
| LISTADO DE FIGURAS. | VII |
|------------------------------------|------------|

| | |
|-----------------------------------|-------------|
| LISTADO DE TABLAS. | VIII |
|-----------------------------------|-------------|

| | |
|---|-----------|
| APENDICE A (Glosario Acrónimos). | IX |
|---|-----------|

| | |
|--|-----------|
| APENDICE B (Glosario Definiciones). | XI |
|--|-----------|

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| APENDICE C (Erlang b). | XV |
|---------------------------------------|-----------|

PROLOGO

“Análisis y diseño de una red telefónica para la UNAM.”

La red telefónica de la UNAM es una de las redes telefónicas privadas más grandes de América Latina, tanto por su número de servicios (cerca de 15,000) como por su extensión territorial. La red telefónica de la UNAM tuvo sus inicios con conmutadores de relevadores y operadoras humanas, posteriormente a finales de los 80`s y principios de los 90`s se realizaron los trabajos necesarios para conformar una red telefónica con servicios digitales, esta red telefónica fue una red innovadora la cual colocó a la UNAM como la universidad con la mejor red telefónica del país. Esta red introdujo servicios digitales tales como llamada en espera, desvío de llamadas, equipos multilínea y demás funciones que colocaron a la UNAM a la vanguardia de las comunicaciones de voz.

Sin embargo esta red poco a poco se fue rezagando y aun cuando actualmente esta en operación, el desempeño de esta red presenta muchas fallas tanto en la calidad de los servicios que originalmente ofreció, como en la limitación de funciones que ahora presenta en comparación con los nuevos equipos telefónicos.

Dado que la universidad requiere tener a su personal comunicado con servicios de primera calidad y con la más avanzada tecnología, resulta necesario cambiar en su totalidad la red telefónica de la UNAM. Éste trabajo representa un verdadero desafío,

Éste trabajo de tesis tiene por objetivo estudiar y analizar las nuevas tecnologías desarrolladas para ofrecer servicios telefónicos, y con estas bases poder diseñar un esquema que establezca de manera detallada, los procesos a seguir para llevar a cabo la migración de la red telefónica de la UNAM, explicando a detalle las tecnologías que se emplearan para implementar la nueva red



Capítulo 1

INTRODUCCIÓN



1.1 Introducción al Área

Desde sus inicios y a lo largo de la historia el hombre ha empleado muchas y muy variadas técnicas de comunicación para intercambiar información a grandes distancias, desde los primeros métodos, empleando tambores o señales de humo, hasta los más avanzados mecanismos de telecomunicaciones han tenido siempre como principal objetivo el establecer comunicación rápida y sin errores entre dos o más personas. Pero el acontecimiento que realmente vino a revolucionar las comunicaciones fue la invención del teléfono.

Históricamente la invención del teléfono se le ha atribuido al escocés-norteamericano Alexander Graham Bell; no obstante, en junio de 2002, el Congreso de Estados Unidos reconoció que el teléfono fue concebido por un desconocido inmigrante italiano llamado Antonio Meucci. En la resolución, el Congreso reconoció que el teletrófono Meucci (así lo bautizó él) se mostró públicamente en Nueva York en 1860, 16 años antes de que Bell lo patentara. El veredicto estadounidense también asegura que "La vida y logros de Antonio Meucci deben ser reconocidos, así como su trabajo en la invención del teléfono". Bell, que hasta ahora era aclamado como uno de los principales inventores de la historia, se limitó a robar la idea cuándo el italiano acudió inocentemente a la compañía en la que él trabajaba, la Wéstern Union con los papeles del invento. Más tarde Meucci intentó negociar con la compañía, pero su escaso dominio del inglés, sus pocos recursos económicos (no pudo pagar los pocos dólares que costaba la patente) y el nulo apoyo recibido por las autoridades competentes le impidieron reclamar lo que era suyo. Meucci murió en la miseria y sin reconocimiento alguno.

Meucci nació en 1808 en Florencia Italia, estudió ingeniería mecánica en Florencia, e ideó un sistema para permitir que los trabajadores del Teatro Della Pergola se pudieran comunicar. En 1830 viajó a Cuba, y mientras trabajaba en métodos para curar enfermedades mediante descargas eléctricas, descubrió que la voz podía viajar mediante impulsos eléctricos a través de un cable de cobre. En 1850 viajó a Nueva York a desarrollar ésta tecnología.

Sin embargo, la patente por éste invento fue obtenida el 7 de marzo de 1876 por el estadounidense Alexandro Graham Bell, profesor en la Universidad de Boston. Para 1921 había próximamente 13 millones de teléfonos conectados a las líneas de la American Telephone and Telegraph Company. Sus circuitos se interconectaban a través de 40.000.000 de kilómetros de alambre. En ésta red se manejaban 33.000.000 de llamadas diarias en promedio.

Con el paso del tiempo los servicios telefónicos han evolucionado y se dividen en dos tipos de redes, las redes privadas y la red telefónica pública.



Red telefónica pública (public switched telephone network PSTN)

- Es aquella que da servicio a l público en general.
- Es la red de telecomunicaciones de mayor cobertura geográfica.
- Tiene el mayor número de usuarios conectados.
- Establece llamadas entre usuarios en cualquier parte del mundo.

Redes telefónicas privadas

- Da servicio sólo a un determinado grupo de personas, institución, empresa, compañía, etc. Ofrece servicios digitales que generalmente no se tienen con la red pública.
- Permite establecer un plan de marcación reducido.
- Administración por el propietario.
- Manejo de restricciones definidas por la administración.
- Enlaces dedicados entre sus diferentes nodos.
- Interconexión con la PSTN.

Dentro de éste contexto la UNAM desarrollo a finales de la década de los 80's su red telefónica privada, la cual tenía como objetivo primordial el proporcionar servicios telefónicos para garantizar la comunicación de su personal tanto internamente como hacia el exterior. La red construida satisfizo totalmente las necesidades de la UNAM en aquel entonces, sin embargo, una vez que la red se puso en operación no se llevaron a cabo trabajos para renovarla periódicamente y de ésta forma mantener a la red telefónica de la UNAM a la vanguardia, lo cual ocasionó que con el paso de los años la red quedara en la obsolescencia.



1.2 Definición del Problema

La actual red telefónica de la UNAM se comenzó a instalar a principios de la década de los 90's, el fabricante ofició una garantía de 10 años tanto en operación como en refacciones, es decir, que ésta red fue diseñada para cumplir sus funciones durante un tiempo de vida promedio de 10 años. Sin embargo, ésta red sigue operando actualmente lo cual implica que ha rebasado su tiempo de vida en un 70%.

Dado que la UNAM debe ofrecer servicios telefónicos de primera calidad a sus funcionarios, Investigadores, Académicos, Profesores, Alumnos y Personal de la UNAM en general. Resulta necesario diseñar una nueva red telefónica que coloque a la UNAM a la vanguardia en cuanto a comunicaciones telefónicas.

¿Por qué el cambio?

Durante el período de operación de la red, ésta pasó de ser una red innovadora y vanguardista a ser una red rezagada y sin posibilidades de crecimiento. Actualmente la red telefónica de la UNAM proporciona un servicio de buena calidad a sus usuarios, sin embargo ya no tiene capacidad para ofrecer algunos de los servicios que hasta hace 5 años eran fácilmente proporcionados, aunado a esto la tecnología ha ido rebasando a la actual red y muchos de los servicios que son comúnmente empleados en otras empresas no pueden ser proporcionados por la actual red telefónica de la UNAM. A continuación se mencionan algunos de los aspectos que justifican el cambio total de la actual red telefónica de la UNAM.

Obsolescencia tecnológica. La actual red está basada en tecnologías desarrolladas durante las décadas de los 70's y 80's, las cuales a pesar de ser bastante robustas han pasado a ser tecnologías obsoletas hoy en día. Muchos de los nuevos e innovadores servicios que ofrecen los actuales sistemas telefónicos no son soportados por la actual red telefónica de la UNAM, lo cual implica que para poder implantarlos en la red de la UNAM resulta necesario cambiar la totalidad de los conmutadores.

Escasez de refacciones. Muchos de los conmutadores instalados son del modelo 2400ims estos equipos cumplieron hace mucho los 10 años de garantía en refacciones a los que se comprometió el fabricante, lo cual implica que en algunos casos resulte imposible conseguir refacciones, por mencionar un ejemplo, ya no se encuentran en el mercado aparatos telefónicos digitales ni tarjetas de línea para dichos equipos. Esto implica que no es posible ofrecer nuevos servicios digitales (aparatos DTERM o multilínea) en las dependencias que reciben sus servicios de conmutadores 2400 ims.

Imposibilidad de crecimiento. Muchos de los conmutadores ya están configurados a su máxima capacidad, por lo que no es posible ofrecer servicios nuevos de ninguna clase, lo cual ocasiona que muchas de las dependencias se



vean en la necesidad de hacer costosas inversiones para comprar equipos y poder solucionar sus necesidades de crecimiento.

Deterioro de aparatos telefónicos a consecuencia de su uso. Muchos de los aparatos digitales instalados en la UNAM se encuentran en malas condiciones; rotos, teclas numéricas con los dígitos borrados, con teclas faltantes, sin tarjetas de manos libres, etc. Estos aparatos no se pueden sustituir porque ya no se encuentran en el mercado.

Retomar el concepto de red telefónica de la UNAM. Una red telefónica es aquella en la cual todos los usuarios pueden emplear las mismas facilidades y hacer uso de los mismos servicios de manera transparente. A raíz de la instalación de equipos de diferentes marcas en muchas dependencias se ha perdido el concepto de red, en muchas ocasiones al realizar marcaciones internas (a 5 dígitos) nos contesta la operadora automática y nos pide digitar la extensión deseada que generalmente es de 3 dígitos, éste es un claro ejemplo de la desintegración de la red. De igual forma muchos de los servicios que generalmente se emplean en la red no son compatibles con los equipos internos de las dependencias. La única forma de retomar el concepto de red telefónica de la UNAM es instalar una nueva infraestructura la cual sea capaz de ir absorbiendo poco a poco los equipos instalados en las dependencias hasta desaparecerlos por completo.

La necesidad de proporcionar a los usuarios de la red telefónica de la UNAM servicios vanguardistas, los cuales ayuden a facilitar su desempeño dentro de nuestra máxima casa de estudios. En la actualidad las comunicaciones juegan un papel muy importante, y dentro de todas las formas de comunicación la telefonía juega un papel preponderante, por lo que el contar con servicios telefónicos de vanguardia repercute directamente en el trabajo de los usuarios, propiciando mayor productividad y desarrollo de las empresas, en el caso de la UNAM los actuales servicios telefónicos dejan mucho que desear, por lo que se hace necesario migrar hacia nuevas tecnologías de comunicación telefónica que permitan a los universitarios comunicarse adecuadamente y propiciar así una mayor eficiencia del personal en su conjunto.



1.3 Objetivos Generales y Contribuciones

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo el diseñar una nueva red telefónica para la UNAM. Dicha red deberá ser capaz de proveer funciones, servicios y tecnologías de punta tales como telefonía IP (Internet protocol), telefonía SIP (Session Initiation Protocol), videoteléfono, etc. Sin embargo, la nueva red deberá aprovechar al máximo la infraestructura con la que cuenta la actual red telefónica; esto implica que la gran mayoría de los servicios ya mencionados no serán incluidos inicialmente en el proyecto de migración, sin embargo, se especificaran las características que deberá cubrir la nueva red para poder ser empleados en cuanto la infraestructura de las dependencias de la UNAM lo permitan, esto es, que los nuevos conmutadores deberán estar listos para ofrecer los servicios en cuanto la UNAM lo decida.

La comunicación telefónica sigue siendo el método de comunicación a distancia más empleado, ya que nos permite intercambiar ideas a través de la palabra como si estuviésemos en presencia de nuestro interlocutor. Si a esto aunamos el hecho de que los actuales sistemas telefónicos ofrecen una gran diversidad de facilidades tales como transferencia de llamadas, Completación de llamada, direccionamiento de llamadas etc. Resulta evidente que entre más eficiente y completo sea un sistema telefónico, el servicio que se podrá ofrecer al usuario le permitirá a éste realizar sus comunicaciones telefónicas de manera más eficiente, lo cual en nuestro caso contribuirá a eficientar el desempeño del personal de la UNAM en general, ya que todos de una o de otra forma empleamos los servicios telefónicos de la red UNAM para apoyar nuestras labores. Las contribuciones de éste proyecto serán extensivas directamente a todos y cada uno de los usuarios de la red telefónica de la UNAM, funcionarios, Investigadores, Académicos, Profesores, Alumnos y en general a toda persona que establezca comunicación telefónica con personal de la UNAM.



1.4 Estructura de la Tesis

Este trabajo de tesis está dividido en 6 capítulos cada uno de los cuales se describen a continuación:

Capítulo 1. En éste capítulo se mencionan los aspectos generales de los sistemas telefónicos y el caso particular de la UNAM, exponiendo las causas por las cuales se requiere de una nueva red telefónica para la UNAM.

Capítulo 2. En éste capítulo se describen las principales características, funciones y propiedades de los sistemas telefónicos en general.

Capítulo 3. Se realiza una descripción a detalle de la actual red telefónica de la UNAM, el propósito de éste capítulo es sentar las bases para el diseño de la nueva red empleando al máximo la infraestructura de la actual red telefónica.

Capítulo 4. Se describen las distintas tecnologías, facilidades y servicios que se emplearan u operaran en la nueva red telefónica de la UNAM.

Capítulo 5. En éste capítulo se realiza el dimensionamiento de la nueva red tanto en el número de extensiones como en cuanto al tráfico. También se define la topología de red a emplearse y las tecnologías que deberá soportar la nueva red. En éste capítulo también se definen los procesos a seguir para implementar la nueva red así como los resultados que se esperan una vez instalado el nuevo sistema.

Capítulo 6. Conclusiones.



Capítulo 2

CONCEPTOS GENERALES



Introducción

La telefonía es sin lugar a dudas el invento que ha revolucionado el mundo de las telecomunicaciones. Para evolucionar desde los primeros sistemas de comunicación telefónica que requerían de operadoras humanas para realizar sus procesos, hasta los actuales conmutadores telefónicos se han tenido que desarrollar e implementar técnicas de multiplexación y modulación para soportar más usuarios y requerir menos repetidores, se ha tenido que encontrar y desarrollar nuevos y mejores medios de transmisión que soporten cada vez más caudales de tráfico, se han desarrollado complicados métodos de señalización para establecer conversaciones telefónicas, etc. En éste capítulo se presentan los conceptos generales de telefonía, desde los elementos que componen a un teléfono y un conmutador hasta las técnicas de señalización más empleadas.



2.1 El Teléfono

El teléfono es el elemento que funciona como interfaz entre el usuario y el sistema telefónico, su principal misión es la de convertir las ondas sonoras de la voz en ondas eléctricas y viceversa. Para llevar a cabo su función, el teléfono, tiene como tareas principales:

- Generar la señalización de registro para que el usuario pueda marcar a usuarios destino.
- Generar la señalización de línea para indicar a la central que un usuario requiere el servicio.
- Proporcionar cierta retroalimentación del micrófono al audífono para que el usuario pueda escucharse a si mismo cuándo habla y evitar la sensación de vacío.
- Generar una alarma ya sea visual o audible cuándo se recibe una llamada.

El teléfono es el elemento que menos cambios ha sufrido en la telefonía fija, ya que a pesar de haberlos de todos tipos colores y apariencias, el principio básico de operación se mantiene prácticamente intacto.

En la **figura 2.1** se pueden observar los elementos que conforman un aparato telefónico. A continuación se describen las funciones de cada uno de ellos.

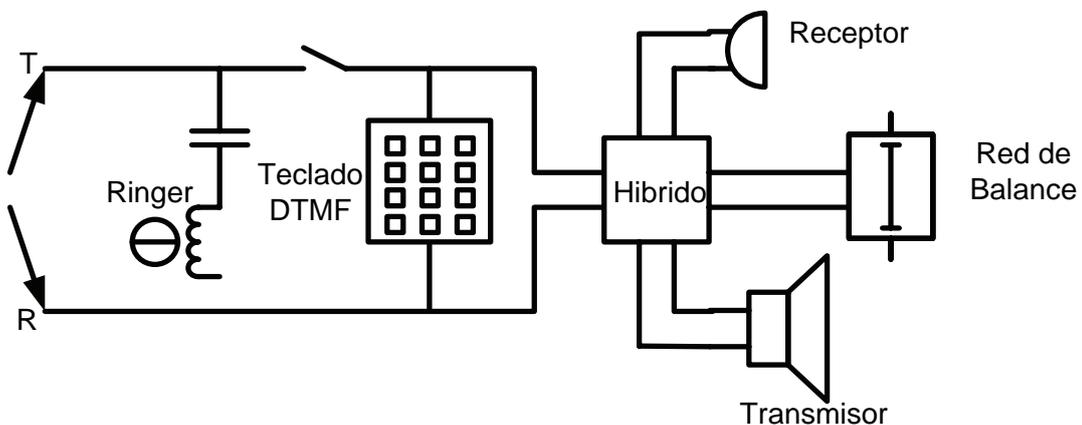


Figura 2.1. Diagrama a bloques de un teléfono.

Línea: A pesar de que la línea no es en sí una parte del aparato telefónico, se debe especificar que para que un aparato éste en operación es indispensable que exista una corriente que identifique el estado de disposición del aparato dentro de la red telefónica, generalmente se emplea corriente directa con un voltaje de -48 V .



Ringer o timbrado: Éste elemento es el que se encarga de notificar al usuario de la existencia de una llamada entrante, en algunos casos el timbrado es acompañado por señales visibles y es decisión del usuario que tipo de alarma emplea. La señal de timbrado la generan las centrales sobreponiendo una señal de corriente alterna (usualmente de 90 V y 20 Hz) a la señal existente de -48V DC de la línea.

Interruptor: se encarga de abrir y cerrar el circuito para indicar a la central si el teléfono está libre u ocupado. Cuándo el aparato está colgado el interruptor del teléfono mantiene aislados a todos los elementos del teléfono, excepto el timbre. En estos casos el timbre está acoplado con la línea a través de un capacitor que previene que la corriente directa fluya, pero permite que el voltaje de corriente alterna de timbrado active el timbre. Cuándo el usuario descuelga el teléfono el interruptor conecta la línea con el aparato y permite el paso de la corriente que energiza al transmisor. Si se descolgó el teléfono como respuesta a una llamada entrante, la central enlaza la línea del teléfono con la línea de quien marcó. Si el teléfono se descuelga con la intención de realizar una llamada se señala a la central telefónica para que envíe el tono de invitación a marcar. Al marcar el usuario el número destino, el sistema de marcación envía pulsos o tonos (dependiendo del sistema de marcación) que representan los números del usuario destino, la central los identifica y enlaza la línea que origina la llamada con la línea del usuario destino, si ésta se encuentra libre y es respondida la llamada. En caso contrario el conmutador regresa la señalización correspondiente a la situación presentada.

Teclado: Se encarga de generar tonos a diferentes frecuencias para indicar a la central el número o símbolo que el usuario está solicitando. A pesar de que generalmente los teclados telefónicos tienen 10 dígitos y 2 símbolos (# *) en realidad sólo generan 8 distintas frecuencias, las cuales se sobreponen para formar pares de frecuencias, una alta y una baja y de acuerdo a la pareja de frecuencias se determina el número o símbolo marcado dando un total de 16 posibles combinaciones en la **tabla 2.1** se muestran las que comúnmente se emplean.

| Teclado | Datos Entrada | | | | Tonos Salida | |
|---------|---------------|----|----|----|--------------|---------|
| | D3 | D2 | D1 | D0 | fb (Hz) | fa (Hz) |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 697 | 1209 |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 697 | 1336 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 697 | 1477 |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 770 | 1209 |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 770 | 1336 |
| 6 | 0 | 1 | 1 | 0 | 770 | 1477 |
| 7 | 0 | 1 | 1 | 1 | 852 | 1209 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 852 | 1336 |
| 9 | 1 | 0 | 0 | 1 | 852 | 1477 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 941 | 1336 |
| * | 1 | 0 | 1 | 1 | 941 | 1209 |
| # | 1 | 1 | 0 | 0 | 941 | 1477 |

Tabla 2.1. Frecuencias generadas por el teclado.



Híbrido: Su función es convertir el par de cables del transmisor y del receptor (4 hilos) en un sólo par para la línea telefónica (2 hilos). En la mayoría de los teléfonos éste híbrido es un pequeño transformador con embobinado múltiple a manera de separar eléctricamente las señales recibidas y transmitidas y permitir la comunicación full-duplex. Una red de balanceo en el híbrido permite que haya una cierta retroalimentación del transmisor al receptor de la persona que habla de tal manera que ésta pueda escucharse al estar hablando para modular el volumen de su voz.

Receptor: el receptor tiene como función convertir las ondas eléctricas en ondas sonoras similares a las que generó la persona que habla en el otro extremo. El receptor es en si una bocina, tiene un diafragma con dos imanes colocados a las orillas del diafragma que lo hacen vibrar. Uno de los imanes es permanente el cual mantiene al diafragma fijo en su lugar y cerca de él. El otro imán es un electroimán formado por una pieza de hierro con alambre de cobre enrollado alrededor. Cuando la corriente pasa por el alambre enrollado el trozo de hierro se magnetiza y jala al diafragma hacia él alejándolo del imán permanente y lo hace vibrar. Dependiendo de la cantidad de corriente el electroimán jala mucho o poco al diafragma. El patrón de corriente de mucho o poco va de acuerdo con el volumen de la voz de la persona en el transmisor y éste se refleja en el receptor jalando mucho o poco al diafragma, el cual al moverse jala y empuja aire generando ondas sonoras similares a las que la persona produjo en el otro extremo.

Transmisor: La función del transmisor es convertir las ondas sonoras en corrientes eléctricas las cuales se transmiten a través de la línea telefónica. Cuando una persona habla en el teléfono las ondas sonoras entran al transmisor. Éste transmisor consta de un diafragma que vibra con las ondas sonoras. El diafragma vibra a diferentes velocidades dependiendo de las variaciones en la presión del aire debidas a los tonos variantes de la voz de quien habla. Detrás del diafragma hay una pequeña zona con granos de carbón que son presionados por el diafragma. Una corriente eléctrica de bajo voltaje proveniente de la central telefónica y circula a través de los granos de carbón. Cuando la persona habla con un volumen alto, la presión en los granos es mayor haciendo que los granos estén más juntos y facilitando la circulación de corriente por lo que pasa una mayor cantidad de corriente. Por el contrario, cuando la persona habla en un tono bajo la presión es menor, por lo que los granos no están tan juntos y se dificulta la circulación de corriente. De tal forma que el patrón de las ondas sonoras determina la presión en el diafragma y éste a su vez determina la presión en los granos (resistencia) haciendo que la corriente sea mayor o menor, de tal manera que la corriente copia el patrón de las ondas de sonido y viaja a través del cable, pasando por la central, la cual dirige las señales eléctricas hasta el aparato receptor.

A pesar de que hoy en día los aparatos telefónicos tienen un sin fin de facilidades, características y funciones, los procesos para llevar a cabo su principal función que es la de servir como receptor y transmisor de señales acústicas siguen siendo prácticamente idénticos a los que presentaron los primeros aparatos que contenían dentro de su cuerpo todos los dispositivos necesarios para funcionar.



2.2 El Conmutador

Un conmutador es el elemento central de un sistema telefónico. Su principal función es la de direccionar las llamadas originadas, hacia su respectivo destino. Cada teléfono que se encuentra dentro del sistema tiene un circuito asignado, de tal forma que un conmutador se encarga de identificar los circuitos que generan llamadas y conectarlos con el circuito destino, reservando una trayectoria entre ellos durante el tiempo que dura la llamada.

Todos los sistemas de conmutación incluyen los siguientes elementos:

- Matriz de conmutación: se encarga de establecer las trayectorias entre los circuitos una vez que se solicita una llamada.
- Controlador: Éste elemento es necesario sólo en las redes telefónicas compuestas por más de un conmutador, y se encarga de indicar la dirección que deben seguir las trayectorias a través de la red conmutada. En los sistemas en que sólo existe un conmutador, el usuario controla al conmutador mediante los dígitos marcados.
- Base de datos: En ésta base se almacena la configuración del sistema, las direcciones y las características de líneas y troncales.
- Puertos de Línea: Son los circuitos en los cuales se programan las líneas telefónicas, su propósito es el de asignar una dirección a cada línea para poder manejarla físicamente.
- Puertos de Troncal: Son los puertos de entrada y salida que se emplean para realizar llamadas hacia otros conmutadores, incluyendo la PSTN.

Para llevar a cabo sus funciones, el conmutador debe ser capaz de llevar a cabo algunas tareas básicas como son:

- Detectar el estado de cada uno de sus circuitos. Los posibles estados de un circuito son básicamente 3.
 - Libre: el circuito está listo para recibir o generar llamadas.
 - Ocupado: el circuito se encuentra en proceso de llamada.
 - No disponible: el circuito puede estar dañado o temporalmente fuera de servicio.
- Proporcionar registros de marcación a sus circuitos cada vez que estos lo requieren. El tono que generalmente escuchamos al intentar hacer una llamada es proporcionado por el conmutador, y es la señal de que el conmutador cuenta con los recursos necesarios para procesar la llamada.
- Generar corrientes de timbrado para indicar a sus circuitos de una petición de llamada.
- Reservar trayectorias mientras una llamada está en proceso.
- Administrar los canales de entrada y salida hacia la red pública PSTN u otras redes de telefonía privadas.



Los sistemas telefónicos durante muchos años dependieron de operadoras humanas para realizar sus funciones. Desde que se instaló el primer sistema comercial de Bell en 1887 y hasta finales de 1800`s el número de usuarios se incrementó vertiginosamente, haciendo necesario contar con centrales telefónicas de operadoras humanas cada vez más grandes como se muestra en la **figura 2.2**, esto, aunado a la incomodidad de hablar mientras que la operadora escuchaba para saber en que momento debía terminar la conexión impulsó a la creación de sistemas automáticos.



Figura 2.2. Central telefónica de Nueva York a principios de 1900`s.

Como respuesta a ésta necesidad a lo largo de la historia se han desarrollado varios tipos de conmutadores automáticos, sistemas paso a paso, de barras cruzadas y de relevadores electromecánicos. Todos estos sistemas estuvieron basados en un tipo de multiplexaje conocido como multiplexaje por división de espacio (SDM), debido a que en todos ellos se asigna una trayectoria física separada para cada conversación realizada en el sistema.

En 1948, la invención del transistor, por Walter H. Brattain, John Bardeen y William Shockley en los Bell Telephone Laboratories, produjo una revolución en la electrónica que condujo a la creación de centrales telefónicas de mucha mayor velocidad, eficacia y seguridad. Esto dio origen a la creación de las centrales electrónicas analógicas, en las cuales la matriz de conmutación seguía siendo electromecánica en un principio, pero la característica innovadora fue que realizaban las funciones de control por medios electrónicos empleando un programa almacenado de control para realizar las funciones de conmutación, señalización y administración de la red con lo cual la capacidad de líneas que se podían manejar se incrementó considerablemente.



Conforme las redes públicas de comunicaciones fueron expandiéndose y teniendo más usuarios, las compañías vieron la necesidad de crear soluciones que les permitiera tener conexiones entre todos sus usuarios, sin tener que instalar un par de cables hacia cada uno de ellos. Diversas técnicas fueron implementadas para evitar la gran concentración de cables resultando, entre ellas, el switcheo y el multiplexaje, el multiplexaje es la técnica que permite la transmisión simultánea de una gran cantidad de señales utilizando un medio común de transmisión. Existen diferentes formas de multiplexaje tales como frecuencia, tiempo y longitud de onda.

Multiplexaje por división de frecuencia (FDM): El multiplexaje por división de frecuencia o FDM es una técnica analógica utilizada extensamente. Ésta técnica divide el ancho de banda total disponible del canal en pequeñas bandas las cuales se asignan a cada mensaje individual de los usuarios. Esto resulta en un desplazamiento en frecuencias de cada uno de los mensajes transmitidos, lo que evita la interferencia entre los mismos y permite su transmisión simultánea como se muestra en la fig. 2.3.

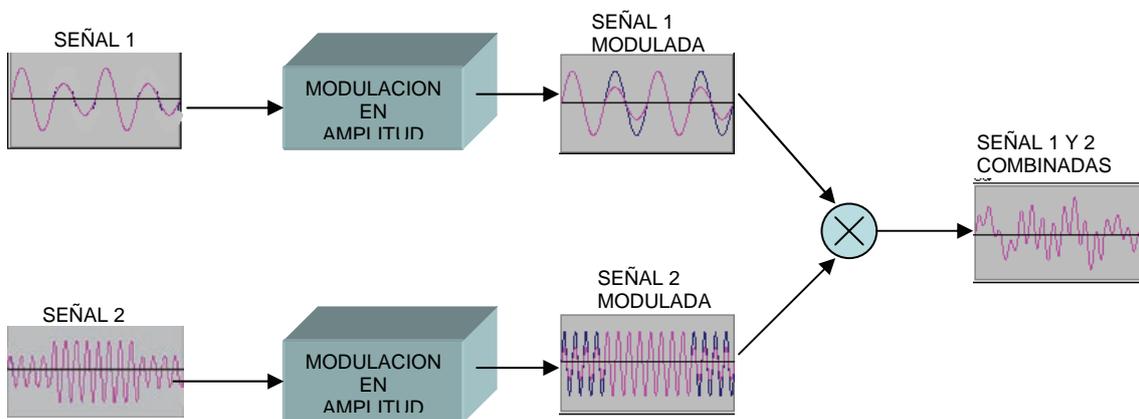


Figura 2.3. Multiplexaje por división de frecuencia.

Multiplexaje por división de tiempo (TDM): El multiplexaje por división de tiempo consiste en transmitir varios mensajes dividiéndolos en pequeñas muestras en el tiempo en una secuencia regular. Las diferentes señales de entrada son muestreadas en el transmisor mediante una llave rotativa o “conmutador” en un específico intervalo y luego de ser transmitidas, son recibidas por el correspondiente canal durante el mismo intervalo de tiempo. Una característica importante de estos sistemas, es la sincronía que debe existir entre el transmisor y el receptor. Si llega a existir una pérdida de sincronía el sistema se ve inhabilitado para seguir enviando muestras. A diferencia con la multiplexación por división de frecuencia, en TDM los mensajes tienen la posibilidad de utilizar el ancho de banda total del canal y además con TDM se tiene la ventaja de utilizar técnicas que permiten codificar y almacenar señales. Las aplicaciones más extensas de la multiplexación por división de tiempo son en las redes de telefonía actuales. Los enlaces principales que unen centrales telefónicas utilizan ésta técnica. Su funcionamiento se describe en la **figura 2.4**

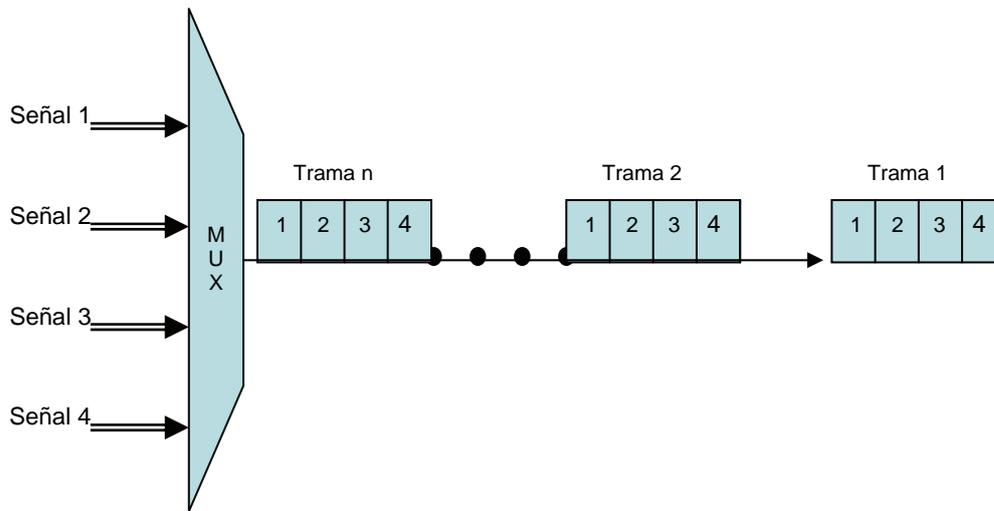


Figura 2.4. Multiplexaje por división de tiempo.

A partir de 1976 las centrales electrónicas fueron capaces de manejar una combinación de multiplexaje por división de tiempo (TDM) con multiplexaje por división de espacio (SDM) y se empiezan a utilizar señales PCM (Pulse Code Modulation). Por ejemplo se podía tener un conmutador cuya primera etapa fuera una etapa por división de tiempo, seguida por una etapa por división de espacio, luego una tercera etapa por división de espacio y por último una cuarta etapa por división de tiempo, a éste conmutador se le llamaría de tipo TSST (tiempo-espacio-espacio-tiempo).

Otra diferencia importante de éstas centrales con respecto a las anteriores es la manera de hacer la conmutación. Las etapas por división de espacio utilizan dispositivos de estado sólido y compuertas lógicas para la función de los interruptores y para las etapas por división de tiempo utilizan un elemento llamado TSI (intercambiador de espacios de tiempo) que es básico en estos conmutadores.

El primer conmutador con ésta tecnología fue el ESS No. 4, el cual además es el primero en tener todas sus funciones, tanto de control como la matriz de conmutación totalmente electrónicas.

Posteriormente Claude Elwood Shannon escribió en 1948 un libro trascendente que delineó la teoría de la comunicación y de la información. Gracias a sus estudios y experiencias, así como las de otros investigadores, entre ellos, Harry Nyquist (1889-1976) y Alec Harley Reeves (1902-1971), las telecomunicaciones avanzaron con gran rapidez, convirtiendo al sistema telefónico global en la máquina más compleja y automática del mundo, con la comercialización de los conmutadores digitales en la década de los 80's se dio un enorme paso hacia la modernización de los servicios telefónicos. Los conmutadores digitales tienen tres componentes principales a los que se llama módulos. Cada uno de estos módulos contiene el procesador y el equipo periférico necesario para realizar sus funciones de conmutación. Estos tres módulos son:



- **Módulo de conmutación (SC):** es el que termina las líneas y troncales y las enlaza con la central digital.
- **Módulo de comunicaciones (CC):** que opera como el centro de mensajes del sistema. Cuenta con un multiplexor por división de tiempo (TDM) que conecta las líneas de voz y la información de señalización y control con otros componentes del conmutador y a estos con el procesador central. Es el módulo que realiza formalmente las funciones de conmutación.
- **Módulo de administración (AC):** que está compuesto por el procesador central que controla a todo el sistema utilizando los programas almacenados en su memoria central.

El módulo de conmutación tiene cuatro elementos que utiliza para trabajar y que son: las **unidades de tarjetas de línea** que funcionan como la interfaz que conecta a las líneas de abonado con los componentes del conmutador; **unidades de tarjetas de troncales** que funcionan como la interfaz que conecta las troncales inter centrales con los componentes del conmutador; **multiplexor** ubicado en la unidad de tarjetas de línea (varias tarjetas comparten un sólo multiplexor) que agrupa señales de varias tarjetas de línea en bloques y las combina para formar un sólo canal; y **elemento TSI** (similar al del ESS 4) que recibe el canal multiplexado e intercambia el orden de los bloques de señal para que puedan ser conmutados adecuadamente en el SDM. Se tienen dos tipos de unidades de tarjetas de línea: analógicas (que conectan líneas de abonado analógicas de 4 KHz a la tarjeta de línea y que realizan también la conversión analógico-digital) y digitales (que enlazan líneas digitales de 64 Kbps a un canal digital). Todas las unidades de tarjetas de línea son capaces de realizar las funciones de los circuitos de línea conocidos como BORSCHT por sus siglas en inglés. Éstas funciones, son:

- **Batería:** que da la alimentación a las tarjetas y a la línea
- **Overload (sobrecarga):** provee de protección en caso de una sobrecarga de energía
- **Ringin (timbrado):** conexión al generador de tono de timbrado de la línea
- **Detección de señal:** supervisión de que exista alguna línea requiriendo servicio
- **Codificación:** conversión analógico-digital y viceversa requerida por estos sistemas
- **Híbrido:** bobina que de manera similar a lo que sucede en los aparatos telefónicos convierte la línea de dos a cuatro hilos
- **Testing (pruebas):** capacidad de realizar pruebas sobre la línea.

El multiplexor realiza la conversión a PCM. Es decir, que primero recibe señales en intervalos de tiempo iguales de cada tarjeta de línea y las agrupa en bloques de ocho bits (bloques de señales). Luego combina los bloques de señales de varias líneas en un sólo canal multiplexado. Posteriormente se divide la señal multiplexada en tramas conteniendo cada uno un bloque de cada tarjeta de línea. Los bloques de cada tarjeta de línea ocuparán siempre la



misma posición en la trama y entonces por último las tramas multiplexadas se transfieren al TSI.

El módulo de comunicaciones tiene tres elementos: **conmutador de mensajes** que distribuye y transmite la información entre los módulos de administración y los módulos de conmutación; **SDM** que realiza las funciones de multiplexaje por división de espacio y detecta y selecciona rutas disponibles y **reloj de la red** que sincroniza los componentes del sistema de conmutación dentro de la red telefónica.

El módulo de administración está formado también por tres elementos que son: **Procesador central**, que almacena los programas para controlar las operaciones dentro de la central digital; **base de datos**, que almacena y registra la información correspondiente a todo el sistema y a los procesos, llamadas y funciones que se realizan y **enlaces de datos adicionales**, que habilitan al módulo de administración para comunicarse con otras centrales.



2.3 Señalización telefónica

En un sistema telefónico es necesario que se genere cierta información de control para llevar a cabo las funciones de conmutación. Ésta información es esencial y se establece entre el equipo (teléfono) del usuario origen con el conmutador (central telefónica) al que pertenece y posteriormente la información se transfiere hacia cada uno de los conmutadores intermedios hasta llegar al usuario destino. Con el fin de establecer y supervisar una llamada en un sistema telefónico existen dos tipos de señalización, la señalización de línea y la señalización de registro.

Señalización de línea Éste tipo de señalización contiene la información referente al estado de la línea, se encarga de informar si existen peticiones para realizar una llamada, para ocupar una troncal o bien informa de la terminación de una llamada.

Señalización de registro Ésta señalización se encarga del intercambio de dígitos marcados, es decir, identifica qué número marcó el usuario origen y envía la información a través del sistema hasta que se establece la comunicación con el usuario destino. De igual forma proporciona el estado del usuario destino indicando cuándo la línea o circuito destino se encuentra libre, ocupada o fuera de servicio.

Para llevar a cabo éstas funciones de señalización se emplean básicamente dos tipos de señalización; señalización por canal asociado y señalización por canal común. En México hasta hace algunos años se utilizaba señalización por canal asociado empleando el estándar R2-MFC (Multi Frequency Code) para señalización entre centrales de la PSTN (red telefónica pública conmutada) y actualmente se sigue empleando para interconectar redes privadas con la PSTN manejando señalización de línea, que indica y supervisa los estados de los enlaces y controla el grado de avance en el establecimiento de las llamadas y la señalización de registro que permite enviar diferentes tipos de información como origen y destino de la llamada y estado del usuario destino. La señalización de registro se realiza mediante tonos de manera similar a DTMF (Dual Tone Multi-Frequency), pero usando otras frecuencias. Actualmente, éste tipo de señalización ha sido remplazado por el estándar de señalización por canal común No.7.

La diferencia entre señalización por canal asociado y señalización por canal común estriba en el medio a través del cual se envía la información de señalización. Cuando se emplea **señalización por canal asociado** la información de señalización viaja por el mismo canal que se reserva para la conversación, dicha información de señalización puede enviarse en banda o fuera de banda, lo cual significa que se manda a la misma frecuencia (en banda) o a frecuencias diferentes a las de la voz (fuera de banda). Por su parte cuando se emplea **señalización por canal común** la información viaja por un



canal distinto al que soporta la conversación, y en algunas ocasiones puede incluso seguir una trayectoria diferente a la que sigue la comunicación de voz.

La señalización por canal asociado se sigue empleando para interconectar redes privadas con la PSTN, ya que la mayoría de los equipos telefónicos que soportan señalización por canal común emplean sistemas propietarios los cuales muy difícilmente se logran integrar entre si. A lo largo de la historia han existido varios estándares de señalización por canal asociado como son:

- **1VF:** One-Voice Frequency decadic pulsing (para marcación por pulsos)
- **2VF:** Two-Voice Frequency, CCITT No. 4 (para señalización entre centrales)
- **MFP:** Multi-Frequency Pulsed, CCITT No. 5, R1
- **MFC:** Multi-Frequency Code, R2, LME MFC

En México se emplea el estándar R2 modificado o R2-MFC para interconectar redes privadas con la PSTN.

Señalización R2-MFC (R2 Modificado) Éste estándar cumple con las recomendaciones Q,421, Q,422, Q,424, Q,440, Q,480 del libro amarillo de 1980 y originalmente se empleaba como señalización entre centrales de la PSTN.

Señal de línea en R2-MFC: Indica y supervisa los estados del enlace, controla el grado de avance en el establecimiento de las llamadas. Utiliza el canal de señalización (ranura de tiempo 16).

Señal de registro en R2-MFC: Permite enviar diferentes informaciones sobre el canal habilitado de voz, tales como, los dígitos del destino y origen de la llamada, indicar el estado del usuario destino. Utiliza el canal de voz que le corresponde.

Las señales de registro se refieren a señales numéricas que proporcionan información detallada de los estados del punto anterior, es decir, mientras que la señalización de línea nos indica que un usuario está en el proceso de marcación, la señal de registro nos dice qué número está marcando.

La **figura 2.5** muestra las señales que se intercambian entre dos equipos al realizarse una llamada que involucra a ambos.

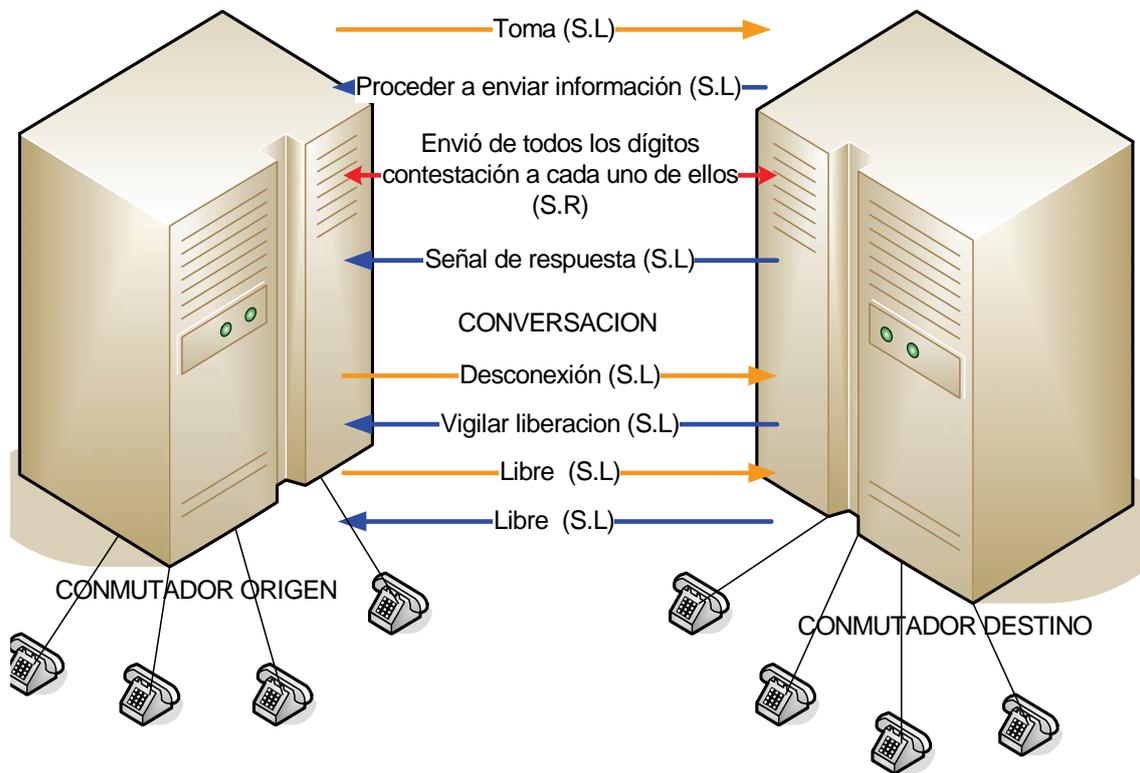


Figura 2.5. Procesos de una llamada en R2- MFC.

La señalización por canal común utiliza un sólo canal para todas las funciones de señalización del grupo de canales de voz. En éste tipo de señalización se usa un canal dedicado a la señalización entre los conmutadores de una red. La señalización envía mensajes que identifican troncales específicas y eventos relacionados con éstas troncales. En señalización por canal común no hay división entre señales de línea y de registro, como si las hay en el caso de la señalización por canal asociado. Además, las señales son paquetes de datos llamados Unidades de Señal (signal units) que viajan por una red lógica independiente. Algunos ejemplos de estándares por canal común son los estándares CCITT No. 6 (1968) y CCITT No. 7 (1979-80).

Dependiendo de cómo esté diseñada la red, la señalización por canal común puede ser de dos tipos, asociado y cuasi-asociado. La red de señalización por canal común de modo asociado es cuándo los enlaces de señalización y de tráfico tienen la misma configuración y tanto los mensajes como la señalización siguen el mismo camino en forma separada. Cuándo los enlaces de señalización y de tráfico no tienen la misma trayectoria se tiene una red de señalización por canal común de modo cuasi-asociado. En la **figura 2.6** se muestran los modos de señalización por canal común.

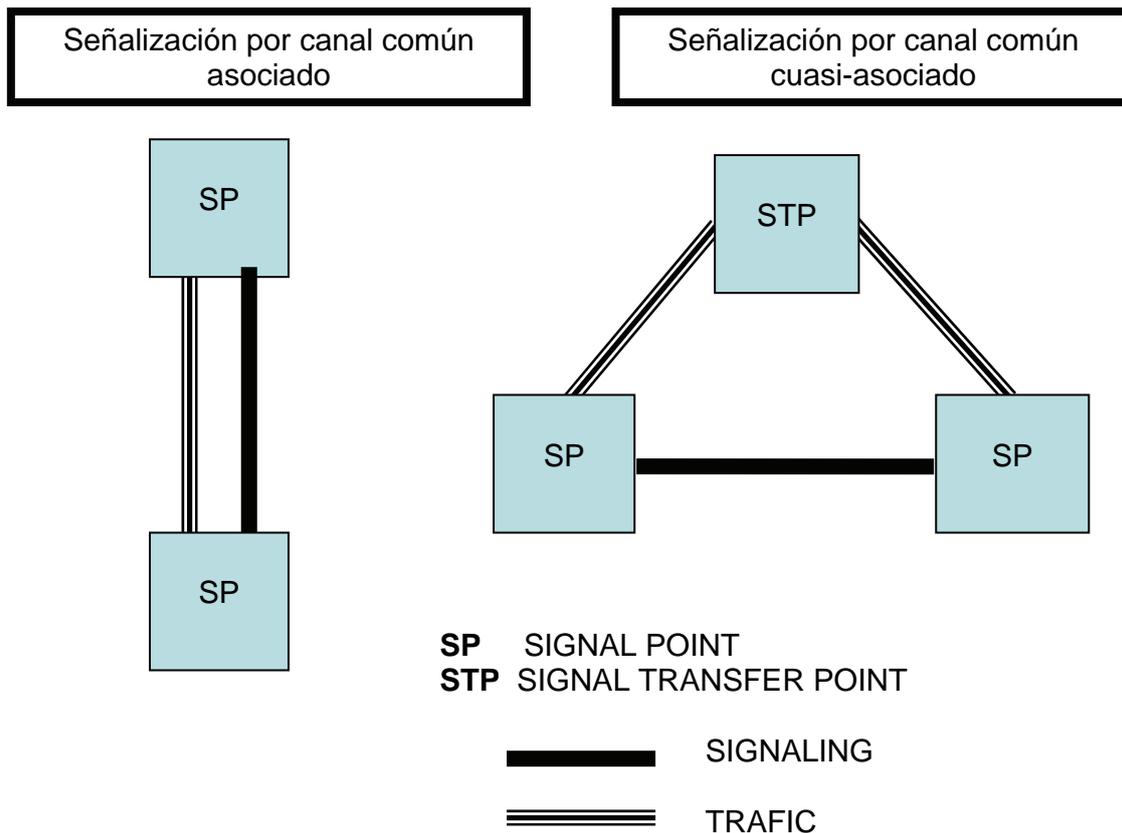


Figura 2.6. Modos de señalización por canal común.

Ventajas y desventajas de la señalización por canal común

Las principales desventajas de la señalización por canal común son:

- La información de control de un circuito en particular debe ir pasando de nodo en nodo en un proceso muy lento.
- Requiere de un mayor grado de confiabilidad.
- No realiza pruebas automáticas de los circuitos de voz.
- Algunas funciones, como tono de marcar, requieren adicionalmente de señalización por canal asociado, además de la señalización por canal común.

Por otra parte sus ventajas más importantes son:

- Se requiere de un sólo canal de señalización para todo el grupo.
- El procedimiento para transferir información entre los procesadores de los conmutadores es muy simple.
- No hay interferencia entre los canales de voz y control.
- Las conexiones entre conmutadores se realizan de manera más rápida.



Señalización CCIS No. 7

Éste estándar se diseñó a finales de la década de 1970 para redes digitales de propósito general con el fin de controlar no sólo el establecimiento de una llamada y su supervisión, sino de controlar otros tipos de servicios y comunicaciones que proporcionan las redes digitales. Es un sistema de señalización compuesto de varias capas y partes modulares, cada una con diferentes funciones que tienen una cierta relación con el modelo OSI. En las redes CCIS No. 7 (Common Channel Interoffice Signaling) se manejan ciertos conceptos que permiten clarificar el funcionamiento del sistema de señalización. A continuación se definen algunos de ellos:

- **SP (Punto de Señalización):** nodo en una red señalizada que es capaz de realizar funciones de señalización estándar. Todos los SPs en una red se identifican por un código único llamado Código Punto de Señalización o SPC, por sus siglas en inglés.
- **STP (Punto de Transferencia de Señalización):** es un punto o nodo en el cual se recibe la señalización de un SP y se transfiere a otro SP sin afectar o cambiar la señalización.
- **SL (Enlace de Señalización):** camino que sigue la señalización entre dos SPs. Físicamente un SL está compuesto por una terminal de señalización en ambos extremos del enlace y algún tipo de medio de transmisión que interconecta las dos terminales de señalización.
- **SLS (Conjunto de Enlaces de Señalización):** es un número de enlaces de señalización paralelos que interconectan dos SPs.

De las partes modulares de CCIS No. 7 se tienen dos estándares para telefonía:

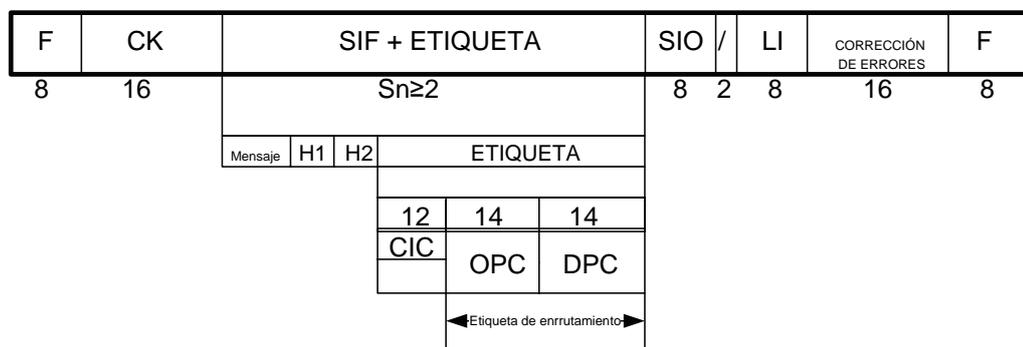
- **MTP (Message Transfer Part):** para señalización entre centrales.
- **TUP (Telephone User Part):** para señalización entre central y usuario.

Las señales **MTP** son la base del sistema de señalización y corresponde a los niveles inferiores del modelo OSI (capas 1 y 2) y está definida por las recomendaciones Q.701 a Q.707 de la ITU-T. Las señales **MTP** se encargan de las funciones de señalización de los niveles 1 (funciones de enlace de datos), 2 (funciones de señalización del enlace) y 3 (funciones de señalización de la red). En el nivel 1 se definen los requerimientos físicos y eléctricos de la señal dependiendo del tipo de medio utilizado. En el nivel 2 se definen las funciones y procedimientos relacionados con la estructura de la señal incluyendo cuestiones de control de flujo del mensaje y métodos de detección y corrección de errores. En el nivel 3 se definen las funciones y procedimientos para transportar las señales a través de la red. En ella se proporciona la información para enrutar los mensajes entre los diferentes puntos de señalización a través de los diferentes enlaces de señalización existentes.



Las unidades de señal en el estándar CCIS No. 7 pueden ser de tres tipos:

- **FISU:** señales de prueba que contienen únicamente la bandera, check bits, longitud del mensaje y la información referente a los códigos de corrección de errores.
- **LSSU:** señales FISU a las que se agrega un campo de información sobre el estado de la conexión.
- **MSU:** señales más complejas que incluyen además de la información de los otros tipos de señales la información de señalización propiamente dicha (campo SIF) más la etiqueta que contiene la información de origen y destino entre los puntos de señalización. En la **figura 2.7** se muestra el formato de la señal.



- | | | | |
|------------|-----------------------------|------------|--------------------------------------|
| F | Bandera | H1 | Código de encabezamiento H1 |
| CK | Check bits | H0 | Código de encabezamiento H0 |
| SIF | Información de señalización | CIC | Código de identificación de circuito |
| SIO | Octeto con tipo de servicio | SLS | Selección de enlace de señalización |
| LI | Indicador de longitud | OPC | Código de punto de origen |
| | | DPC | Código de punto destino |

Figura 2.7. Formato de la señal MSU.

La bandera de una señal es un patrón de bits único que identifica el inicio de cada mensaje y lo delimita de otro mensaje. Los check bits son los bits utilizados para los mecanismos de detección de errores.

Los cuatro campos que tiene la etiqueta de una señal MSU son:

- **DPC (código de punto destino):** está formado por 14 bits e identifica el punto de señalización al que se dirige el MSU.
- **OPC (código de punto origen):** formado por 14 bits identificando el punto de señalización que originó el MSU.
- **CIC (código de identificación de circuito):** formado por 12 bits e identifica el teléfono o circuito de datos entre los puntos origen y destino.
- **SLS (selección de enlace de señalización):** son los cuatro bits menos significativos del CIC y se usa para seleccionar un enlace de entre un



conjunto de enlaces de señalización, normalmente con base en la carga de los enlaces.

Al conjunto formado por los campos SLS, DPC y OPC se le llama etiqueta de enrutamiento y es la información que utiliza el MTP para dirigir los mensajes correctamente dentro de la red.

Las señales TUP están definidas por las recomendaciones de la ITU-T Q.721 a Q.725 y se refiere a las señales contenidas en el campo SIF más la etiqueta de un MSU. Las señales TUP se concentran en un cierto número de grupos de mensaje (MDA, BSM, etc.) que se identifican por un código de encabezamiento de 4 bits (H0). Cada señal de mensaje dentro de un grupo de mensaje se identifica por otro código de encabezamiento de 4 bits (H1) de manera que una señal específica (IAM, SAO, etc.) tiene un par único de códigos de encabezamiento que la identifican. La información codificada en éste octeto está contenida en el campo SIF. El resto de éste campo contiene un número de sub-campos con la información de señalización que es el mensaje formalmente dicho. En la **figura 2.8** se muestra la estructura de una señal TUP.

| | | | | | | | |
|---------|--|------|----------|-----|-----|-----|-----|
| SIF | | | ETIQUETA | | | | |
| SIF | | | ETIQUETA | | | | |
| SIF | | TIPO | ETIQUETA | | | | |
| MENSAJE | | H0 | H1 | CIC | SLS | OPC | DPC |

Figura 2.8. Formato de señales TUP.

Para establecer una llamada telefónica se requiere de una señal TUP de tipo IAM. Ésta señal es el primer mensaje en el establecimiento de la llamada. Generalmente incluye toda la información requerida para enrutar la llamada y la función de toma de troncal está implícita en el mensaje en el campo CIC. En la **figura 2.9** se muestra la estructura de la señal IAM.

| | | | | | | | |
|--------------|----------------|---------------------|--------|------------------------|------|------|----------|
| | | | | | 0001 | 0001 | |
| Señales INFO | Número Señales | Indicadores Mensaje | Libres | Categoría Suscriptor A | H1 | H0 | Etiqueta |
| Nx8 | 4 | 12 | 2 | 6 | 4 | 4 | 40 |

Figura 2.9. Señal IAM.

Otras señales TUP requeridas durante una llamada telefónica son:



- **SAM o SAO:** los dígitos adicionales del teléfono que quedan pueden ser enviados de manera individual (SAO) o agrupados (SAM). Se gana eficiencia agrupando tantos dígitos como sea posible. Sin embargo, en ocasiones, es mejor enviar los últimos dígitos por separado para evitar demoras post-marcación.
- **ACM:** lo origina el último conmutador y contiene información como el estado de la línea que recibe la llamada (suscriptor B), información de tarificación, etc.
- **ANC o ANN:** se envían como respuesta a la señal de descolgado del suscriptor B. Si se tiene una señal ANC se inicia el proceso de tarificación en el primer conmutador.
- **CBK:** se envía si el suscriptor B cuelga primero. Ésta señal no debe cortar la comunicación de manera inmediata, ya que el suscriptor B podría estar cambiando de teléfono.
- **CLF:** se envía cuándo el suscriptor A cuelga. Los conmutadores deben responder liberando las troncales y enviando un RLG como indicador de cumplimiento.
- **RLG:** es la última señal enviada durante el proceso. Luego de ésta señal las troncales están libres para ser utilizadas por otra llamada.

En la **figura 2.10** se muestra el intercambio de señales que se efectúa entre dos centrales cuándo se realiza una llamada bajo el estándar de señalización número 7. Aquí se puede observar que el proceso tiene menos pasos que en las llamadas realizadas bajo el esquema de R2- MFC.

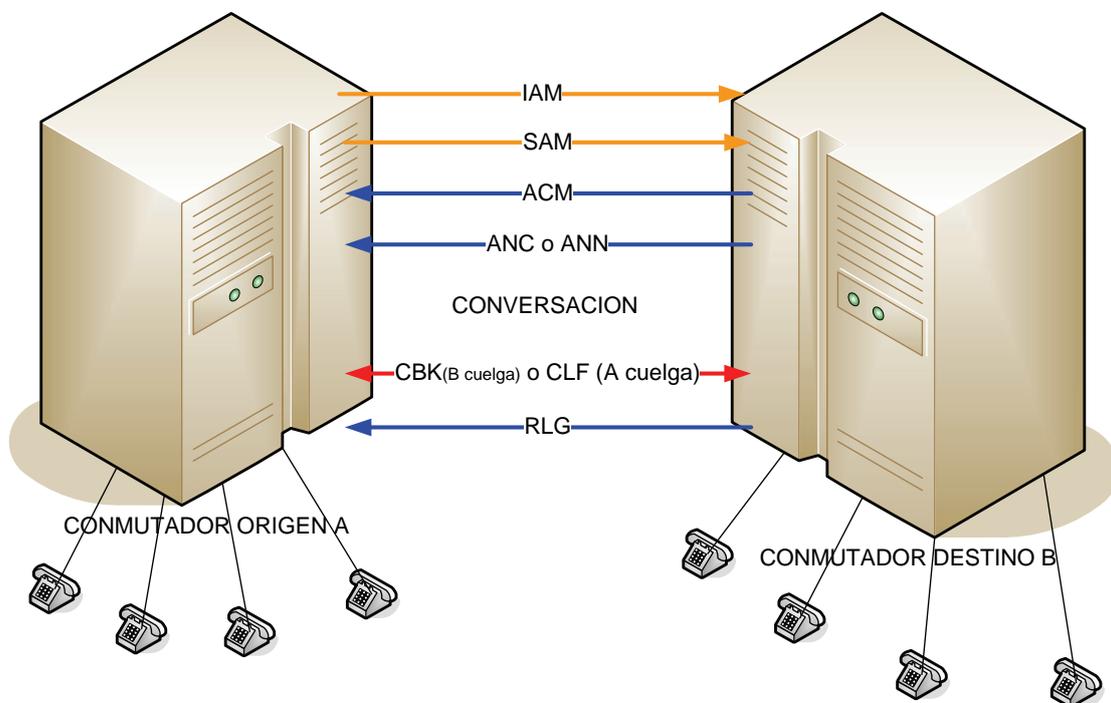


Figura 2.10. Procesos de una llamada en CCIS No 7.



2.4 Redes Telefónicas

Para los fines de éste escrito se considerará como red telefónica a aquella en la cual intervienen 2 o más equipos de conmutación que manejan el mismo tipo de señalización y permiten el empleo de un amplio número de facilidades entre los usuarios de los equipos de conmutación involucrados.

Las redes telefónicas se pueden dividir básicamente en dos tipos, la red telefónica pública conmutada (**PSTN**) y las redes privadas. En conjunto hacen de la red telefónica la de mayor cobertura geográfica y la que mayor número de usuarios tiene e incluso muchos afirman que es el sistema más complejo del que dispone la humanidad. Permite establecer una llamada entre dos usuarios sin importar en qué parte del planeta se encuentren de manera automática y prácticamente instantánea.

Red telefónica pública conmutada: Se considera como red pública a todos los servicios telefónicos ofrecidos por los proveedores al público en general, sus dominios alcanzan a todo tipo de sistemas telefónicos, ya sean fijos o móviles. Algunas de sus características principales son:

- Da servicio al público en general.
- Es la de mayor cobertura geográfica.
- Tiene el mayor número de usuarios.
- Establece llamadas entre usuarios en cualquier parte del mundo.
- En la actualidad es totalmente digital (México).

Redes privadas: Están compuestas por 2 o más conmutadores que en éste caso son conocidos como **PBX (Private Branch Exchange)** los cuales tienen por objetivo gestionar el tráfico interno de un cierto grupo de usuarios. Debe cumplir una función de comunicación entre los anexos internos y los teléfonos de la red pública. Algunas de sus características son:

- Da servicio sólo a un determinado grupo de usuarios, institución, empresa, compañía, etc.
- Ofrece servicios digitales personalizados que habitualmente no se tienen con la red pública.
- Permite establecer un plan de marcación reducido.
- Administración por el propietario.
- Manejo de restricciones definidas por la administración.
- Enlaces dedicados entre sus diferentes nodos.
- Interconexión con la **PSTN**.

En general para diseñar una red telefónica se deben satisfacer algunos requisitos mínimos para garantizar un buen funcionamiento de la misma, dichos requisitos se enuncian a continuación:



- **Garantizar suministro de energía ininterrumpido a los conmutadores y equipos periféricos en caso de que se necesiten.** Es necesario contar con plantas de emergencia u UPS para garantizar que los equipos siempre estarán energizados adecuadamente.
- **Garantizar redundancia en cuanto enlaces para acceder a cualquier nodo aun cuándo uno de ellos falle.** Cuándo se construye una red con más de tres nodos se debe buscar la manera de que en caso de falla en alguno de los nodos no se interrumpa la comunicación entre los restantes. En la **figura 2.11** se muestra la redundancia que debe existir en una red, en ésta figura se ha planteado una red consistente de 5 nodos los cuales se interconectaron empleando un arreglo combinado entre una red en anillo con una red en estrella. Esto garantiza que la comunicación de la red permanezca aun cuándo uno de los nodos presente fallas.

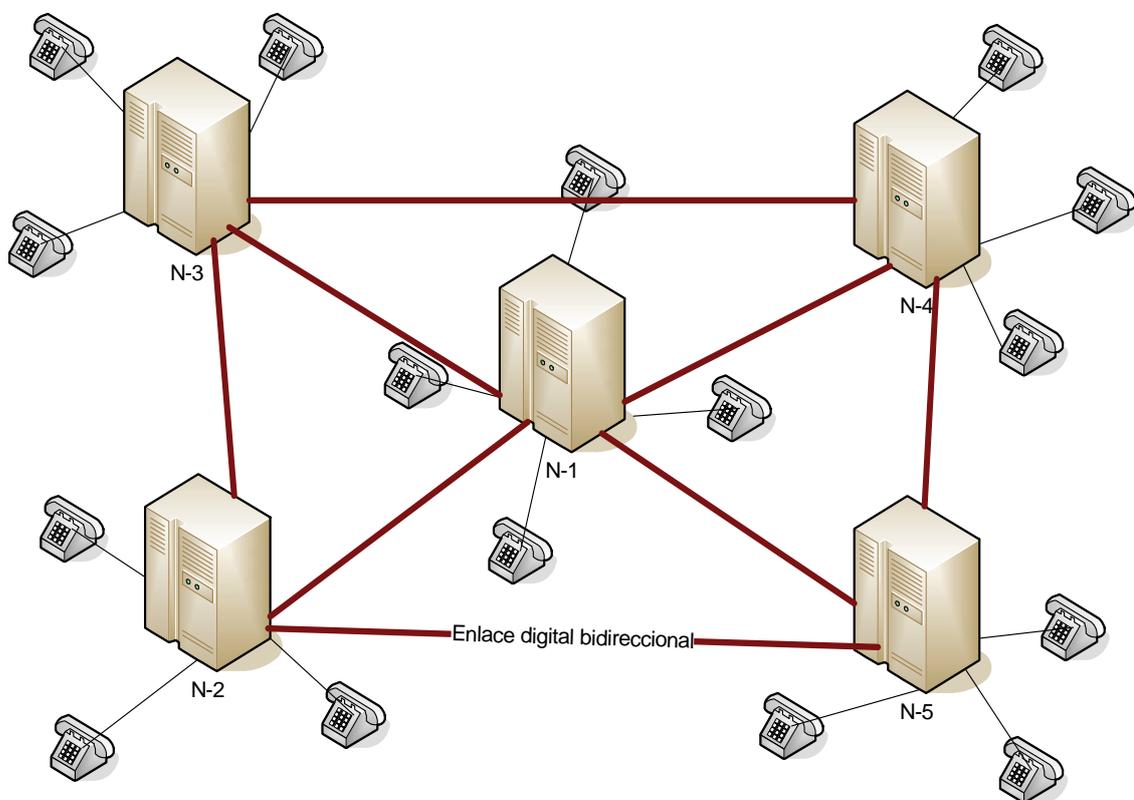


Figura 2.11. Red con redundancia.

- **Garantizar que todos los equipos involucrados manejen el mismo tipo de señalización:** al crear una red telefónica deben emplearse preferentemente equipos de la misma marca y de ser posible del mismo modelo. Esto debido a que la gran mayoría de los fabricantes de PBX manejan tecnologías de señalización propietarias, es decir, que aun cuándo estén basados en un estándar como el CCIS No 7, cada fabricante hace ciertas modificaciones en su estructura que difícilmente permiten que dos equipos de diferentes fabricantes puedan intercambiar señales al 100%. Esto limita las facilidades que pueden brindarse a los usuarios.



- **Garantizar que la red cuente con la infraestructura suficiente para satisfacer las necesidades de comunicación entre los PBX y la PSTN.** Los equipos que conforman la red deben contar con los circuitos suficientes en cuanto a troncales para garantizar que no existirá saturación de la red en las horas pico.



2.5 Tendencias De Los Sistemas Telefónicos

Desde hace ya varios años se ha venido hablando de una red integral de voz datos y video, sin embargo, hasta hoy no se ha conseguido desarrollar una red global en la cual la información proveniente de una conversación telefónica viaje indistintamente junto con información de datos o video. Una de las principales razones por la que no se ha logrado crear una red integral es porque el trato que debe darse a la información procedente de una conversación telefónica es muy diferente a la que se debe dar a una transmisión de datos. Es decir, que mientras las comunicaciones de datos en la red emplean protocolos diseñados para la conmutación de paquetes, las comunicaciones de voz deben emplear protocolos de conmutación de circuitos.

Los sistemas telefónicos han sufrido cambios significativos desde sus inicios hasta nuestros días, y aun cuándo los avances en cuestión de telefonía han sido enormes, desde que se comercializó el primer equipo telefónico hasta principios de éste siglo, siempre el mecanismo empleado para el flujo de información ha sido la conmutación de circuitos. Fue hasta finales de los 90's y principios de ésta década cuándo se concibió por primera vez una red telefónica en la que en vez de emplear conmutación de circuitos se empleará conmutación de paquetes por medio del uso de protocolos destinados a redes de datos como IP.

A pesar de que hoy en día es imposible pensar en una red global de telefonía IP, sin duda poco a poco la telefonía digital convencional deberá ir cediendo su lugar a la telefonía IP.

Para llevar a cabo la transición entre telefonía convencional y telefonía IP los proveedores han apostado por fabricar equipos que de inicio ofrecen servicios convencionales de telefonía digital, sin embargo, los enlaces y la señalización que emplean para la comunicación entre equipos es una mezcla de SS7 y el IP, además de contar con la infraestructura necesaria para ofrecer servicios de telefonía sobre IP de manera transparente para los usuarios, es decir, que el usuario no encontrara ninguna diferencia entre usar un aparato IP o uno convencional. De igual forma se pretende que estos equipos puedan ínter operar de manera total con los futuros equipos que sólo manejarán telefonía sobre IP.

De tal manera que, conforme se vayan desarrollando las tecnologías de telefonía IP se podrá ir hablando de la verdadera creación de una red integral de voz, datos y video. Ya que los paquetes de información sin importar si son de voz, datos o video podrán viajar a través de la misma red.



Capítulo 3

LA RED TELEFÓNICA ACTUAL DE LA UNAM



Introducción

A lo largo de su historia la UNAM ha implementado diversos arreglos telefónicos para comunicar a funcionarios, académicos, y trabajadores de la UNAM en general. Cada uno de dichos arreglos ha cumplido con la función de mejorar las comunicaciones telefónicas del personal de la UNAM. A finales de la década de los 80's se instaló la actual red telefónica de la UNAM, dicha red ha sido durante más de 15 años la plataforma de comunicación telefónica en la UNAM y actualmente tiene en operación alrededor de 14,000 extensiones. A continuación se describe la estructura y funcionamiento de la actual red telefónica de la UNAM, el objetivo de presentar esta información es comprender su modo de operación y la infraestructura con la que cuenta la UNAM en materia de telefonía, para de ésta forma tener un claro panorama de las necesidades y de los alcances que requiere cubrir la nueva red telefónica de la UNAM.



3.1 Historia De La Red Telefónica De La UNAM

Las comunicaciones telefónicas en C.U han estado presentes prácticamente desde que se inauguró C.U en 1952. Sin embargo, fue hasta finales de la década de los 70's cuándo se realizó el primer esfuerzo real para crear una red telefónica interna en C.U. Antes de esto el mayor equipo con el que contó la UNAM fue un equipo de la marca ERICSSON conocido como OS Ericsson el cual tenía una capacidad máxima para 300 extensiones y empleaba un método de clavijas para llevar a cabo la transferencia de llamadas.

En 1979 se instaló un equipo Ericsson modelo AKD 791/3 el cual se instaló en la facultad de arquitectura. Dicho equipo inicialmente tenía capacidad para 1800 extensiones de las cuales se instalaron 600, contaba con 240 troncales analógicas para interconectarse con la red pública y 90 circuitos de intercomunicación, es decir, que sólo podían establecerse 90 llamadas internas de manera simultánea. Además contaba con 60 troncales de entrada directa (DID).

El equipo Ericsson modelo AKD 791/3 instalado en Arquitectura tenía sus extensiones distribuidas en 20 distritos o cajas de distribución y daba servicio a toda C.U con excepción del área conocida como Zona Cultural y la Fac. de Ciencias Políticas.

En 1982 se instaló otro equipo de la misma marca y modelo en zona cultural, éste equipo tenía capacidad para 600 extensiones. Después de algunos años y de varios crecimientos a los equipos, en conjunto los dos equipos llegaron a tener alrededor de 2500 extensiones instaladas, 400 troncales hacia la red pública de las cuales 60 funcionaban como DID. Se instalaron 300 circuitos de intercomunicación los cuales a su vez permitían realizar 300 llamadas internas de manera simultánea y se instalaron 12 mesas de operadora 9 en Arquitectura y 3 en ZC. Sin embargo, sólo se tenían 10 troncales para interconectar a ambos conmutadores, por lo cual prácticamente se tenían 2 redes independientes.

El equipo Ericsson AKD 791/3 era un equipo analógico el cual operaba con relevadores electromecánicos. Éste equipo daba servicio únicamente con aparatos analógicos; es decir, que no contaba con aparatos multilínea, de hecho todos los aparatos eran de disco y si se requería instalar un teléfono de teclas (marcación por pulsos) era necesario instalar una tarjeta que hiciese la conversión de tonos a pulsos y se requería un circuito por aparato, por tal motivo sólo se instalaron no más de 10 aparatos de botonera en toda la red.

En aquel entonces el plan de numeración estaba diseñado a 4 dígitos y se tenía disponible todo el rango desde la 1000 hasta la 5000, donde la serie 5000 estaba reservada a las DID, es decir, que la marcación externa se hacía de la siguiente forma:



550-5XXX

Donde las X corresponden a los últimos dígitos de la extensión 5000. Los rangos de la 1000 a la 3000 eran extensiones internas. Ahora definiremos los elementos que conformaban dicha red.

Troncales analógicas: Para interconectar el equipo con la red telefónica pública era necesario tener un cable múltipar tendido desde la central pública que en éste caso era la central de San Ángel hasta el equipo de la UNAM instalado en Arquitectura. En el caso de las troncales DID éstas se conectaban en circuitos especiales los cuales permitían hacer la conexión con el usuario final sin necesidad de pasar por las operadoras.

Cableado: El cableado que se empleaba para brindar los servicios telefónicos era cable múltipar con forro de plomo. **La figura 3.1** muestra la estructura actual de los cables telefónicos. Para evitar humedad en los cables resultaba necesario contar con un sistema de sobrepresión para detectar rupturas en el forro de plomo de los cables. En la UNAM se tenía instalado un equipo PUREGAS MODELO 1500 el cual suministraba 42.48 m³ de aire seco, éste equipo enviaba alarmas al detectar una pérdida de presión en el sistema.



Calibre 24 AWG (0.51 mm)

Descripción:

- Conductores de cobre suave.
- Aislamiento de polietileno.
- Conductores pareados y cableados.
- Compuesto de relleno.
- Cinta reunidota no giroscópica.
- Blindaje de aluminio.
- Cubierta de polietileno.

| No de pares | Diámetro exterior (mm) | Peso (Kg/Km) | Longitud empaque (m) |
|-------------|------------------------|--------------|----------------------|
| 20 | 16.5 | 296 | 1830 |
| 50 | 21.0 | 516 | 1830 |
| 100 | 25.5 | 839 | 1830 |
| 150 | 31.5 | 1260 | 1525 |
| 200 | 34.5 | 1580 | 1220 |
| 300 | 40.0 | 2268 | 915 |
| 600 | 53.5 | 4081 | 610 |
| 900 | 65.0 | 5330 | 450 |
| 1200 | 75.5 | 7940 | 300 |

Figura 3.1. Estructura actual de los cables telefónicos.



Mesas de operadora: Se trataba de aparatos telefónicos especializados los cuales permitían a las operadoras realizar funciones tales como:

- ✓ Transferir llamadas
- ✓ Establecer conferencias
- ✓ Realizar llamadas de larga distancia
- ✓ Detectar cuándo una extensión estaba ocupada

En forma general la red telefónica se dividía en varias secciones las cuales se describen a continuación:

- **Red troncal.** Estaba constituida por los cables que interconectaban a las centrales entre sí, generalmente se trataba de cables de 600 pares y una vez que estaban en servicio cada par constituía una troncal.
- **Red principal.** La conformaban los cables que cubrían la primera fase de enlace entre la central y la caja de distribución (CD).
- **Red directa.** Se conocía como red directa a aquellos servicios que se suministraban sin necesidad de pasar a través de una caja de distribución.
- **Red secundaria.** Se refería a los cables que salían de la caja de distribución y se remataban en conectores receptores conocidos generalmente como caja chica, secundario, punto de dispersión o punto de distribución.
- **Red local o privada.** Se consideraba como red local a aquellos servicios proporcionados por centrales o equipos de uso privado.

Cuándo ésta red estaba en operación el sistema telefónico se encontraba a cargo de la Comisión de Telecomunicaciones, perteneciente a la Dirección general de Protección a la comunidad de la UNAM. Ésta comisión fue la encargada de sentar las bases de las telecomunicaciones en la UNAM y algunos sistemas diseñados por ellos siguen siendo empleados actualmente.

La **figura 3.2** muestra un esquema general de la red telefónica de la UNAM y su interconexión a la red pública a finales de los 70's.

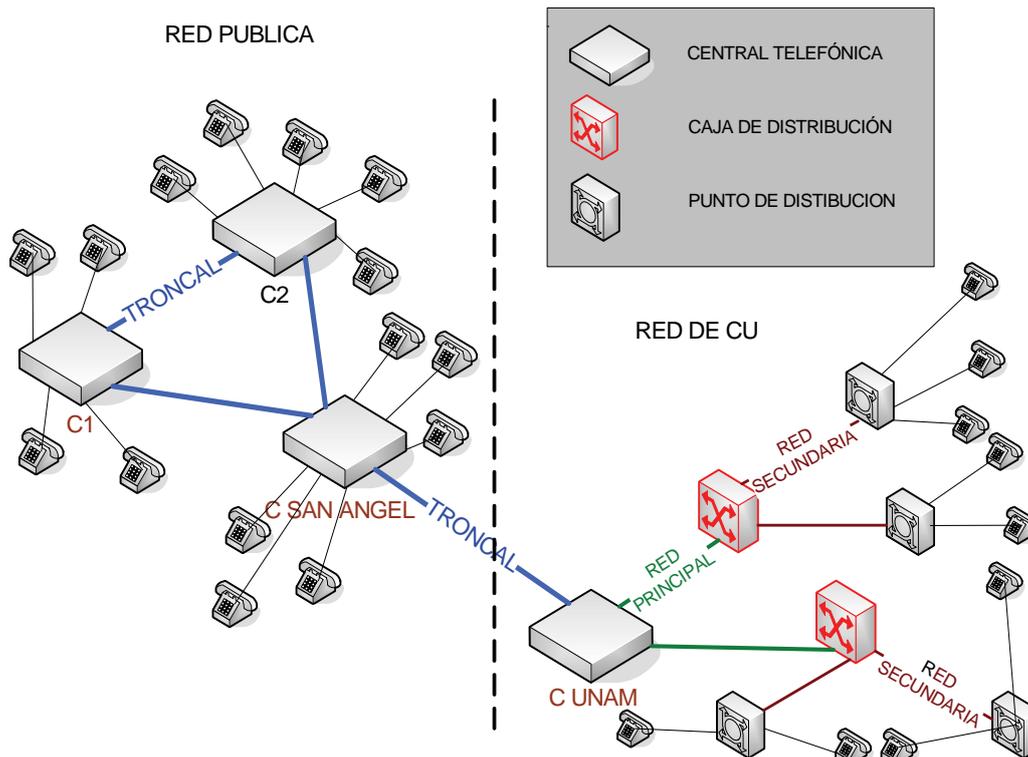


Figura 3.2. Esquema general de la red UNAM a finales de los 70's.

En el transcurso de la década de los 80's la demanda de extensiones telefónicas dentro de la UNAM fué en aumento, algunas dependencias compraron conmutadores para dar servicios internos, la creciente demanda de extensiones telefónicas y las nuevas capacidades y servicios de comunicación que los equipos digitales ofrecían impulso a la UNAM a probar el funcionamiento de los equipos digitales y a finales de la década de los 80's se retiró el equipo Ericsson de Zona Cultural y se instaló un equipo digital de la marca Harris, éste equipo sólo estuvo en operación dos o tres años, la capacidad máxima instalada que llegó a tener fue de 110 troncales y 600 extensiones. A pesar de que éste equipo soportaba troncales digitales, sólo se instalaron analógicas y realmente nunca se explotaron sus capacidades.

Debido a que las solicitudes de líneas telefónicas dentro de la UNAM seguían en aumento, la UNAM se vio en la necesidad de realizar un enorme esfuerzo para renovar por completo su red telefónica.

A finales de la década de los 80's se decidió crear una red de telefonía digital que fuese capaz de satisfacer las necesidades de comunicación de la UNAM. Como resultado de estos esfuerzos se instalaron 35 conmutadores de la marca NEC distribuidos como se muestra en la **tabla 3.1**.



| Ubicación | Número de nodos |
|------------------------------|-----------------|
| CU | 21 |
| MORELIA | 1 |
| QUERETARO | 1 |
| MORELOS | 2 |
| NODOS PERIFERICOS EN LAS FES | 7 |
| NODOS PERIFERICOS EN EL D.F | 3 |

Tabla 3.1. Distribución de conmutadores en la red instalada a principios de los 80's.

Estos conmutadores ofrecían tecnología de punta y colocaron a la UNAM a la vanguardia en comunicaciones telefónicas. Sus características en cuanto a facilidad de operación y programación permitieron que el sistema telefónico fuese aceptado de inmediato por la comunidad universitaria.

El nuevo sistema eliminó la necesidad de contar con cables multipar con cubierta de plomo para interconectar los conmutadores, en su lugar la conexión se realizó a través de una red de fibras ópticas diseñada por el cuerpo de ingenieros de la todavía Comisión de Telecomunicaciones, y en el cuarto de telecomunicaciones se realizaba la conversión de medio para entregar los enlaces a través de coaxiales a cada uno de los conmutadores. El primer equipo que se puso en funcionamiento de ésta nueva red fue el del edificio que se encuentra en Matías Romero # 1220 esquina con Pitágoras de la colonia del Valle en México DF, donde actualmente se encuentran oficinas de la Dirección General de Personal, dicho equipo se puso en operación en 1990. Entre algunas de sus características el entonces nuevo sistema permitía realizar marcaciones directas desde la red pública hasta el escritorio de los universitarios, ofrecía facilidades innovadoras en aquellos tiempos, como eran: desvío de llamadas, conferencia, captura de llamadas, funciones de jefe secretaria, timbrado distintivo, etc.

Después de varios años de trabajo se concluyó la instalación de equipos, y en 1994 se inauguró la red telefónica de la UNAM, con lo cual se oficializó que nuestra máxima casa de estudios se colocaba a la vanguardia en cuanto a sistemas telefónicos en instituciones educativas tanto a nivel nacional como en Latinoamérica. Para entonces la Comisión de Telecomunicaciones había pasado a ser la Dirección de Telecomunicaciones y posteriormente paso a ser parte de la DGSCA donde adquirió su actual nombre Dirección de Telecomunicaciones Digitales.

Actualmente la red telefónica de la UNAM cuenta con 40 conmutadores. A continuación se describen las características generales de la actual red telefónica de la UNAM.



3.2 Características De La Actual Red Telefónica De La UNAM

Conmutadores

Como se mencionó, la red telefónica de la UNAM cuenta con 40 conmutadores, distribuidos en C.U, área metropolitana y algunos estados de la república. En la **figura 3.3** se muestran los modelos de los equipos instalados en la red UNAM y la máxima capacidad de servicios instalados.

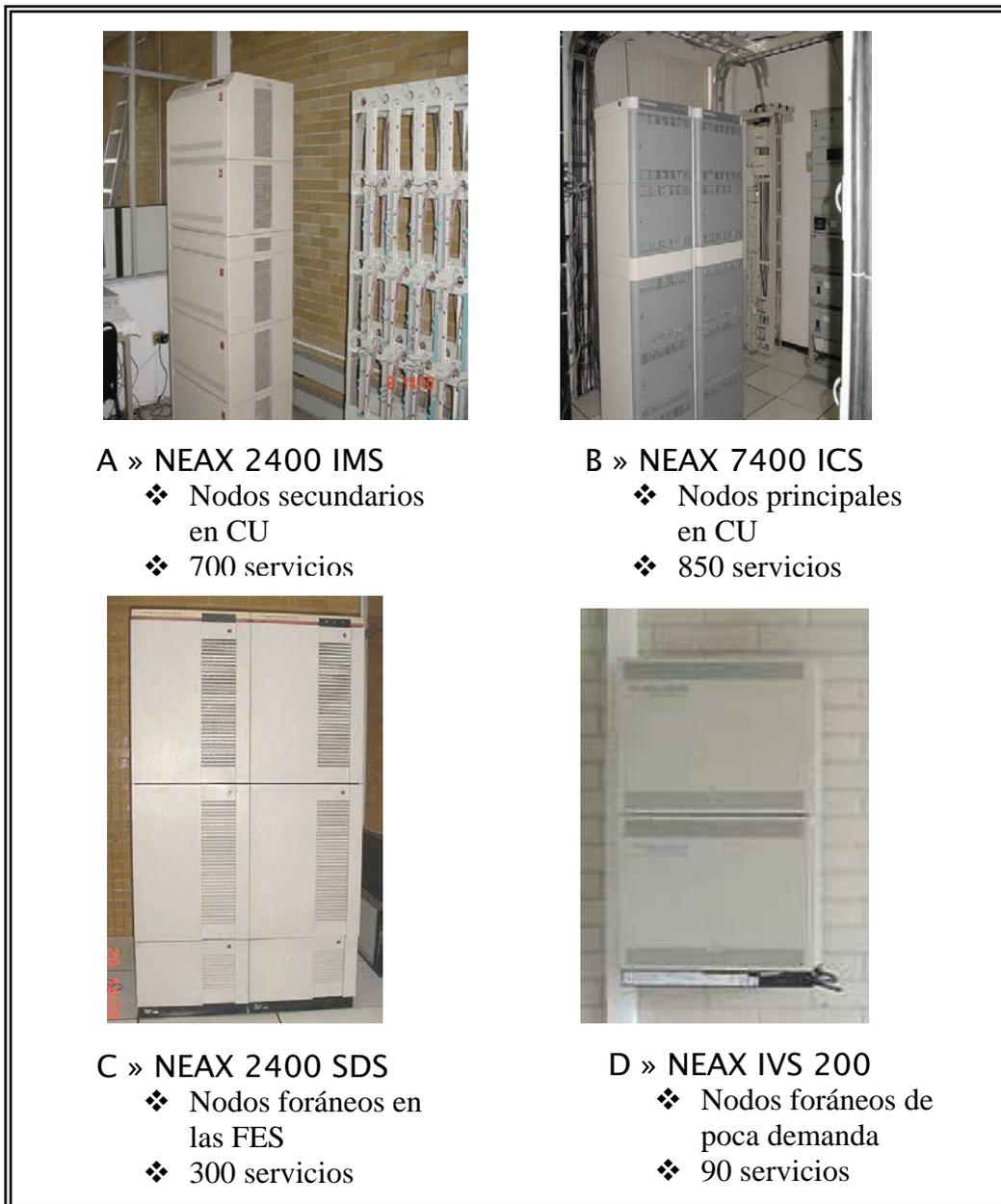


Figura 3.3. Conmutadores de la red telefónica de la UNAM.



Además se cuenta con otros modelos como son el NEAX 2400 XP, NEAX 7400 IMX, y el NBX 100. Todos los equipos son de la marca NEC con excepción del NBX 100 que es de la marca 3COM y que está instalado en la torre de ingeniería.

La red telefónica de la UNAM proporciona diferentes tipos de líneas a sus usuarios por lo que es necesario entender el concepto y la aplicación de cada una de ellas:

LINEA ANALOGICA: Las líneas analógicas son aquellas que para ser utilizadas se requiere de un aparato convencional de marcación por pulsos o por tonos.

LINEA DIGITAL: Una línea digital requiere de un aparato propietario conocido como D'term para poder operar. Existen varios modelos de estos aparatos, por lo general cuentan con 16 teclas programables en las cuales se pueden programar tanto extensiones como funciones.

LINEA VIRTUAL: Los PBX instalados en la UNAM se dividen en Módulos de Interfaces de Puertos (PIM's) los cuales físicamente soportan hasta 23 grupos de 8 puertos cada uno, sin embargo, los equipos brindan la posibilidad de programar extensiones en puertos que físicamente no existen (virtuales) los cuales se encuentran del grupo 24 en adelante, a las extensiones programadas en estos puertos que no existen físicamente se les conoce como extensiones virtuales.

HOT LINE (HL): las hot line son extensiones analógicas que tienen la particularidad de tener una marcación predeterminada la cual se realiza automáticamente al descolgar el aparato, como por ejemplo los postes de emergencia.



3.3 Topología De La Red Telefónica De La UNAM

La topología de la red telefónica de la UNAM está conformada por un arreglo en forma de malla que interconecta a 5 nodos principales, cada uno de los cuales a su vez es el núcleo de un arreglo en forma de estrella para interconectar a los nodos secundarios como se muestra en la **figura 3.4** La conexión de la malla proporciona redundancia en la red en caso de que un enlace quede fuera de servicio y permite concentrar las troncales de entrada y salida hacia la red pública a través de los nodos principales. Por su parte la conexión en estrella permite que un sólo nodo principal sirva de tandem a varios nodos secundarios o satélites, esto facilita la programación y administración de rutas dentro de la red. A pesar de que los conmutadores cuentan con puertos G703 (coaxial) para recibir los enlaces, se tienen instalados FOM`s (módems ópticos) para realizar la conversión eléctrica a óptica y viceversa, de ésta manera se tiene que todo el tráfico entre conmutadores viaja a través de fibras ópticas y sólo se emplean unos cuantos metros de coaxial para hacer la conexión al equipo, esto es muy importante, ya que además de reducir el espacio que utilizan los cables dentro de la canalización, C.U está ubicada geográficamente en un sitio con un alto índice de descargas eléctricas atmosféricas y el contar con cables de fibra óptica reduce las fallas en los enlaces.

En muchos de los enlaces que se tienen en la actual red telefónica de la UNAM, **figura 3.4** se tienen instalados más de un E1. En total para cubrir las necesidades de comunicación dentro de la red telefónica de la UNAM se tienen instalados 137 enlaces E1`s lo cual equivale a 4110 llamadas internas simultáneas entre usuarios que no dependen del mismo conmutador. .

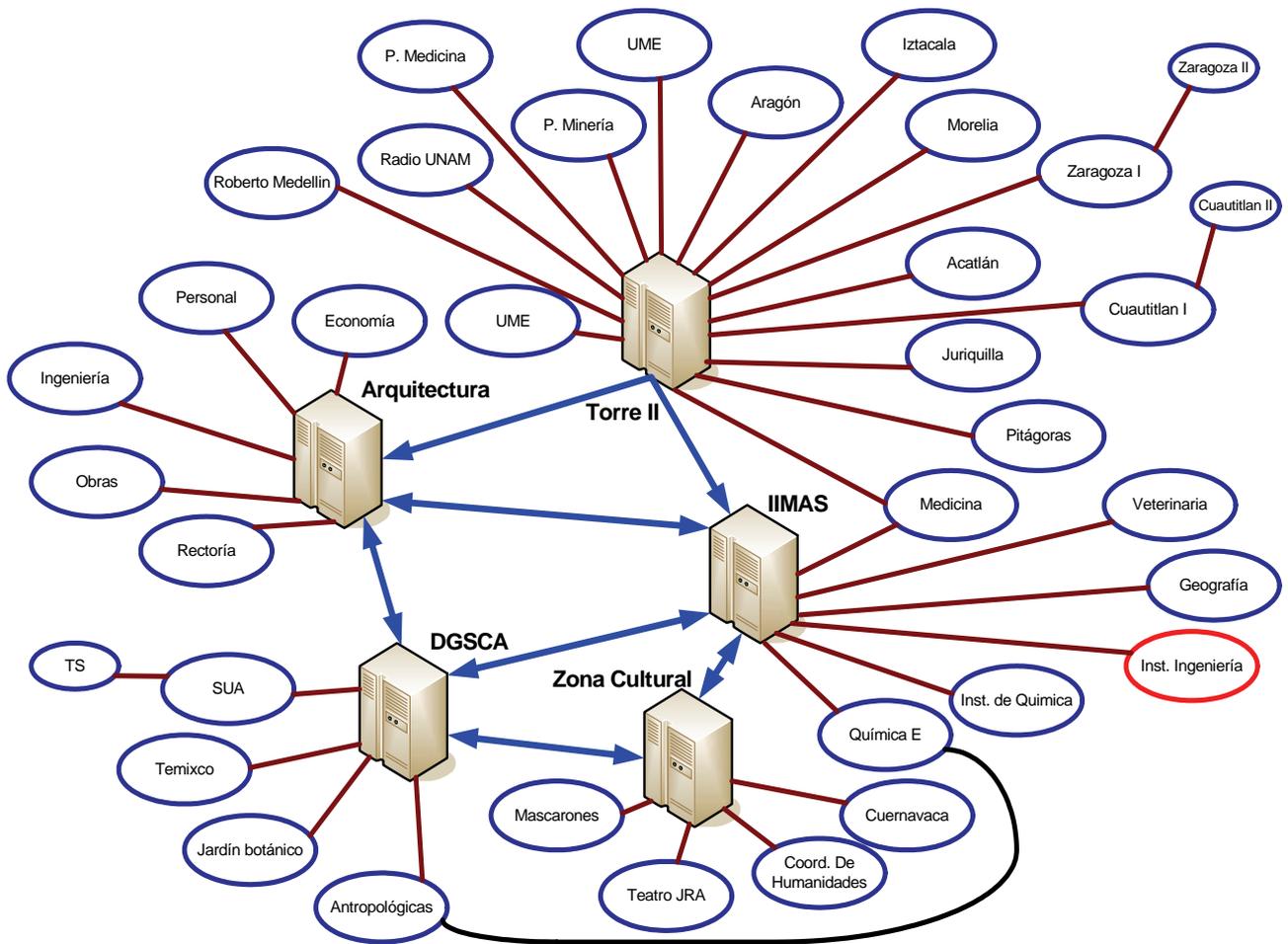


Figura 3.4. Topología de la actual red telefónica de la UNAM.



3.4 Señalización En La Actual Red Telefónica De La UNAM

Actualmente la red telefónica de la UNAM emplea tres distintos tipos de señalización en sus enlaces. La señalización R2-modificado para establecer enlaces hacia la red pública, señalización 7 propietaria de NEC en los enlaces internos y señalización Q-SIG para interconectarse con otros equipos como son Avaya, 3com y Cisco.

Como se vio en el capítulo 1, la señalización R2 modificada permite enviar la señalización de línea sobre el canal voz, dado que prácticamente todos los equipos de mediana a grande capacidad están capacitados para habilitar éste tipo de enlaces, son los que se emplean para poder conectar nuestra red con la PSTN, estos enlaces sólo permiten el tráfico de voz, y en los sitios donde está contratado, también permiten la identificación del número llamante.

Por su parte la señalización 7 que maneja la red permite, además del tráfico de voz, realizar funciones de re-enrutamiento automático de tráfico en la red, es decir, que si un enlace sale de servicio los canales de señalización mandan el mensaje para redireccionar el tráfico por las rutas alternas. Además permite funciones tales como; retrollamada, dejar mensajes visuales, enviar mensajes de alarma y tarificación en forma centralizada, permite identificar un número llamante e incluso el nombre del usuario, si es que está programado.

Por último el protocolo Q-SIG es un estándar de señalización normalizado a nivel europeo para conectar Sistemas Telefónicos Privados (PBX) y evitar los problemas que surgen a causa de la proliferación de numerosos procedimientos de señalización propietarios incompatibles entre sí. El estándar Q-SIG está basado en un modelo de señalización por canal común y su objetivo es lograr la interoperabilidad entre varios fabricantes estandarizando modelos para realizar funciones comunes en señalización propietaria de prácticamente todos los equipos. Los protocolos Q-SIG están basados en recomendaciones de la ITU-T, serie Q.93x para interoperabilidad de servicios básicos y Q.95x para servicios complementarios.

En la **tabla 3.2** se muestra la pila de protocolos de QSIG y su correspondencia con el modelo OSI y en **tabla 3.3** se muestran las normas aplicables a Q-SIG.



| Capa del modelo OSI | Estándar | | | Descripción |
|----------------------|---|--|--------------|--|
| 4 – 7 | Mecanismos de aplicación incluidos: ROSE (Remote Operation Service Elements) ACSE (Asociación Control Service Elements) | | | Transparencia de redes punto a punto |
| 3 | Elementos de la tabla 2.3 IS11582, ETS300/239, ECMA165 | | | Procedimientos para servicios suplementarios de QSIG |
| | IS11574/11572, ETS300 171/172, ECMA 142/143 | | | |
| 2 | ECM141, ETS300 402 | | | Protocolos dependientes de la interface |
| 1 | Basic rate access ETS300/012 I.430 | Primary rate access ETS300/011 I.431 | | |
| Medio de transmisión | Cable de cobre | Cable de cobre | Fibra óptica | |

Tabla 3.2. Pila de protocolos de QSIG y su correspondencia con OSI.

| Facilidad soportada por Q-SIG | Estándar ECMA (ECMA) | Estándar ETSI (ETS 300) | Estándar ISO / IEC (IS) |
|--|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Llamada básica | 142/143 | 171/172 | 11574/11572 |
| Identificación de número llamante | 148 | 173 | 14136 1995 |
| Permitir conexión a llamadas entrantes identificadas | 148 | 173 | 14136 1995 |
| Restringir conexión llamadas entrantes identificadas | 148 | 173 | 14136 1995 |
| Identificar nombre del usuario llamante | 163/164 | 237/238 | 13864/13868 |
| Permitir conexión a llamadas entrantes con nombre identificado | 163/164 | 237/238 | 13864/13868 |
| Restringir conexión llamadas entrantes con nombre identificado | 163/164 | 237/238 | 13864/13868 |



| | | | |
|---|---------|---------|-------------|
| Desvió incondicional de llamadas | 173/174 | 256/257 | 13872/13873 |
| Desvió de llamadas en ocupado | 173/174 | 256/257 | 13872/13873 |
| Desvió de llamadas cuándo no contesta | 173/174 | 256/257 | 13872/13873 |
| Transferencia de llamadas | 177/178 | 260/261 | 13865/13869 |
| Ruta alterna | 175/176 | 258/259 | 13866/13870 |
| Completación de llamada en ocupado | 185/186 | 365/366 | 13866/13870 |
| Completación de llamada cuándo no contestan | 185/186 | 365/366 | 13866/13870 |
| No molestar | 193/194 | 363/364 | |
| Intrusión de llamada | 202/203 | 425/426 | |
| Intercepción de llamada | 220/221 | | |
| Re llamada | 213/214 | | |
| | | | |

Tabla 3.3. Normas aplicables a Q-SIG.



3.5 Tráfico De Llamadas En La Actual Red De La UNAM

Conocer el tráfico de llamadas en una red telefónica es de suma importancia debido a que en base al tráfico esperado se dimensionan los enlaces, tanto internos como hacia la red telefónica pública. El trabajo de análisis de tráfico para instalar la actual red telefónica de la UNAM debió realizarse minuciosamente y a detalle a principios de los 80's, antes de ponerse en operación. Sin embargo, conforme ha crecido la red el dimensionamiento inicial se ha visto en muchos casos rebasado por lo cual se ha tenido que crecer el número de enlaces conforme aumenta el número de usuarios en la red.

Antes que nada recordemos algunos conceptos de tráfico, el tráfico se define como la relación del número de intentos de llamada por unidad de tiempo entre la duración promedio de las llamadas exitosas y sus unidades son los erlangs. En forma de ecuación tenemos que:

$$A = I * v \quad ; \quad \begin{array}{l} A = \text{tráfico en erlangs} \\ I = \text{intentos de llamada por unidad de tiempo} \\ v = \text{duración promedio de las llamadas exitosas} \end{array}$$

De lo anterior podemos observar que para realizar un cálculo aproximado del tráfico es necesario conocer perfectamente el tipo de usuarios y el uso que se dará a las líneas telefónicas, ya que no es lo mismo calcular el tráfico para un 'call center' que calcularlo para una zona residencial o un corporativo de oficinas. Cuando se realiza un cálculo de tráfico a priori, deben realizarse muchos análisis probabilísticos y estadísticos para aproximar las variables λ y u a los valores reales que se tendrán cuando los servicios estén en operación, y aun así se tiene un margen de error debido a que cada individuo tiene hábitos distintos en cuanto al uso de las líneas telefónicas.

Una vez que tenemos un cálculo aproximado del tráfico, lo que en realidad nos interesa es obtener una baja probabilidad de bloqueo, la cual está dada por la ecuación de erlang B; **el desarrollo para la obtención de esta ecuación se detalla en el apéndice C.**

$$P_b = \frac{(A^N/N!)}{\sum_{n=0}^N (A^n/n!)} \quad ; \quad \begin{array}{l} N = \text{numero de canales} \\ A = \text{tráfico en erlangs} \end{array}$$

Al dar valores a la ecuación de erlang b se obtiene la grafica de la **figura 3.5**

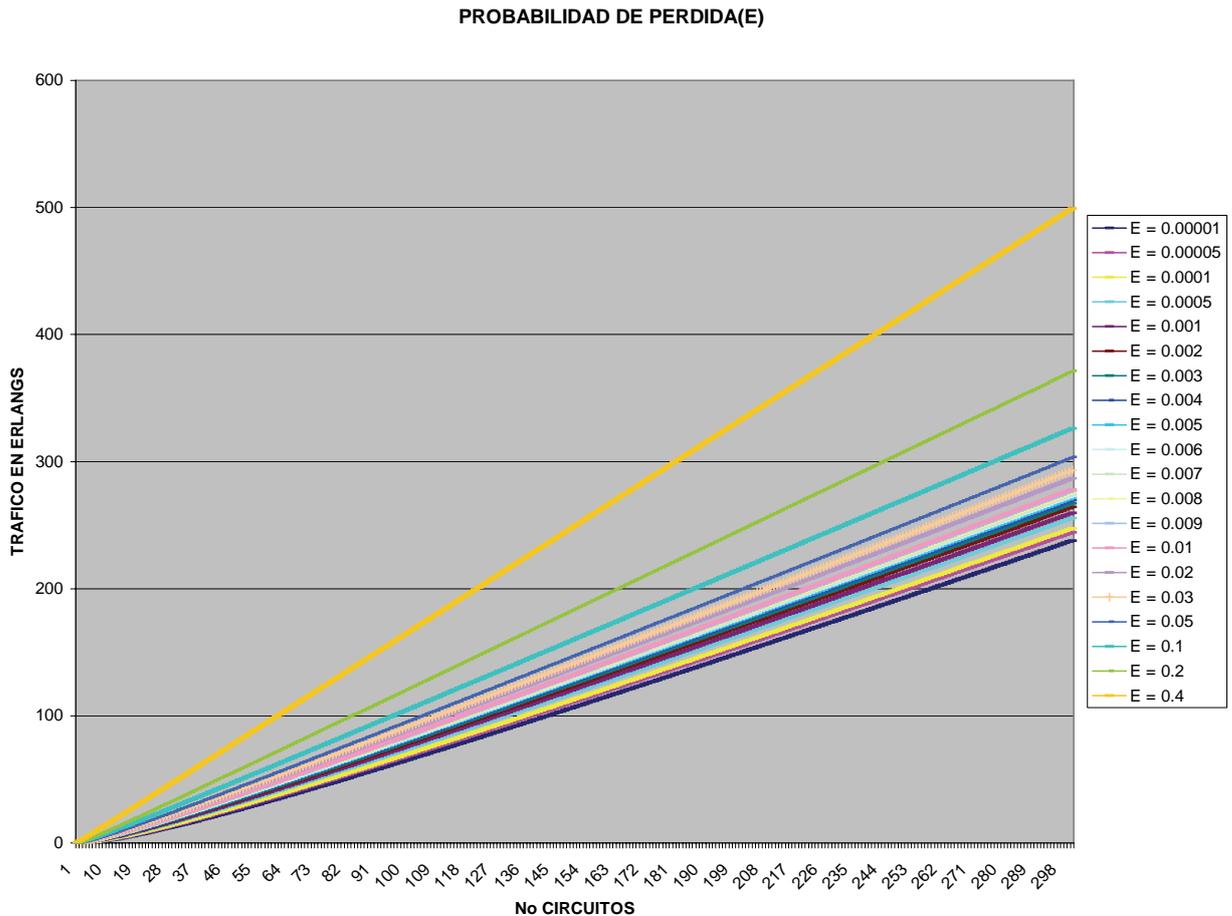


Figura 3.5. Graficas de la ecuación de Erlang b.

En los sistemas telefónicos convencionales la probabilidad de bloqueo consiste en la probabilidad que tienen los usuarios de que al intentar hacer una llamada que requiere ser enviada a través de un canal de salida no encuentre ningún canal libre. Lo cual se traduce para el usuario como un tono de restricción.

Existen tablas en las cuales se encuentra calculada la probabilidad de bloqueo de acuerdo con diferentes valores de flujo de tráfico y número de canales, dichas tablas son conocidas como tablas de probabilidad de perdida (E), una muestra de dichas tablas se muestra en la **tabla. 3.4.**

Estas tablas se obtienen a partir de la formula de erlang B y facilitan el dimensionamiento de la red. Conociendo el flujo de tráfico y determinando la probabilidad de bloqueo que deseamos podemos obtener fácilmente el número de canales que requerimos. **Las tablas completas se presentan en el apéndice C**



| n | Probabilidad de pérdida (E) | | | | | | | | | | n |
|----|-----------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| | 0.00001 | 0.00005 | 0.0001 | 0.0005 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | |
| 1 | .00001 | .00005 | .00010 | .00050 | .00100 | .00200 | .00301 | .00402 | .00503 | .00604 | 1 |
| 2 | .00448 | .01005 | .01425 | .03213 | .04576 | .06534 | .08064 | .09373 | .10540 | .11608 | 2 |
| 3 | .03980 | .06849 | .08683 | .15170 | .19384 | .24872 | .28851 | .32099 | .34900 | .37395 | 3 |
| 4 | .12855 | .19554 | .23471 | .36236 | .43927 | .53503 | .60209 | .65568 | .70120 | .74124 | 4 |
| 5 | .27584 | .38851 | .45195 | .64857 | .76212 | .89986 | .99446 | 1.0692 | 1.1320 | 1.1870 | 5 |
| 6 | .47596 | .63923 | .72826 | .99567 | 1.1459 | 1.3252 | 1.4468 | 1.5421 | 1.6218 | 1.6912 | 6 |
| 7 | .72378 | .93919 | 1.0541 | 1.3922 | 1.5786 | 1.7984 | 1.9463 | 2.0614 | 2.1575 | 2.2408 | 7 |
| 8 | 1.0133 | 1.2816 | 1.4219 | 1.8298 | 2.0513 | 2.3106 | 2.4837 | 2.6181 | 2.7299 | 2.8266 | 8 |
| 9 | 1.3391 | 1.6595 | 1.8256 | 2.3016 | 2.5575 | 2.8549 | 3.0526 | 3.2057 | 3.3326 | 3.4422 | 9 |
| 10 | 1.6970 | 2.0689 | 2.2601 | 2.8028 | 3.0920 | 3.4265 | 3.6480 | 3.8190 | 3.9607 | 4.0829 | 10 |
| 11 | 2.0849 | 2.5059 | 2.7216 | 3.3294 | 3.6511 | 4.0215 | 4.2661 | 4.4545 | 4.6104 | 4.7447 | 11 |
| 12 | 2.4958 | 2.9671 | 3.2072 | 3.8781 | 4.2314 | 4.6368 | 4.9038 | 5.1092 | 5.2789 | 5.4250 | 12 |
| 13 | 2.9294 | 3.4500 | 3.7136 | 4.4465 | 4.8306 | 5.2700 | 5.5588 | 5.7807 | 5.9638 | 6.1214 | 13 |
| 14 | 3.3834 | 3.9523 | 4.2388 | 5.0324 | 5.4464 | 5.9190 | 6.2291 | 6.4670 | 6.6632 | 6.8320 | 14 |
| 15 | 3.8559 | 4.4721 | 4.7812 | 5.6339 | 6.0772 | 6.5822 | 6.9130 | 7.1665 | 7.3755 | 7.5552 | 15 |
| 16 | 4.3453 | 5.0079 | 5.3390 | 6.2496 | 6.7215 | 7.2582 | 7.6091 | 7.8780 | 8.0995 | 8.2898 | 16 |
| 17 | 4.8502 | 5.5583 | 5.9110 | 6.8782 | 7.3781 | 7.9457 | 8.3164 | 8.6003 | 8.8340 | 9.0347 | 17 |
| 18 | 5.3693 | 6.1220 | 6.4959 | 7.5186 | 8.0459 | 8.6437 | 9.0339 | 9.3324 | 9.5780 | 9.7889 | 18 |
| 19 | 5.9016 | 6.6980 | 7.0927 | 8.1698 | 8.7239 | 9.3515 | 9.7606 | 10.073 | 10.331 | 10.552 | 19 |
| 20 | 6.4460 | 7.2854 | 7.7005 | 8.8310 | 9.4115 | 10.068 | 10.496 | 10.823 | 11.092 | 11.322 | 20 |
| 21 | 7.0017 | 7.8834 | 8.3186 | 9.5014 | 10.108 | 10.793 | 11.239 | 11.580 | 11.860 | 12.100 | 21 |
| 22 | 7.5680 | 8.4926 | 8.9462 | 10.180 | 10.812 | 11.525 | 11.989 | 12.344 | 12.635 | 12.885 | 22 |
| 23 | 8.1443 | 9.1095 | 9.5826 | 10.868 | 11.524 | 12.265 | 12.746 | 13.114 | 13.416 | 13.676 | 23 |
| 24 | 8.7298 | 9.7351 | 10.227 | 11.562 | 12.243 | 13.011 | 13.510 | 13.891 | 14.204 | 14.472 | 24 |
| 25 | 9.3240 | 10.369 | 10.880 | 12.264 | 12.969 | 13.763 | 14.279 | 14.673 | 14.997 | 15.274 | 25 |
| 26 | 9.9265 | 11.010 | 11.540 | 12.972 | 13.701 | 14.522 | 15.054 | 15.461 | 15.795 | 16.081 | 26 |
| 27 | 10.537 | 11.659 | 12.207 | 13.686 | 14.439 | 15.285 | 15.835 | 16.254 | 16.598 | 16.893 | 27 |
| 28 | 11.154 | 12.314 | 12.880 | 14.406 | 15.182 | 16.054 | 16.620 | 17.051 | 17.406 | 17.709 | 28 |
| 29 | 11.779 | 12.976 | 13.560 | 15.132 | 15.930 | 16.828 | 17.410 | 17.853 | 18.218 | 18.530 | 29 |
| 30 | 12.417 | 13.644 | 14.246 | 15.863 | 16.684 | 17.606 | 18.204 | 18.660 | 19.034 | 19.355 | 30 |
| 31 | 13.054 | 14.318 | 14.937 | 16.599 | 17.442 | 18.389 | 19.002 | 19.470 | 19.854 | 20.183 | 31 |
| 32 | 13.697 | 14.998 | 15.633 | 17.340 | 18.205 | 19.176 | 19.805 | 20.284 | 20.678 | 21.015 | 32 |
| 33 | 14.346 | 15.682 | 16.335 | 18.085 | 18.972 | 19.966 | 20.611 | 21.102 | 21.505 | 21.850 | 33 |
| 34 | 15.001 | 16.372 | 17.041 | 18.835 | 19.743 | 20.761 | 21.421 | 21.923 | 22.336 | 22.689 | 34 |
| n | Probabilidad de pérdida(E) | | | | | | | | | | n |

Tabla 3.4. Probabilidad de perdida o bloqueo (E).

Para ejemplificar el uso de las tablas supongamos el siguiente caso; tenemos un enlace en el cual se generan 300 llamadas por hora y cada llamada tiene una duración promedio de 3 min. Y queremos determinar cuántos canales (troncales) requerimos para tener una probabilidad de bloqueo de 0.005, es decir; que de cada 1000 llamadas exista la probabilidad de que 5 no se realicen por falta de canales.



Desarrollo. Primero determinemos el flujo de tráfico A

$$l = 300 \text{ llam/Hr}$$

$$v = 3 \text{ min/llam} = 0.05 \text{ Hr/llam}$$

$$A = 300 * 0.05 = 15$$

Observando la **tabla 3.4** vemos que para tener una probabilidad de bloqueo de llamadas de 0.005 teniendo un flujo de 15 erlangs, requerimos un total de 26 canales o troncales.

Lo anterior es de bastante utilidad ya que los actuales conmutadores nos brindan valores de tráfico en 2 formatos.

1) **Route Traffic.** Arroja el flujo de tráfico de cada ruta en erlangs, además en el mismo reporte nos indica qué número de troncales o canales tiene dicha ruta. La **tabla 3.5** muestra la forma en que proporcionan el reporte de tráfico los actuales conmutadores. Ésta muestra corresponde al conmutador de Zona Cultural, como podemos observar, indica la fecha y la hora en la que se generó el reporte.

ROUTE TRAFFIC (ERL)

FROM 02/01 10:00 TO 02/01 10:30

| RUTA | # TKS | TRÁFICO (erlangs) | FUNSION O DESTINO DE LA RUTA |
|------|-------|-------------------|------------------------------|
| 902 | 24 | 2.055 | Originating Register Trunk |
| 905 | 24 | 0.000 | Sender Trunk DP/PB |
| 916 | 18 | 0.813 | MFC Register |
| 917 | 18 | 1.680 | MFC Sender |
| 1 | 90 | 16.531 | DGSCA |
| 2 | 90 | 14.059 | TEATRO JRA |
| 3 | 30 | 6.855 | CUERNAVACA |
| 4 | 120 | 28.371 | COORD. HUMANIDADES |
| 5 | 30 | 0.195 | MASCARONES |
| 10 | 30 | 9.656 | IIMAS |
| 48 | 30 | 2.676 | LARGA DISTANCIA |
| 53 | 89 | 35.930 | PSTN (SALIDA) |
| 55 | 210 | 30.469 | PSTN(ENTRADA) |
| | | | |

Tabla 3.5. Reporte de tráfico por ruta.

2) **Route Peg Count.** En éste reporte aparece detallado el número de intentos de ocupación de ruta, así como cuántos de esos intentos fueron exitosos y cuántos fueron bloqueados. Además indica cuántas llamadas fueron entrantes, cuántas hicieron tandem y cuántas fueron dirigidas a una extensión del conmutador. La **tabla 3.6** muestra la forma en que proporcionan el reporte los conmutadores.



| ROUTE PEG COUNT FROM 02/01 10:00 TO 02/01 10:30 | | | |
|--|-------|-------------------|-------|
| ROUTE 902 ATTEMPTS | : 759 | ROUTE 5 ATTEMPTS | : 5 |
| BLOCK | : 0 | BLOCK | : 0 |
| ESTABLISHED | : 759 | OUTGOING | : 5 |
| ROUTE 905 ATTEMPTS | : 0 | INCOMING | : 4 |
| BLOCK | : 0 | REGISTER ACCESS | : 0 |
| ESTABLISHED | : 0 | STATION | : 0 |
| ROUTE 916 ATTEMPTS | : 548 | TANDEM | : 4 |
| BLOCK | : 0 | OTHER | : 0 |
| ESTABLISHED | : 548 | ROUTE 10 ATTEMPTS | : 132 |
| ROUTE 917 ATTEMPTS | : 667 | BLOCK | : 0 |
| BLOCK | : 0 | OUTGOING | : 132 |
| ESTABLISHED | : 667 | INCOMING | : 69 |
| ROUTE 1 ATTEMPTS | : 115 | REGISTER ACCESS | : 0 |
| BLOCK | : 0 | STATION | : 10 |
| OUTGOING | : 115 | TANDEM | : 52 |
| INCOMING | : 215 | OTHER | : 7 |
| REGISTER ACCESS | : 0 | ROUTE 48 ATTEMPTS | : 53 |
| STATION | : 80 | BLOCK | : 0 |
| TANDEM | : 94 | OUTGOING | : 53 |
| OTHER | : 41 | INCOMING | : 0 |
| ROUTE 2 ATTEMPTS | : 138 | REGISTER ACCESS | : 0 |
| BLOCK | : 0 | STATION | : 0 |
| OUTGOING | : 138 | TANDEM | : 0 |
| INCOMING | : 169 | OTHER | : 0 |
| REGISTER ACCESS | : 0 | ROUTE 53 ATTEMPTS | : 612 |
| STATION | : 10 | BLOCK | : 0 |
| TANDEM | : 126 | OUTGOING | : 612 |
| OTHER | : 33 | INCOMING | : 0 |
| ROUTE 3 ATTEMPTS | : 37 | REGISTER ACCESS | : 0 |
| BLOCK | : 0 | STATION | : 0 |
| OUTGOING | : 37 | TANDEM | : 0 |
| INCOMING | : 73 | OTHER | : 0 |
| REGISTER ACCESS | : 0 | ROUTE 55 ATTEMPTS | : 0 |
| STATION | : 1 | BLOCK | : 0 |
| TANDEM | : 68 | OUTGOING | : 0 |
| OTHER | : 4 | INCOMING | : 548 |
| ROUTE 4 ATTEMPTS | : 266 | REGISTER ACCESS | : 548 |
| BLOCK | : 0 | STATION | : 144 |
| OUTGOING | : 266 | TANDEM | : 355 |
| INCOMING | : 274 | OTHER | : 49 |
| REGISTER ACCESS | : 0 | | |
| STATION | : 6 | | |
| TANDEM | : 256 | | |
| OTHER | : 12 | | |

Tabla 3.6. Reporte de conteo de llamadas.

De tal forma que los datos proporcionados por los actuales conmutadores serán de mucha ayuda al momento de dimensionar la nueva red.



3.6 Interconexión Con La Red Pública Y Enlaces Hacia Diferentes Centros De Extensión De La UNAM

Llamadas locales: Para realizar llamadas locales, la RED telefónica de la UNAM cuenta con 73 E1's conmutados y 20 troncales analógicas, lo cual equivale a poder realizar 2210 llamadas hacia la red telefónica pública de manera simultánea. La mayoría de estos E1's se encuentran en los nodos principales, pero también se tienen algunos instalados directamente en nodos secundarios, en la **figura. 3.6** se encuentran sombreados los nodos que tienen conectados E1's conmutados hacia la red pública y el número de E1's con que cuenta.

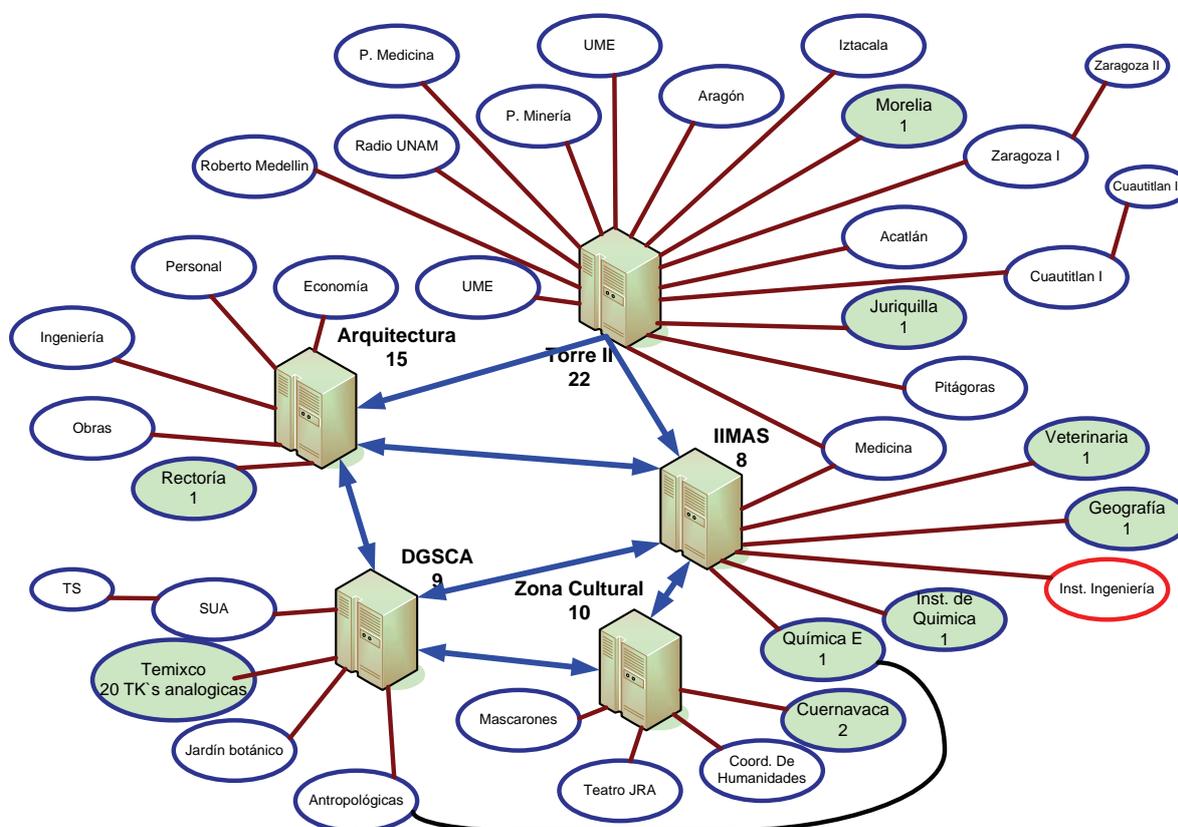


Figura 3.6. Nodos con conexión directa hacia la red telefónica pública.

Llamadas locales a teléfonos celulares: Para realizar llamadas hacia teléfonos celulares desde la red telefónica de la UNAM se tienen contratados aparatos, los cuales son una variante de telefonía celular fija. Estos aparatos son antenas en las cuales se puede conectar un teléfono convencional, en el caso de la UNAM se tienen conectados los telulares como troncales analógicas a los PBX. Éste servicio permite establecer la conexión directamente hacia la red celular a través de un proveedor de telefonía celular. La **figura. 3.7** muestra un esquema de la forma en que está instalado éste sistema. Actualmente se



tienen instalados aparatos de éste tipo en dos locales principales, en IIMAS se tienen instalados 21 y en DGSCA 19 lo cual permite establecer 40 llamadas hacia teléfonos celulares de manera simultánea.

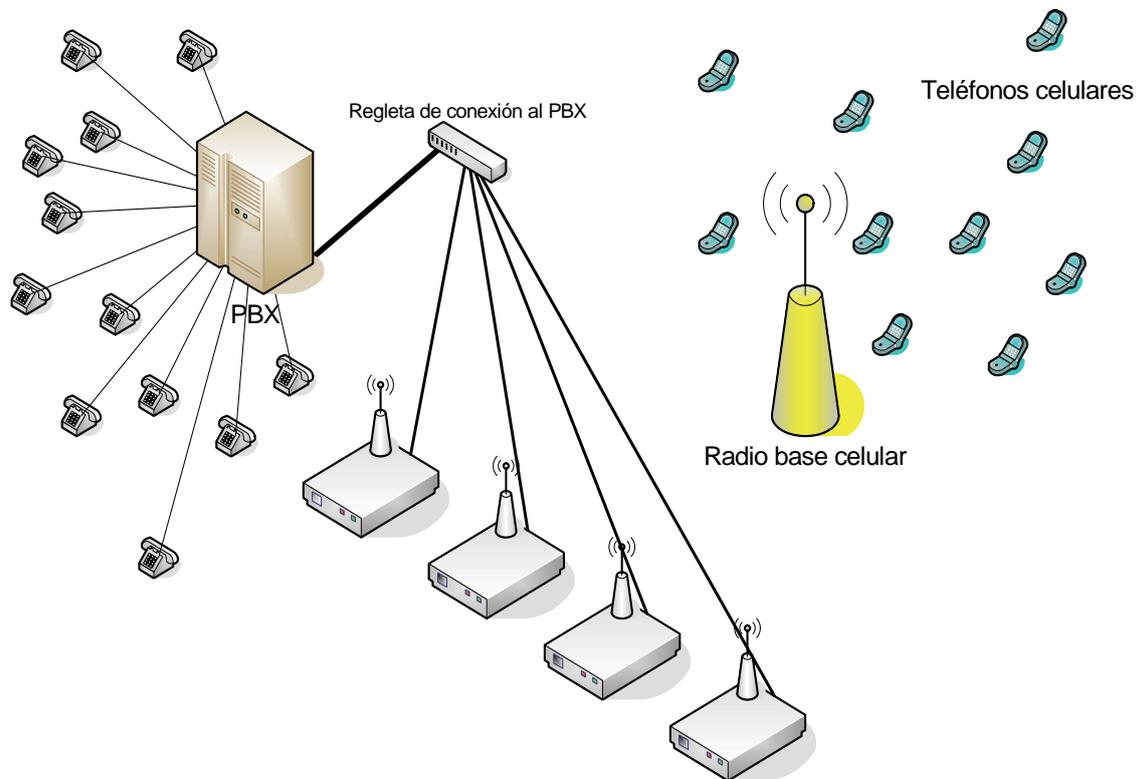


Figura 3.7. Sistema instalado en la UNAM para realizar llamadas a celulares.

Llamadas de larga distancia: Las llamadas de larga distancia se realizan de dos diferentes formas, una es a través de los enlaces que se emplean para realizar las llamadas locales, la otra forma es a través de dos E1's conmutados que se interconectan directamente con el anillo de larga distancia de la red telefónica pública. Un E1 está instalado en el conmutador de Zona Cultural y todas las llamadas de larga distancia que se generan en los nodos de IIMAS y DGSCA son desviadas hacia éste E1, el otro enlace se encuentra instalado en el conmutador de torre II y establece las llamadas de larga distancia provenientes de Arquitectura.

De ésta manera la UNAM cuenta con un total de 2280 troncales entre digitales y analógicas para interconexión hacia la red telefónica pública. Esto equivale a poder soportar 2280 llamadas de manera simultánea entre la red telefónica de la UNAM y la red telefónica pública. Si tomamos en cuenta que se pueden realizar hasta 4110 llamadas simultáneas internas entre los diferentes nodos de la UNAM estamos hablando de que en total se pueden realizar hasta 6390 llamadas simultáneas en la actual red telefónica de la UNAM, y esto sin contar la posibilidad de que existan llamadas establecidas en el mismo nodo.

Para hacer llegar extensiones de la red telefónica de la UNAM hasta los puntos donde son requeridos se emplean diversos sistemas y tecnologías. En



la **tabla 3.7** se indican los sitios alejados del D.F en donde se tienen extensiones de la red UNAM y el tipo de sistema que se emplea para hacerlas llegar hasta ese sitio, posteriormente se describe cada uno de los sistemas.

| SITIO | ESTADO | DEPENDENCIA | SISTEMA EMPLEADO |
|--------------|-----------------|--|-------------------------|
| Morelia | Michoacán | Campus Morelia | E1 dedicado |
| Juriquilla | Querétaro | Campus Juriquilla | E1 dedicado |
| Cuernavaca | Morelos | Campus Cuernavaca | E1 dedicado |
| Temixco | Morelos | Centro de Investigación de Energía | E1 dedicado |
| Ensenada | Baja California | Centro de Ciencias de la Materia Condensada e Instituto de Astronomía. | Red Privada Virtual VPN |
| Hermosillo | Sonora | Instituto de Geología e Instituto de Ecología | Red Privada Virtual VPN |
| Mazatlán | Sinaloa | Instituto de Ciencias del Mar y Limnología | Red Privada Virtual VPN |
| Pto. Morelos | Quintana roo | Instituto de Ciencias del Mar y Limnología | Red Privada Virtual VPN |
| Chamela | Jalisco | Instituto de Biología | Sistema Satelital |
| Los Tuxtlas | Veracruz | Instituto de Biología | Sistema Satelital |
| | | | |

Tabla 3.7. Sitios remotos conectados a la red telefónica UNAM.

- **E1 dedicado.** Es un canal E1 que se renta a un proveedor, la característica principal de éste tipo de enlace es que el proveedor entrega sólo el medio físico, es decir, que no inyecta ninguna señal ni de sincronía ni de señalización a menos que el cliente así lo especifique. Esto nos permite poder establecer enlaces SS7 entre la red UNAM y los nodos secundarios pudiendo así proporcionar todas las facilidades a los usuarios en dichos nodos, en otras palabras la red ve de igual forma el nodo de Morelia (por mencionar un ejemplo), que el nodo de Ingeniería.
- **Red Privada Virtual (VPN).** Se define como VPN a una red privada dedicada la cual es construida sobre la infraestructura de la red pública de datos, en otras palabras una VPN es un túnel de datos para transmitir información entre dos o más puntos de manera segura a través de la red pública.
- **Sistema satelital.** En éste escrito es suficiente especificar que al referirnos al sistema satelital estamos refiriéndonos a que la información en éste caso las líneas telefónicas se hacen llegar a través de un satélite dado, que las condiciones geográficas y de infraestructura no permiten entregar las líneas de otra forma.



3.7 Servicios Y Facilidades Que Ofrece La Actual Red Telefónica De La UNAM

La actual red telefónica de la UNAM ofrece una gran variedad de servicios y facilidades a la comunidad universitaria, estos servicios y facilidades que en la década de los 90's resultaban novedosos y en algunos casos hasta futuristas, hoy en día resultan triviales y muchas veces hasta insuficientes. Para fines de éste escrito definiremos tres conceptos, facilidades, servicios por sistema y servicios a petición del usuario.

- **Servicios por sistema.** Todas las funciones que brinda el sistema de manera general y permanente sin necesidad de ser solicitados por el usuario.
- **Servicios a petición del usuario.** Son todos aquellos servicios que el sistema es capaz de brindar siempre y cuándo sean programados a petición del usuario.
- **Facilidades.** Se entenderá por facilidades a todas aquellas funciones que los usuarios en general pueden obtener o realizar sobre el sistema sin necesidad de solicitarlas explícitamente.

A continuación se mencionan algunos de los servicios y facilidades que ofrece la actual red telefónica.

Servicios Por Sistema

- ❖ **Red de emergencias UNAM.** Empleando hot line's la red UNAM proporciona el servicio de emergencias el cual está constituido por postes de emergencia colocados en todo el campus de CU y teléfonos de emergencia ubicados en las dependencias de la UNAM. Éste tipo de líneas permiten establecer una comunicación automática con la central de emergencias al momento de descolgar.
- ❖ **Marcación interna a 5 dígitos.** La red UNAM tiene un plan de marcación a 5 dígitos, las extensiones van de la 20000 a la 34499 y de la 40000 a la 49999. se puede comunicar hacia cualquier extensión de la red UNAM marcando 5 dígitos sin importar que la extensión se encuentre en Puerto Morelos o Ensenada.
- ❖ **Timbrado distintivo.** Los conmutadores permiten al usuario distinguir entre llamadas entrantes internas y llamadas entrantes externas con tan sólo escuchar el timbrado de su aparato, esto se logra mandando dos diferentes tonos de timbrado para llamadas internas y externas,
- ❖ **Identificación del número llamante.** Éste servicio sólo es aplicable a teléfonos digitales y funciona tanto para llamadas internas como externas, sin embargo, el servicio para llamadas externas sólo se tiene en ciertos lugares ya que genera un costo adicional en la renta de los enlaces.



- ❖ **Música de espera.** Cuando se retiene una llamada el usuario que está en el extremo opuesto de la comunicación, recibe música para indicarle que la llamada continúa establecida.
- ❖ **Acceso remoto al sistema.** Se cuenta con diversos números para acceder al sistema, sin embargo, no son muy difundidos. Este servicio permite a usuarios externos entrar al sistema para comunicarse directamente con extensiones internas.

Servicios A Petición Del Usuario

- ❖ **Interceptar llamadas (jalar llamadas).** Si en cierta área se encuentran varios usuarios con diferentes números de extensión, es posible crear un grupo en el cual un usuario pueda contestar las llamadas de otros. Cuando el usuario escucha que está timbrando la extensión del compañero sólo tiene que descolgar y teclear un código (11) para contestar desde su aparato la llamada.
- ❖ **Liberación de líneas para realizar llamadas.** Los conmutadores de la actual red telefónica permiten asignar un tipo de restricción a cada extensión, y a petición de los usuarios su línea puede tener las restricciones que se muestran en la **tabla 3.8**

| RESTRICCION | PERMITE REALIZAR LLAMADAS: |
|-------------|---|
| 5 | Solamente Internas (red UNAM) |
| 4 | Locales y a Celulares |
| 3 | Locales |
| 2 | Larga Distancia Nacional, Locales y Celulares |
| 1 | LD mundial, LD Nacional, Celulares y Locales |

Tabla 3.8. Tabla de restricciones en la red telefónica UNAM.

- ❖ **Claves personalizadas para realizar llamadas.** Los conmutadores permiten programar claves personalizadas para la realización de llamadas a larga distancia y/o celular. Este servicio permite un mayor control para las dependencias, ya que de esta forma saben quien realiza este tipo de llamadas, a donde habla y cuanto tiempo duran sus llamadas.
- ❖ **Formar grupos de hunting.** Los grupos de hunting permiten programar grupos de extensiones para recibir llamadas y en caso de que una línea este ocupada, la llamada pasa automáticamente a otra línea. Se pueden programar 3 tipos de hunting en los conmutadores de la UNAM.
 - **Hunting circular.** Su característica es que se programa una extensión de cabecera y la primer llamada entra a dicha extensión y las subsecuentes llamadas entran a las siguientes extensiones y en cuanto una se desocupa se le asigna la siguiente llamada. Además si la llamada entra a una extensión ocupada que no es la cabecera, la llamada se transfiere a otra extensión del grupo.
 - **Hunting piloto.** Se programa una extensión como piloto y en caso de que esta se encuentre ocupada las llamadas pasan a la siguiente extensión en la lista y así subsecuentemente. A



diferencia del hunting circular si la llamada entra a una extensión ocupada que no es el piloto la llamada no se completa.

- **Hunting UCD (*uniform call distribution*)**. En éste tipo de grupo las llamadas son distribuidas uniformemente. Su comportamiento es parecido a un hunting circular, pero la diferencia es que la secuencia de asignación de llamadas se continúa sin importar que una de las primeras extensiones éste libre.

- ❖ **Grupos de intercomunicación:** los grupos de intercomunicación permiten crear comunicación directa entre dos o más usuarios que cuentan con aparatos digitales. Los grupos de intercomunicación permiten establecer comunicación directa independiente al canal telefónico.
- ❖ **Marcación rápida (memorias).** El sistema permite asignar espacios de memoria individual o colectiva independientemente a las ofrecidas por los aparatos.
- ❖ **Retardo de timbrado.** Cuándo se tiene una misma extensión programada en dos aparatos puede programarse de tal forma que en un aparato digital no se active el timbre de llamada entrante hasta después de varios segundos.
- ❖ **Programación de líneas externas en aparatos digitales.** Es posible programar un número externo (directo) en un aparato digital, de ésta forma puede tenerse en un mismo aparato extensiones internas y líneas de la PSTN.

Facilidades

- ❖ **Completación de llamada en ocupado.** Ésta facilidad permite completar llamadas que no se pueden concretar en primera instancia debido a que el número llamado está ocupado. Para emplear ésta facilidad al momento de escuchar el tono de ocupado se introduce un código en el caso de aparatos analógicos, o se activa una tecla en el caso de aparatos digitales.
- ❖ **Remarcar el último dígito.** Ésta función la tienen incluida muchos aparatos actualmente, sin embargo, el sistema es capaz de brindar éste servicio con tan sólo digitar un código.
- ❖ **Enrutamiento de llamadas.** Ésta facilidad se ofrece en dos modalidades, desvió de todas las llamadas y desvió en ocupado / no contestan, ésta función se activa mediante un código seguido de la extensión hacia donde se quieren desviar las llamadas.
- ❖ **Transferencia de llamadas.** Nos permite transferir llamadas a cualquier extensión de la UNAM.
- ❖ **Conferencia tripartita.** Permite realizar conferencias con extensiones internas o hacia la red pública.
- ❖ **Voceo.** Ésta función permite abrir el canal de manos libres de un aparato digital de manera automática.
- ❖ **Mensaje de llamada.** Nos permite indicar a los usuarios de aparatos digitales cuándo les realizamos una llamada y ésta no es contestada.



La **tabla 3.9** muestra algunas facilidades que se encuentran programadas por sistema, es decir, que cualquier usuario puede acceder a ellas.

| Facilidad | Código de acceso | Código de cancelación |
|--|---|-----------------------|
| Completación de llamada en ocupado | 10 | 70 |
| Remarcar último dígito | 13 | |
| Enrutamiento directo de llamadas | 12 | 72 |
| Enrutamiento en ocupado o no contestan | 14 | 74 |
| Facilidad | Procedimiento | |
| Transferencia de llamadas | Dar un ganchazo esperar tono especial, marcar extensión deseada y colgar. | |
| Conferencia tripartita | Dar un ganchazo esperar tono especial, marcar extensión deseada y dar un último ganchazo. | |
| Voceo | Sólo disponible en aparatos digitales | |
| Mensaje de llamada | Sólo disponible en aparatos digitales. | |

Tabla 3.9. Facilidades y método de acceso.

En resumen la actual red telefónica de la UNAM es producto de la suma de muchos esfuerzos, y dicha red se ha desarrollado constantemente en cuanto a infraestructura y personal a lo largo de las décadas de los 70's, 80's, 90's y la actual. Y a pesar de que la actual red telefónica brinda un servicio de buena calidad y ofrece prácticamente todos los servicios y facilidades que una red telefónica debe ofrecer, hoy en día se hace necesario realizar un cambio total de equipos con el fin de cubrir las actuales y futuras necesidades de comunicación telefónica en nuestra máxima casa de estudios.



Capítulo IV

TECNOLOGÍAS, SERVICIOS Y FACILIDADES NECESARIOS PARA LA NUEVA RED TELEFÓNICA DE LA UNAM



Introducción

La nueva red telefónica de la UNAM debe cumplir con ciertas características para lograr colocar a la UNAM en la vanguardia en cuanto a servicios telefónicos se refiere. De acuerdo a esto es necesario que la nueva red soporte aplicaciones tecnológicas de reciente introducción al mercado telefónico. En éste capítulo se definirán las características principales que debe cumplir la nueva red telefónica de la UNAM para poder brindar un servicio de calidad a los usuarios de la red, de igual forma se describirán las tecnologías y protocolos que debe soportar la nueva red para proporcionar servicios vanguardistas a los universitarios.



4.1 Características Requeridas Para La Nueva Red

Un proyecto de migración de la red telefónica no puede estar basado sólo en el cambio de equipos y aparatos telefónicos, el cambio debe contemplar mejoras en los servicios ofrecidos así como mayor eficiencia tanto de espacios como de medios de transmisión empleados. A continuación se detallan algunas de las características que debe cumplir la nueva red telefónica de la UNAM.

- ❖ **Robustez y esquemas de supervivencia.** La nueva red debe ser suficientemente robusta para proporcionar el servicio con una mínima probabilidad de fallas, esto se logrará diseñando una topología en la cual la red se mantenga trabajando sin importar si uno de sus conmutadores falla. Es decir, que la red debe trabajar de manera distribuida sin que la operación de un nodo dependa de otro.
- ❖ **La plataforma de la red debe permitir su actualización sin necesidad de cambiar hardware.** la nueva red debe ser capaz de actualizarse haciendo un mínimo de cambios en el hardware del equipo. Muchos fabricantes se comprometen a desarrollar los equipos basados en un chasis prototipo, es decir, que en caso de que en un futuro surjan nuevos servicios bastara con actualizar el software o en el peor de los casos se requerirá instalar tarjetas que serán compatibles con los equipos actuales.
- ❖ **Compatibilidad con la infraestructura instalada.** Los nuevos conmutadores deben tener la capacidad de ofrecer líneas digitales y analógicas como la actual red. Éste es un punto muy importante debido a que la UNAM cuenta actualmente con una red de cobre instalada que no puede ser sustituida a corto plazo, lo cual implica que los nuevos equipos deben poder utilizar la infraestructura de cableado con el que se cuenta en la actual red, e igualmente rehusar los aparatos analógicos que se tienen instalados actualmente.
- ❖ **Ofrecer lo más nuevo e innovador en materia de comunicación telefónica.** Los nuevos equipos deben ser capaces de sustituir de manera transparente los actuales servicios digitales y analógicos, sin embargo, deben tener la capacidad de proveer servicios vanguardistas los cuales poco a poco se irán integrando a la nueva red.
- ❖ **Optimización de espacios.** Los actuales equipos de conmutación y sistemas de rematado de cableado ocupan mucho espacio, la nueva red debe integrar equipos hasta tres veces más reducidos que los actuales, y de ésta forma ayudar a optimizar lo espacios con que se cuenta.



- ❖ **Administración centralizada.** La nueva red debe contar con un sistema de administración centralizada que permita realizar programaciones en cualquiera de los nodos de manera remota sin necesidad de realizar múltiples conexiones para programar en diferentes equipos.
- ❖ **Sistema de alarmas centralizado.** La red debe ser capaz de enviar alarmas de mal funcionamiento a un punto determinado (centro de monitoreo). Además debe contar con un sistema que permita jerarquizar el tipo de alarma.
- ❖ **Contar con un sistema de SMS.** La red debe contar con un sistema de envío de mensajes a través de la red de telefonía celular para avisar al administrador cuándo se presenta una falla mayor.



4.2 Tecnologías Recientes Empleadas En La Nueva Red

Para el diseño de la nueva red telefónica de la UNAM es necesario conocer algunas tecnologías que aunque ya tienen varios años empleándose en otras aplicaciones, han sido recientemente integradas en la industria de la telefonía para ofrecer mejores servicios a los usuarios.

La tecnología en sistemas telefónicos ha enfocado sus esfuerzos hacia la convergencia de redes, es decir, que la tendencia en los nuevos sistemas es hacia la creación de servicios telefónicos que empleen las redes de datos como medio de transporte, y el objetivo primordial es que éste cambio sea totalmente transparente en cuestiones de confiabilidad y funcionamiento para el usuario final.

Como resultado de los esfuerzos realizados por diferentes empresas la tecnología ha evolucionado en cuanto a servicios telefónicos diseñados para trabajar empleando redes de datos como medio de transporte, dichos servicios representan la vanguardia en equipos telefónicos y por tal motivo deben ser considerados para implementarse en la red telefónica de la UNAM. Básicamente el desarrollo de la tecnología a girado en torno a la telefonía sobre IP, lo cual a desembocado en la implementación de teléfonos IP, troncales IP, teléfonos SIP, softphones etc. a continuación se describirán algunos de dichos sistemas para determinar las ventajas que representan.

Telefonía sobre IP

Primero que nada debemos hacer una diferencia entre lo que es voz sobre IP y telefonía sobre IP. Aún cuándo muchas veces se emplean ambos términos indistintamente la verdad es que se trata de conceptos muy diferentes, la voz sobre IP se refiere al flujo de voz de manera bi-direccional entre dos dispositivos acondicionados para llevar a cabo tal función, su único fin es el de proveer una comunicación de voz entre 2 personas. Por su parte la telefonía sobre IP se refiere a procesos más especializados, y para llevar a efecto dichos procesos es necesario contar con la infraestructura necesaria. Un sistema de telefonía sobre IP debe ser capaz de proveer al usuario servicios con las mismas características que le ofrecería un sistema de telefonía digital, es decir, que debe ser capaz de ofrecer todos los servicios y facilidades que se han mencionado en los capítulos anteriores como son; Operadora automática, Completación de llamada, Conferencia, crear grupos de intercomunicación, grupos de captura de llamadas etc.

Una vez aclarada la diferencia entre voz sobre IP y telefonía sobre IP describiremos su funcionamiento y características.

Desde hace ya varios años se ha vislumbrado la creación de una red integral de telecomunicaciones, es decir, que una sola red sea capaz de



transmitir voz, datos y video de manera simultánea y transparente. Los avances tecnológicos en materia de telefonía poco a poco han ofreciendo la infraestructura necesaria para emplear redes de datos para transportar el tráfico de voz, es decir, que hoy en día es posible hablar de una red integral de voz, datos e incluso video, ésta red está basada en el protocolo IP.

Actualmente es posible realizar comunicaciones de voz sobre IP entre computadoras empleando Internet como medio de transporte, estas comunicaciones suelen ser de muy baja calidad debido a los retardos y la pérdida de información, sin embargo, la idea de mandar voz sobre IP fue la base para crear la telefonía sobre IP. Actualmente la telefonía sobre IP emplea dispositivos especializados de comunicación de voz (PBX o call server) para llevar a cabo todo el control de tráfico, y a estos dispositivos se les añaden procesos para convertir la información de la voz en paquetes IP los cuales se hacen viajar sobre redes de datos controladas, es decir, con calidad de servicio (QoS) para garantizar la calidad de la conversación.

La idea es que en el futuro la red pública de datos (Internet) sea capaz de proveer el medio de transporte a comunicaciones de voz manteniendo la calidad de servicio, esto daría como resultado un descenso sustancial en el costo de los servicios telefónicos, ya que al realizar una llamada hacia cualquier parte del mundo equivaldría a establecer una sesión de Chat. Por su puesto para que esto suceda deben modificarse aspectos tecnológicos, culturales y de legislación.

En 1997 el foro de VoIP (voz sobre IP) tomó la decisión de emplear el estándar H.323 del ITU-T como base para la interoperabilidad de los distintos elementos que se deben integrar para formar una red de VoIP. El estándar VoIP/H.323 tiene como principal objetivo el garantizar la interoperabilidad entre dispositivos de diferentes fabricantes y de igual forma garantizar la interconexión de las redes de VoIP con la red telefónica pública tradicional. El VoIP/H.323 está conformado por varios estándares y protocolos que se encargan de los diferentes procesos que se realizan en una red de VoIP como son la compresión, transmisión, señalización y direccionamiento.

Para entender mejor el concepto de VoIP a continuación se describen los protocolos y estándares que intervienen en una comunicación de VoIP.

- ❖ **Protocolo IP (Internet Protocol).** Éste protocolo surgió ligado junto con TCP, el protocolo TCP/IP fue diseñado para transferir información entre computadores de diferentes fabricantes y sistemas operativos. IP fue introducido a principio de los 80's y es junto con TCP el protocolo utilizado en Internet y en general es el protocolo estándar para la comunicación de datos.
 - IP cumple funciones de la capa 3 del modelo OSI, entre sus principales características están las de hacer reporte de errores, realizar ensamble y fragmentación de datagramas y en general permitir la interconexión de redes.



- IP es referenciado como un protocolo no confiable debido a que no se garantiza la entrega de paquetes.
- IP es un protocolo sin conexión, cada paquete debe ser procesado individualmente en cada nodo a lo largo del camino de transmisión



Figura 4.1. Estructura del datagrama IP.

La **figura 4.1** muestra la estructura de los datagramas IP, a continuación se describe cada uno de los campos que conforman dicho datagrama.

- **Versión.** En éste campo se define la versión de IP que se está corriendo.
- **Longitud de encabezado (LH).** Indica la longitud del encabezado
- **Tipo de servicio (TOS).** Los primeros 3 bits no están utilizados y el cuarto no está definido, por lo que se encuentran en 0. los restantes cuatro significan; minimizar el retardo, maximizar el throughput, maximizar confiabilidad y reducir costo monetario. Sólo un bit puede estar encendido, y si todos los bits están apagados significa que es un servicio normal.
- **Longitud total.** Indica la longitud total del datagrama IP en bytes. Conociendo la longitud del encabezado se puede determinar el inicio y el final de la información.
- **Identificación.** En éste campo el nodo origen coloca un identificador a cada datagrama, éste identificador es útil sobretodo cuándo existe fragmentación.
- **Banderas.** Existen tres bits de bandera, el primero no está definido, el segundo se denomina DF (don't fragment) y si está encendido indica que el datagrama no debe ser fragmentado. El tercero es MF (more fragment) e indica que existen más fragmentos para éste datagrama.
- **Offset.** Indica el corrimiento en bytes que determinado datagrama tiene en relación al inicio del datagrama completo.
- **Tiempo de vida.** Éste campo indica el número máximo de saltos que un datagrama puede dar para llegar a su destino, en cada



salto el valor se decrementa en 1 y cuándo está en 0 el datagrama se descarta y se envía una notificación al nodo origen.

- **Protocolo.** Éste campo indica el protocolo de capa superior que se está encapsulando en el datagrama IP. A TCP le corresponde el valor 6
- **Checksum.** Ésta suma de comprobación sólo se realiza para el encabezado debido a que IP es un protocolo no confiable por lo tanto no implementa mecanismos de detección y corrección de errores en el campo de información.

- ❖ **Protocolo UDP (User Datagram Protocol).** Para llevar a cabo comunicaciones de VoIP se emplea el protocolo UDP debido a que es un protocolo mucho más simple que TCP. El protocolo UDP no emplea mecanismos de detección y corrección de errores lo que lo hace ideal para emplearlo en aplicaciones en tiempo real como lo es la telefonía.

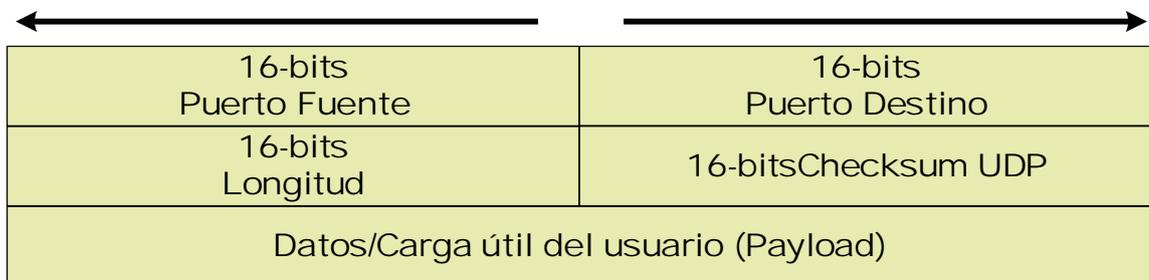


Figura 4.2. Estructura del datagrama UDP.

La **figura 4.2** muestra la estructura de los datagramas UDP, a continuación se describen cada uno de los campos que lo conforman.

- **Puertos fuente y destino.** Indican el puerto lógico que se va a emplear para entregar información de UDP y a UDP.
 - **Longitud.** Indica el tamaño del datagrama UDP incluyendo encabezados e información.
 - **Bits Checksum.** Éste campo se encarga de realizar detección de errores pero sólo sobre los campos del encabezado, sin tocar el campo de datos.
 - **Datos.** Es el espacio designado para transmitir la información de usuario.
- ❖ **Estándar H.323.** El estándar H.323 es un conjunto de recomendaciones que hace la ITU para comunicaciones en redes LAN que no garantiza calidad de servicio. Éste estándar proporciona los fundamentos en cuanto a comunicaciones, audio y video a través de las redes basadas en el protocolo IP. El estándar H.323 define cuatro componentes básicos de comunicación: Terminal, Gateway, Gatekeeper y Multipoint Control Unit.



- **Terminal.** Son los elementos finales en una red LAN, en el caso de telefonía sobre IP pueden ser aparatos telefónicos IP o computadoras con softphone.
- **Gateway.** Éste elemento sirve como interfaz entre la red de telefonía IP que emplea H.323 y elementos externos como por ejemplo enlaces con la red telefónica pública.
- **Gatekeeper.** Éste elemento se encarga de llevar el control de las comunicaciones en la red. Tiene dos funciones principales de control, la primera es trasladar la dirección de red de las terminales y gateways a IP. La segunda es el manejo del ancho de banda.
- **Multipoint control unit (MCU).** En H.323 el MCU es un controlador multipunto, y entre las funciones que realiza se encarga de soportar conferencias en redes de telefonía IP.

En conjunto estos elementos soportan las comunicaciones telefónicas IP de manera global, es decir; entre los elementos de la red IP y los elementos de redes externas como la red telefónica pública. En la **figura 4.3** se muestra la arquitectura que guarda una red de telefonía sobre IP.

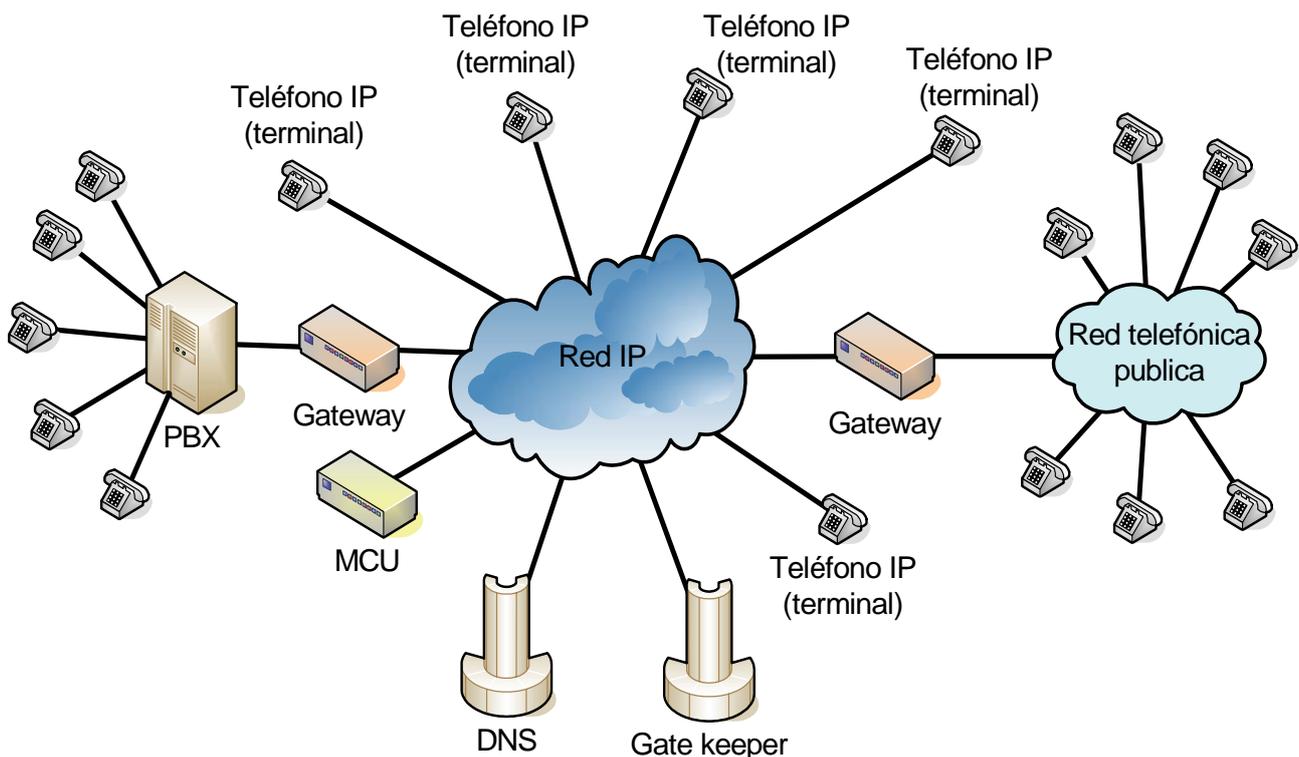


Figura 4.3. Arquitectura general de una red IP basada en el protocolo H.323.

El protocolo H.323 está formado a la vez por una serie de protocolos que están encargados de soportar cada uno de los aspectos que comprenden la comunicación en un arreglo de telefonía sobre IP. A continuación se mencionan los protocolos que se encargan de soportar cada una de las etapas de la comunicación.



- **Direccionamiento**
 - **RAS (Registration, Admission and Status).** Permite a una terminal H.323 localizar otra Terminal a través del Gatekeeper.
 - **DNS (Domain Name Service).** Realiza la misma función que el protocolo RAS, con la diferencia que éste se realiza a través de un servicio de resolución de nombres en direcciones IP.

- **Señalización**
 - **H.225 (RAS).** Éste protocolo permite a las terminales comunicarse con el gatekeeper para solicitar y reservar ancho de banda, además proporciona actualizaciones de estado.
 - **Q.931** Éste protocolo realiza la señalización necesaria para establecer y liberar las conexiones con la red telefónica pública.
 - **H.245** Es un protocolo de control de llamadas el cual permite a las terminales negociar parámetros tales como la velocidad de transmisión, el tipo de codecs a emplear, etc.

- **Compresión de voz**
 - Se requiere contar con los protocolos G.711 y G.723
 - Se pueden manejar opcionalmente los protocolos G.728, G.729 y G.722

En la **tabla 4.1** se enlistan los protocolos de compresión estandarizados por la ITU-T más empleados en la actualidad.

| Nombre | Bit rate (kb/s) | Frecuencia de muestreo (kHz) | Observaciones |
|---------|-----------------|------------------------------|--|
| G.711 | 64 | 8 | Tiene dos versiones u-law (US, Japan) y a-law (Europa) para muestrear la señal |
| G.722 | 64 | 16 | Divide los 16 Khz en dos bandas. |
| G.723 | 24/40 | 8 | Obsoleta por G.726. Es totalmente diferente de G.723.1. |
| G.723.1 | 5.6/6.3 | 8 | Parte de H.324 para video conferencia. |
| G.726 | 16/24/32/40 | 8 | Reemplaza a G.721 y G.723. |
| G.728 | 16 | 8 | |

Tabla 4.1. Protocolos de compresión de la ITU-T.

- **El Bit Rate.** indica la cantidad de información que se manda por segundo.
- **La frecuencia de muestreo.** indica la frecuencia de muestreo de la señal de voz.

- **Transmisión de voz**
 - **UDP.** Se emplean paquetes UDP para transmitir la voz debido a que sus características lo hacen ideal para correr aplicaciones en tiempo real.



- **RTP (Real Time Protocol)**. Éste protocolo se encarga de etiquetar los paquetes UDP para garantizar que todos los paquetes lleguen en la misma secuencia en que fueron generados.
- **Control de la transmisión**
 - **RTCP (Real Time Control Protocol)**. Es un protocolo de control para RTP y se encarga de detectar y corregir situaciones de congestión en la red.

Una vez que se han descrito los protocolos que conforman a H.323, en la **figura 4.4** se muestra la arquitectura del protocolo.

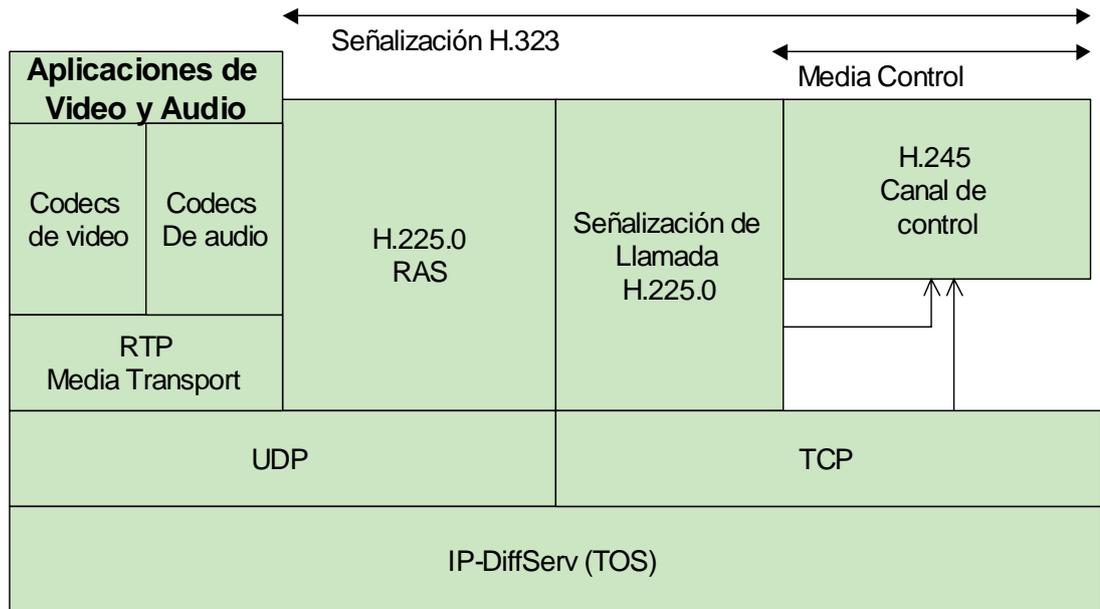


Figura 4.4. Arquitectura del protocolo H.323.

- ❖ **Protocolo de inicialización de sesiones SIP (Session Initiation Protocol)**. Éste protocolo fue desarrollado por el IETF MMUSIC Working Group con el fin de convertirlo en el estándar para la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas de usuarios, y en noviembre del 2000 SIP fue aceptado como el protocolo de señalización de 3GPP (3rd Generation Partnership Project) y se ha convertido en uno de los protocolos de señalización de la telefonía sobre IP. El protocolo SIP en un principio fue empleado básicamente para iniciar y terminar llamadas, adicionalmente se le han implementado funciones típicas de teléfonos convencionales como son; permitir llamar a otros teléfonos, escuchar un timbrado cuando una Terminal es llamada, escuchar tonos de ocupado etc. las sesiones SIP son simplemente flujos de paquetes de RTP (Real-time Transport Protocol).

SIP ha implementado también muchas funciones avanzadas de telefonía, todas las funciones que lleva a cabo están basadas en comandos implementados por un softswitch, algunos de estos comandos son:



- **INVITE**, envía el inicio del establecimiento de llamada.
 - **ACK**, envía después una respuesta OK para completar la invitación.
 - **OPTIONS**, pregunta las capacidades de una llamada de un agente y suministra las capacidades hacia el que envía.
 - **BYE**, envía la liberación de llamada.
 - **CANCEL**, envía la cancelación de un requerimiento en progreso.
 - **REGISTER**, es el registro de un cliente con un servidor.
 - **PRACK**, se utiliza para proporcionar reconocimiento provisional de las respuestas.
 - **INFO**, envía la señalización encapsulada para soportar las características comunes de telefonía.
 - **REFER**, se usa para implementar la transferencia de llamada.
 - **COMENT**, ese utiliza para determinar el conjunto de precondiciones en SDP antes que el proceso de llamada continúe.
- ❖ **Troncales IP.** Éste es el término que se da a los canales que se emplean para interconectar a los PBX con los equipos de datos switch's o router's en una red de telefonía sobre IP. Actualmente los fabricantes diseñan los PBX de forma que internamente emplean TDM y al momento de querer interconectar se con redes de datos emplean dispositivos que realizan la conversión a paquetes IP.



4.3 Softphone

La palabra softphone resulta de la combinación de las palabras inglesas 'software y telephone', y tal como su nombre lo indica se trata de software que hace la simulación de un aparato convencional en una PC. Un softphone es un elemento que forma parte de un sistema de telefonía IP, generalmente se trata de software propietario de la marca de PBX que conforma el sistema, sin embargo, existen software libres los cuales son compatibles con prácticamente cualquier marca ya que están basados en el estándar SIP o H323. Existen dos tipos de softphone, uno es aquel en el cual sólo se conecta una diadema con micrófono y audífono a la PC y la manipulación se realiza desde el teclado de la computadora. Y otro que se trata de un aparato telefónico que se conecta a través de un puerto USB a la computadora y toda la manipulación se realiza desde el aparato mismo.

En el caso de la UNAM el uso de esta tecnología será de mucho provecho, ya que en muchas ocasiones se requiere instalar líneas telefónicas provisionales para trabajadores que laboran en las dependencias de manera eventual. Empleando softphones es posible brindar estos servicios sin necesidad de realizar cableados adicionales o comprar aparatos telefónicos. La **figura 4.5** muestra la apariencia tradicional de un softphone.



Figura 4.5. Softphone de Microsoft™.



4.4 Calidad De Servicio QoS (Quality Of Service)

Para implementar una red telefónica sobre IP es necesario contar con equipos que sean capaces de proporcionar calidad de servicio. La calidad de servicio se refiere a contar con mecanismos que permitan a los componentes de una red (routers, switch's, conmutadores) ofrecer ciertas garantías al tráfico generado por algunas aplicaciones.

Como se vio anteriormente el protocolo IP cuenta con un campo denominado tipo de servicio TOS en éste campo se pueden colocar banderas para clasificar la prioridad de cierto tipo de tráfico, con lo cual se pueden garantizar algunos parámetros como son:

- Ancho de banda
- Retardo punto a punto
- Tasa de errores

Para ofrecer calidad de servicio los equipos que componen la red, distribuyen los paquetes IP de acuerdo a los datos presentes en el campo de tipo de servicio, de tal forma que los paquetes son formados en diferentes colas, dando mayor prioridad de envío a las colas correspondientes a los paquetes generados por aplicaciones que; como la telefonía sobre IP, se ven afectadas severamente cuándo existen retardos, pérdida de paquetes etc. De tal forma que los equipos son capaces de distinguir entre varios tipos de tráfico dando prioridad a los paquetes generados por aplicaciones sensibles a retardo y/o pérdida. En la **figura 4.6** se muestra el diagrama de discriminación de tráfico para las prioridades básicas de un sistema, el contar con éste tipo de arreglos en los componentes de una red es lo que nos permite contar con QoS en el sistema.

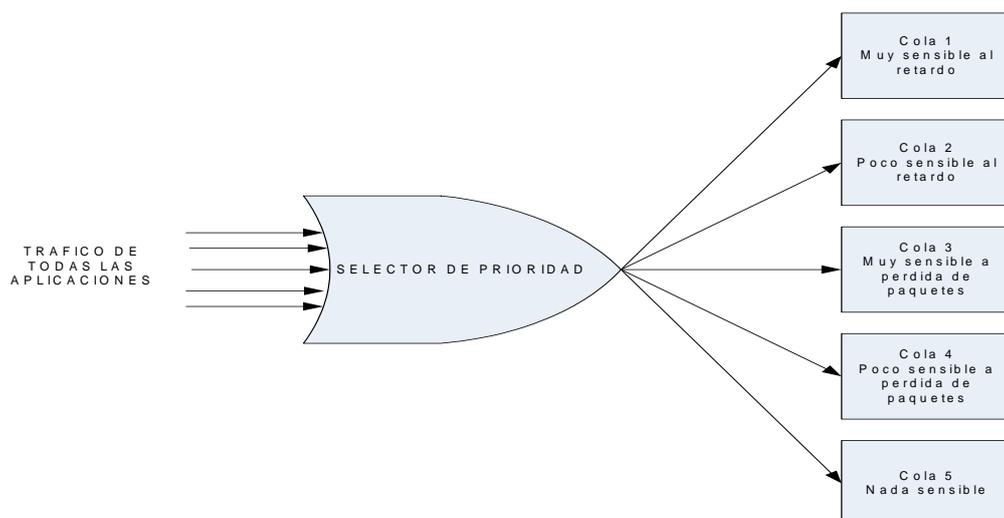


Figura 4.6. Diagrama de discriminación de prioridades.



Existen varios protocolos y algoritmos para ofrecer calidad de servicio. Entre las más empleadas se encuentran:

- **RSVP (ReserVation Protocol):** Protocolo de reserva de recursos. Proporciona la señalización para permitir la reserva de recursos de la red.
- **DiffServ (Differentiated Services):** Servicios Diferenciados. Permite dividir y dar prioridad al tráfico de la red mediante el uso de etiquetas en las cabeceras de los paquetes.
- **MPLS (Multi Protocol Labeling Switching):** Conmutación de etiquetas multiprotocolo. Da la posibilidad de administrar el ancho de banda de la red a través de etiquetas en las cabeceras de los paquetes (encapsulamiento).
- **802.1p** Estándar integrado dentro de la norma 802.1D que permite dar prioridad al tráfico. Puede diferenciar entre 8 tipos de clases de tráfico clasificados como “prioridades de usuario”.

El estándar 802.1p permite ofrecer hasta 8 prioridades de usuario como lo muestra la tabla 4.2 en esta tabla también se muestra la asociación que puede darse entre la prioridad de usuario y el tipo de aplicación.

| Combinación | Prioridad de usuario | Tipo de tráfico |
|-------------|----------------------|---------------------------------|
| 111 | 7 | Control de red |
| 110 | 6 | Voz interactiva < 10 ms |
| 101 | 5 | Vídeo interactivo < 100 ms |
| 100 | 4 | Aplicaciones importantes |
| 011 | 3 | Tráfico de usuarios importantes |
| 010 | 2 | |
| 001 | 1 | |
| 000 | 0 | Tráfico ordinario |

Tabla 4.2. Clases de servicio en la norma 802.1p.

En conclusión, para implementar un sistema de telefonía sobre IP es indispensable contar con un medio de transporte capaz de ofrecer calidad de servicio, de lo contrario se podrían presentar múltiples problemas como: llamadas entrecortadas, eco, pérdida de conexión etc.



4.5 Servicios Y Facilidades De La Nueva Red

A continuación se detallan algunos de los servicios y facilidades que deberá tener la nueva red, dichos servicios y facilidades tienen por objetivo impulsar un mejor aprovechamiento de los recursos y facilitar la comunicación telefónica entre los usuarios de la red telefónica de la UNAM.

Servicios

- ❖ **Correo de voz** (Servicio de mensajes de voz). Dado las características de movilidad de investigadores, académicos y demás empleados de la UNAM, resulta necesario contar con un sistema de mensajes de voz que permita a los usuarios de la red telefónica de la UNAM mantener comunicación aún cuando el destinatario de una llamada telefónica no se encuentre en su sitio de trabajo. La nueva red deberá contar con un sistema que sea capaz de ofrecer correo de voz a todas y cada una de las líneas en caso de que así lo soliciten los usuarios.
- ❖ **Servicios de mensajes escritos a través del teléfono.** Esto permitirá a los usuarios enviar mensajes cortos a través de sus líneas telefónicas teniendo la seguridad de que el destinatario lo verá al hacer uso de su teléfono.
- ❖ **Operadora automática.** Esto permitirá a los usuarios de extensiones telefónicas internas recibir llamadas de la red telefónica pública sin necesidad de que la llamada sea recibida por una línea DID de la misma área. De igual forma éste servicio permitirá repartir de manera eficiente el rango de DID's contratado por la UNAM.
- ❖ **Plan de numeración flexible.** La actual red telefónica no permite realizar reubicaciones de teléfonos entre conmutadores, la nueva red deberá ver el plan de numeración como un grupo uniforme sin importar cuántos conmutadores se encuentren en red. De esta manera se podrán reubicar temporalmente líneas telefónicas entre dependencias.
- ❖ **Servicio de directorio.** Muchas veces dentro de la red conocemos el nombre de la persona con quien queremos hablar pero no conocemos su extensión, éste servicio nos permitiría hacer marcaciones escribiendo los apellidos de las personas.
- ❖ **Mensajes audibles de servicios programados.** Éste servicio permitiría informar a los usuarios cuándo su línea tiene algún tipo de programación, como puede ser el enrutamiento de llamadas y bloqueo manual para realizar llamadas externas.



Facilidades

- ❖ **Estacionar llamadas.** Esta facilidad es de mucha utilidad sobre todo para los usuarios de líneas analógicas. Consiste en dejar una llamada estacionada en una localidad del PBX, en ese momento la persona puede realizar una segunda llamada y al terminar esta recuperará la llamada que se había dejado estacionada.
- ❖ **Bloqueo de teclado.** Muchas veces las líneas telefónicas se encuentran en áreas abiertas en las cuales cualquier persona puede hacer uso de las líneas telefónicas mientras el responsable no se encuentra, una forma de prevenir esto es dando a los usuarios la facilidad de bloquear su teclado impidiendo así que personas no autorizadas hagan uso del servicio telefónico.
- ❖ **Movilidad de líneas.** Esta facilidad permite que los usuarios puedan llevarse consigo su línea telefónica aplicando códigos para dar de alta y de baja en diferentes sitios su línea telefónica.
- ❖ **Audio conferencias.** Actualmente se pueden realizar conferencias entre 3 participantes, la idea es brindar la facilidad para realizar conferencias de 6 o más participantes.
- ❖ **Completación de llamada.** Esta facilidad permite a los usuarios ingresar un código cuándo marcan a una extensión y esta ocupada para que la llamada se complete automáticamente en el momento que la línea se libera. Actualmente se cuenta con éste servicio, sin embargo, no se difunde ampliamente su huso debido a la inestabilidad de la red, ya que muchas veces el empleo de esta facilidad puede bloquear las líneas telefónicas.



Capítulo V

DISEÑO DE LA NUEVA RED



Introducción

El diseño de la nueva red telefónica de la UNAM consiste en llevar a cabo dos procesos.

1. Dimensionamiento de la nueva red.
2. Diseño de la topología para la nueva red.

El dimensionamiento de la red consiste en determinar dos factores:

- El primer factor se refiere a dimensionar el número de extensiones requeridas, incluyendo el crecimiento esperado en los próximos años.
- El segundo factor se refiere a la necesidad de dimensionar el tráfico que se generará en la nueva red y de esta forma poder calcular el número de enlaces necesarios entre los equipos.

Una vez dimensionados el número de extensiones y enlaces, es necesario elegir la topología adecuada para la nueva red. La elección de la topología se debe basar en encontrar un punto medio entre robustez y costo.



5.1 Dimensionamiento del número de extensiones para la nueva red telefónica de la UNAM

El dimensionamiento de la nueva red telefónica debe estar basado en el crecimiento que ha tenido la actual red en los últimos años, para de esta forma calcular un posible crecimiento a futuro. Nos basaremos en el número de servicios instalados actualmente y en el crecimiento que ha tenido la red en los últimos 4 años. Con el fin de evitar saturación de información se mostrará primero el número de extensiones y crecimiento observado en el nodo de zona cultural y sus nodos secundarios (esta muestra corresponde aproximadamente al 20% de la red telefónica de la UNAM). Esto nos será útil para visualizar de manera sencilla los datos que se emplearán para dimensionar la nueva red telefónica de la UNAM en conjunto.

La **tabla 5.1** muestra el crecimiento que ha tenido el nodo de zona cultural y sus conmutadores secundarios en la actual red telefónica de la UNAM.

| NODO y AÑO | EXTENSIONES ANALOGICAS | EXTENSIONES DIGITALES | EXTENSIONES HOT LINE | EXTENSIONES VIRTUALES | TOTAL |
|------------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------|
| Zona cultural - 2000 | 510 | 136 | 60 | 70 | 776 |
| Zona cultural - 2003 | 535 | 139 | 62 | 70 | 806 |
| Zona cultural - 2007 | 576 | 142 | 66 | 76 | 860 |
| Coord. de humanidades - 2000 | 462 | 33 | 13 | 6 | 514 |
| Coord. de humanidades - 2003 | 465 | 30 | 15 | 7 | 517 |
| Coord. de humanidades - 2007 | 499 | 30 | 18 | 9 | 556 |
| Teatro JRA - 2000 | 166 | 32 | 11 | 8 | 217 |
| Teatro JRA - 2003 | 171 | 32 | 17 | 7 | 227 |
| Teatro JRA - 2007 | 236 | 32 | 21 | 7 | 296 |
| Cuernavaca - 2000 | 302 | 2 | 0 | 0 | 304 |
| Cuernavaca - 2003 | 309 | 1 | 0 | 0 | 310 |
| Cuernavaca - 2007 | 388 | 2 | 0 | 0 | 390 |

Tabla 5.1. Crecimiento en zona cultural y sus nodos secundarios.

La **figura 5.1** muestra la gráfica que se genera a partir de los datos de la **tabla 5.1**, en ella se puede observar claramente el crecimiento en cuanto al número de extensiones por cada nodo.

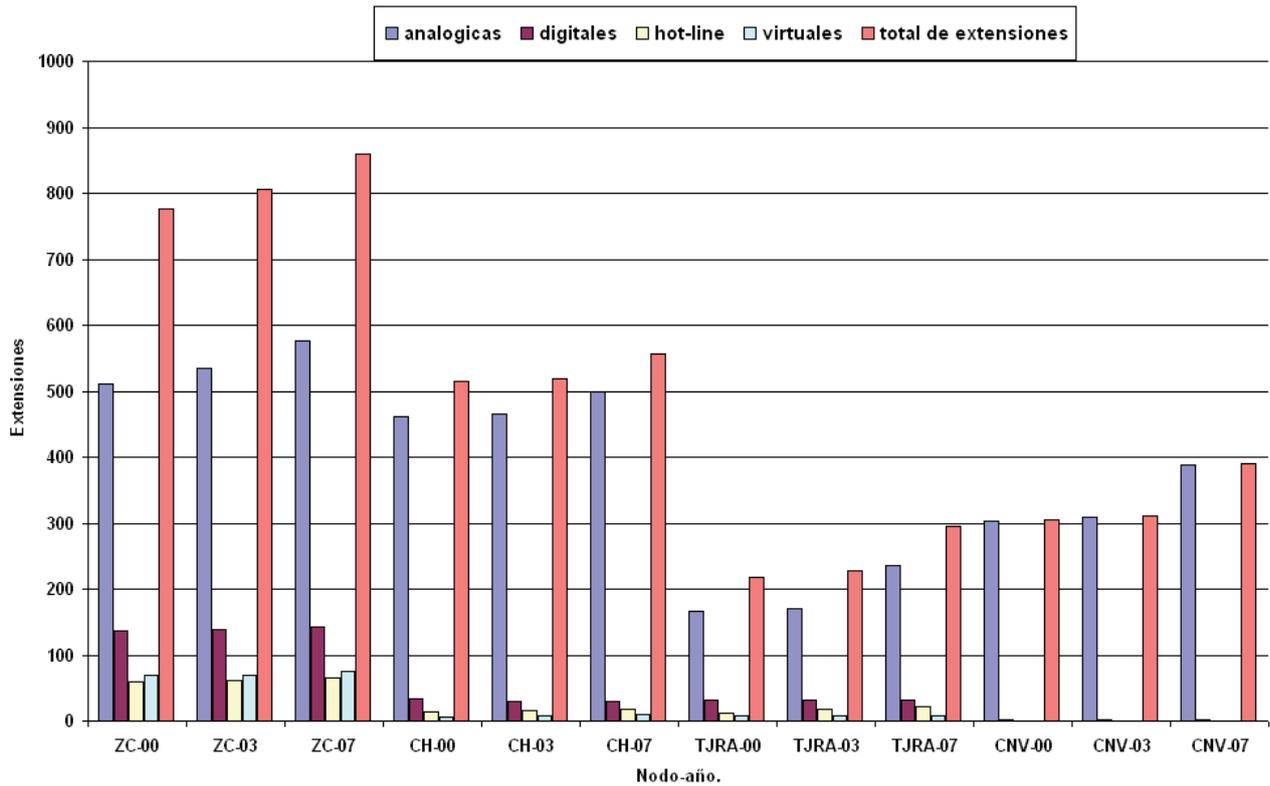


Figura 5.1. Crecimiento de extensiones en zona cultural y nodos secundarios.

De tal forma que al realizar un análisis del crecimiento en cuanto al número total de extensiones desde el año 2003 hasta el 2007 se obtiene la gráfica de la **figura 5.2**. En la que se observa el incremento en cuanto al número de extensiones que ha tenido cada conmutador en los últimos 4 años.

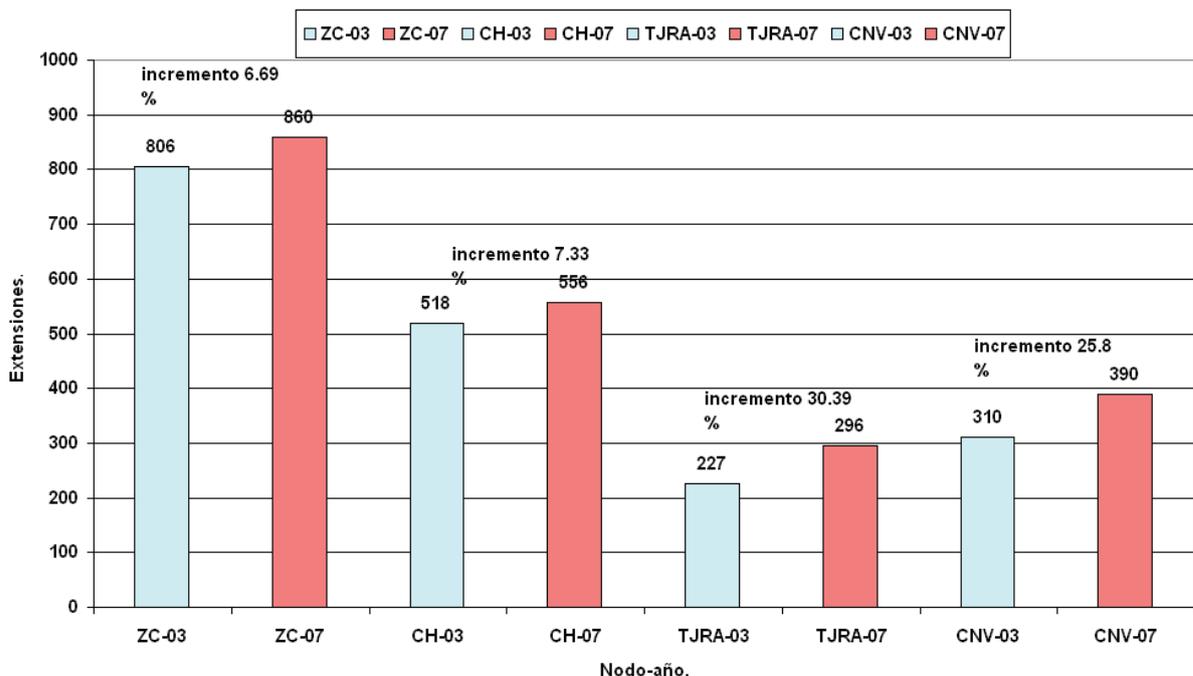


Figura 5.2. Incremento en el número de extensiones entre los años 2003 y 2007.



A partir de estos datos se puede hacer una proyección a futuro. Tomaremos en cuenta el crecimiento por nodo en los últimos cuatro años fig. 5.3 y se proyectara un crecimiento similar en cuanto a circuitos analógicos y digitales en los próximos 4 años. Éste cálculo se realiza sabiendo de antemano que pueden existir condiciones imprevistas, como por ejemplo la creación de un nuevo edificio o de una nueva área, en cuyo caso el número de extensiones requeridas seguramente sobrepasaría nuestros cálculos, sin embargo, aquí estamos contemplando que los nuevos proyectos contemplan la instalación de redes donde los dispositivos activos son únicamente ruteadores o switch's y con cableado estructurado por lo cual será posible atenderlos empleando telefonía sobre IP. De tal forma que nuestra proyección para el 2011 se muestra en la gráfica de la **figura 5.3**.

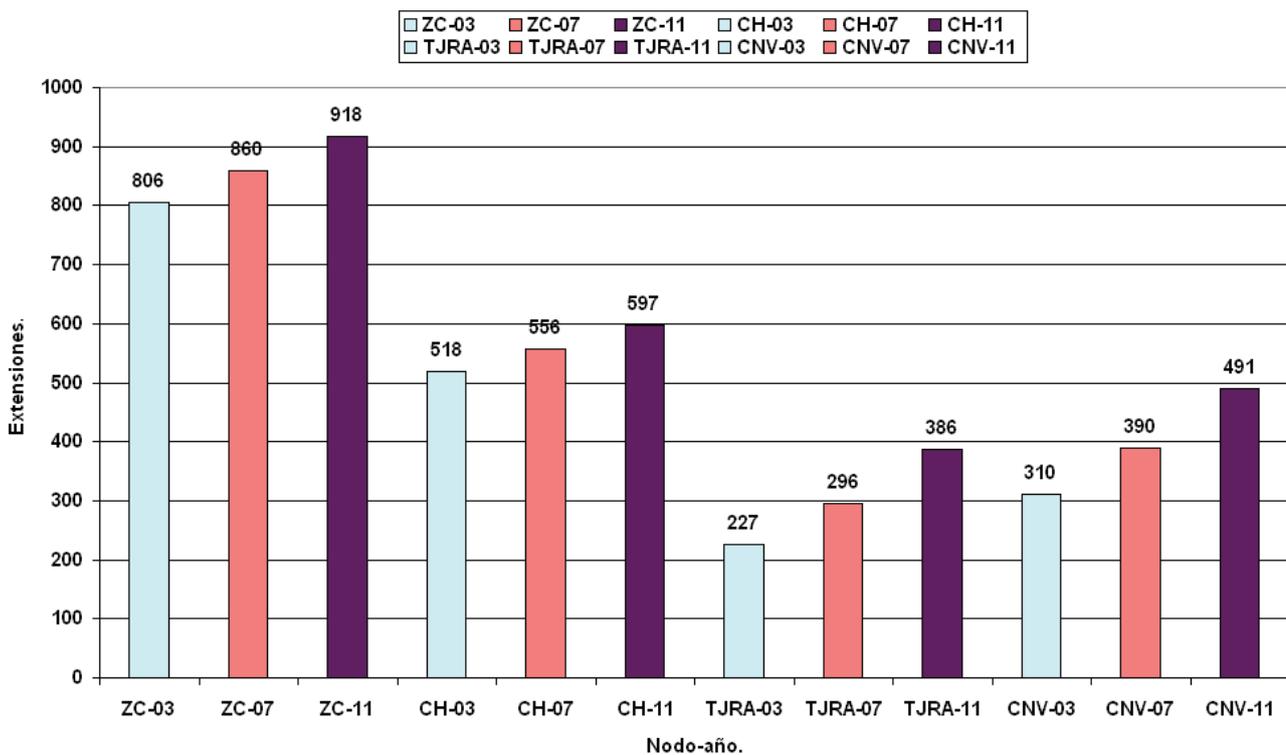


Figura 5.3. Proyección del número de extensiones necesarias para el 2011.

El dimensionamiento total de los nodos de la red telefónica de la UNAM se obtiene realizando un análisis similar para todos y cada uno de los nodos. Para obtener el dimensionamiento de la nueva red únicamente se tomarán en cuenta las extensiones digitales y analógicas. La **tabla 5.2** muestra los valores de dicho análisis nodo por nodo.



| CONMUTADOR | EXTENSIONES 2003 | EXTENSIONES 2007 | EXTENSIONES 2011 |
|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| ARQUITECTURA | 635 | 659 | 684 |
| INGENIERIA | 306 | 322 | 339 |
| RECTORIA | 538 | 617 | 708 |
| ECONOMIA | 462 | 480 | 499 |
| PERSONAL | 360 | 401 | 447 |
| D.G.O. | 380 | 366 | 353 |
| IIMAS | 809 | 845 | 883 |
| GEOGRAFIA | 741 | 748 | 755 |
| I.DE QUIM. | 391 | 431 | 475 |
| QUIM. E. | 623 | 824 | 1090 |
| VETERINARIA | 503 | 591 | 694 |
| ZONA CUL. | 806 | 860 | 918 |
| T.J.R.A. | 227 | 296 | 386 |
| C. HUMA. | 518 | 556 | 597 |
| CUERNAVACA | 310 | 390 | 491 |
| MASCARONES | 29 | 31 | 33 |
| TEMIXCO | 128 | 160 | 200 |
| D.G.S.C.A. | 605 | 615 | 625 |
| S.U.A. | 214 | 216 | 218 |
| T.SOCIAL | 34 | 63 | 117 |
| JARDIN B. | 408 | 552 | 747 |
| ANTROPO. | 366 | 406 | 450 |
| TORRE II | 521 | 617 | 731 |
| ARAGON | 235 | 232 | 229 |
| IZTACALA | 221 | 222 | 223 |
| PITAGORAS | 50 | 53 | 56 |
| ACATLAN | 291 | 309 | 328 |
| CUAUTI IV | 176 | 187 | 199 |
| CUAUTI I | 95 | 97 | 99 |
| MEDICINA | 467 | 495 | 525 |
| U.M.E. | 56 | 65 | 75 |
| ZARAGOZA 1 | 130 | 189 | 275 |
| ZARAGOZA 2 | 80 | 135 | 228 |
| MORELIA | 152 | 193 | 245 |
| JURIQUILLA | 149 | 149 | 149 |
| MINERIA | 60 | 65 | 70 |
| PAL.MEDICINA | 33 | 54 | 88 |
| RADIO UNAM | 63 | 70 | 78 |
| ROBERTO MEDELLIN | 36 | 38 | 40 |
| TOTAL | 11338 | 13525 | 16134 |

Tabla 5.2. Dimensionamiento para la nueva red UNAM.

De tal forma que el crecimiento de extensiones analógicas y digitales, esperado para los próximos 4 años será cubierto con el dimensionamiento ya propuesto. Cabe recordar que en caso de existir un crecimiento excesivo en alguno de los nodos a causa de la construcción de un nuevo edificio o una nueva área de oficinas éste crecimiento será cubierto con telefonía IP



suministrada por los mismos conmutadores de la nueva red telefónica de la UNAM.

Los valores obtenidos en la **tabla 5.2** corresponden al número de circuitos listos para programarse que debe tener cada conmutador en el momento de su adquisición, sin embargo, cabe mencionar que cada conmutador deberá ser capaz de soportar por lo menos un crecimiento del 20% en relación con el número de circuitos disponibles solicitados, esto con el fin de que en caso de requerir crecimientos futuros en el número de extensiones analógicas o digitales baste con comprar las tarjetas correspondientes e instalarlas en el conmutador.



5.2 DIMENSIONAMIENTO DE TRÁFICO

Como se vio en el capítulo 3 el dimensionamiento del tráfico de llamadas en una red telefónica es de suma importancia ya que esto determinará el grado de disponibilidad de los equipos para realizar conexiones telefónicas hacia otros equipos de la red o bien hacia la red pública. Como ya se mencionó, el tráfico se define como la relación del número de intentos de llamada por unidad de tiempo, entre la duración promedio de las llamadas exitosas y sus unidades son los erlangs. La **ecuación 1** representa lo antes expuesto.

$$A = I * v \quad ; \quad \begin{array}{l} A = \text{tráfico en erlangs} \\ I = \text{intentos de llamada por unidad de tiempo} \\ v = \text{duración promedio de las llamadas exitosas} \end{array} \quad (\text{Ec } 1)$$

Para comprender mejor el concepto de tráfico y la importancia de dimensionarlo adecuadamente, a continuación se explican algunos conceptos importantes en relación al tráfico de llamadas en un conmutador y a demás se recordarán conceptos vistos en el capítulo 3.

- **Hora ocupada.-** La hora ocupada refiere al volumen del tráfico o número de intentos de llamada durante una hora.
- **Pico de hora ocupada.-** Es la hora ocupada con mayor número de intentos de llamadas, concretadas o no, durante un día.
- **El período de ingeniería.-** Se refiere a la hora más ocupada del día más ocupado de la semana.

Probabilidad de bloqueo

Supongamos que tenemos un conmutador con 100 extensiones y conectamos un 'E1' (30 canales) hacia la red telefónica pública. De las 100 extensiones sólo 30 podrían comunicarse de manera simultánea hacia la red telefónica pública. Si en un determinado momento una extensión intentara realizar una llamada cuándo los 30 canales están ocupados recibiría como respuesta un tono de saturación, es decir, que tendríamos una llamada bloqueada.

La probabilidad de tener un bloqueo es un parámetro importante, de hecho al realizar el dimensionamiento de tráfico lo que se busca es tener una probabilidad de bloqueo baja. Al dimensionar un conmutador se hace pensando en tener una baja probabilidad de bloqueo en el período de ingeniería, es decir, que la probabilidad de bloqueo en la hora con más tráfico de la semana debe encontrarse en los niveles previamente definidos por el diseñador de la red.



Un conmutador es dimensionado para soportar la carga de la hora ocupada, se podría sobre dimensionar la capacidad del sistema lo cual haría muy robusto al sistema pero también lo haría más costoso.

De lo anterior podemos observar que para realizar un cálculo aproximado del tráfico es necesario conocer perfectamente el tipo de usuarios y el uso que se dará a las líneas telefónicas, ya que no es lo mismo calcular el tráfico para un call center que calcularlo para una zona residencial o un corporativo de oficinas. Cuando se realiza un cálculo de tráfico a priori, deben realizarse muchos análisis probabilísticos y estadísticos para aproximar las variables λ y u a los valores reales que se tendrán cuando los servicios estén en operación, y aun así se tiene un margen de error debido a que cada individuo tiene hábitos distintos en cuanto al uso de las líneas telefónicas.

Una vez que tenemos un cálculo aproximado del tráfico, lo que en realidad nos interesa es obtener una baja probabilidad de bloqueo, la cual esta dada por la ecuación de Erlang b. **véase apéndice C**

$$P_b = \frac{(A^N/N!)}{\sum_{n=0}^N (A^n/n!)} \quad ; \quad \begin{array}{l} N = \text{número de canales} \\ A = \text{tráfico en erlangs} \end{array}$$

En los sistemas telefónicos convencionales la probabilidad de bloqueo consiste en la probabilidad que tienen los usuarios de que al intentar hacer una llamada que requiere ser enviada a través de un canal de salida no encuentre ningún canal libre. Lo cual se traduce, para el usuario como un tono de restricción.

Como se vio anteriormente existen tablas en las cuales se encuentra calculada la probabilidad de bloqueo **tabla 5.3** de acuerdo con diferentes valores de flujo de tráfico y número de canales, dichas tablas son conocidas como tablas de probabilidad de perdida (E) en erlangs,

Estas tablas se obtienen a partir de la fórmula de Erlang b y facilitan el dimensionamiento de la red. Conociendo el flujo de tráfico y determinando la probabilidad de bloqueo que deseamos podemos obtener fácilmente el número de canales que requerimos.



| n | Probabilidad de pérdida (E) | | | | | | | | | | n |
|----|-----------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| | 0.00001 | 0.00005 | 0.0001 | 0.0005 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | |
| 1 | .00001 | .00005 | .00010 | .00050 | .00100 | .00200 | .00301 | .00402 | .00503 | .00604 | 1 |
| 2 | .00448 | .01005 | .01425 | .03213 | .04576 | .06534 | .08064 | .09373 | .10540 | .11608 | 2 |
| 3 | .03980 | .06849 | .08683 | .15170 | .19384 | .24872 | .28851 | .32099 | .34900 | .37395 | 3 |
| 4 | .12855 | .19554 | .23471 | .36236 | .43927 | .53503 | .60209 | .65568 | .70120 | .74124 | 4 |
| 5 | .27584 | .38851 | .45195 | .64857 | .76212 | .89986 | .99446 | 1.0692 | 1.1320 | 1.1870 | 5 |
| 6 | .47596 | .63923 | .72826 | .99567 | 1.1459 | 1.3252 | 1.4468 | 1.5421 | 1.6218 | 1.6912 | 6 |
| 7 | .72378 | .93919 | 1.0541 | 1.3922 | 1.5786 | 1.7984 | 1.9463 | 2.0614 | 2.1575 | 2.2408 | 7 |
| 8 | 1.0133 | 1.2816 | 1.4219 | 1.8298 | 2.0513 | 2.3106 | 2.4837 | 2.6181 | 2.7299 | 2.8266 | 8 |
| 9 | 1.3391 | 1.6595 | 1.8256 | 2.3016 | 2.5575 | 2.8549 | 3.0526 | 3.2057 | 3.3326 | 3.4422 | 9 |
| 10 | 1.6970 | 2.0689 | 2.2601 | 2.8028 | 3.0920 | 3.4265 | 3.6480 | 3.8190 | 3.9607 | 4.0829 | 10 |
| 11 | 2.0849 | 2.5059 | 2.7216 | 3.3294 | 3.6511 | 4.0215 | 4.2661 | 4.4545 | 4.6104 | 4.7447 | 11 |
| 12 | 2.4958 | 2.9671 | 3.2072 | 3.8781 | 4.2314 | 4.6368 | 4.9038 | 5.1092 | 5.2789 | 5.4250 | 12 |
| 13 | 2.9294 | 3.4500 | 3.7136 | 4.4465 | 4.8306 | 5.2700 | 5.5588 | 5.7807 | 5.9638 | 6.1214 | 13 |
| 14 | 3.3834 | 3.9523 | 4.2388 | 5.0324 | 5.4464 | 5.9190 | 6.2291 | 6.4670 | 6.6632 | 6.8320 | 14 |
| 15 | 3.8559 | 4.4721 | 4.7812 | 5.6339 | 6.0772 | 6.5822 | 6.9130 | 7.1665 | 7.3755 | 7.5552 | 15 |
| 16 | 4.3453 | 5.0079 | 5.3390 | 6.2496 | 6.7215 | 7.2582 | 7.6091 | 7.8780 | 8.0995 | 8.2898 | 16 |
| 17 | 4.8502 | 5.5583 | 5.9110 | 6.8782 | 7.3781 | 7.9457 | 8.3164 | 8.6003 | 8.8340 | 9.0347 | 17 |
| 18 | 5.3693 | 6.1220 | 6.4959 | 7.5186 | 8.0459 | 8.6437 | 9.0339 | 9.3324 | 9.5780 | 9.7889 | 18 |
| 19 | 5.9016 | 6.6980 | 7.0927 | 8.1698 | 8.7239 | 9.3515 | 9.7606 | 10.073 | 10.331 | 10.552 | 19 |
| 20 | 6.4460 | 7.2854 | 7.7005 | 8.8310 | 9.4115 | 10.068 | 10.496 | 10.823 | 11.092 | 11.322 | 20 |
| 21 | 7.0017 | 7.8834 | 8.3186 | 9.5014 | 10.108 | 10.793 | 11.239 | 11.580 | 11.860 | 12.100 | 21 |
| 22 | 7.5680 | 8.4926 | 8.9462 | 10.180 | 10.812 | 11.525 | 11.989 | 12.344 | 12.635 | 12.885 | 22 |
| 23 | 8.1443 | 9.1095 | 9.5826 | 10.868 | 11.524 | 12.265 | 12.746 | 13.114 | 13.416 | 13.676 | 23 |
| 24 | 8.7298 | 9.7351 | 10.227 | 11.562 | 12.243 | 13.011 | 13.510 | 13.891 | 14.204 | 14.472 | 24 |
| 25 | 9.3240 | 10.369 | 10.880 | 12.264 | 12.969 | 13.763 | 14.279 | 14.673 | 14.997 | 15.274 | 25 |
| 26 | 9.9265 | 11.010 | 11.540 | 12.972 | 13.701 | 14.522 | 15.054 | 15.461 | 15.795 | 16.081 | 26 |
| 27 | 10.537 | 11.659 | 12.207 | 13.686 | 14.439 | 15.285 | 15.835 | 16.254 | 16.598 | 16.893 | 27 |
| 28 | 11.154 | 12.314 | 12.880 | 14.406 | 15.182 | 16.054 | 16.620 | 17.051 | 17.406 | 17.709 | 28 |
| 29 | 11.779 | 12.976 | 13.560 | 15.132 | 15.930 | 16.828 | 17.410 | 17.853 | 18.218 | 18.530 | 29 |
| 30 | 12.417 | 13.644 | 14.246 | 15.863 | 16.684 | 17.606 | 18.204 | 18.660 | 19.034 | 19.355 | 30 |
| 31 | 13.054 | 14.318 | 14.937 | 16.599 | 17.442 | 18.389 | 19.002 | 19.470 | 19.854 | 20.183 | 31 |
| 32 | 13.697 | 14.998 | 15.633 | 17.340 | 18.205 | 19.176 | 19.805 | 20.284 | 20.678 | 21.015 | 32 |
| 33 | 14.346 | 15.682 | 16.335 | 18.085 | 18.972 | 19.966 | 20.611 | 21.102 | 21.505 | 21.850 | 33 |
| 34 | 15.001 | 16.372 | 17.041 | 18.835 | 19.743 | 20.761 | 21.421 | 21.923 | 22.336 | 22.689 | 34 |

Tabla 5.3. Probabilidad de pérdida.

Para ejemplificar el uso de las tablas supongamos el siguiente caso; tenemos un enlace en el cual se generan 300 llamadas por hora y cada llamada tiene una duración promedio de 3 min. Y queremos determinar cuántos canales (troncales) requerimos para tener una probabilidad de bloqueo de 0.005, es decir; que de cada 1000 llamadas exista la probabilidad de que 5 no se realicen por falta de canales.

Desarrollo. Primero determinemos el flujo de tráfico A

$$\lambda = 300 \text{ llam/hr}$$

$$\nu = 3 \text{ min/lam} = 0.5 \text{ hr/1lam} \quad A = 300 * 0.05 = 15$$

Observando la **tabla 5.3** vemos que para tener una probabilidad de bloqueo de llamadas de 0.005 teniendo un flujo de 15 erlangs, requerimos un total de 26 canales o troncales.



Lo anterior es de bastante utilidad ya que los actuales conmutadores nos brindan valores de tráfico en 2 formatos.

1) **Route Peg Count.** En éste reporte aparece detallado el número de intentos de ocupación de ruta, así como cuántos de esos intentos fueron exitosos y cuántos fueron bloqueados. Además indica cuántas llamadas fueron entrantes, cuántas hicieron 'tandem' y cuántas fueron dirigidas a una extensión del conmutador. La **tabla 5.4** muestra el formato de dicho reporte.

| | | | |
|---------------------------------|-------|-------------------|-------|
| FROM 02/01 10:00 TO 02/01 10:30 | | ROUTE 5 ATTEMPTS | : 5 |
| ROUTE 902 ATTEMPTS | : 759 | BLOCK | : 0 |
| BLOCK | : 0 | OUTGOING | : 5 |
| ESTABLISHED | : 759 | | |
| ROUTE 905 ATTEMPTS | : 0 | INCOMING | : 4 |
| BLOCK | : 0 | REGISTER ACCESS | : 0 |
| ESTABLISHED | : 0 | STATION | : 0 |
| | | TANDEM | : 4 |
| | | OTHER | : 0 |
| ROUTE 916 ATTEMPTS | : 548 | | |
| BLOCK | : 0 | ROUTE 10 ATTEMPTS | : 132 |
| ESTABLISHED | : 548 | BLOCK | : 0 |
| | | OUTGOING | : 132 |
| ROUTE 917 ATTEMPTS | : 667 | | |
| BLOCK | : 0 | INCOMING | : 69 |
| ESTABLISHED | : 667 | REGISTER ACCESS | : 0 |
| | | STATION | : 10 |
| ROUTE 1 ATTEMPTS | : 115 | TANDEM | : 52 |
| BLOCK | : 0 | OTHER | : 7 |
| OUTGOING | : 115 | | |
| | | | |
| INCOMING | : 215 | ROUTE 48 ATTEMPTS | : 53 |
| REGISTER ACCESS | : 0 | BLOCK | : 0 |
| STATION | : 80 | OUTGOING | : 53 |
| TANDEM | : 94 | | |
| OTHER | : 41 | INCOMING | : 0 |
| | | REGISTER ACCESS | : 0 |
| ROUTE 2 ATTEMPTS | : 138 | STATION | : 0 |
| BLOCK | : 0 | TANDEM | : 0 |
| OUTGOING | : 138 | OTHER | : 0 |
| | | | |
| INCOMING | : 169 | ROUTE 53 ATTEMPTS | : 612 |
| REGISTER ACCESS | : 0 | BLOCK | : 0 |
| STATION | : 10 | OUTGOING | : 612 |
| TANDEM | : 126 | | |
| OTHER | : 33 | INCOMING | : 0 |
| | | REGISTER ACCESS | : 0 |
| ROUTE 3 ATTEMPTS | : 37 | STATION | : 0 |
| BLOCK | : 0 | TANDEM | : 0 |
| OUTGOING | : 37 | OTHER | : 0 |
| | | | |
| INCOMING | : 73 | ROUTE 55 ATTEMPTS | : 0 |
| REGISTER ACCESS | : 0 | BLOCK | : 0 |
| STATION | : 1 | OUTGOING | : 0 |
| TANDEM | : 68 | | |
| OTHER | : 4 | INCOMING | : 548 |
| | | REGISTER ACCESS | : 548 |
| ROUTE 4 ATTEMPTS | : 266 | STATION | : 144 |
| BLOCK | : 0 | TANDEM | : 355 |
| OUTGOING | : 266 | OTHER | : 49 |
| | | | |
| INCOMING | : 274 | | |
| REGISTER ACCESS | : 0 | | |
| STATION | : 6 | | |
| TANDEM | : 256 | | |
| OTHER | : 12 | | |

Tabla 5.4. Reporte de conteo de llamadas.



2) **Route Traffic.** Arroja el flujo de tráfico de cada ruta en erlangs, además en el mismo reporte nos indica qué número de troncales o canales que tiene dicha ruta. La **tabla 5.5** muestra la forma en que proporcionan el reporte de tráfico los actuales conmutadores. Esta muestra corresponde al conmutador de Zona Cultural, como podemos observar, indica la fecha y la hora en la que se generó el reporte.

ROUTE TRAFFIC (ERL)

FROM 02/01 10:00 TO 02/01 10:30

| RUTA | # TKS | TRÁFICO (erlangs) | FUNSION O DESTINO DE LA RUTA |
|------|-------|-------------------|------------------------------|
| 902 | 24 | 2.055 | Originating Register Trunk |
| 905 | 24 | 0.000 | Sender Trunk DP/PB |
| 916 | 18 | 0.813 | MFC Register |
| 917 | 18 | 1.680 | MFC Sender |
| 1 | 90 | 16.531 | DGSCA |
| 2 | 90 | 14.059 | TEATRO JRA |
| 3 | 30 | 6.855 | CUERNAVACA |
| 4 | 120 | 28.371 | COORD. HUMANIDADES |
| 5 | 30 | 0.195 | MASCARONES |
| 10 | 30 | 9.656 | IIMAS |
| 48 | 30 | 2.676 | LARGA DISTANCIA |
| 53 | 89 | 35.930 | PSTN (SALIDA) |
| 55 | 210 | 30.469 | PSTN(ENTRADA) |
| | | | |

Tabla 5.5. Reporte de tráfico por ruta.

La **tabla 5.5** nos permite conocer el flujo de tráfico para cada ruta, en nuestro caso emplearíamos el flujo de tráfico registrado en el período de ingeniería. Se considerara como periodo de ingeniería la hora de la semana con más tráfico registrado en la ruta 902 de cada conmutador principal, dado que dicha ruta registra los intentos de llamadas en cada conmutador. En el reporte entregado por los conmutadores principales cada ruta representa el tráfico existente en su respectivo conmutador secundario, esto significa que para dimensionar el tráfico de la nueva red telefónica bastará con tener el reporte de tráfico en el período de ingeniería de los 5 conmutadores principales de la actual red telefónica.

En forma estructurada los pasos a seguir para dimensionar el tráfico en la nueva red serían:

1. Determinar el período de ingeniería, en base a los datos obtenidos con el reporte de ROUTE TRAFFIC. Se realiza el filtrado de información y se toman los datos correspondientes a la hora en que más tráfico se registro en la ruta 902 de los conmutadores principales.



2. Obtener el flujo de tráfico en el período de ingeniería para cada ruta.
ROUTE TRAFFIC.
3. Obtener el número de troncales necesarias para soportar el tráfico en el período de ingeniería con una probabilidad de bloqueo determinada (0.005).

Éste primer cálculo nos indica el número de troncales que se requerirían en caso de que la red propuesta centralizara las llamadas entrantes y salientes hacia la red pública a través de los conmutadores principales.

Como en nuestro caso la topología de la red establecerá que los enlaces hacia la red pública se conectarán directamente a cada uno de los conmutadores, el tráfico deberá dividirse en dos tipos, tráfico hacia la red UNAM y tráfico hacia la red telefónica pública.

Para realizar éste cálculo nos basaremos en el número de llamadas en los nodos principales. Por una parte se sumarán las llamadas hacia la red telefónica pública y por otro lado analizaremos el número de llamadas internas. De esta manera se obtendrá un total de llamadas realizadas en el conmutador y se podrá calcular qué porcentaje de llamadas corresponden a las llamadas internas entre la red UNAM.

Una vez que se tenga el porcentaje de llamadas internas para cada nodo principal, se tomará como base del tráfico de llamadas para todos sus nodos secundarios. Aplicando dicho porcentaje a los valores obtenidos en el inciso 2 obtendremos el número de troncales necesarias tanto para llamadas internas como externas.

Ejemplo. Tomemos los valores de las **tablas 3.5 y 3.6** para realizar el cálculo correspondiente al número de troncales necesarias para los conmutadores de zona cultural. Para describir el proceso lo dividiremos en incisos:

a) Primero determinaremos el número de troncales necesarias (**T_k**) para el nodo de coordinación de humanidades.

1. Supondremos que los datos de las tablas corresponden al período de ingeniería.
2. Tomaremos el flujo de tráfico de la ruta 4 correspondiente a coordinación de humanidades el cual tiene un valor de 28.371 erlangs, (**tabla 5.5**).
3. Definiendo que requerimos una probabilidad de bloqueo de 0.005 el número de troncales necesarias es de 42 según las tablas de probabilidad de bloqueo Erlang b (**véase apéndice C**).



b) Ahora obtendremos el total de llamadas pertenecientes al nodo principal (Zona Cultural)

1. Obtenemos el total de llamadas (**T**) generadas y recibidas en el nodo de zona cultural, lo cuál esta dado por los campos ATTEMPTS (**att**) de la rutas 902 y 916, además de todas las llamadas de los campos INCOMING de las rutas correspondientes a otros nodos (**inc**) de las rutas 1, 2, 3, 4, 5 y 10 de la **tabla 3.5**, lo cual nos da un total de 2111 llamadas.

$$T = \text{att } 902 + \text{att } 916 + \text{inc } 1 + \text{inc } 2 + \text{inc } 3 + \text{inc } 4 + \text{inc } 5 + \text{inc } 10$$

$$T = 759 + 548 + 215 + 169 + 73 + 274 + 4 + 69 = \mathbf{2111 \text{ llamadas}}$$

2. Se obtiene el número de llamadas que hicieron tandem (**Ta**) en el nodo de zona cultural, éste dato esta dado por los campos TANDEM (**tand**) de todas las rutas que enlazan con otros nodos y además las llamadas provenientes de la red telefónica pública. En nuestro caso son las rutas 1, 2, 3, 4, 5, 10, y 55, lo cual nos da un total de 955 llamadas que hacen tandem.

$$Ta = \text{tand } 1 + \text{tand } 2 + \text{tand } 3 + \text{tand } 4 + \text{tand } 5 + \text{tand } 10 + \text{tand } 55$$

$$Ta = 94 + 126 + 68 + 256 + 4 + 52 + 355 = \mathbf{955 \text{ llamadas}}$$

3. Se obtiene el total de llamadas pertenecientes al nodo (**Tn**), para lo cual se realiza la resta entre llamadas generadas y recibidas por el nodo (**T**), menos las llamadas que hacen tandem (**Ta**) lo cual da como resultado un total de 1156 llamadas pertenecientes al nodo principal (zona cultural).

$$Tn = T - Ta = 2111 - 955 = \mathbf{1156 \text{ llamadas}}$$

c) Obtenemos el porcentaje que representan el número de llamadas internas (**% i**) con respecto al total de llamadas generadas y recibidas en el nodo.

1. Se obtiene el total de llamadas internas cursadas en el nodo (**Ti**), el cual se obtiene tomando las llamadas del campo ATTEMPTS de la ruta 902, y a este valor séle suman los campos INCOMING (**inc**) de todas las rutas que conectan con otros nodos. En nuestro caso las rutas 1, 2, 3, 4, 5 y 10. y finalmente al valor obtenido se resta el valor del campo ATTEMPTS de la ruta 53.

$$Ti = \text{att } 902 + \text{inc } 1 + \text{inc } 2 + \text{inc } 3 + \text{inc } 4 + \text{inc } 5 + \text{inc } 10 - \text{att } 53$$

$$Ti = 759 + 215 + 169 + 73 + 274 + 4 + 69 - 612 = \mathbf{951 \text{ llamadas}}$$



2. Se obtiene el porcentaje que representan las llamadas internas en relación al total de llamadas. 866 llamadas representan el 45.13 % de las 1974 llamadas generadas y recibidas en el nodo principal.

$$\% i = T_i / T = 951 / 2111 = 0.4504$$

d) Aplicaremos el porcentaje obtenido a todos los nodos secundarios del nodo principal, asumiendo que la distribución de tráfico es similar.

1. Aplicando éste porcentaje al resultado obtenido en el inciso "a" (42 Tk necesarias), tenemos que se requieren de 19 circuitos para soportar las llamadas internas (**Tk internas**) y 24 para las llamadas hacia la red telefónica pública (**Tk RTP**).

$$T_k \text{ internas} = T_k * \% i = 42 * 0.4504 = 18.91 \approx \mathbf{19 \text{ troncales}}$$

$$T_k \text{ RTP} = 42 * (1 - 0.4504) = 23.08 \approx \mathbf{24 \text{ troncales}}$$

2. Una vez obtenido el número de troncales necesarias se determinará la necesidad de instalar tantos enlaces E1's como sean necesarios (un E1 representa 30 troncales). En nuestro ejemplo bastaría con un E'1 para el tráfico interno y uno para el tráfico hacia la red telefónica pública.

Para realizar el dimensionamiento de los nodos principales requeriremos de hacer más cálculos ya que ninguno de los reportes de tráfico entrega el flujo de tráfico del nodo principal. Para hacer el cálculo supondremos que todas las llamadas, tanto del nodo principal como de los nodos secundarios, tienen el mismo tiempo promedio.

e) Cálculo del flujo de tráfico en los nodos principales.

1. Tomar el flujo de tráfico del nodo secundario con mayor tráfico, que en nuestro ejemplo es coordinación de humanidades con 28.371 erlangs.
2. Determinar el número de llamadas del nodo secundario (**Ts**) con mayor tráfico, (attempts + incoming) que en éste caso es de 540 llamadas.

$$T_s = \text{att } 4 + \text{inc } 4 = 266 + 274 = \mathbf{540 \text{ llamadas}}$$

3. Determinar el tiempo promedio de las llamadas. Como podemos ver en la **tabla 5.4** el período de éste reporte es de 10:00 a 10:30 ó sea que la muestra corresponde a un tiempo de 30 min. Empleando la **ecuación 1** y el valor de tráfico para la ruta 4 en la tabla 5.5, tenemos que:

$$\lambda = 540 \text{ llam} / 30 \text{ min} \approx 18 \text{ llam/min}$$

$$A = 28.371 \text{ erlangs}$$

$$v = A / \lambda = 28.371 / 18 = \mathbf{1.576 \text{ min/llam (tiempo promedio de llamada)}}$$



4. Empleando el valor obtenido en el inciso “b” correspondiente al total de llamadas pertenecientes al nodo principal $T_n = \lambda = 1152$ llamadas en 30 minutos y con el valor de u , aplicándolos a la **ecuación 1**, obtenemos el flujo de tráfico del nodo principal.

$$A = \lambda * u = (T_n/30) * v = (1152 \text{ llam}/30 \text{ min}) * (1.576 \text{ min/llam}) = \mathbf{60.51 \text{ erlangs}}$$

5. Adicionalmente hay que hacer una consideración especial. En la nueva red se contempla la existencia de algunos nodos que no tendrán conexión hacia la red pública (nodo secundario). En estos casos excepcionales existirá un nodo que funcionara como tandem, **figura 5.4** es decir que se encargara de direccionar las llamadas entrantes y salientes del nodo secundario hacia la RTP local del D.F. En estos casos los valores de tráfico externo deberán sumarse a los valores obtenidos de tráfico para el nodo que funcionara como tandem. En este ejemplo un nodo secundario seria Cuernavaca (solo llamadas al DF) y mascarones.

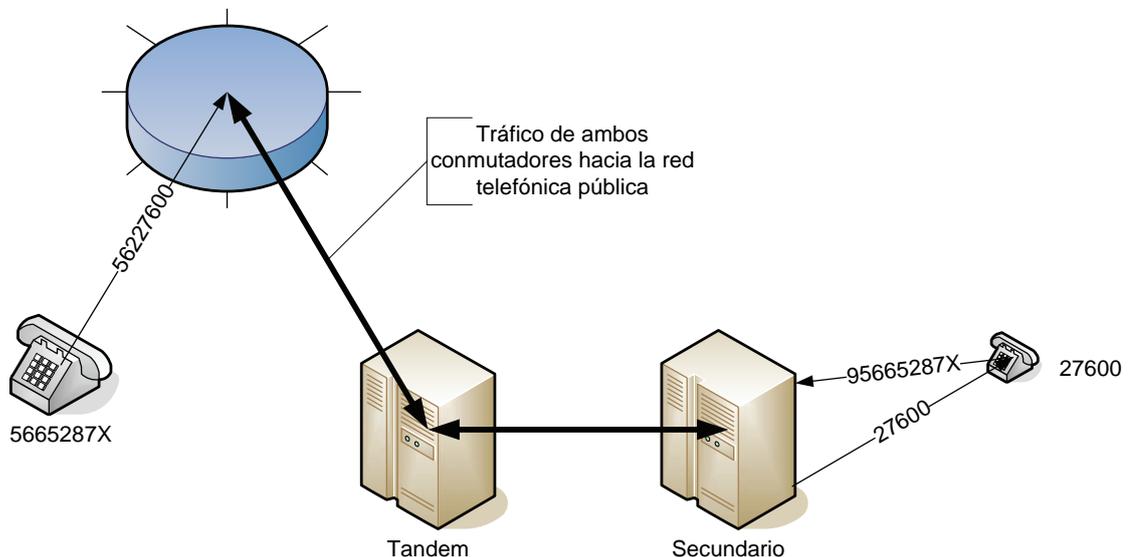


Figura 5.4. Funcionamiento de equipos como tandem.

6. Los equipos que se encuentran fuera de C.U y que en la actual red cuentan con enlaces conectados directamente a la RTP conservaran dichos enlaces. En la **tabla 5.6** se muestra el número de troncales necesarias para cada conmutador siguiendo el ejemplo anterior.

| Conmutador | Ruta | Tráfico (A) | Total de TK | TK Internas | E1's | Tráfico Interno (A) | Pb I | TK R.P. | E1's | Trafico RTP (A) | Pb RTP |
|---------------|------|-------------|-------------|-------------|------|---------------------|-----------|---------|------|-----------------|-----------|
| Zona Cultural | | 60.51 | 70 | 32 | 2 | 27.3 | < 0.00000 | 48 | 2 | 33.3 | < 0.00001 |
| C.Humanidades | 4 | 28.371 | 42 | 19 | 1 | 12.8 | < 0.00001 | 24 | 1 | 15.6 | < 0.002 |
| Teatro JRA | 2 | 14.059 | 24 | 11 | 1 | 6.3 | < 0.00001 | 14 | 1 | 7.7 | < 0.00001 |
| Cuernavaca | 3 | 6.855 | 15 | 7 | 1 | 3.1 | < 0.00001 | 9 | NA | 3.8 | < 0.00001 |
| Mascarones | 5 | 0.195 | 3 | 2 | 1 | 0.1 | < 0.00001 | 2 | NA | 0.1 | < 0.00001 |

Tabla 5.6. Ejemplo de dimensionamiento para los nodos de zona cultural.



Realizando cálculos similares para todos los conmutadores de la nueva red telefónica se obtienen los resultados mostrados en la **tabla 5.7**.

| Conmutador | Ruta | Tráfico (A) | Total de TK | TK Internas | E1's | Tráfico Interno (A) | Pb I | TK RT.P. | E1's | Trafico RTP (A) | Pb RTP |
|-----------------|------|-------------|-------------|-------------|------|---------------------|-----------|----------|------|-----------------|-----------|
| Zona Cultural | | 100.92 | 122 | 63 | 3 | 51.4 | < 0.00001 | 76 | 3 | 56.6 | < 0.00005 |
| Teatro JRA | 2 | 23.902 | 36 | 19 | 1 | 12.2 | < 0.00001 | 18 | 1 | 11.7 | < 0.00001 |
| Cuernavaca | 3 | 11.512 | 21 | 21 | 1 | 11.5 | < 0.00001 | 11 | N/A | 5.6 | < 0.00001 |
| C.Humanidades | 4 | 40.945 | 56 | 29 | 2 | 20.9 | < 0.00001 | 28 | 2 | 20.1 | < 0.00001 |
| Mascarones | 5 | 2.992 | 9 | 9 | 1 | 3.0 | < 0.00001 | 5 | N/A | 1.5 | < 0.00001 |
| D.G.S.C.A | | 80.738 | 101 | 50 | 2 | 39.6 | < 0.001 | 56 | 2 | 42.2 | < 0.002 |
| S.U.A | 4 | 21.527 | 34 | 17 | 1 | 10.6 | < 0.00001 | 18 | 1 | 11.0 | < 0.00001 |
| Antropologicas | 5 | 34.688 | 49 | 24 | 1 | 17.0 | < 0.002 | 26 | 1 | 17.7 | < 0.003 |
| Jardin Botanico | 6 | 28.027 | 41 | 21 | 1 | 13.8 | < 0.00001 | 21 | 1 | 14.3 | < 0.0005 |
| Temixco | 7 | 1.984 | 7 | 7 | 1 | 7.0 | < 0.00001 | 4 | N/A | 1.0 | < 0.00001 |
| Arquitectura | | 82.4 | 102 | 67 | 3 | 53.8 | < 0.00001 | 36 | 2 | 28.6 | < 0.00001 |
| Personal | 6 | 36.457 | 51 | 34 | 2 | 23.8 | < 0.00001 | 18 | 1 | 12.7 | < 0.00005 |
| Economia | 7 | 35.357 | 50 | 33 | 2 | 23.1 | < 0.00001 | 18 | 1 | 12.3 | < 0.00001 |
| Rectoria | 8 | 25.129 | 38 | 25 | 1 | 16.4 | < 0.001 | 14 | 1 | 8.7 | < 0.00001 |
| Obras | 9 | 34.914 | 49 | 32 | 2 | 22.8 | < 0.00001 | 18 | 1 | 12.1 | < 0.00001 |
| Ingenieria | 15 | 32.996 | 47 | 31 | 2 | 21.5 | < 0.00001 | 17 | 1 | 11.5 | < 0.00001 |
| I.I.M.A.S | | 58.744 | 76 | 35 | 2 | 26.9 | < 0.00001 | 61 | 3 | 43.6 | < 0.00001 |
| Veterinaria | 4 | 23.34 | 36 | 17 | 1 | 10.7 | < 0.00001 | 20 | 1 | 12.6 | < 0.00005 |
| Geografia | 5 | 22.582 | 35 | 17 | 1 | 10.4 | < 0.00001 | 19 | 1 | 12.2 | < 0.00001 |
| I. Quimica | 6 | 10.008 | 19 | 9 | 1 | 4.6 | < 0.00001 | 11 | 1 | 5.4 | < 0.00001 |
| Quimica E | 7 | 23.652 | 36 | 17 | 1 | 10.8 | < 0.00001 | 20 | 1 | 12.8 | < 0.00005 |
| I. Ingeniería | 38 | 21.87 | 34 | 34 | 2 | 21.9 | < 0.00001 | 19 | N/A | 11.8 | < 0.00001 |
| Torre II | | 54.91 | 72 | 19 | 1 | 14.0 | < 0.0001 | 180* | 6 | 145.2 | < 0.001 |
| Medicina | 3 | 40.469 | 56 | 15 | 1 | 10.3 | < 0.00001 | 42 | 2 | 30.1 | < 0.00001 |
| Zaragoza | 4 | 15.672 | 26 | 26 | 1 | 15.7 | < 0.0005 | 20 | N/A | 11.7 | < 0.0005 |
| Aragon | 5 | 15.293 | 26 | 26 | 1 | 15.3 | < 0.0005 | 20 | N/A | 11.4 | < 0.0005 |
| Acatlan | 6 | 18.238 | 30 | 30 | 1 | 18.2 | < 0.003 | 23 | N/A | 13.6 | < 0.003 |
| Iztacala | 7 | 21.387 | 33 | 33 | 2 | 21.4 | < 0.00001 | 25 | N/A | 15.9 | < 0.00001 |
| Cuautitlan | 8 | 19.77 | 31 | 31 | 2 | 19.8 | < 0.00001 | 24 | N/A | 14.7 | < 0.00001 |
| Pitagoras | 9 | 5.848 | 13 | 13 | 1 | 5.8 | < 0.00001 | 10 | N/A | 4.4 | < 0.00001 |
| Juriquilla | 10 | 11.891 | 22 | 22 | 1 | 11.9 | < 0.00001 | 17 | N/A | 8.9 | < 0.00001 |
| U.M.E | 11 | 6.988 | 15 | 15 | 1 | 7.0 | < 0.00001 | 12 | N/A | 5.2 | < 0.00001 |
| Morelia | 12 | 8.461 | 17 | 17 | 1 | 8.5 | < 0.00001 | 13 | N/A | 6.3 | < 0.00001 |
| P. Medicina | 13 | 3.668 | 10 | 10 | 1 | 3.7 | < 0.00001 | 8 | N/A | 2.7 | < 0.00001 |
| P. Minería | 14 | 5.891 | 13 | 13 | 1 | 5.9 | < 0.00001 | 10 | N/A | 4.4 | < 0.00001 |
| R. Medellin | 15 | 2.004 | 7 | 7 | 1 | 2.0 | < 0.00001 | 6 | N/A | 1.5 | < 0.00001 |
| Radio UNAM | 16 | 4.836 | 12 | 12 | 1 | 4.8 | < 0.00001 | 9 | N/A | 3.6 | < 0.00001 |

* Este valor se obtiene en base al tráfico.

Pb I = probabilidad de bloqueo en llamadas internas

Pb RTP = probabilidad de bloqueo en llamadas hacia la red telefónica pública

Tabla 5.7 Dimensionamiento de tráfico para la nueva red telefónica.



5.3 Topología De La Nueva Red Telefónica

Uno de los aspectos fundamentales para el diseño de la nueva red es determinar la topología que se implementará. Al proponer una topología se deben buscar el punto medio entre dos factores.

1. **Robustez o redundancia de la red.** Entre más conexiones existan entre equipos más robusta es la red, sin embargo, se debe cuidar que el arreglo no sea demasiado complejo ya que cada enlace entre PBX implica la instalación de equipos activos como FOM's y Switch's, además de UPS's etc.
2. **Costo.** La robustez de la red va de la mano con el costo que implica su implementación, por lo cual se debe encontrar un punto medio entre robustez y precio para no hacer gastos innecesarios.

TOPOLOGÍA 1

La primera topología propuesta es mantener el mismo arreglo que se tiene en la actual red el cual consiste en un arreglo en anillo combinado con arreglos en estrella, **figura 5.5**. En esta topología se emplean fibras ópticas como medio de transmisión entre los nodos, y en cada sitio se instalan equipos que hacen la conversión de medio entre fibra óptica y cable coaxial. Los enlaces que se colocan entre los PBX son en tecnología PCM y corresponden a E1's que como sabemos soportan 30 comunicaciones telefónicas de manera simultánea. Cabe mencionar que como se vio en el capítulo 2 muchos de los enlaces entre PBX están compuestos por más de un E1 y cerca del 90 % de las conexiones hacia la red pública se realizan a través de los nodos principales,

Ventajas de la topología 1

- Esta es una topología que permite concentrar los enlaces hacia la red pública en los nodos principales lo cual facilita la creación de tablas de conmutación, ya que los nodos secundarios o satélites envían todo el tráfico a través de una sola ruta.
- Es económico debido a que los nodos satélites sólo tienen conexión con un nodo principal lo cual implica que se encuentran instalados el menor número de equipos de conectividad posibles.

Desventajas de la topología 1

- En caso de que un nodo principal falle todos los nodos satélites quedan aislados de la red, es decir, que sólo pueden realizar llamadas internas y se quedan sin conexión hacia el resto de la red UNAM y de la red pública.

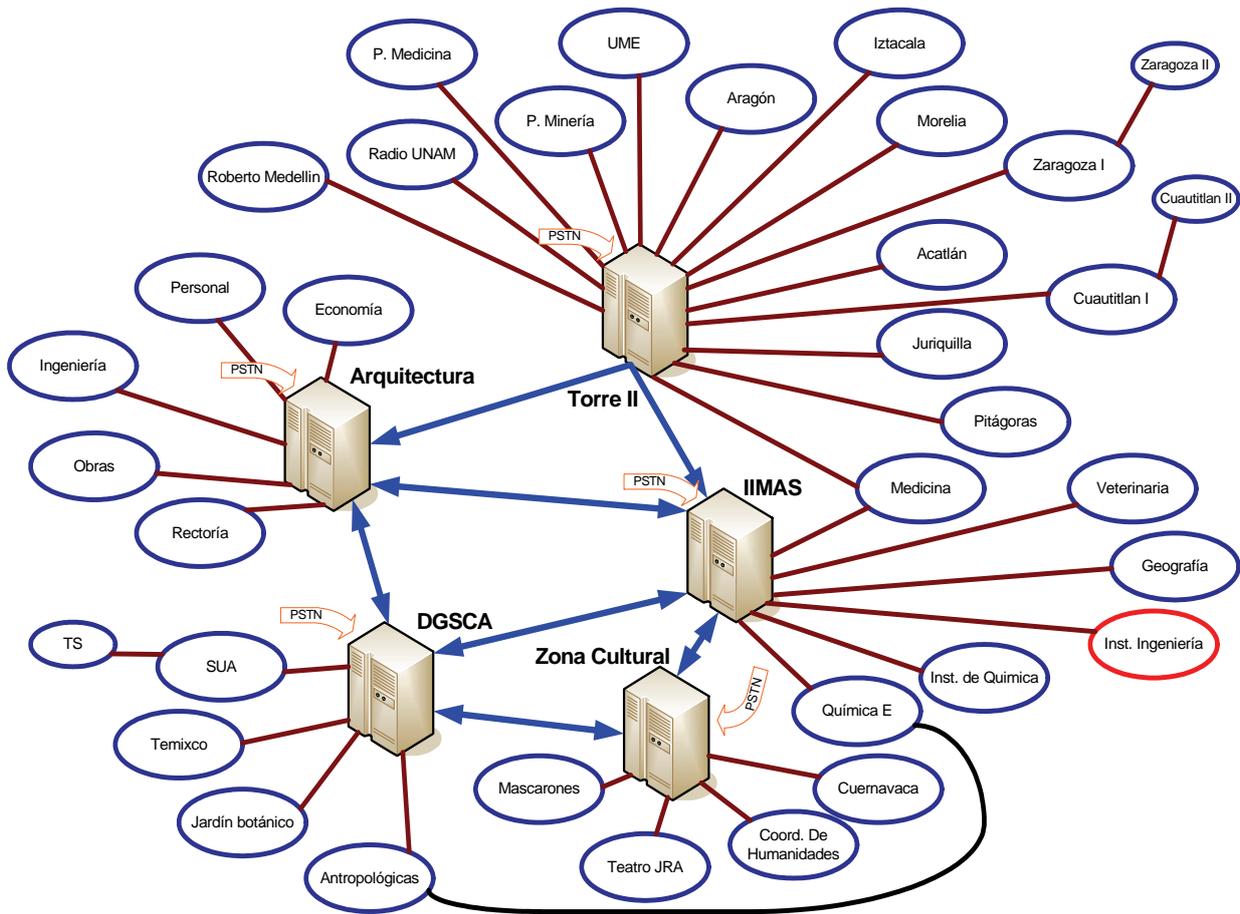


Figura 5.5. Diagrama de la topología 1.

TOPOLOGÍA 2

La segunda topología que se propone es un arreglo en el cual cada nodo secundario ubicado en Ciudad Universitaria tiene conexiones hacia dos nodos principales lo cual permite establecer rutas alternas en caso de que uno de sus nodos principales falle, **figura 5.6**. Al igual que en la primera topología los enlaces se llevan a cabo con E1's que viajan a través de fibras ópticas y emplean FOM's para realizar la conversión de óptico a eléctrico. La razón por la cual sólo se ponen enlaces dobles en los nodos ubicados en C.U. es por el alto costo que representa el colocar enlaces de redundancia en los nodos foráneos.

Ventajas de la topología 2

- Se tiene una mayor redundancia, ya que cada uno de los nodos secundarios pueden enviar su tráfico a través de dos posibles rutas, esto implica que para que un nodo quede aislado deberían fallar simultáneamente los dos nodos principales con los que tiene conexión.

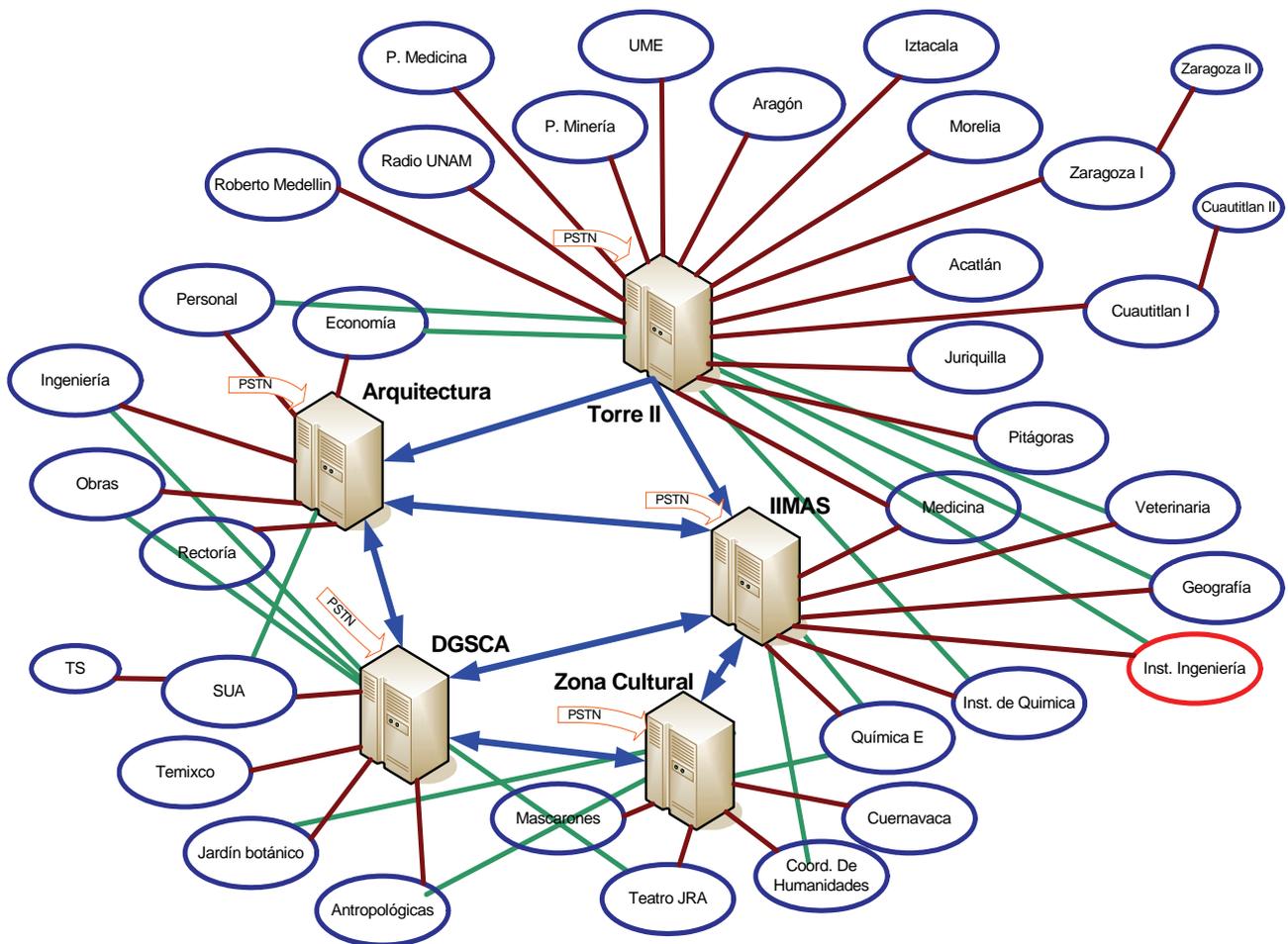


Figura 5.6. Diagrama de la topología 2.

Desventajas de la topología 2

- Se duplica el costo de equipos de conectividad que se requieren para implementar la red.
- No existe canalización en la mayoría de los sitios donde se proponen los nuevos enlaces.
- Sólo uno de los dos nodos principales puede recibir las llamadas provenientes de la red pública, dado que el o los E1's que entregan los DID's no pueden conectarse a 2 equipos. por lo tanto si éste falla no se tendrían llamadas entrantes en los nodos secundarios aún cuándo se mantengan activos en la red UNAM.
- La topología de la red se vuelve demasiado compleja.



TOPOLOGÍA 3

La tercera topología propuesta emplea una tecnología conocida como troncales IP. Empleando troncales IP todo el tráfico se coloca sobre una red de datos compuesta por routers y/o switch's los cuales se encargan de hacer llegar el tráfico a los PBX, **figura 5.7**. Las conexiones hacia los PBX se realizan por medio de puertos 10/100 empleando conectores RJ-45.

En esta topología se pueden enviar los enlaces existentes con la red pública hasta cada uno de los PBX empleando la infraestructura con la cual se enlazan actualmente los equipos.

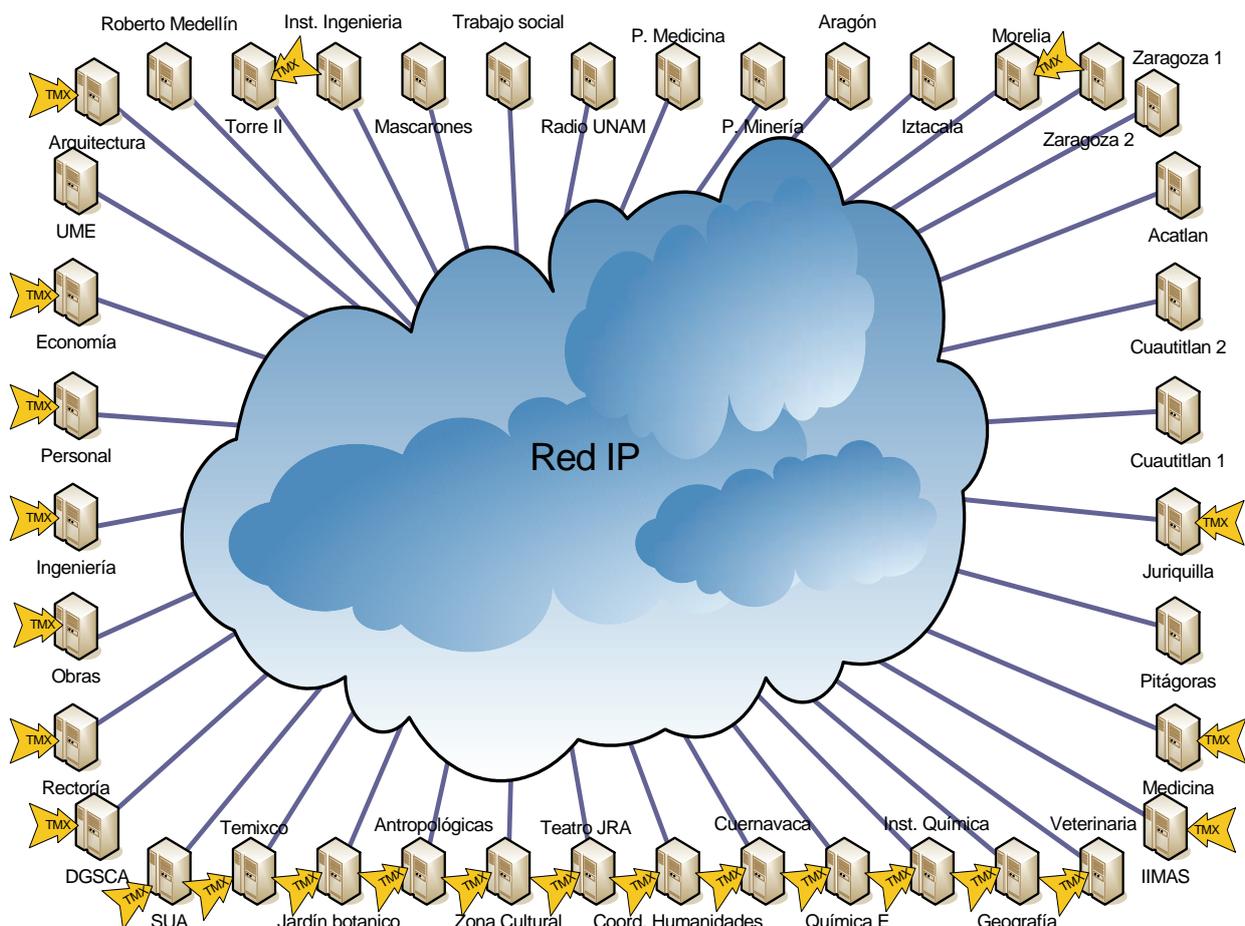


Figura 5.7. Diagrama de la topología 3.

Ventajas de la topología 3

- Todos los nodos operan de manera independiente, es decir, que en caso de que cualquiera de ellos falle ninguno de los otros se verá afectado.
- Si se tienen conectados directamente los E1's que realizan la conexión de entrada y salida hacia la red pública no importa si uno de los PBX tiene una desconexión de la red, las llamadas hacia la red pública pueden seguirse generando sin problemas.



- La UNAM cuenta con la infraestructura necesaria para implementar esta topología sin necesidad de invertir en equipos como Routers o Switche's

Desventajas de la topología 3

- La redundancia de la red telefónica depende de la redundancia que tenga la red de datos.
- En caso de una falla en la red de datos la red telefónica se verá afectada inevitablemente.
- En caso de que un equipo pierda su conexión a la red el consumo hacia la red pública se incrementará considerablemente.

TOPOLOGÍA 4

La cuarta y última topología propuesta consiste en superponer la red de troncales IP (topología 3) con un arreglo de malla y estrella empleando enlaces PCM (topología 2) esto nos permitiría contar con dos posibles trayectorias totalmente independientes **figura 5.8**. Bajo éste esquema la topología principal o primaria sería el arreglo con troncales IP, sobre esta red viajaría el tráfico de llamadas y la señalización, y el arreglo PCM sólo sería empleado en casos de emergencia cuándo la red IP tuviera fallas.

Para implementar éste arreglo se emplearía la topología 3 tal y como se planteo, por su parte la topología 2 se instalaría con un sólo E1 entre los conmutadores, de tal forma que en caso de que la red IP fallara sólo se mandaría la señalización y se podrían establecer 30 llamadas simultáneas entre los equipos.

Esta topología permitiría afrontar fallas de la red de datos sabiendo que ningún equipo quedaría desconectado de la red telefónica, además en caso de ser necesario dar mantenimiento a algún equipo de la red de datos se podría hacer en ciertas horas sin afectar a los usuarios de la red telefónica.

Ventajas de la topología 4

- Todos los nodos operan de manera independiente, en caso de que uno falle los demás no se ven afectados.
- Ofrece una red alterna en caso de que exista alguna falla en la red de datos.
- En el caso extremo de que fallaran ambas redes (IP, PCM) los usuarios podrían realizar llamadas hacia la red pública.
- Los enlaces con PCM se pueden emplear como reserva en caso de que las troncales IP se saturen.



Desventajas de la topología 4

- Se requiere la compra de tarjetas de enlace para los nuevos conmutadores, y la instalación dichas tarjetas ocuparía varios puertos en el PBX.
- Dado que los equipos de conectividad que se emplean actualmente para enlazar los equipos se emplearían para hacer llegar los enlaces de Telmex a cada uno de los equipos, la UNAM tendría que invertir en equipos de conectividad para instalar la red PCM.

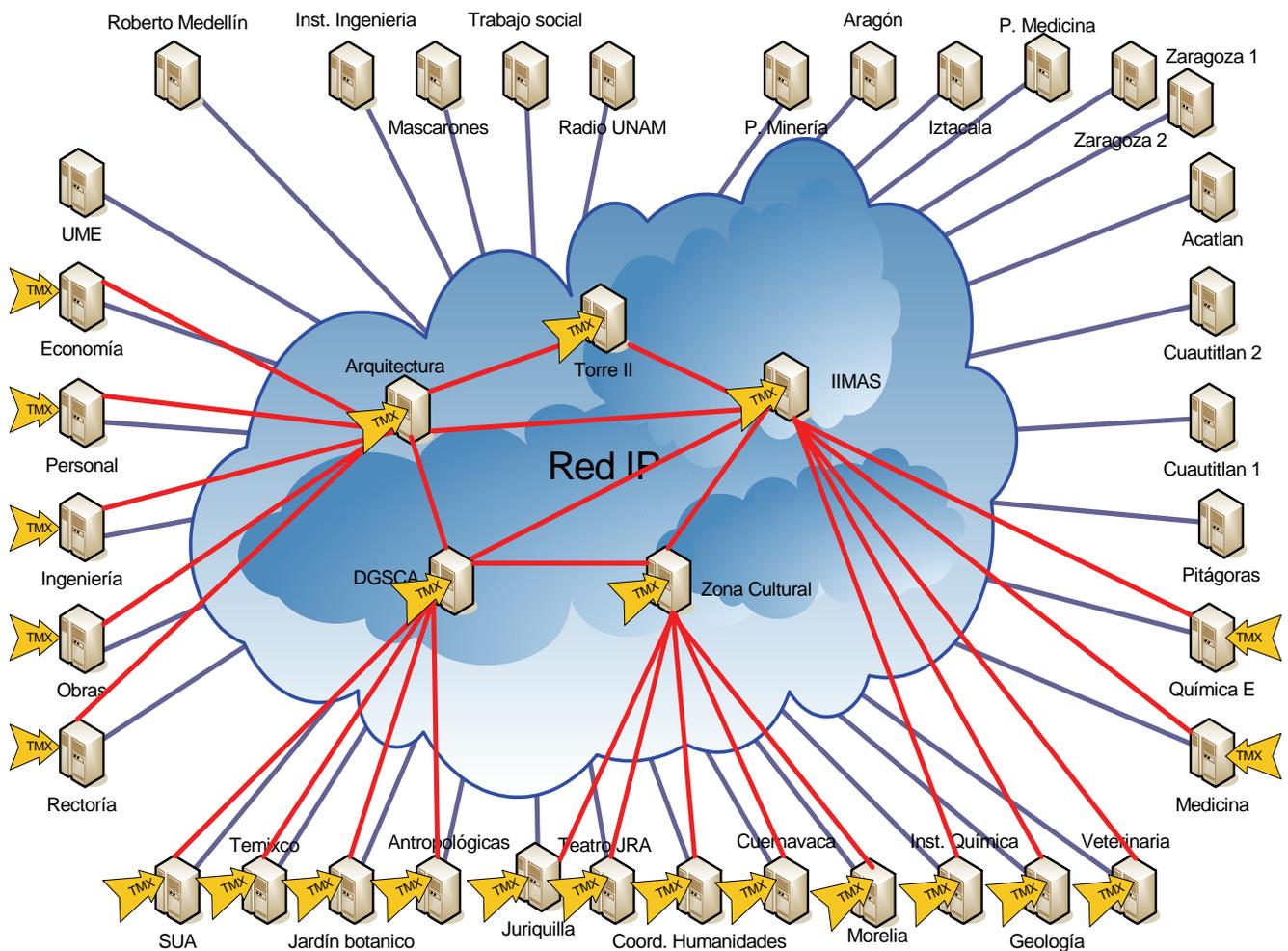


Figura 5.8. Diagrama de la topología 4.



Después de haber analizado las posibles topologías propuestas para la nueva red telefónica de la UNAM queda claro que sólo la tercer y cuarta topología resultan acordes a la renovación tecnológica que se pretende tener con la nueva red.

La tercera topología propuesta puede dar servicio de manera regular pero tiene la desventaja de que en caso de que la red IP falle, la red telefónica se ve afectada considerablemente. Dado que éste problema se soluciona implementando la red en PCM, **la topología que se tomará como base de la nueva red en lo concerniente a éste escrito es la topología 4 conformada por una red IP que trabaja de manera paralela con un arreglo malla-estrella en PCM.**



5.4 Implementación Y Resultados Esperados

Una vez que se han definido las características de la nueva red, tanto en funcionamiento como en dimensionamiento del número de extensiones y tráfico, resulta necesario definir una secuencia para sustituir la actual red. Para llevar a cabo la implementación de la nueva red debe procurarse en todo momento que el cambio sea totalmente transparente para el usuario, por lo que deben definirse los procesos a seguir para sustituir cada uno de los conmutadores de la red. La instalación de la nueva red consiste básicamente en la realización de dos procesos, la programación de los PBX y la acometida a través de cables hasta el usuario final.

PROGRAMACION DE PBX

La programación de los nuevos PBX deberá ser la establecida por el proveedor en lo referente a la operación de la red, servicios y facilidades novedosas ofrecidas y demás características generales del sistema. Sin embargo, existe información de los actuales equipos de la red telefónica que deberá ser conservada con el fin de que el cambio sea transparente para los usuarios. Dicha información deberá estar contenida en bases de datos que especifiquen lo siguiente.

1. Rango de extensiones correspondientes a cada PBX.
2. Número, tipo (digital o analógica) y restricción de cada una de las líneas.
3. Facilidades y servicios con los que contara cada línea.
4. Programación de teclas en extensiones digitales.
5. Grupos de hunting, captura de llamadas e intercom.
6. Claves personales para realizar llamadas a celular y larga distancia.
7. Troncales analógicas.

Una vez que esta información está programada en los nuevos PBX los usuarios podrán realizar sus comunicaciones telefónicas de la misma forma que lo hacen actualmente.

CONSIDERACIONES DE CABLEADO

Uno de los puntos más delicados en la instalación de la nueva red es el referente al cableado telefónico, Para hacer llegar las líneas telefónicas desde el conmutador hasta el usuario final se tienen instalados cables múltipar de 50 hasta 500 pares dependiendo del número de extensiones en los edificios. Al momento de cambiar el conmutador se deben cambiar de manera simultánea todos los cables que hacen la cross conexión entre las regletas donde el PBX entrega los tonos y las regletas que hacen llegar los servicios hasta el edificio del usuario final. En la **figura 5.10** se muestra el esquema de conexión con el que se hace llegar los servicios al usuario.

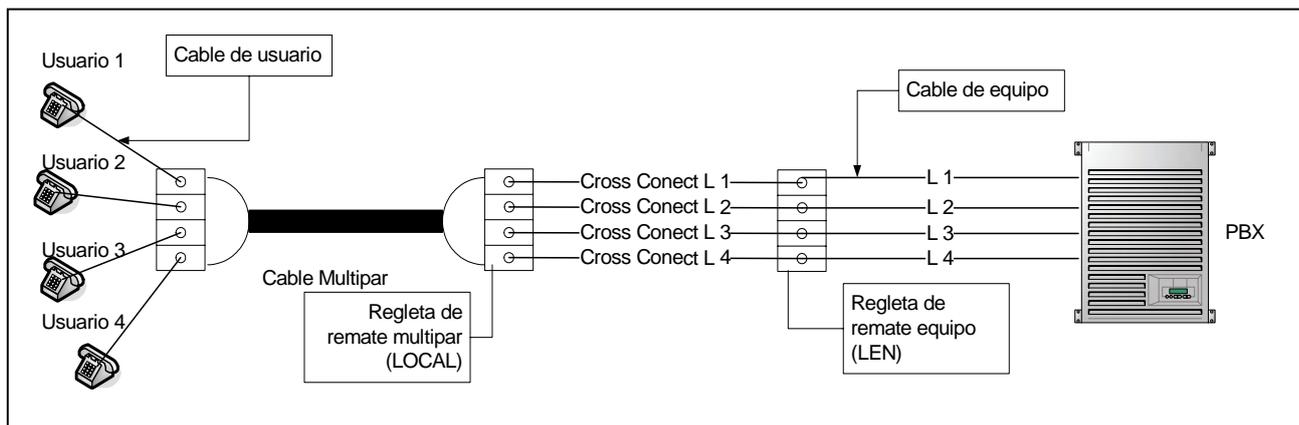


Figura 5.10. Conexión de líneas telefónicas hasta el usuario.

Para llevar a cabo el cambio de los equipos en cuanto al cableado es necesario seguir la siguiente secuencia.

1. Instalar regletas de remate de equipo nuevo de manera paralela a las actuales. Es opcional el colocarlas en un nuevo rack o bien emplear el mismo.
2. Una vez que se tengan todas las líneas programadas en el nuevo PBX y el cambio se éste realizando se deben quitar todos los cables de cross conexión.
3. Instalar nuevos cables de cross conexión hacia las nuevas regletas de equipo

Estos trabajos se deben realizar en un sólo fin de semana para que los usuarios no se vean afectados en sus labores cotidianas.

RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados esperados una vez concluidos los trabajos de renovación de la red telefónica de la UNAM se definen en los siguientes puntos.

1. Renovación tecnológica de los servicios telefónicos de la UNAM. Teniendo la posibilidad de ofrecer servicios de telefonía IP.
2. Recuperara la posibilidad de crecimiento de la red en extensiones digitales.
3. Implementación de servicios tales como correo de voz y operadora automática.
4. Descentralizar el tráfico de llamadas empleando troncales IP e instalando E1's de la red telefónica pública en todos los conmutadores.
5. Ofrecer a los usuarios la posibilidad de acceder a nuevos servicios telefónicos que faciliten sus labores cotidianas.

En términos generales los resultados que se esperan están enfocados a satisfacer completamente las necesidades de comunicación de funcionarios, investigadores, académicos, administrativos y en general de todos y cada uno de los usuarios de la red telefónica de la UNAM.



Capítulo VI

CONCLUSIONES



6.1 Conclusiones Generales

La actual red telefónica de la UNAM ofrece un servicio de buena calidad, sin embargo, debido a que el tiempo de vida útil de la red se ha rebasado por más de 5 años las refacciones son cada día más difíciles de conseguir, además debido a la obsolescencia tecnológica (la red esta basada en tecnologías de los 80's) existen servicios que actualmente se ven como servicios básicos y convencionales en equipos nuevos y que resultan imposibles de instalar en la actual red, por poner un ejemplo mencionaremos la contestadota automática, la cual es común encontrar en cualquier empresa y no es soportada por los equipos actuales.

Una vez que se ha dejado en claro la necesidad de cambiar la red telefónica es necesario diseñar una red que tenga ciertas características básicas como son:

- La red debe ser distribuida, esto con el fin de evitar que si un equipo presenta problemas los demás equipos se vean afectados.
- Debe ser capaz de proveer todos y cada uno de los servicios que la actual red ofrece, y adicionalmente ofrecer servicios de vanguardia.
- Los equipos que se instalen en la nueva red deben ser capaces de soportar actualizaciones con el fin de que empleando el mismo hardware se puedan mantener a la vanguardia durante todo su tiempo de vida útil.
- La nueva red deberá estar preparada para soportar servicios de telefonía IP aun cuándo en la configuración inicial no sean empleados.

Si la nueva red telefónica es capaz de cumplir con los requisitos antes mencionados, estaremos garantizando que la red telefónica de la UNAM será una red que brindara servicios de primera calidad a sus usuarios durante todo su tiempo de vida útil.



6.2 Trabajos Futuros

Dados los actuales sistemas de señalización de los conmutadores actuales, existen muchas aplicaciones que pueden ser soportadas por la nueva red telefónica de la UNAM. Una de ellas es la posibilidad de instalar telefonía basada en **GSM** con antenas conectadas a los PBX, de esta forma se tendría la posibilidad de que los empleados de la UNAM que solicitan aparatos celulares a sus dependencias empleen la infraestructura telefónica de la UNAM mientras están dentro de el área de cobertura, y una vez fuera del área de cobertura la señal de sus teléfonos sea soportada por alguna compañía pública de telefonía celular.

6.3 Conclusiones Finales

La finalidad de instalar una nueva red telefónica es contar con la infraestructura necesaria para continuar brindando nuevos servicios a las dependencias que así lo requieran sin demeritar la calidad de los servicios, a la vez de poder brindar a los usuarios de la red telefónica de la UNAM servicios de vanguardia que les faciliten sus necesidades de comunicación telefónica con el fin de ayudarlos a eficientar sus labores cotidianas.

REFERENCIAS

Manuales NEC NEAX 2400 IMS

- GENERAL AND INSTALLATION
- JOB SPECIFICATION
- MANTENANCE
- No 7 CCIS

Manuales NEC NEAX 7400ICS

- SYSTEM DATA DESIGN
- JOB SPECIFICATION
- MANTENANCE

TESIS Instructivo para el mantenimiento de la red telefónica en ciudad universitaria
GALAS SALAZAR GILBERTO

Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Segunda Edición 1996
Tomasi Wayne

Fundamentos de Ingeniería Telefónica, Primera Edición 1986.
Herrera Pérez Enríquez

Digital Telephony, John Wiley & sons, 3ª ed, West
John C. BELLAMY,

http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/149/htm/sec_6.htm las telecomunicaciones hasta 1950.

http://www.cft.gob.mx/cofetel/html/la_era/info_tel2/hist1.shtml historia de la telefonía en México.

http://www.cft.gob.mx/wb2/COFETEL/COFE_Troncales_Digitales_IP_3852 troncales digitales IP.

http://www.clubplaneta.com.mx/la_invencion_del_telefono.htm la invención del teléfono.

<http://www.cs.columbia.edu/sip/> . Session Initiation Protocol (SIP).

http://www.cudi.edu.mx/primavera_2005/presentaciones/ramon_parra.pdf telefonía SIP con sistemas abiertos.

<http://www.iec.uia.mx/proy/titulacion/pr04/proy01/prueba.htm> convergencia de redes VoIP.

http://www.sapiensman.com/old_wires/telegrafo_y_telefono3.htm Historia de la comunicación por alambres.

APENDICE A

Glosario de Acrónimos

| | |
|-----------------|---|
| AC | Modulo De Administración |
| AT&T | American Telephone and Telegraph |
| BPS | Bits Por Segundo |
| CC | Modulo De Comunicaciones |
| CCIS | Common Channel Inter-Office Signaling System |
| CCITT | Comité Consultivo Internacional Telegráfico Y Telefónico |
| CD | Caja De Distribución |
| CIC | Código De Identificación De Circuito |
| DNS | Domain Name Service |
| DPC | Código De Punto Destino |
| DTMF | Dual Tone Multi-Frequency |
| FDM | Multiplexaje Por División De Frecuencia |
| IP | Internet Protocol |
| ITU-T | Unión Internacional De Telecomunicaciones sector telecomunicaciones |
| LAN | Red De Área Local |
| MTP | Message Transfer Part |
| OPC | Código De Punto Origen |
| PBX | Private Branch Exchange |
| PSTN | Public Switched Telephone Network |
| SMS | Short Message Service |
| MFC | Código De Multifrecuencias |
| RAS | Registration, Admission And Status |
| RTCP | Real Time Control Protocol |
| RTP | Real Time Protocol |



| | |
|------------|---------------------------------------|
| SC | Modulo De Conmutación |
| SDM | Multiplexaje Por División De Espacio |
| SIP | Session Initiation Protocol |
| SL | Enlace De Señalización |
| SLS | Conjunto De Enlaces De Señalización |
| SP | Punto De Señalización |
| SPC | Código Punto De Señalización |
| STP | Punto De Transferencia De Información |
| TDM | Multiplexaje Por División De Tiempo |
| TSI | Intercambiador De Espacios De Tiempo |
| TUP | Telephone User Part |
| UDP | User Datagram Protocol |
| UPS | Uninterruptible Power Supply |
| USB | Universal Serial Bus |
| VPN | Virtual Private Network |
| PC | Computadora Personal |

APENDICE B

Glosario de Definiciones

Bit

Unidad de información en sistemas de transmisión digitales. El bit es la unidad de cómputo para señales binarias y refleja la transición entre dos estados, usualmente denominados 0 o 1. En la electrónica digital los bits se representan por pulsos. Un grupo de 8 bits se denomina usualmente byte.

Bit Rate

Define el número de bits que se transmiten por unidad de tiempo a través de un sistema de transmisión digital o entre dos dispositivos digitales. Así pues, el bit rate es la velocidad de transferencia de datos.

Call center

Centro de servicio telefónico que tiene la capacidad de atender altos volúmenes de llamadas.

Codificación

Conversión de señales de información para transmisión como elementos de señales de pasos (velocidad de paso). A cada elemento de señal se le puede asignar diferentes valores o estados. Así, una señal binaria tiene dos estados (bit), una señal ternaria tres estados, una señal cuaternaria cuatro estados, etc. Algunas codificaciones típicas son señales binarias.

Códigos de línea

Se utiliza durante el proceso de codificación de las señales ópticas previamente a la propagación de las mismas a través de las fibras ópticas.

Conmutador telefónico

Dispositivo que se encarga de direccionar las llamadas generadas o recibidas por los usuarios.

Cross conexión

Para los fines de este escrito entenderemos como cross conexión a la conexión que hace llegar una línea telefónica desde las regletas del equipo hacia las regletas del cable múltipar que hace llegar las líneas al edificio del usuario.

DID

Se conoce como DID (marcación de acceso directo) a las extensiones que tienen asociada una marcación para acceder a ellas de manera directa desde la red telefónica pública.

DTERM

Nombre genérico que se da a los aparatos digitales (terminales digitales) de la marca NEC en la actual red telefónica de la UNAM.

Enlace E1

Formato europeo de transmisión digital que consta de 32 canales de 64Kbps, por lo cual brinda tasas de transmisión de hasta 2.048 Mbps. Al emplearlos en telefonía permiten establecer hasta 30 llamadas telefónicas de manera simultánea.

Erlang

Unidad internacional de tráfico telefónico se le denomina Erlang en reconocimiento al matemático danés A. K. Erlang, fundador de la teoría de tráfico telefónico. Un Erlang representa un circuito ocupado por unidad de tiempo.

FOM (Fiber Optic Modem)

MODEM que permite realizar conversión de señales ópticas a eléctricas y viceversa

Hot line

Línea telefónica con destino predefinido, al momento de descolgar el aparato se realiza una marcación automática al destino predefinido.

Hunting

Agrupación de extensiones para recibir llamadas dirigidas a un solo DID en un orden predefinido.

LEN (numero de línea de equipo)

Nomenclatura empleada para ubicar físicamente a un circuito en un PBX.

Línea analógica

Las líneas analógicas son aquellas que para ser utilizadas se requiere de un aparato convencional de marcación por pulsos o por tonos.

Línea digital

Una línea digital requiere de un aparato propietario conocido como D'term para poder operar. Existen varios modelos de estos aparatos, por lo general cuentan con 16 teclas programables en las cuales se pueden programar tanto extensiones como funciones.

Línea virtual

Extensiones que son programadas en localidades de memoria de los PBX, no requieren de un circuito físico y deben estar asociadas a extensiones digitales.

Modelo OSI

El **modelo de referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos** (Open System Interconnection) consta de 7 capas y establece los principios básicos para interconectar redes.

Multiplexaje

Transmisión de varias señales a través de un canal único.

PCM (modulación por codificación de pulsos)

Procedimiento de modulación utilizado para transformar una señal analógica en una secuencia de bits.

QoS (Quality of service, Calidad de Servicio)

La calidad de servicio es una característica que algunas redes de datos brindan, las redes que cuentan con calidad de servicio permiten dar prioridades a ciertos tipos de información.

Route peg Count.

Formato en el cual los equipos de la marca NEC proporcionan información detallada de tráfico. En estos listados se detalla el número y tipo de llamadas que cursa un PBX.

Route traffic

Formato en el cual los equipos de la marca NEC proporcionan información detallada de tráfico. En estos listados se detalla el tráfico en erlangs.

Softphone

Software que hace una simulación de teléfono convencional por computadora.



SS7 (Sistema de señalización por canal común n° 7)

Sistema de señalización desarrollado por la AT&T y definido como estándar por la UIT-T.

Troncal

Se define como troncal a todo aquel canal de comunicación que se conecta a un conmutador telefónico para permitir la intercomunicación con otra red, ya sea privada o pública.

VoIP (voz sobre IP)

Tecnología desarrollada para permitir transmitir voz sobre una red basada en el protocolo IP.

APENDICE C

FÓRMULA DE ERLANG B

Para desarrollar dicha formula partiremos del modelado simple de una cola, **Figura 1C**.

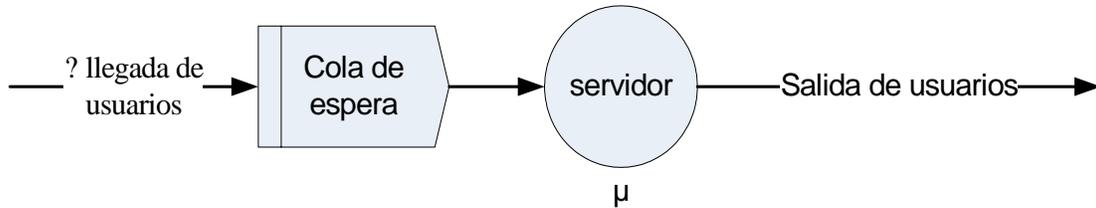


Figura. 1C. Modelo simple de una cola.

λ = Tasa de llegada de usuarios: No de intentos de llamadas por unidad de tiempo.

μ = Tasa de servicio de usuarios: No de llamadas concretadas por unidad de tiempo.

Cuando $\lambda \rightarrow \mu$ el comportamiento de la cola se hace inestable. Si la cola es finita (caso real) la cola se llenara y los usuarios serán bloqueados, por lo tanto para que un sistema sea estable se debe cumplir que; $\lambda < \mu$.

La formula de Erlang b, tiene su origen en la distribución de Poisson. Suponiendo que se cuenta con un sistema que tiene un número infinito de canales (servidores), se da por hecho que en dicho sistema nunca se presentara congestión, dado que siempre existirá un canal disponible.

En la **figura 2C** se tiene un sistema en el cual se define el numero de canales ocupados como $n = (0 \dots \infty)$, los estados del sistema se representan como círculos y los cambios de estado se indican con las flechas.

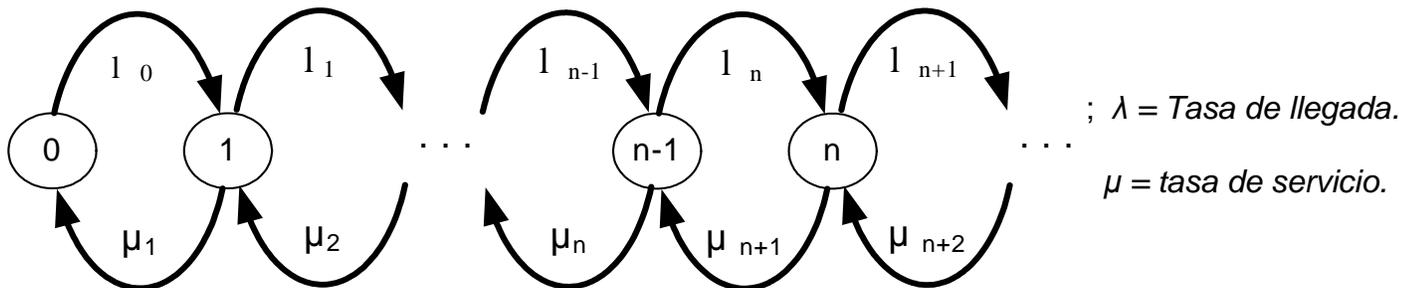


Figura 2C. Diagrama de la transición de estados.

Si asumimos que el sistema esta balanceado, el estado n , tendrá probabilidad $p(n)$. Al pasar a un estado $[n+1]$, lo hará en λ unidades de tiempo y si pasa al estado $[n-1]$ lo hará en μ unidades de tiempo.

a. Ecuaciones del nodo

En un sistema balanceado el número de transiciones por la unidad de tiempo en el estado $[n]$ es igual al número de transiciones fuera de estado $[n]$.

Por ejemplo el numero de saltos del estado 0 al estado 1 como sube de nivel será $\lambda * p(0)$, mientras que si baja de nivel del estado uno al estado 0, sería el número de saltos $\mu * p(1)$

Para el estado n , las ecuaciones de balance son:

$$\lambda * p(0) = \mu * p(1) \quad \text{para } n=0 \quad (\text{Ec. 1})$$

$$\lambda * p(n-1) + (n + 1) \mu * p(n+1) = (\lambda + n\mu) * p(n) \quad \text{para } n>0 \quad (\text{Ec. 2})$$

Si comparamos entre los estados $[n-1]$ e $[n]$, el cambio de estado al pasar de $[n-1]$ a $[n]$, equivale a pasar estado $[n]$ a $[n-1]$. Es decir, que el mismo número de veces que se cambia de estado en un sentido se cambia en sentido contrario.

$$\lambda * p(n-1) = n \mu * p(n) \quad \text{para } n= 1,2,3,\dots \quad (\text{Ec. 3})$$

Como el sistema siempre estará en algún estado, tenemos que normalizar la restricción.

$$\sum_{n=0}^{\infty} p(n) = 1 \quad \text{para } (n) \geq 0 \quad (\text{Ec. 4})$$

Resolviendo la ecuación 3 que solo depende de 2 probabilidades.

Para la transición de estados de la figura 1 tenemos.

$$\lambda * p(0) = \mu * p(1)$$

$$\lambda * p(1) = 2\mu * p(2)$$

.....

$$\lambda * p(n-1) = n\mu * p(n)$$

Expresando todo las probabilidades del estado a través de p (0) tendríamos:

$$P (1) = A * p(0) \quad ; \quad A = \lambda / \mu$$

$$P (2) = (A^2/2) * p (0)$$

$$P (2) = (A^2/2) * p (0)$$

... ..

$$P(n) = (A^n/n!) * p (0)$$

Normalizando, como lo indica la ecuación 4

$$\sum_{n=0}^{\infty} p(n) = 1$$

$$1 = p (0) * \{1 + A + (A^2/2!) + \dots + (A^n/n!) + \dots\}$$

$$1 = p (0) * e^A$$

Despejando p (0), nos queda;

$$P (0) = e^{-A}$$

Se tiene la **distribución de Poisson** (Ec. 5), la cual es la base para encontrar la fórmula de pérdida en Erlang.

$$P(n) = (A^n/n!) * e^{-A} \quad ; \quad n = 0,1,2,3,\dots \quad (\text{Ec. 5})$$

Para una aplicación de diseño práctico se considerará un número de canales finito. Es decir, el número de canales esta limitado y existe probabilidad de bloqueo.

El número de estados se vuelve $[n+1]$, y el diagrama de la transición de estados se muestra en **Figura 3C**.

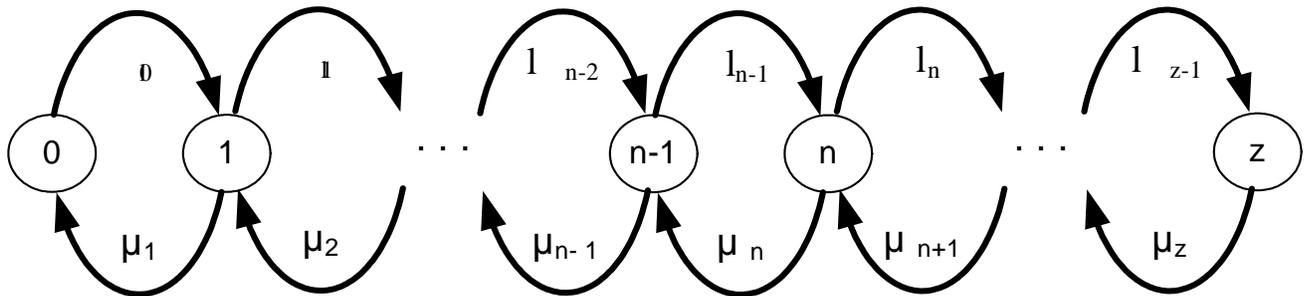


Figura 3C. Diagrama de transición de estados para un diseño práctico.

Diagrama de la transición de estados para un sistema con un número limitado de fuentes (n), procesos de llegada de Poisson (λ) y los tiempos de retención exponenciales (μ)

Para este sistema podemos tomar la ecuación vista en el caso de Poisson (Ec. 3), pero el número de estados está limitado y la condición de normalización (Ec.4) se convierte en:

$$\left\{ \sum_{k=0}^N (A^k/k!) \right\}^{-1} = p(0) \quad (\text{Ec. 6})$$

De tal forma que tenemos así la primera fórmula de Erlang.

$$P(n) = (A^n/n!) / \left(\sum_{k=0}^N (A^k/k!) \right) \quad ; \quad 0 \leq n \leq N \quad (\text{Ec. 7})$$

La probabilidad que todos los canales n están ocupados en un punto del azar de tiempo es igual al tiempo en el que todos los canales están ocupados (promedio de tiempo). Esto se obtiene de la (Ec.7) para cuando n=N.

$$E_n(A) = p(n) = (A^n/n!) / (1 + A + A^2/2! + \dots + A^n/n!) \quad (\text{Ec. 8})$$

Expresada de otra forma con $n = N$:

$$P_B = (A^N/N!) / \left(\sum_{k=0}^N (A^k/k!) \right) \quad ; \quad A = \lambda / \mu$$

Fórmula de Erlang B. (congestión de llamadas)



UNION INTERNATIONALE DES
TELECOMMUNICATIONS
INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION
UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES



Extracto de la Tabla de la Fórmula de Pérdida Erlang

Editado por el Sr. H. Leijon, UIT

INTRODUCCIÓN

Para la proporción de llamadas perdidas en un grupo de disponibilidad total incluyendo n dispositivos y arreglados de tal manera que cualquier llamada que no encuentra un dispositivo libre se pierde, el matemático danés "A. K. Erlang" ha dado la siguiente expresión:

$$E_{1,n}(A) = \frac{\frac{A^n}{n!}}{1 + A + \frac{A^2}{2!} + \dots + \frac{A^n}{n!}}$$

Donde A es el flujo de tráfico ofrecido expresado en erlang.

Esta fórmula es frecuentemente usada en la estimación del número de dispositivos dependientes de tráfico requeridos en plantas telefónicas. No sólo es usada para grupos de disponibilidad total sino también, en gran medida, como base para la estimación de las condiciones de tráfico en grupos con disponibilidad restringida. La relación entre el número de dispositivos n , el flujo de tráfico A y la cantidad $E_{1,n}(A)$, como se expresó arriba, involucra algún trabajo de cálculos numéricos y, consecuentemente, se necesitan tablas.

Esta tabla consiste en dos partes. La parte I da los valores de A como una función de $E_{1,n}$ y n , donde $E_{1,n}$ tiene 20 valores constantes entre 0.00001 y 0.4 y $n \leq 6000$. La parte II da valores de $E_{1,n}(A)$ como una función de n y A , donde $n \leq 1000$ y $0.01 \leq A \leq 1000$.

En su forma original, como se expresó arriba, la fórmula de pérdida "Erlang" no es apropiada para cálculos. Sin embargo, hay métodos bien conocidos disponibles sobre cómo calcular el flujo de tráfico A y la cantidad $E_{1,n}(A)$, a partir de la expresión original. Los métodos usados en la presente tabla dan una alta exactitud de los valores calculados.

Los valores de tráfico A en la parte I se dan con 5 ó 6 cifras. Los valores de congestión $E_{1,n}(A)$ en la parte II se presentan como números con exactitud de seis decimales. Los valores son redondeados de acuerdo con las reglas usuales.

Ambas partes de la tabla se presentan con algunas explicaciones y dos ejemplos numéricos.

Parte I, Tabla de A

Tabla de A para valores dados de $E_{1,n} = E$ y n. (Ver páginas 3 - 14)

En la parte I, el flujo de tráfico ofrecido A es tabulado para valores dados de la probabilidad de pérdida $E_{1,n} = E$, y el número de dispositivos n.

La probabilidad de pérdida E, tiene los siguientes valores constantes: 0.00001, 0.00005, 0.0001, 0.0005, 0.001, 0.002, 0.003, 0.004, 0.005, 0.006, 0.007, 0.008, 0.009, 0.01, 0.02, 0.03, 0.05, 0.1, 0.2, y 0.4.

n = 1 - 301

Las series de valores para el número de dispositivos son limitadas a ciertos valores guía para el rango de n = 1000 - 6000. Todos los valores intermedios pueden ser determinados con suficiente exactitud por interpolación lineal.

Ejemplos numéricos

Ejemplo

Encuentre el número de dispositivos n requerido para A = 60 erlang y la probabilidad de pérdida E = 0.001.

Desde la página 5 y la columna para E = 0.001, puede verse que n = 83 corresponde al valor A de 60.403 erlang, y n = 82 al de A= 59.537. Consecuentemente, el número requerido de dispositivos es 83.



| n | Probabilidad de pérdida (E) | | | | | | | | | | n |
|----|-----------------------------|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----|
| | 0.00001 | 0.00005 | 0.0001 | 0.0005 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | |
| 1 | .00001 | .00005 | .00010 | .00050 | .00100 | .00200 | .00301 | .00402 | .00503 | .00604 | 1 |
| 2 | .00448 | .01005 | .01425 | .03213 | .04576 | .06534 | .08064 | .09373 | .10540 | .11608 | 2 |
| 3 | .03980 | .06849 | .08683 | .15170 | .19384 | .24872 | .28851 | .32099 | .34900 | .37395 | 3 |
| 4 | .12855 | .19554 | .23471 | .36236 | .43927 | .53503 | .60209 | .65568 | .70120 | .74124 | 4 |
| 5 | .27584 | .38851 | .45195 | .64857 | .76212 | .89986 | .99446 | 1.0692 | 1.1320 | 1.1870 | 5 |
| 6 | .47596 | .63923 | .72826 | .99567 | 1.1459 | 1.3252 | 1.4468 | 1.5421 | 1.6218 | 1.6912 | 6 |
| 7 | .72378 | .93919 | 1.0541 | 1.3922 | 1.5786 | 1.7984 | 1.9463 | 2.0614 | 2.1575 | 2.2408 | 7 |
| 8 | 1.0133 | 1.2816 | 1.4219 | 1.8298 | 2.0513 | 2.3106 | 2.4837 | 2.6181 | 2.7299 | 2.8266 | 8 |
| 9 | 1.3391 | 1.6595 | 1.8256 | 2.3016 | 2.5575 | 2.8549 | 3.0526 | 3.2057 | 3.3326 | 3.4422 | 9 |
| 10 | 1.6970 | 2.0689 | 2.2601 | 2.8028 | 3.0920 | 3.4265 | 3.6480 | 3.8190 | 3.9607 | 4.0829 | 10 |
| 11 | 2.0849 | 2.5059 | 2.7216 | 3.3294 | 3.6511 | 4.0215 | 4.2661 | 4.4545 | 4.6104 | 4.7447 | 11 |
| 12 | 2.4958 | 2.9671 | 3.2072 | 3.8781 | 4.2314 | 4.6368 | 4.9038 | 5.1092 | 5.2789 | 5.4250 | 12 |
| 13 | 2.9294 | 3.4500 | 3.7136 | 4.4465 | 4.8306 | 5.2700 | 5.5588 | 5.7807 | 5.9638 | 6.1214 | 13 |
| 14 | 3.3834 | 3.9523 | 4.2388 | 5.0324 | 5.4464 | 5.9190 | 6.2291 | 6.4670 | 6.6632 | 6.8320 | 14 |
| 15 | 3.8559 | 4.4721 | 4.7812 | 5.6339 | 6.0772 | 6.5822 | 6.9130 | 7.1665 | 7.3755 | 7.5552 | 15 |
| 16 | 4.3453 | 5.0079 | 5.3390 | 6.2496 | 6.7215 | 7.2582 | 7.6091 | 7.8780 | 8.0995 | 8.2898 | 16 |
| 17 | 4.8502 | 5.5583 | 5.9110 | 6.8782 | 7.3781 | 7.9457 | 8.3164 | 8.6003 | 8.8340 | 9.0347 | 17 |
| 18 | 5.3693 | 6.1220 | 6.4959 | 7.5186 | 8.0459 | 8.6437 | 9.0339 | 9.3324 | 9.5780 | 9.7889 | 18 |
| 19 | 5.9016 | 6.6980 | 7.0927 | 8.1698 | 8.7239 | 9.3515 | 9.7606 | 10.073 | 10.331 | 10.552 | 19 |
| 20 | 6.4460 | 7.2854 | 7.7005 | 8.8310 | 9.4115 | 10.068 | 10.496 | 10.823 | 11.092 | 11.322 | 20 |
| 21 | 7.0017 | 7.8834 | 8.3186 | 9.5014 | 10.108 | 10.793 | 11.239 | 11.580 | 11.860 | 12.100 | 21 |
| 22 | 7.5680 | 8.4926 | 8.9462 | 10.180 | 10.812 | 11.525 | 11.989 | 12.344 | 12.635 | 12.885 | 22 |
| 23 | 8.1443 | 9.1095 | 9.5826 | 10.868 | 11.524 | 12.265 | 12.746 | 13.114 | 13.416 | 13.676 | 23 |
| 24 | 8.7298 | 9.7351 | 10.227 | 11.562 | 12.243 | 13.011 | 13.510 | 13.891 | 14.204 | 14.472 | 24 |
| 25 | 9.3240 | 10.369 | 10.880 | 12.264 | 12.969 | 13.763 | 14.279 | 14.673 | 14.997 | 15.274 | 25 |
| 26 | 9.9265 | 11.010 | 11.540 | 12.972 | 13.701 | 14.522 | 15.054 | 15.461 | 15.795 | 16.081 | 26 |
| 27 | 10.537 | 11.659 | 12.207 | 13.686 | 14.439 | 15.285 | 15.835 | 16.254 | 16.598 | 16.893 | 27 |
| 28 | 11.154 | 12.314 | 12.880 | 14.406 | 15.182 | 16.054 | 16.620 | 17.051 | 17.406 | 17.709 | 28 |
| 29 | 11.779 | 12.976 | 13.560 | 15.132 | 15.930 | 16.828 | 17.410 | 17.853 | 18.218 | 18.530 | 29 |
| 30 | 12.417 | 13.644 | 14.246 | 15.863 | 16.684 | 17.606 | 18.204 | 18.660 | 19.034 | 19.355 | 30 |
| 31 | 13.054 | 14.318 | 14.937 | 16.599 | 17.442 | 18.389 | 19.002 | 19.470 | 19.854 | 20.183 | 31 |
| 32 | 13.697 | 14.998 | 15.633 | 17.340 | 18.205 | 19.176 | 19.805 | 20.284 | 20.678 | 21.015 | 32 |
| 33 | 14.346 | 15.682 | 16.335 | 18.085 | 18.972 | 19.966 | 20.611 | 21.102 | 21.505 | 21.850 | 33 |
| 34 | 15.001 | 16.372 | 17.041 | 18.835 | 19.743 | 20.761 | 21.421 | 21.923 | 22.336 | 22.689 | 34 |
| 35 | 15.660 | 17.067 | 17.752 | 19.589 | 20.517 | 21.559 | 22.234 | 22.748 | 23.169 | 23.531 | 35 |
| 36 | 16.325 | 17.766 | 18.468 | 20.347 | 21.296 | 22.361 | 23.050 | 23.575 | 24.006 | 24.376 | 36 |
| 37 | 16.995 | 18.470 | 19.188 | 21.108 | 22.078 | 23.166 | 23.870 | 24.406 | 24.846 | 25.223 | 37 |
| 38 | 17.669 | 19.178 | 19.911 | 21.873 | 22.864 | 23.974 | 24.692 | 25.240 | 25.689 | 26.074 | 38 |
| 39 | 18.348 | 19.890 | 20.640 | 22.642 | 23.652 | 24.785 | 25.518 | 26.076 | 26.534 | 26.926 | 39 |
| 40 | 19.031 | 20.606 | 21.372 | 23.414 | 24.444 | 25.599 | 26.346 | 26.915 | 27.382 | 27.782 | 40 |
| 41 | 19.718 | 21.326 | 22.107 | 24.189 | 25.239 | 26.416 | 27.177 | 27.756 | 28.232 | 28.640 | 41 |
| 42 | 20.409 | 22.049 | 22.846 | 24.967 | 26.037 | 27.235 | 28.010 | 28.600 | 29.085 | 29.500 | 42 |
| 43 | 21.104 | 22.776 | 23.587 | 25.748 | 26.837 | 28.057 | 28.846 | 29.447 | 29.940 | 30.362 | 43 |
| 44 | 21.803 | 23.507 | 24.333 | 26.532 | 27.641 | 28.882 | 29.684 | 30.295 | 30.797 | 31.227 | 44 |
| 45 | 22.505 | 24.240 | 25.081 | 27.319 | 28.447 | 29.708 | 30.525 | 31.146 | 31.656 | 32.093 | 45 |
| 46 | 23.211 | 24.977 | 25.833 | 28.109 | 29.255 | 30.538 | 31.367 | 31.999 | 32.517 | 32.962 | 46 |
| 47 | 23.921 | 25.717 | 26.587 | 28.901 | 30.066 | 31.369 | 32.212 | 32.854 | 33.381 | 33.832 | 47 |
| 48 | 24.633 | 26.460 | 27.344 | 29.696 | 30.879 | 32.203 | 33.059 | 33.711 | 34.246 | 34.704 | 48 |
| 49 | 25.349 | 27.206 | 28.104 | 30.493 | 31.694 | 33.039 | 33.908 | 34.570 | 35.113 | 35.578 | 49 |
| 50 | 26.067 | 27.954 | 28.867 | 31.292 | 32.512 | 33.876 | 34.759 | 35.431 | 35.982 | 36.454 | 50 |
| 51 | 26.789 | 28.706 | 29.632 | 32.094 | 33.332 | 34.716 | 35.611 | 36.293 | 36.852 | 37.331 | 51 |
| | 0.00001 | 0.00005 | 0.0001 | 0.0005 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | |



| n | Probabilidad de pérdida (E) | | | | | | | | | | n |
|-----|-----------------------------|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|
| | 0.00001 | 0.00005 | 0.0001 | 0.0005 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | |
| 51 | 26.789 | 28.706 | 29.632 | 32.094 | 33.332 | 34.716 | 35.611 | 36.293 | 36.852 | 37.331 | 51 |
| 52 | 27.513 | 29.459 | 30.400 | 32.898 | 34.153 | 35.558 | 36.466 | 37.157 | 37.724 | 38.211 | 52 |
| 53 | 28.241 | 30.216 | 31.170 | 33.704 | 34.977 | 36.401 | 37.322 | 38.023 | 38.598 | 39.091 | 53 |
| 54 | 28.971 | 30.975 | 31.942 | 34.512 | 35.803 | 37.247 | 38.180 | 38.891 | 39.474 | 39.973 | 54 |
| 55 | 29.703 | 31.736 | 32.717 | 35.322 | 36.631 | 38.094 | 39.040 | 39.760 | 40.351 | 40.857 | 55 |
| 56 | 30.438 | 32.500 | 33.494 | 36.134 | 37.460 | 38.942 | 39.901 | 40.630 | 41.229 | 41.742 | 56 |
| 57 | 31.176 | 33.266 | 34.273 | 36.948 | 38.291 | 39.793 | 40.763 | 41.502 | 42.109 | 42.629 | 57 |
| 58 | 31.916 | 34.034 | 35.055 | 37.764 | 39.124 | 40.645 | 41.628 | 42.376 | 42.990 | 43.516 | 58 |
| 59 | 32.659 | 34.804 | 35.838 | 38.581 | 39.959 | 41.498 | 42.493 | 43.251 | 43.873 | 44.406 | 59 |
| 60 | 33.404 | 35.577 | 36.623 | 39.401 | 40.795 | 42.353 | 43.360 | 44.127 | 44.757 | 45.296 | 60 |
| 61 | 34.151 | 36.351 | 37.411 | 40.222 | 41.633 | 43.210 | 44.229 | 45.005 | 45.642 | 46.188 | 61 |
| 62 | 34.900 | 37.127 | 38.200 | 41.045 | 42.472 | 44.068 | 45.099 | 45.884 | 46.528 | 47.081 | 62 |
| 63 | 35.651 | 37.906 | 38.991 | 41.869 | 43.313 | 44.927 | 45.970 | 46.764 | 47.416 | 47.975 | 63 |
| 64 | 36.405 | 38.686 | 39.784 | 42.695 | 44.156 | 45.788 | 46.843 | 47.646 | 48.305 | 48.870 | 64 |
| 65 | 37.160 | 39.468 | 40.579 | 43.523 | 45.000 | 46.650 | 47.716 | 48.528 | 49.195 | 49.766 | 65 |
| 66 | 37.918 | 40.252 | 41.375 | 44.352 | 45.845 | 47.513 | 48.591 | 49.412 | 50.086 | 50.664 | 66 |
| 67 | 38.677 | 41.038 | 42.173 | 45.183 | 46.692 | 48.378 | 49.467 | 50.297 | 50.978 | 51.562 | 67 |
| 68 | 39.439 | 41.825 | 42.973 | 46.015 | 47.540 | 49.243 | 50.345 | 51.183 | 51.872 | 52.462 | 68 |
| 69 | 40.202 | 42.615 | 43.775 | 46.848 | 48.389 | 50.110 | 51.223 | 52.071 | 52.766 | 53.362 | 69 |
| 70 | 40.967 | 43.405 | 44.578 | 47.683 | 49.239 | 50.979 | 52.103 | 52.959 | 53.662 | 54.264 | 70 |
| 71 | 41.734 | 44.198 | 45.382 | 48.519 | 50.091 | 51.848 | 52.984 | 53.848 | 54.558 | 55.166 | 71 |
| 72 | 42.502 | 44.992 | 46.188 | 49.357 | 50.944 | 52.718 | 53.865 | 54.739 | 55.455 | 56.070 | 72 |
| 73 | 43.273 | 45.787 | 46.996 | 50.195 | 51.799 | 53.590 | 54.748 | 55.630 | 56.354 | 56.974 | 73 |
| 74 | 44.045 | 46.585 | 47.805 | 51.035 | 52.654 | 54.463 | 55.632 | 56.522 | 57.253 | 57.880 | 74 |
| 75 | 44.818 | 47.383 | 48.615 | 51.877 | 53.511 | 55.337 | 56.517 | 57.415 | 58.153 | 58.786 | 75 |
| 76 | 45.593 | 48.183 | 49.427 | 52.719 | 54.369 | 56.211 | 57.402 | 58.310 | 59.054 | 59.693 | 76 |
| 77 | 46.370 | 48.985 | 50.240 | 53.563 | 55.227 | 57.087 | 58.289 | 59.205 | 59.956 | 60.601 | 77 |
| 78 | 47.149 | 49.787 | 51.054 | 54.408 | 56.087 | 57.964 | 59.177 | 60.101 | 60.859 | 61.510 | 78 |
| 79 | 47.928 | 50.592 | 51.870 | 55.254 | 56.948 | 58.842 | 60.065 | 60.998 | 61.763 | 62.419 | 79 |
| 80 | 48.710 | 51.397 | 52.687 | 56.101 | 57.810 | 59.720 | 60.955 | 61.895 | 62.668 | 63.330 | 80 |
| 81 | 49.492 | 52.204 | 53.506 | 56.949 | 58.673 | 60.600 | 61.845 | 62.794 | 63.573 | 64.241 | 81 |
| 82 | 50.277 | 53.012 | 54.325 | 57.798 | 59.537 | 61.480 | 62.737 | 63.693 | 64.479 | 65.153 | 82 |
| 83 | 51.062 | 53.822 | 55.146 | 58.649 | 60.403 | 62.362 | 63.629 | 64.594 | 65.386 | 66.065 | 83 |
| 84 | 51.849 | 54.633 | 55.968 | 59.500 | 61.269 | 63.244 | 64.522 | 65.495 | 66.294 | 66.979 | 84 |
| 85 | 52.637 | 55.445 | 56.791 | 60.352 | 62.135 | 64.127 | 65.415 | 66.396 | 67.202 | 67.893 | 85 |
| 86 | 53.427 | 56.258 | 57.615 | 61.206 | 63.003 | 65.011 | 66.310 | 67.299 | 68.111 | 68.808 | 86 |
| 87 | 54.218 | 57.072 | 58.441 | 62.060 | 63.872 | 65.897 | 67.205 | 68.202 | 69.021 | 69.724 | 87 |
| 88 | 55.010 | 57.887 | 59.267 | 62.915 | 64.742 | 66.782 | 68.101 | 69.106 | 69.932 | 70.640 | 88 |
| 89 | 55.804 | 58.704 | 60.095 | 63.772 | 65.612 | 67.669 | 68.998 | 70.011 | 70.843 | 71.557 | 89 |
| 90 | 56.598 | 59.526 | 60.923 | 64.629 | 66.484 | 68.556 | 69.896 | 70.917 | 71.755 | 72.474 | 90 |
| 91 | 57.394 | 60.344 | 61.753 | 65.487 | 67.356 | 69.444 | 70.794 | 71.823 | 72.668 | 73.393 | 91 |
| 92 | 58.192 | 61.164 | 62.584 | 66.346 | 68.229 | 70.333 | 71.693 | 72.730 | 73.581 | 74.311 | 92 |
| 93 | 58.990 | 61.985 | 63.416 | 67.206 | 69.103 | 71.222 | 72.593 | 73.637 | 74.495 | 75.231 | 93 |
| 94 | 59.789 | 62.807 | 64.248 | 68.067 | 69.978 | 72.113 | 73.493 | 74.545 | 75.410 | 76.151 | 94 |
| 95 | 60.590 | 63.630 | 65.082 | 68.928 | 70.853 | 73.004 | 74.394 | 75.454 | 76.325 | 77.072 | 95 |
| 96 | 61.392 | 64.454 | 65.917 | 69.791 | 71.729 | 73.896 | 75.296 | 76.364 | 77.241 | 77.993 | 96 |
| 97 | 62.194 | 65.279 | 66.752 | 70.654 | 72.606 | 74.788 | 76.199 | 77.274 | 78.157 | 78.915 | 97 |
| 98 | 62.998 | 66.105 | 67.589 | 71.518 | 73.484 | 75.681 | 77.102 | 78.185 | 79.074 | 79.837 | 98 |
| 99 | 63.803 | 66.932 | 68.426 | 72.383 | 74.363 | 76.575 | 78.006 | 79.096 | 79.992 | 80.760 | 99 |
| 100 | 64.609 | 67.760 | 69.265 | 73.248 | 75.242 | 77.469 | 78.910 | 80.008 | 80.910 | 81.684 | 100 |
| 101 | 65.416 | 68.589 | 70.104 | 74.115 | 76.122 | 78.364 | 79.815 | 80.920 | 81.829 | 82.608 | 101 |
| | 0.00001 | 0.00005 | 0.0001 | 0.0005 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | |



| n | Probabilidad de pérdida (E) | | | | | | | | | | n |
|-----|-----------------------------|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|
| | 0.00001 | 0.00005 | 0.0001 | 0.0005 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | |
| 101 | 65.416 | 68.589 | 70.104 | 74.115 | 76.122 | 78.364 | 79.815 | 80.920 | 81.829 | 82.608 | 101 |
| 102 | 66.224 | 69.419 | 70.944 | 74.982 | 77.003 | 79.260 | 80.720 | 81.833 | 82.748 | 83.533 | 102 |
| 103 | 67.034 | 70.249 | 71.785 | 75.850 | 77.884 | 80.157 | 81.627 | 82.747 | 83.668 | 84.458 | 103 |
| 104 | 67.844 | 71.081 | 72.627 | 76.719 | 78.766 | 81.054 | 82.533 | 83.661 | 84.588 | 85.384 | 104 |
| 105 | 68.655 | 71.913 | 73.470 | 77.588 | 79.649 | 81.951 | 83.441 | 84.576 | 85.509 | 86.310 | 105 |
| 106 | 69.467 | 72.747 | 74.313 | 78.458 | 80.532 | 82.850 | 84.349 | 85.492 | 86.431 | 87.237 | 106 |
| 107 | 70.280 | 73.581 | 75.158 | 79.329 | 81.416 | 83.748 | 85.257 | 86.407 | 87.353 | 88.164 | 107 |
| 108 | 71.094 | 74.416 | 76.003 | 80.201 | 82.301 | 84.648 | 86.166 | 87.324 | 88.275 | 89.092 | 108 |
| 109 | 71.908 | 75.252 | 76.849 | 81.073 | 83.186 | 85.548 | 87.076 | 88.241 | 89.198 | 90.020 | 109 |
| 110 | 72.724 | 76.089 | 77.696 | 81.946 | 84.072 | 86.449 | 87.986 | 89.158 | 90.121 | 90.948 | 110 |
| 111 | 73.541 | 76.926 | 78.543 | 82.819 | 84.959 | 87.350 | 88.897 | 90.076 | 91.045 | 91.878 | 111 |
| 112 | 74.358 | 77.764 | 79.391 | 83.694 | 85.846 | 88.251 | 89.808 | 90.994 | 91.970 | 92.807 | 112 |
| 113 | 75.177 | 78.604 | 80.240 | 84.568 | 86.734 | 89.154 | 90.719 | 91.913 | 92.895 | 93.737 | 113 |
| 114 | 75.996 | 79.443 | 81.090 | 85.445 | 87.622 | 90.057 | 91.632 | 92.833 | 93.820 | 94.668 | 114 |
| 115 | 76.816 | 80.284 | 81.941 | 86.321 | 88.511 | 90.960 | 92.544 | 93.753 | 94.746 | 95.599 | 115 |
| 116 | 77.637 | 81.126 | 82.792 | 87.197 | 89.401 | 91.864 | 93.458 | 94.673 | 95.672 | 96.530 | 116 |
| 117 | 78.459 | 81.968 | 83.644 | 88.075 | 90.291 | 92.768 | 94.371 | 95.594 | 96.599 | 97.462 | 117 |
| 118 | 79.281 | 82.811 | 84.496 | 88.953 | 91.181 | 93.673 | 95.285 | 96.515 | 97.526 | 98.394 | 118 |
| 119 | 80.104 | 83.654 | 85.350 | 89.831 | 92.073 | 94.578 | 96.200 | 97.437 | 98.454 | 99.327 | 119 |
| 120 | 80.929 | 84.499 | 86.204 | 90.710 | 92.964 | 95.484 | 97.115 | 98.359 | 99.382 | 100.26 | 120 |
| 121 | 81.754 | 85.344 | 87.058 | 91.590 | 93.857 | 96.391 | 98.031 | 99.282 | 100.31 | 101.19 | 121 |
| 122 | 82.579 | 86.189 | 87.914 | 92.471 | 94.750 | 97.298 | 98.947 | 100.20 | 101.24 | 102.13 | 122 |
| 123 | 83.406 | 87.036 | 88.770 | 93.351 | 95.643 | 98.205 | 99.863 | 101.13 | 102.17 | 103.06 | 123 |
| 124 | 84.233 | 87.883 | 89.626 | 94.233 | 96.537 | 99.113 | 100.78 | 102.05 | 103.10 | 104.00 | 124 |
| 125 | 85.061 | 88.731 | 90.483 | 95.115 | 97.431 | 100.02 | 101.70 | 102.98 | 104.03 | 104.93 | 125 |
| 126 | 85.911 | 89.579 | 91.341 | 95.997 | 98.326 | 100.93 | 102.62 | 103.90 | 104.96 | 105.87 | 126 |
| 127 | 86.740 | 90.428 | 92.200 | 96.881 | 99.222 | 101.84 | 103.53 | 104.83 | 105.89 | 106.80 | 127 |
| 128 | 87.570 | 91.278 | 93.059 | 97.764 | 100.12 | 102.75 | 104.45 | 105.75 | 106.82 | 107.74 | 128 |
| 129 | 88.400 | 92.129 | 93.919 | 98.648 | 101.01 | 103.66 | 105.37 | 106.68 | 107.75 | 108.67 | 129 |
| 130 | 89.232 | 92.980 | 94.779 | 99.533 | 101.91 | 104.57 | 106.29 | 107.60 | 108.68 | 109.61 | 130 |
| 131 | 90.064 | 93.831 | 95.640 | 100.42 | 102.81 | 105.48 | 107.21 | 108.53 | 109.62 | 110.55 | 131 |
| 132 | 90.896 | 94.684 | 96.502 | 101.30 | 103.71 | 106.39 | 108.13 | 109.46 | 110.55 | 111.49 | 132 |
| 133 | 91.730 | 95.537 | 97.364 | 102.19 | 104.60 | 107.30 | 109.05 | 110.39 | 111.48 | 112.42 | 133 |
| 134 | 92.564 | 96.390 | 98.226 | 103.08 | 105.50 | 108.22 | 109.97 | 111.31 | 112.42 | 113.36 | 134 |
| 135 | 93.399 | 97.244 | 99.090 | 103.96 | 106.40 | 109.13 | 110.89 | 112.24 | 113.35 | 114.30 | 135 |
| 136 | 94.234 | 98.099 | 99.953 | 104.85 | 107.30 | 110.04 | 111.82 | 113.17 | 114.28 | 115.24 | 136 |
| 137 | 95.070 | 98.954 | 100.82 | 105.74 | 108.20 | 110.95 | 112.74 | 114.10 | 115.22 | 116.18 | 137 |
| 138 | 95.907 | 99.810 | 101.68 | 106.63 | 109.10 | 111.87 | 113.66 | 115.03 | 116.15 | 117.12 | 138 |
| 139 | 96.744 | 100.67 | 102.55 | 107.52 | 110.00 | 112.78 | 114.58 | 115.96 | 117.09 | 118.06 | 139 |
| 140 | 97.582 | 101.52 | 103.41 | 108.41 | 110.90 | 113.70 | 115.51 | 116.89 | 118.02 | 119.00 | 140 |
| 141 | 98.421 | 102.38 | 104.28 | 109.30 | 111.81 | 114.61 | 116.43 | 117.82 | 118.96 | 119.94 | 141 |
| 142 | 99.260 | 103.24 | 105.15 | 110.19 | 112.71 | 115.53 | 117.35 | 118.75 | 119.90 | 120.88 | 142 |
| 143 | 100.10 | 104.10 | 106.02 | 111.08 | 113.61 | 116.44 | 118.28 | 119.68 | 120.83 | 121.82 | 143 |
| 144 | 100.94 | 104.96 | 106.88 | 111.97 | 114.51 | 117.36 | 119.20 | 120.61 | 121.77 | 122.76 | 144 |
| 145 | 101.78 | 105.82 | 107.75 | 112.86 | 115.42 | 118.28 | 120.13 | 121.54 | 122.71 | 123.71 | 145 |
| 146 | 102.62 | 106.68 | 108.62 | 113.75 | 116.32 | 119.19 | 121.05 | 122.47 | 123.64 | 124.65 | 146 |
| 147 | 103.46 | 107.54 | 109.49 | 114.65 | 117.23 | 120.11 | 121.98 | 123.41 | 124.58 | 125.59 | 147 |
| 148 | 104.31 | 108.40 | 110.36 | 115.54 | 118.13 | 121.03 | 122.91 | 124.34 | 125.52 | 126.53 | 148 |
| 149 | 105.15 | 109.26 | 111.23 | 116.43 | 119.04 | 121.95 | 123.83 | 125.27 | 126.46 | 127.48 | 149 |
| 150 | 105.99 | 110.12 | 112.10 | 117.33 | 119.94 | 122.86 | 124.76 | 126.21 | 127.40 | 128.42 | 150 |
| 151 | 106.84 | 110.99 | 112.97 | 118.22 | 120.85 | 123.78 | 125.69 | 127.14 | 128.33 | 129.36 | 151 |
| | 0.00001 | 0.00005 | 0.0001 | 0.0005 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | |



| n | Probabilidad de pérdida (E) | | | | | | | | | | n |
|-----|-----------------------------|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|
| | 0.00001 | 0.00005 | 0.0001 | 0.0005 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | |
| 151 | 106.84 | 110.99 | 112.97 | 118.22 | 120.85 | 123.78 | 125.69 | 127.14 | 128.33 | 129.36 | 151 |
| 152 | 107.68 | 111.85 | 113.85 | 119.12 | 121.75 | 124.70 | 126.61 | 128.07 | 129.27 | 130.31 | 152 |
| 153 | 108.53 | 112.71 | 114.72 | 120.01 | 122.66 | 125.62 | 127.54 | 129.01 | 130.21 | 131.25 | 153 |
| 154 | 109.38 | 113.58 | 115.59 | 120.91 | 123.57 | 126.54 | 128.47 | 129.94 | 131.15 | 132.19 | 154 |
| 155 | 110.22 | 114.44 | 116.46 | 121.80 | 124.47 | 127.46 | 129.40 | 130.88 | 132.09 | 133.14 | 155 |
| 156 | 111.07 | 115.31 | 117.34 | 122.70 | 125.38 | 128.38 | 130.33 | 131.81 | 133.03 | 134.08 | 156 |
| 157 | 111.92 | 116.17 | 118.21 | 123.60 | 126.29 | 129.30 | 131.25 | 132.75 | 133.97 | 135.03 | 157 |
| 158 | 112.77 | 117.04 | 119.09 | 124.49 | 127.20 | 130.22 | 132.18 | 133.68 | 134.91 | 135.97 | 158 |
| 159 | 113.61 | 117.91 | 119.96 | 125.39 | 128.11 | 131.14 | 133.11 | 134.62 | 135.86 | 136.92 | 159 |
| 160 | 114.46 | 118.77 | 120.84 | 126.29 | 129.01 | 132.07 | 134.04 | 135.55 | 136.80 | 137.87 | 160 |
| 161 | 115.31 | 119.64 | 121.71 | 127.19 | 129.92 | 132.99 | 134.97 | 136.49 | 137.74 | 138.81 | 161 |
| 162 | 116.16 | 120.51 | 122.59 | 128.08 | 130.83 | 133.91 | 135.90 | 137.43 | 138.68 | 139.76 | 162 |
| 163 | 117.01 | 121.38 | 123.47 | 128.98 | 131.74 | 134.83 | 136.83 | 138.36 | 139.62 | 140.71 | 163 |
| 164 | 117.87 | 122.25 | 124.35 | 129.88 | 132.65 | 135.75 | 137.77 | 139.30 | 140.57 | 141.65 | 164 |
| 165 | 118.72 | 123.12 | 125.22 | 130.78 | 133.56 | 136.68 | 138.70 | 140.24 | 141.51 | 142.60 | 165 |
| 166 | 119.57 | 123.99 | 126.10 | 131.68 | 134.48 | 137.60 | 139.63 | 141.18 | 142.45 | 143.55 | 166 |
| 167 | 120.42 | 124.86 | 126.98 | 132.58 | 135.39 | 138.52 | 140.56 | 142.11 | 143.39 | 144.49 | 167 |
| 168 | 121.28 | 125.73 | 127.86 | 133.48 | 136.30 | 139.45 | 141.49 | 143.05 | 144.34 | 145.44 | 168 |
| 169 | 122.13 | 126.60 | 128.74 | 134.38 | 137.21 | 140.37 | 142.42 | 143.99 | 145.28 | 146.39 | 169 |
| 170 | 122.98 | 127.47 | 129.62 | 135.29 | 138.12 | 141.30 | 143.36 | 144.93 | 146.23 | 147.34 | 170 |
| 171 | 123.84 | 128.34 | 130.50 | 136.19 | 139.04 | 142.22 | 144.29 | 145.87 | 147.17 | 148.29 | 171 |
| 172 | 124.69 | 129.21 | 131.38 | 137.09 | 139.95 | 143.15 | 145.22 | 146.81 | 148.11 | 149.24 | 172 |
| 173 | 125.55 | 130.09 | 132.26 | 137.99 | 140.86 | 144.07 | 146.16 | 147.75 | 149.06 | 150.19 | 173 |
| 174 | 126.40 | 130.96 | 133.14 | 138.89 | 141.77 | 145.00 | 147.09 | 148.69 | 150.00 | 151.14 | 174 |
| 175 | 127.26 | 131.83 | 134.02 | 139.80 | 142.69 | 145.92 | 148.02 | 149.63 | 150.95 | 152.08 | 175 |
| 176 | 128.12 | 132.71 | 134.90 | 140.70 | 143.60 | 146.85 | 148.96 | 150.57 | 151.89 | 153.03 | 176 |
| 177 | 128.97 | 133.58 | 135.79 | 141.60 | 144.52 | 147.78 | 149.89 | 151.51 | 152.84 | 153.98 | 177 |
| 178 | 129.83 | 134.46 | 136.67 | 142.51 | 145.43 | 148.70 | 150.83 | 152.45 | 153.79 | 154.93 | 178 |
| 179 | 130.69 | 135.33 | 137.55 | 143.41 | 146.35 | 149.63 | 151.76 | 153.39 | 154.73 | 155.88 | 179 |
| 180 | 131.55 | 136.21 | 138.44 | 144.32 | 147.26 | 150.56 | 152.70 | 154.33 | 155.68 | 156.84 | 180 |
| 181 | 132.41 | 137.08 | 139.32 | 145.22 | 148.18 | 151.49 | 153.63 | 155.27 | 156.62 | 157.79 | 181 |
| 182 | 133.27 | 137.96 | 140.20 | 146.13 | 149.09 | 152.41 | 154.57 | 156.21 | 157.57 | 158.74 | 182 |
| 183 | 134.13 | 138.84 | 141.09 | 147.03 | 150.01 | 153.34 | 155.50 | 157.16 | 158.52 | 159.69 | 183 |
| 184 | 134.99 | 139.71 | 141.97 | 147.94 | 150.93 | 154.27 | 156.44 | 158.10 | 159.46 | 160.64 | 184 |
| 185 | 135.85 | 140.59 | 142.86 | 148.85 | 151.84 | 155.20 | 157.38 | 159.04 | 160.41 | 161.59 | 185 |
| 186 | 136.71 | 141.47 | 143.74 | 149.75 | 152.76 | 156.13 | 158.31 | 159.98 | 161.36 | 162.54 | 186 |
| 187 | 137.57 | 142.35 | 144.63 | 150.66 | 153.68 | 157.06 | 159.25 | 160.93 | 162.31 | 163.50 | 187 |
| 188 | 138.43 | 143.22 | 145.52 | 151.57 | 154.59 | 157.99 | 160.19 | 161.87 | 163.25 | 164.45 | 188 |
| 189 | 139.29 | 144.10 | 146.40 | 152.47 | 155.51 | 158.91 | 161.12 | 162.81 | 164.20 | 165.40 | 189 |
| 190 | 140.16 | 144.98 | 147.29 | 153.38 | 156.43 | 159.84 | 162.06 | 163.76 | 165.15 | 166.35 | 190 |
| 191 | 141.02 | 145.86 | 148.18 | 154.29 | 157.35 | 160.77 | 163.00 | 164.70 | 166.10 | 167.31 | 191 |
| 192 | 141.88 | 146.74 | 149.07 | 155.20 | 158.27 | 161.70 | 163.94 | 165.64 | 167.05 | 168.26 | 192 |
| 193 | 142.75 | 147.62 | 149.96 | 156.11 | 159.19 | 162.64 | 164.87 | 166.59 | 168.00 | 169.21 | 193 |
| 194 | 143.61 | 148.50 | 150.85 | 157.01 | 160.10 | 163.57 | 165.81 | 167.53 | 168.95 | 170.16 | 194 |
| 195 | 144.48 | 149.38 | 151.73 | 157.92 | 161.02 | 164.50 | 166.75 | 168.48 | 169.90 | 171.12 | 195 |
| 196 | 145.34 | 150.26 | 152.62 | 158.83 | 161.94 | 165.43 | 167.69 | 169.42 | 170.85 | 172.07 | 196 |
| 197 | 146.21 | 151.15 | 153.51 | 159.74 | 162.86 | 166.36 | 168.63 | 170.36 | 171.79 | 173.03 | 197 |
| 198 | 147.07 | 152.03 | 154.40 | 160.65 | 163.78 | 167.29 | 169.57 | 171.31 | 172.74 | 173.98 | 198 |
| 199 | 147.94 | 152.91 | 155.29 | 161.56 | 164.70 | 168.22 | 170.51 | 172.25 | 173.69 | 174.93 | 199 |
| 200 | 148.80 | 153.79 | 156.18 | 162.47 | 165.62 | 169.15 | 171.45 | 173.20 | 174.65 | 175.89 | 200 |
| 201 | 149.67 | 154.68 | 157.07 | 163.38 | 166.54 | 170.09 | 172.39 | 174.15 | 175.60 | 176.84 | 201 |
| | 0.00001 | 0.00005 | 0.0001 | 0.0005 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | |



| n | Probabilidad de pérdida (E) | | | | | | | | | | n |
|-----|-----------------------------|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|
| | 0.00001 | 0.00005 | 0.0001 | 0.0005 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | |
| 201 | 149.67 | 154.68 | 157.07 | 163.38 | 166.54 | 170.09 | 172.39 | 174.15 | 175.60 | 176.84 | 201 |
| 202 | 150.54 | 155.56 | 157.96 | 164.29 | 167.47 | 171.02 | 173.33 | 175.09 | 176.55 | 177.80 | 202 |
| 203 | 151.41 | 156.44 | 158.85 | 165.20 | 168.39 | 171.95 | 174.27 | 176.04 | 177.50 | 178.75 | 203 |
| 204 | 152.27 | 157.33 | 159.74 | 166.12 | 169.31 | 172.88 | 175.21 | 176.98 | 178.45 | 179.71 | 204 |
| 205 | 153.14 | 158.21 | 160.64 | 167.03 | 170.23 | 173.82 | 176.15 | 177.93 | 179.40 | 180.66 | 205 |
| 206 | 154.01 | 159.09 | 161.53 | 167.94 | 171.15 | 174.75 | 177.09 | 178.88 | 180.35 | 181.62 | 206 |
| 207 | 154.88 | 159.98 | 162.42 | 168.85 | 172.07 | 175.68 | 178.03 | 179.82 | 181.30 | 182.57 | 207 |
| 208 | 155.75 | 160.86 | 163.31 | 169.76 | 173.00 | 176.62 | 178.97 | 180.77 | 182.25 | 183.53 | 208 |
| 209 | 156.62 | 161.75 | 164.21 | 170.68 | 173.92 | 177.55 | 179.91 | 181.72 | 183.21 | 184.49 | 209 |
| 210 | 157.49 | 162.64 | 165.10 | 171.59 | 174.84 | 178.49 | 180.85 | 182.66 | 184.16 | 185.44 | 210 |
| 211 | 158.36 | 163.52 | 165.99 | 172.50 | 175.77 | 179.42 | 181.80 | 183.61 | 185.11 | 186.40 | 211 |
| 212 | 159.23 | 164.41 | 166.89 | 173.42 | 176.69 | 180.36 | 182.74 | 184.56 | 186.06 | 187.36 | 212 |
| 213 | 160.10 | 165.29 | 167.78 | 174.33 | 177.61 | 181.29 | 183.68 | 185.51 | 187.01 | 188.31 | 213 |
| 214 | 160.97 | 166.18 | 168.67 | 175.24 | 178.54 | 182.22 | 184.62 | 186.46 | 187.97 | 189.27 | 214 |
| 215 | 161.84 | 167.07 | 169.57 | 176.16 | 179.46 | 183.16 | 185.56 | 187.40 | 188.92 | 190.23 | 215 |
| 216 | 162.71 | 167.96 | 170.46 | 177.07 | 180.38 | 184.10 | 186.51 | 188.35 | 189.87 | 191.18 | 216 |
| 217 | 163.59 | 168.84 | 171.36 | 177.99 | 181.31 | 185.03 | 187.45 | 189.30 | 190.83 | 192.14 | 217 |
| 218 | 164.46 | 169.73 | 172.25 | 178.90 | 182.23 | 185.97 | 188.39 | 190.25 | 191.78 | 193.10 | 218 |
| 219 | 165.33 | 170.62 | 173.15 | 179.82 | 183.16 | 186.90 | 189.34 | 191.20 | 192.73 | 194.05 | 219 |
| 220 | 166.20 | 171.51 | 174.05 | 180.73 | 184.08 | 187.84 | 190.28 | 192.15 | 193.69 | 195.01 | 220 |
| 221 | 167.08 | 172.40 | 174.94 | 181.65 | 185.01 | 188.77 | 191.22 | 193.10 | 194.64 | 195.97 | 221 |
| 222 | 167.95 | 173.29 | 175.84 | 182.56 | 185.93 | 189.71 | 192.17 | 194.04 | 195.59 | 196.93 | 222 |
| 223 | 168.83 | 174.18 | 176.73 | 183.48 | 186.86 | 190.65 | 193.11 | 194.99 | 196.55 | 197.89 | 223 |
| 224 | 169.70 | 175.07 | 177.63 | 184.39 | 187.78 | 191.58 | 194.05 | 195.94 | 197.50 | 198.85 | 224 |
| 225 | 170.57 | 175.96 | 178.53 | 185.31 | 188.71 | 192.52 | 195.00 | 196.89 | 198.46 | 199.80 | 225 |
| 226 | 171.45 | 176.85 | 179.43 | 186.23 | 189.64 | 193.46 | 195.94 | 197.84 | 199.41 | 200.76 | 226 |
| 227 | 172.32 | 177.74 | 180.32 | 187.14 | 190.56 | 194.40 | 196.89 | 198.79 | 200.37 | 201.72 | 227 |
| 228 | 173.20 | 178.63 | 181.22 | 188.06 | 191.49 | 195.33 | 197.83 | 199.74 | 201.32 | 202.68 | 228 |
| 229 | 174.08 | 179.52 | 182.12 | 188.98 | 192.42 | 196.27 | 198.78 | 200.69 | 202.28 | 203.64 | 229 |
| 230 | 174.95 | 180.41 | 183.02 | 189.90 | 193.34 | 197.21 | 199.72 | 201.64 | 203.23 | 204.60 | 230 |
| 231 | 175.83 | 181.30 | 183.92 | 190.81 | 194.27 | 198.15 | 200.67 | 202.60 | 204.19 | 205.56 | 231 |
| 232 | 176.71 | 182.19 | 184.82 | 191.73 | 195.20 | 199.09 | 201.61 | 203.55 | 205.14 | 206.52 | 232 |
| 233 | 177.58 | 183.08 | 185.71 | 192.65 | 196.13 | 200.02 | 202.56 | 204.50 | 206.10 | 207.48 | 233 |
| 234 | 178.46 | 183.98 | 186.61 | 193.57 | 197.05 | 200.96 | 203.50 | 205.45 | 207.05 | 208.44 | 234 |
| 235 | 179.34 | 184.87 | 187.51 | 194.49 | 197.98 | 201.90 | 204.45 | 206.40 | 208.01 | 209.40 | 235 |
| 236 | 180.22 | 185.76 | 188.41 | 195.40 | 198.91 | 202.84 | 205.40 | 207.35 | 208.97 | 210.36 | 236 |
| 237 | 181.09 | 186.65 | 189.31 | 196.32 | 199.84 | 203.78 | 206.34 | 208.30 | 209.92 | 211.32 | 237 |
| 238 | 181.97 | 187.55 | 190.21 | 197.24 | 200.77 | 204.72 | 207.29 | 209.25 | 210.88 | 212.28 | 238 |
| 239 | 182.85 | 188.44 | 191.11 | 198.16 | 201.69 | 205.66 | 208.23 | 210.21 | 211.83 | 213.24 | 239 |
| 240 | 183.73 | 189.34 | 192.02 | 199.08 | 202.62 | 206.60 | 209.18 | 211.16 | 212.79 | 214.20 | 240 |
| 241 | 184.61 | 190.23 | 192.92 | 200.00 | 203.55 | 207.54 | 210.13 | 212.11 | 213.75 | 215.16 | 241 |
| 242 | 185.49 | 191.12 | 193.82 | 200.92 | 204.48 | 208.48 | 211.07 | 213.06 | 214.70 | 216.12 | 242 |
| 243 | 186.37 | 192.02 | 194.72 | 201.84 | 205.41 | 209.42 | 212.02 | 214.02 | 215.66 | 217.08 | 243 |
| 244 | 187.25 | 192.91 | 195.62 | 202.76 | 206.34 | 210.36 | 212.97 | 214.97 | 216.62 | 218.04 | 244 |
| 245 | 188.13 | 193.81 | 196.52 | 203.68 | 207.27 | 211.30 | 213.92 | 215.92 | 217.58 | 219.00 | 245 |
| 246 | 189.01 | 194.70 | 197.42 | 204.60 | 208.20 | 212.24 | 214.86 | 216.87 | 218.53 | 219.96 | 246 |
| 247 | 189.89 | 195.60 | 198.33 | 205.52 | 209.13 | 213.18 | 215.81 | 217.83 | 219.49 | 220.92 | 247 |
| 248 | 190.77 | 196.49 | 199.23 | 206.44 | 210.06 | 214.12 | 216.76 | 218.78 | 220.45 | 221.89 | 248 |
| 249 | 191.65 | 197.39 | 200.13 | 207.37 | 210.99 | 215.06 | 217.71 | 219.73 | 221.41 | 222.85 | 249 |
| 250 | 192.53 | 198.29 | 201.04 | 208.29 | 211.92 | 216.00 | 218.65 | 220.69 | 222.36 | 223.81 | 250 |
| 251 | 193.42 | 199.18 | 201.94 | 209.21 | 212.85 | 216.94 | 219.60 | 221.64 | 223.32 | 224.77 | 251 |
| | 0.00001 | 0.00005 | 0.0001 | 0.0005 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | |



| n | Probabilidad de pérdida (E) | | | | | | | | | | n |
|-----|-----------------------------|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|
| | 0.00001 | 0.00005 | 0.0001 | 0.0005 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | |
| 251 | 193.42 | 199.18 | 201.94 | 209.21 | 212.85 | 216.94 | 219.60 | 221.64 | 223.32 | 224.77 | 251 |
| 252 | 194.30 | 200.08 | 202.84 | 210.13 | 213.78 | 217.88 | 220.55 | 222.59 | 224.28 | 225.73 | 252 |
| 253 | 195.18 | 200.98 | 203.75 | 211.05 | 214.72 | 218.83 | 221.50 | 223.55 | 225.24 | 226.70 | 253 |
| 254 | 196.06 | 201.87 | 204.65 | 211.97 | 215.65 | 219.77 | 222.45 | 224.50 | 226.20 | 227.66 | 254 |
| 255 | 196.95 | 202.77 | 205.55 | 212.90 | 216.58 | 220.71 | 223.40 | 225.46 | 227.16 | 228.62 | 255 |
| 256 | 197.83 | 203.67 | 206.46 | 213.82 | 217.51 | 221.65 | 224.35 | 226.41 | 228.11 | 229.58 | 256 |
| 257 | 198.71 | 204.57 | 207.36 | 214.74 | 218.44 | 222.59 | 225.30 | 227.36 | 229.07 | 230.55 | 257 |
| 258 | 199.60 | 205.46 | 208.27 | 215.66 | 219.37 | 223.54 | 226.24 | 228.32 | 230.03 | 231.51 | 258 |
| 259 | 200.48 | 206.36 | 209.17 | 216.59 | 220.31 | 224.48 | 227.19 | 229.27 | 230.99 | 232.47 | 259 |
| 260 | 201.36 | 207.26 | 210.08 | 217.51 | 221.24 | 225.42 | 228.14 | 230.23 | 231.95 | 233.43 | 260 |
| 261 | 202.25 | 208.16 | 210.98 | 218.43 | 222.17 | 226.36 | 229.09 | 231.18 | 232.91 | 234.40 | 261 |
| 262 | 203.13 | 209.06 | 211.89 | 219.36 | 223.10 | 227.31 | 230.04 | 232.14 | 233.87 | 235.36 | 262 |
| 263 | 204.02 | 209.96 | 212.79 | 220.28 | 224.04 | 228.25 | 230.99 | 233.09 | 234.83 | 236.32 | 263 |
| 264 | 204.90 | 210.86 | 213.70 | 221.20 | 224.97 | 229.19 | 231.94 | 234.05 | 235.79 | 237.29 | 264 |
| 265 | 205.79 | 211.75 | 214.61 | 222.13 | 225.90 | 230.14 | 232.89 | 235.00 | 236.75 | 238.25 | 265 |
| 266 | 206.67 | 212.65 | 215.51 | 223.05 | 226.83 | 231.08 | 233.84 | 235.96 | 237.71 | 239.21 | 266 |
| 267 | 207.56 | 213.55 | 216.42 | 223.98 | 227.77 | 232.02 | 234.79 | 236.92 | 238.67 | 240.18 | 267 |
| 268 | 208.44 | 214.45 | 217.33 | 224.90 | 228.70 | 232.97 | 235.74 | 237.87 | 239.63 | 241.14 | 268 |
| 269 | 209.33 | 215.35 | 218.23 | 225.83 | 229.64 | 233.91 | 236.69 | 238.83 | 240.59 | 242.11 | 269 |
| 270 | 210.22 | 216.26 | 219.14 | 226.75 | 230.57 | 234.86 | 237.64 | 239.78 | 241.55 | 243.07 | 270 |
| 271 | 211.10 | 217.16 | 220.05 | 227.68 | 231.50 | 235.80 | 238.60 | 240.74 | 242.51 | 244.03 | 271 |
| 272 | 211.99 | 218.06 | 220.96 | 228.60 | 232.44 | 236.74 | 239.55 | 241.70 | 243.47 | 245.00 | 272 |
| 273 | 212.88 | 218.96 | 221.86 | 229.53 | 233.37 | 237.69 | 240.50 | 242.65 | 244.43 | 245.96 | 273 |
| 274 | 213.76 | 219.86 | 222.77 | 230.45 | 234.31 | 238.63 | 241.45 | 243.61 | 245.39 | 246.93 | 274 |
| 275 | 214.65 | 220.76 | 223.68 | 231.38 | 235.24 | 239.58 | 242.40 | 244.56 | 246.35 | 247.89 | 275 |
| 276 | 215.54 | 221.66 | 224.59 | 232.30 | 236.18 | 240.52 | 243.35 | 245.52 | 247.31 | 248.86 | 276 |
| 277 | 216.43 | 222.56 | 225.50 | 233.23 | 237.11 | 241.47 | 244.30 | 246.48 | 248.27 | 249.82 | 277 |
| 278 | 217.32 | 223.47 | 226.40 | 234.16 | 238.05 | 242.41 | 245.26 | 247.43 | 249.24 | 250.79 | 278 |
| 279 | 218.20 | 224.37 | 227.31 | 235.08 | 238.98 | 243.36 | 246.21 | 248.39 | 250.20 | 251.75 | 279 |
| 280 | 219.09 | 225.27 | 228.22 | 236.01 | 239.92 | 244.30 | 247.16 | 249.35 | 251.16 | 252.72 | 280 |
| 281 | 219.98 | 226.17 | 229.13 | 236.93 | 240.85 | 245.25 | 248.11 | 250.31 | 252.12 | 253.68 | 281 |
| 282 | 220.87 | 227.08 | 230.04 | 237.86 | 241.79 | 246.19 | 249.06 | 251.26 | 253.08 | 254.65 | 282 |
| 283 | 221.76 | 227.98 | 230.95 | 238.79 | 242.72 | 247.14 | 250.02 | 252.22 | 254.04 | 255.61 | 283 |
| 284 | 222.65 | 228.88 | 231.86 | 239.72 | 243.66 | 248.09 | 250.97 | 253.18 | 255.00 | 256.58 | 284 |
| 285 | 223.54 | 229.79 | 232.77 | 240.64 | 244.59 | 249.03 | 251.92 | 254.14 | 255.97 | 257.55 | 285 |
| 286 | 224.43 | 230.69 | 233.68 | 241.57 | 245.53 | 249.98 | 252.87 | 255.09 | 256.93 | 258.51 | 286 |
| 287 | 225.32 | 231.59 | 234.59 | 242.50 | 246.47 | 250.92 | 253.83 | 256.05 | 257.89 | 259.48 | 287 |
| 288 | 226.21 | 232.50 | 235.50 | 243.43 | 247.40 | 251.87 | 254.78 | 257.01 | 258.85 | 260.44 | 288 |
| 289 | 227.10 | 233.40 | 236.41 | 244.35 | 248.34 | 252.82 | 255.73 | 257.97 | 259.82 | 261.41 | 289 |
| 290 | 227.99 | 234.31 | 237.32 | 245.28 | 249.28 | 253.76 | 256.69 | 258.93 | 260.78 | 262.37 | 290 |
| 291 | 228.88 | 235.21 | 238.23 | 246.21 | 250.21 | 254.71 | 257.64 | 259.88 | 261.74 | 263.34 | 291 |
| 292 | 229.77 | 236.11 | 239.14 | 247.14 | 251.15 | 255.66 | 258.59 | 260.84 | 262.70 | 264.31 | 292 |
| 293 | 230.66 | 237.02 | 240.06 | 248.07 | 252.09 | 256.60 | 259.55 | 261.80 | 263.67 | 265.27 | 293 |
| 294 | 231.56 | 237.92 | 240.97 | 248.99 | 253.02 | 257.55 | 260.50 | 262.76 | 264.63 | 266.24 | 294 |
| 295 | 232.45 | 238.83 | 241.88 | 249.92 | 253.96 | 258.50 | 261.45 | 263.72 | 265.59 | 267.21 | 295 |
| 296 | 233.34 | 239.74 | 242.79 | 250.85 | 254.90 | 259.44 | 262.41 | 264.68 | 266.55 | 268.17 | 296 |
| 297 | 234.23 | 240.64 | 243.70 | 251.78 | 255.84 | 260.39 | 263.36 | 265.64 | 267.52 | 269.14 | 297 |
| 298 | 235.12 | 241.55 | 244.61 | 252.71 | 256.77 | 261.34 | 264.31 | 266.60 | 268.48 | 270.11 | 298 |
| 299 | 236.02 | 242.45 | 245.53 | 253.64 | 257.71 | 262.29 | 265.27 | 267.55 | 269.44 | 271.07 | 299 |
| 300 | 236.91 | 243.36 | 246.44 | 254.57 | 258.65 | 263.23 | 266.22 | 268.51 | 270.41 | 272.04 | 300 |
| 301 | 237.80 | 244.26 | 247.35 | 255.50 | 259.59 | 264.18 | 267.18 | 269.47 | 271.37 | 273.01 | 301 |
| | 0.00001 | 0.00005 | 0.0001 | 0.0005 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | |



“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”

Cd. Universitaria D.F., junio del 2007.