

300617

11
24



UNIVERSIDAD LA SALLE

**ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**IMPORTANCIA ECONOMICA DE UN ESTUDIO DE
TRAFICO EN LA PLANEACION DEL CONMUTADOR
DE UNA EMPRESA**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

CON AREA PRINCIPAL ELECTRICA - ELECTRONICA

P R E S E N T A :

GERARDO ANTONIO CESIN FARAH

ASESOR DE TESIS: ING. GUILLERMO ARANDA PEREZ

MEXICO, D. F.

1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

Introducción	1
Capítulo 1. Evolución de los Conmutadores	4
1.1. Las Primeras Centrales Telefónicas	5
1.2. El Sistema de Cuadros Múltiples	6
1.3. La Telefonía Automática	7
1.4. Los Conmutadores Electrónicos	8
1.5. Los Conmutadores Digitales	9
1.6. Desarrollo de los Estudios de Tráfico en la Telefonía	12
Capítulo 2. Importancia del Cálculo del Tráfico Telefónico	14
Capítulo 3. Metodología para el Cálculo del Tráfico en un Conmutador	19
3.1. Generalidades	20
3.2. Terminología	22
3.3. Unidades de Tráfico	26
3.4. Suposiciones Aplicables	29
3.5. Cálculos de Tráfico	33
3.6. Distribuciones	38
3.6.1. Distribución de Poisson	38
3.6.2. Distribución de Erlang-B	41
3.6.3. Distribución de Erlang-C	45
3.6.4. Distribución de Engset	47
3.7. Medición de Errores	48
3.8. Medición de Congestión	51
3.9. Medición del Tiempo Promedio de Retención	54
3.10. Sistemas de Control	55
3.11. Limitaciones de los Modelos Clásicos de Tráfico y Congestión	57

Capítulo 4. Planeación y Dimensionamiento de un Conmutador	61
4.1. Planeación de Facilidades	62
4.2. Especificaciones de Ingeniería	63
4.3. Proceso de Planeación	64
4.4. Consideraciones de Tráfico en Redes de Conmutadores	65
4.4.1. Distribución de Conmutadores	66
4.4.2. Estructura de la Red de Transmisión	68
4.4.3. Rutas Alternas	70
4.5. Consideraciones de Personal	72
4.6. Consideraciones Económicas	72
Capítulo 5. Caso Práctico	74
5.1. Presentación del Problema	75
5.2. Planeación de la Red	76
5.3. Consideraciones Económicas	89
5.4. Relación Costo-Beneficio del Proyecto	95
Conclusiones	97
Bibliografía	100

INTRODUCCION

El desarrollo de los medios de comunicación es un factor fundamental en el progreso de la civilización. Como tantas otras conquistas del hombre, las comunicaciones son causa del progreso social. En gran medida la historia de la humanidad es la historia de los medios de comunicación.

La comunicación ha permitido al hombre la distribución del conocimiento, acelerando el desarrollo de nuevos avances en todas las áreas que conforman la cultura y la tecnología.

Gracias a los avances de las comunicaciones, se han logrado implementar redes de información de gran magnitud a nivel mundial, lo que representa, la consolidación de la tecnología como motor de la gran mayoría de las actividades modernas.

Las comunicaciones, logran eficientizar procesos, que de otra forma serían largos e improductivos al disminuir las distancias geográficas y dar la capacidad de transmitir información oportunamente de un lugar a otro, independientemente de la distancia a la que se encuentren.

Es así, que el estudio de las comunicaciones, se ha convertido en una actividad importante del hombre, como una estrategia para establecer los medios necesarios para un avance más constante y la obtención de recursos para desenvolverse en un mundo en el que las distancias son cada vez más cortas, con un mayor flujo de información y en el que se deben tener bases más sólidas para enfrentar una competencia cada vez más difícil.

En el entorno económico, las comunicaciones se han convertido, para las empresas de todo el mundo, en una estrategia de primer orden para poder lograr niveles más altos de productividad, teniendo en cuenta que son la base tecnológica para alcanzar la estructura que les permitirá obtener beneficios tangibles,

convirtiéndolo a las comunicaciones en la médula espinal. Es un hecho que, las empresas que se encuentran mejor comunicadas y que tienen acceso a más información, son las empresas que se encontrarán en la mejor posición de sobresalir y lograr sus objetivos.

Es por eso, que el desarrollo de esta tesis está enfocado a lograr una comunicación óptima a nivel empresarial.

En el capítulo 1, se toca el tema del desarrollo de la telefonía desde sus inicios, así como el de los estudios de tráfico telefónico.

En el capítulo 2, se enfatiza la importancia de las comunicaciones en una empresa, así como la necesidad de llevar a cabo estudios de tráfico, como soporte de una estructura fuerte.

El capítulo 3, es acerca de los conceptos y la metodología para el cálculo del tráfico telefónico.

El capítulo 4, está relacionado con la planeación y el dimensionamiento de los conmutadores telefónicos.

Y por último el capítulo 5, muestra un caso práctico, en el que la planeación y las consideraciones de tráfico de una empresa, mostrándose distintas alternativas para la estrategia de comunicaciones de la empresa.

C A P I T U L O 1

EVOLUCIÓN DE LOS

CONMUTADORES

1.1. Las Primeras Centrales Telefónicas

Una vez que Alexander Graham Bell inventó el teléfono en 1876 logrando conjuntar las cualidades de la voz humana, intensidad, tono y timbre, era necesario utilizar este invento como un medio efectivo de comunicación, para ello era necesario idear un sistema adecuado para que todas las líneas telefónicas de los suscriptores pudieran ser conectadas unas con otras.

De esta necesidad surge la primera central telefónica construida por George W. Coy y puesta en servicio en 1878. Cada instalación particular de los abonados se halla unida por dos cables a un lugar común donde se localiza la central, ahí terminan en un tablero provisto de clavijas para realizar las conexiones entre suscriptores. En el antiguo teléfono de pilas secas, el auricular del aparato está montado en un gancho, que se encarga de conectar y desconectar el circuito e incluye un mecanismo con un magneto que gira por la acción de una manivela y produce la corriente necesaria para general el timbrado de llamada a la central. Mediante la señal enviada por el magneto se consigue desenganchar una placa en la central que se halla situada junto al número telefónico del abonado. A esta señal, la telefonista solicita el número del abonado destino y conecta las clavijas correspondientes en el tablero. En el sistema de pilas secas, el tablero sirve únicamente para unos pocos cientos de abonados, puesto que no más de cuatro operadoras pueden trabajar en él sin crearse confusión.

Durante el desarrollo de estas primeras centrales telefónicas, se tuvo que tomar en consideración que los abonados y la central se notificaran de alguna forma el inicio y fin de una conversación, para lo cual se añadió un interruptor al aparato telefónico del abonado, por medio del cual, se deja el circuito abierto en el momento de terminar la comunicación. Así también el hecho de utilizar corrientes altas

capaces de transmitir la voz a largas distancias sin distorsiones que se dan en cableados muy largos. Esta situación fue resuelta en parte con un equipo de electroimán neutralizador inventado por el físico Michael Idvorsky Pupin en 1900.

Con la instalación de uno de estos instrumentos a una distancia de aproximadamente ocho kilómetros en la línea, se lograba neutralizar los sonidos interceptores y mantener en su debido equilibrio la voz. Posteriormente, en 1906, Lee De Forest inventó el audión, que es un dispositivo que se encarga de amplificar la voz y de enviarla a los puntos de retransmisión.

1.2. El Sistema de Cuadros Múltiples

El primer sistema de una sola central fue remplazado por varias centrales interconectadas con batería central que proporciona corriente directa a todas las líneas, conociéndose como método de cuadros múltiples. Cuando el auricular del teléfono se halla enganchado, la corriente directa no puede pasar, pues se encuentra en circuito abierto; pero al levantarlo, el circuito se cierra y un dispositivo especial hace encender una luz de aviso en la central. Con el fin de llamar al abonado, el circuito puede ser conectado desde la central por medio de una bobina de inducción, o bien por medio de un condensador, utilizándose la corriente alterna. En el método de cuadros múltiples, las conexiones que atiende cada operadora se reducen a unas trescientas, y se hallan localizadas en una sección de fácil alcance. No obstante que se dividen en secciones, los tableros poseen un sistema de enchufes que unen todas las líneas, comunicando unas secciones con otras. Las conexiones de respuesta se encuentran así multiplicadas en cada tablero, de suerte que si bien la operadora sólo puede atender a un cierto número de llamadas, puede en cambio establecer comunicación con cualquier abonado del sistema. Para saber si otra operadora está en comunicación con determinado circuito, la telefonista

simplemente toca la conexión con la punta de la clavija, y si la línea se halla ocupada se produce el pequeño crujido típico de las centrales. Una vez que las centrales dan por terminada una comunicación, se enciende una lámpara que indica a la telefonista que la línea se halla libre de nuevo. Cuando el número que se solicita corresponde a alguna otra central de la misma ciudad, la operadora pasa la comunicación a una segunda operadora que se encarga exclusivamente de esa clase de llamadas. Las comunicaciones telefónicas a larga distancia se hacían por métodos similares.

1.3. La Telefonía Automática

Con la llegada de la telefonía automática se simplifica y mejora el funcionamiento de las centrales, eliminando el rutinario y delicado trabajo que efectúan muchas empleadas frente a una complicada red de conexiones y alambres. Surgen entonces tres sistemas de conmutación automática:

- de etapas.
- de tablero.
- de barras cruzadas.

El primero de ellos se utiliza en sistemas telefónicos particulares, mientras que los dos últimos son de más utilidad en las grandes ciudades.

Los aparatos telefónicos también siguen evolucionando, al añadirse a ellos un disco giratorio, en el cual se encuentran orificios que corresponden a los números del 1 al 0, y que al hacerse girar genera el número de pulsos correspondientes igual al del número seleccionado.

Al descolgar el receptor se establece la comunicación con la central; luego, se envían los pulsos al hacerse girar el disco. Estos pulsos ponen en juego un

sistema de operaciones de conmutación destinadas a buscar la conexión con la línea asociada al número marcado por medio del disco, si la línea está siendo usada, regresa una señal de ocupado.

En los primeros dos métodos existe un complicado sistema de selectores mecánicos que se mueven de un lado a otro, horizontal y verticalmente, emitiendo pequeños sonidos. En el sistema de barras cruzadas estos movimientos se hallan remplazados por la acción casi imprescindible de relevadores o relays. Un relevador es un dispositivo muy sensible que puede conectar circuitos destinados a poner en movimiento determinados mecanismos. A este sistema se le conoce mejor como conmutación electromecánica.

Un problema de los conmutadores electromecánicos es que tienen circuitos dedicados para cada uno de los abonados del sistema con numerosos relevadores, lo cual hace que estos conmutadores tengan dimensiones muy grandes, y se dificulte su mantenimiento. Así mismo, es usual que muchos de los circuitos de relevadores son compartidos por varios usuarios del sistema, por lo que si uno de ellos mantiene ocupado el circuito, los demás usuarios que corresponden al mismo, no tienen oportunidad de obtener comunicación.

1.4. Los Conmutadores Electrónicos

Los relevadores fueron sustituidos posteriormente por circuitos electrónicos, de matriz de cruce, que mejoraron en forma importante la eficiencia de los circuitos, al reducirse los componentes mecánicos, de igual forma, las dimensiones de los conmutadores se vieron considerablemente reducidas.

Sin embargo los Conmutadores Electrónicos seguían teniendo problemas de circuitos comunes dedicados a grupos de usuarios, que dificultaban la comunicación de los mismos.

1.5. Los Conmutadores Digitales

La conmutación digital o conmutación por división de tiempo, permite que un medio común sea utilizado para muchas llamadas simultáneas separadas unas de otras en el dominio del tiempo. En este contexto, con conmutación por división de tiempo, la voz u otra información a ser conmutada es digital por naturaleza, ya sea con el uso de modulación PCM "pulse-code modulation" (de uso corriente) o modulación DM "delta modulation" (para uso militar). Pequeñas muestras de las llamadas telefónicas se asignan a pequeñas fracciones de tiempo, llamadas ranuras de tiempo o "time slots". La conmutación PCM o DM, distribuye esas ranuras de tiempo en secuencia para los puertos destino deseados del conmutador. Las conectividades funcionales internas del conmutador se llevan a cabo por medio de caminos digitales. Estos caminos consisten en ranuras de tiempo de rutas de voz secuenciales.

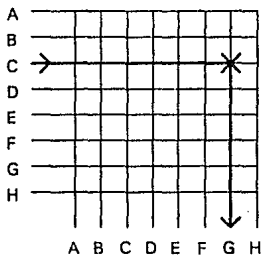


Figura 1.1. Conmutación por división de espacio,
conexión de usuario C a usuario G

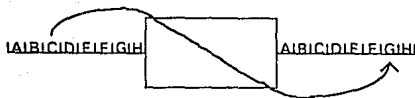


Figura 1.2. Conmutación por división de tiempo,
mostrando el intercambio por ranuras de tiempo
conexión de usuario C (ranura de entrada C) a
usuario G (ranura de salida G)

El uso de conmutación digital implica ventajas tanto económicas como técnicas, para lo cual se hace referencia de la modulación PCM que es la más común, aunque la mayoría de los argumentos también aplican para la modulación DM.

Las ventajas económicas de la conmutación por división de tiempo incluyen:

- Hay significativamente menos puntos de cruce para un número dado de líneas y troncales que en un conmutador por división de espacio (analógico).
- Un conmutador PCM tiene un tamaño considerablemente menor.
- Tiene más circuitería común (módulos comunes).
- Es más fácil alcanzar disponibilidad completa cuando hay restricciones económicas.

Las ventajas técnicas incluyen:

- Es regenerativo, es decir, el conmutador no distorsiona la señal, de hecho la señal de salida es "más limpia" que la de entrada.
- Es resistente al ruido.

- Se basa en sistemas de computación por lo que incorpora todas las ventajas del SPC o control de programación de almacenamiento "stored program control".
- El formato de mensaje binario es compatible con computadoras digitales. Así como con su señalización.
- Un conmutador digital no tiene atenuación en la comunicación, debido a que no hay un contacto en la red que tenga una resistencia.
- Explota la depreciación continua del costo de la lógica digital y memoria.

También se pueden enlistar dos desventajas de este tipo de conmutación:

- Un conmutador digital deteriora el desempeño con error en el sistema. Un conmutador bien diseñado debe impactar en lo mínimo el desempeño con error de la red, pero aún así lo tiene.
- La sincronización del conmutador y la red, y la reducción del "wander" (demasiados ceros seguidos en una transmisión) y el "jitter" (desincronización del reloj); son temas delicados en el diseño del sistema.

Los formatos comunes para el enlace a centrales públicas son el DS1 y el CEPT 30 + 2. Una ranura de tiempo en PCM, contiene 8 bits, lo cual constituye un esqueleto básico de 125 μ s de duración. Esto resulta de aplicar el teorema de Nyquist, para muestrear la señal de la voz de un canal nominal de 4 KHz, es decir se debe muestrear al doble de la frecuencia, o sea 8000 muestras por segundo, lo cual equivale a 125 μ s. (El rango de frecuencia de la voz humana es de 20 Hz hasta 4 KHz).

Para el formato DS1, el esqueleto básico contiene 24 ranuras de tiempo y el formato CEPT 30 + 2, tiene 32 ranuras de tiempo. La duración de tiempo para una ranura de 8 bits en cada caso es $125/24 = 5.2083 \mu$ s para el caso del DS1 y $125/32 = 3.906 \mu$ s para el caso del CEPT 30 + 2. El intercambio de ranuras de

tiempo, involucra el movimiento de la información contenida en cada ranura de tiempo del flujo de bits de entrada hacia un flujo de bits de salida, pero con un arreglo diferente de ranuras de tiempo, de acuerdo con el destino de cada ranura de tiempo.

1.6. Desarrollo de los Estudios de Tráfico en la Telefonía

Desde los primeros días de la telefonía, en las administraciones de las centrales telefónicas se desarrollaba una metodología para determinar las necesidades de equipo, y un estándar de servicio, basado generalmente en bases empíricas.

Con el desarrollo de sistemas cada vez más complejos en redes telefónicas y la introducción de conmutadores automáticos, se vio la necesidad de llevar a cabo desarrollos más científicos para asegurar el apropiado balance entre servicio y costo.

Debido a la naturaleza aleatoria del tráfico telefónico, los desarrollos se enfocaron a la Teoría de la Probabilidad. Los primeros ingenieros dedicados al tráfico telefónico fueron pioneros en el uso de la Probabilidad Aplicada y responsables de técnicas que más tarde se utilizaron en otros campos como el tráfico en carreteras y el Control de Producción.

El primer análisis matemático de tráfico telefónico fue probablemente un comunicado realizado por el estadounidense G. T. Blood en 1898.

Durante la primera mitad del siglo XX, la teoría del tráfico fue desarrollada activamente por un pequeño número de investigadores de diversos países. Al principio muchos ingenieros en telefonía consideraron estos procedimientos de valor dudoso, pero pronto se establecieron como una ayuda indispensable en el diseño y planeación de los sistemas de conmutación.

Uno de los matemáticos que se preocupó por encontrar un método con el que se pueda predecir el comportamiento del servicio bajo variadas condiciones, fue el danés Agner Krarup Erlang, quien en 1909 publicó su primer trabajo de Probabilidad Aplicada a la Ingeniería Telefónica. Muchos trabajaron después sobre los desarrollos de Erlang, aportando aplicaciones a nuevos equipos y servicios que han sido desarrollados desde entonces.

El rápido desarrollo de la tecnología de las telecomunicaciones desde 1950, incluyendo la introducción de tecnología electrónica, trajo muchos nuevos problemas de tráfico. Esta situación hizo que se incrementara el interés en la materia por parte de las Administraciones de equipos de telecomunicaciones, de la Industria y de las Universidades. De ese interés surge el primer Congreso Internacional de Teletráfico que se llevó a cabo en Copenhague en 1955, y a partir de entonces se llevan a cabo congresos cada tres años en diferentes países.

C A P I T U L O 2

IMPORTANCIA DEL CALCULO DEL

TRAFICO TELEFONICO

La Importancia de las Comunicaciones para el Desarrollo Humano

Hoy y siempre, las comunicaciones han tenido un papel fundamental en el desarrollo y evolución del conocimiento humano. Entre mejor esté comunicada una sociedad tiene mayor oportunidad de saber más y por lo tanto de progresar, dándole un elemento de fuerza en su estructura más básica.

Sin embargo, con el rápido desarrollo de todos los ámbitos que conforman el conocimiento y la cultura moderna, muchas veces se olvida o desconoce la importancia de las comunicaciones como estructura medular y locomotriz de la sociedad humana.

Las Telecomunicaciones como Estrategia para el Éxito de la Empresa Actual

Las telecomunicaciones, tanto internas como externas, son una función fundamental para el éxito de la empresa moderna. La explotación de la información en una variedad de formas y la necesidad de compartir dicha información a través de toda una organización, tienen implicaciones profundas a efectos de las redes de telecomunicaciones. A su vez, una infraestructura de telecomunicaciones bien diseñada permite resolver problemas organizativos y aporta oportunidades de innovación.

Las telecomunicaciones han ayudado a redefinir el nivel básico de los servicios, han cambiado la aproximación al mercado y están permitiendo la redefinición de los modelos operativos. Las telecomunicaciones se han convertido en el principal producto diferenciador en muchos mercados y han creado las bases necesarias para realizar operaciones rentables en otros.

En muchos casos las telecomunicaciones son un factor que permite el cambio del proceso empresarial mediante aspectos tales como:

- **Transferencia oportuna de información.** El flujo de la información afecta a todas las facetas de una organización. Las comunicaciones eficaces permiten el intercambio rápido de información entre oficinas, unidades organizativas y personas.
- **Eliminación de barreras geográficas.** El uso eficaz de las telecomunicaciones puede superar las distancias geográficas. Muchas oficinas pequeñas y muy dispersas pueden operar como una sola organización, ampliando las capacidades de la empresa a cada ubicación regional y agrandando el marco de tiempo para los negocios nacionales e internacionales.
- **Redefinición competitiva.** Los sistemas de telecomunicaciones pueden fomentar relaciones más estrechas con clientes, proveedores y distribuidores. El mejor y más rápido acceso a los flujos de información puede mejorar la capacidad de una empresa para dar respuesta a demandas externas, a la vez que crea barreras a sus competidores.
- **Eficiencia organizativa.** Las comunicaciones eficaces también pueden superar las limitaciones organizativas. Los directivos de una empresa pueden acceder a la información sobre ventas, obra en curso o situaciones de tesorería independientemente de su ubicación, racionalizando así la estructura organizativa, a la vez que se aporta la información necesaria para una toma de decisiones más acertada y puntual.

Hasta hace poco, telecomunicación era sinónimo de comunicación de voz. Sin embargo el gasto medio de las empresas en telecomunicaciones correspondiente a la transmisión de datos e imágenes ha crecido en los últimos años en mayor proporción que las comunicaciones de voz.

En la actualidad las empresas tienen que solucionar una serie de problemas relacionados con las telecomunicaciones, como parte de su estrategia para lograr una mayor eficiencia y competitividad.

El entorno empresarial global y el establecimiento de alianzas significan que una organización deberá tener capacidad no sólo para las comunicaciones dentro de la empresa, sino también entre empresas. La variedad de información accesible en una organización significa que las redes de comunicación tendrán que transmitir no sólo voz y datos, sino también imágenes y video animado, para lo cual estas redes van a requerir de mayor capacidad.

El Papel de los Estudios de Tráfico dentro de la Estrategia Empresarial de Telecomunicaciones

Ahora bien, una vez planteada la necesidad de las telecomunicaciones como una estrategia de importancia primordial para el éxito empresarial, es necesario también resaltar que el establecimiento de una red de telecomunicaciones en una empresa no puede llevarse a cabo sin una planeación y estudios previos, pues de lo contrario, se corre el riesgo de realizar fuertes inversiones para establecer un sistema mal dimensionado con problemas de eficiencia serios, que más que ayudar al éxito de la empresa, arriesgan su patrimonio sin aportar beneficios sustanciales, en relación al caos organizativo que se puede llegar a ocasionar.

De esta forma, surge la necesidad de llevar a cabo estudios previos a la instalación de una red de telecomunicaciones, para tener el sistema adecuado a las necesidades reales de una empresa, y de acuerdo a su realidad y entorno económico en el que se desenvuelve.

Parte esencial de los estudios previos requeridos para la selección de un sistema de telecomunicaciones, es el estudio de Tráfico Telefónico, por medio del

cual, se pueden conocer las necesidades reales de comunicación, tanto internas como externas de una empresa, y llevar a cabo, entonces, una estrategia adecuada, para el dimensionamiento de una red, en el cual se puedan optimizar costos, en relación directa con la eficiencia que se espera tener, sin que se pierda armonía, entre la red, y las necesidades de comunicación.

De esta manera se puede llegar a un entorno en que se puede alcanzar y apreciar el beneficio de tener una red de telecomunicaciones a la medida de las necesidades de la sociedad moderna, para fortalecer una empresa desde su raíz, por medio de un adecuado estudio de tráfico, acompañado de una estrategia de costos.

C A P I T U L O 3

METODOLOGIA PARA EL CALCULO DEL TRAFICO EN UN CONMUTADOR

3.1. Generalidades

Para la medición de tráfico hay que considerar cierta cantidad de parámetros que incluyen tomas (intentos de llamada), llamadas logradas, intensidad de tráfico (incluye tiempos de ocupación) y congestionamiento.

El término "tomas" indica la cantidad de veces que una unidad o grupos de conmutación se usan, sin tener en cuenta el tiempo de ocupación. Las tomas equivalen a los intentos de llamada y dan la cifra que indica cuánto se usa el equipo de control en una central.

La cantidad de llamadas logradas es de interés en la operación y administración de la central, así como las estadísticas de llamadas no logradas por causas que no se pueden atribuir a líneas ocupadas o a falta de respuesta o que se pueden atribuir a la calidad específica del servicio. Sin embargo una llamada lograda en una central particular significa únicamente que el conmutador en cuestión cumple su función, lo cual no implica necesariamente que se establezca la conexión entre dos abonados.

La intensidad de tráfico o el volumen de tráfico, es uno de los parámetros más importantes, y proporciona directamente la medida de la utilización de un circuito. Lo anterior es especialmente útil en las unidades de conmutación que intervienen directamente con la red de voz; por otra parte no es un indicador directo de la calidad de servicio.

La calidad aproximada de servicio se toma comúnmente de las tablas de tráfico que se usan para dimensionar la central, usando como entrada la intensidad de tráfico medido; esta aproximación es más precisa cuando la intensidad de tráfico se acerca a la intensidad que se dimensionó.

El congestionamiento implica tres características: "todos los circuitos ocupados", desbordamiento y retardo en el tono de invitación a marcar. "Todos los circuitos ocupados" es la indicación de la cantidad de veces, y finalmente de la duración, en que todas las unidades de un grupo de conmutación manejan tráfico simultáneamente; por lo tanto, representa el índice de la calidad real del servicio. Su uso es de particular efectividad en los grupos de conmutación que operan cerca de su capacidad máxima. Para una central sobredimensionada el índice "todos los circuitos ocupados" es inútil y no indica nada.

El desbordamiento es el índice de la cantidad de intentos de llamada que no proceden debido al congestionamiento. Para redes con enrutamiento alterno, el desbordamiento indica la cantidad de llamadas ofrecidas que no se manejaron en el grupo específico de equipo de conmutación.

El retardo en el tono de invitación a marcar es el indicador directo de toda la calidad de servicio que una central proporciona a sus abonados, particularmente en la etapa de preselección. El retardo en el tono de invitación a marcar se expresa por lo común, en el tiempo requerido para obtener el tono, en comparación con el tiempo fijado, generalmente 3 segundos, como porcentaje del total de llamadas.

Las mediciones de tráfico se deben hacer durante la hora pico (HP), la cual se puede determinar mediante la lectura del amperaje en la batería de la central durante el período en que se estima que ocurre, por ejemplo, de 9:30 a 12:30 P.M., cada 10 minutos (o mediante el uso de dispositivos de conteo, microprocesadores sobre las líneas, el equipo o los circuitos troncales).

Estas mediciones se deben hacer diariamente al menos durante tres semanas, ya sea que las semanas de trabajo sean, una semana por mes, a lo largo de un año.

Los medios para hacer las mediciones dependen del equipo disponible y del tipo de central. Pueden abarcar desde la simple observación hasta el equipo para medición de tráfico completamente automático. Se puede recurrir al uso de contadores electromecánicos o a los dispositivos electromecánicos o electrónicos de exploración con que se equipan muchas centrales, particularmente las de control común.

3.2. Terminología

Intento de Llamada

Se define como un esfuerzo por parte de una fuente de tráfico (suscriptor) para obtener servicio.

Llamada

Es una serie de intentos de marcación hacia un mismo número, donde el último intento se pudiera abandonar o ser una llamada exitosa.

De este modo, el número de llamadas exitosas es igual o menor que el número de llamadas, y el número de llamadas es igual o menor que el número de intentos de llamada.

Factor Intento de Llamada, "Call-attempt factor" (CAF)

Refleja el hecho de que no todos los intentos de llamada llegan a ser llamadas completas. Un índice típico de llamadas completas para llamadas de marcación directa es de 70%, al que le corresponde un CAF de alrededor de 1.4. Una llamada es corta si la línea del suscriptor al que se llama se encuentra ocupada, a esta condición se le llama de todas las troncales ocupadas "all-trunks-busy" (ATB). Todos estos intentos de llamada demandan servicio de registro de

señalamiento, y contribuyen al tráfico, así como también contribuyen a disminuir el llamado Tiempo de Duración de Llamada.

Tiempo de Duración de Llamada, "Call-Holding Time"

Es el tiempo durante le cual una fuente de tráfico ocupa una ruta o canal. Una distribución típica de tiempo de duración de llamada es como se muestra en la siguiente figura:

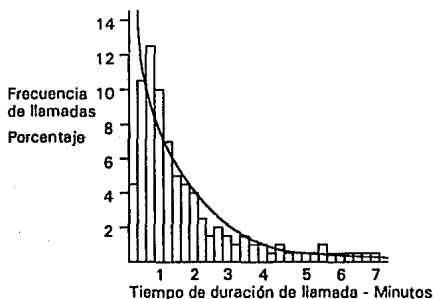


Figura 3.1

El tiempo de duración de llamada, de uno a tres minutos, es relativamente frecuente, mientras que tiempos de más de diez minutos son poco frecuentes. Una suposición común en teoría de tráfico telefónico es que el tiempo de duración de llamada tiene una tendencia exponencial negativa, como se muestra en la curva de la figura 3.1.

La experiencia de muchos años muestra que la curva exponencial negativa es válida para llamadas de voz. Sin embargo para transmisión de datos esto no se

cumple, pues el comportamiento es en general uniforme, y de duración breve, con muy pocas llamadas de larga duración.

Hora Pico

Es un período continuo de 60 minutos, durante los cuales el sistema de conmutación tiene la máxima ocupación. La hora no necesariamente debe coincidir con las horas en punto, pero para simplificar la medición de tráfico, ésta comienza ya sea al cuarto de hora o a la media o a la hora en punto.

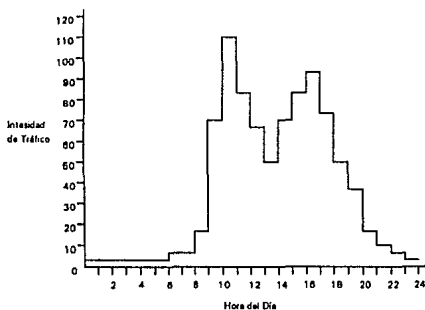


Figura 3.2

Densidad de Tráfico

Se define como el número de llamadas simultáneas que se efectúan en un momento determinado.

Intensidad de Tráfico

Representa la densidad de tráfico promedio (ocupación) durante un período de una hora. Ocupación es cualquier uso de un recurso de tráfico, ya sea que la llamada se complete o no.

Oferta de Tráfico

En un sistema de pérdida, es la intensidad de tráfico que puede ocurrir si todo el tráfico sujeto a un grupo de circuitos se puede procesar por el grupo.

Conducción de Tráfico

Es la intensidad de tráfico que realmente lleva el grupo. La capacidad de conducción de tráfico es el valor nominal del tráfico conducido por el grupo, con una probable pérdida dada.

Bloqueo de Tráfico

Es la porción de tráfico que no se puede procesar por el grupo (oferta de tráfico menos tráfico conducido). El bloqueo de tráfico se puede rechazar, retirar u ofrecer a otro grupo. El bloqueo de tráfico ofrecido a otro grupo se llama comúnmente tráfico de sobreflujo.

Sistema de Pérdida

Es un sistema en el cual un intento de llamada se rechaza cuando el destinatario no se encuentra disponible para atender la llamada.

Sistema de Retención

Es un sistema en el cual los intentos de llamada se retienen en una cola de espera hasta que los destinatarios se encuentren disponibles para atender las llamadas.

3.3. Unidades de Tráfico

El tráfico telefónico se podría definir como la ocupación de la línea y las facilidades de conmutación que comprende la red durante el proceso de establecer una conexión y mientras la llamada se lleva a cabo. Es importante enfatizar que el tráfico se genera desde el momento que un usuario descuelga la bocina, hasta que la llamada termina y el usuario cuelga la bocina.

Flujo de Tráfico

El flujo de tráfico a través de un conmutador se define como el producto del número de llamadas durante un período de tiempo y su duración promedio. De manera que se puede expresar por medio de la siguiente expresión:

$$\text{Flujo de Tráfico} = (\text{Número de llamadas})(\text{Tiempo de duración de llamada})$$

Erlangs y Unidades de Llamada

La unidad internacional básica de tráfico telefónico es el Erlang, en honor al padre de la teoría de tráfico telefónico A. K. Erlang.

Un Erlang representa a un circuito ocupado por una hora, como se muestra en la siguiente expresión:

$$1 \text{ Erlang} = 1 \text{ Llamada-Hora/Hora}$$

El número de Erlangs por hora pico se puede calcular de la siguiente manera (el tiempo de duración de llamada se expresa en horas):

$$\text{Erlangs} = (\text{Llamadas/Hora Pico})(\text{Tiempo de Duración de Llamada})$$

Por ejemplo, se establece una conexión entre una computadora central y una terminal de datos a las 5:00 A.M. La transmisión de información es constante, y se quiere determinar el tráfico existente en la conexión entre las 5:00 A.M. y las 5:45 A.M.:

$$\text{Tráfico} = (1 \text{ llamada})(45 \text{ min})(1 \text{ h}/60 \text{ min}) = 0.75 \text{ Erlangs}$$

Nótese que el tráfico se mide solamente en el tiempo de duración de llamada, que en este caso es de 45 min. ó 0.75 horas.

Cuando el tiempo de duración de llamada se expresa en segundos, se utiliza otra unidad de tráfico llamada Unidad de Llamada "Unit Call" (UC), o sus términos sinónimos "hundred-call-seconds" o "centum-call-seconds" (CCS), que se expresa de la siguiente forma:

$$\text{CCS} = (\text{Llamadas/Hora Pico})(\text{Tiempo de Duración de Llamada})/100$$

Por ejemplo, se tiene un conmutador de 5000 líneas que tiene un factor de llamadas en la hora pico de 0.6 y un promedio de duración de llamada de 250 segundos, el tráfico en la hora pico en CCS es:

$$\text{Tráfico} = (5000 \text{ líneas})(0.6 \text{ llamadas/línea})(250 \text{ s/llamada})/100 =$$

$$7500 \text{ CCS}$$

Como hay 3600 segundos en una hora, la relación entre erlangs y CCS es:

$$1 \text{ Erlang} = 36 \text{ CCS}$$

Por ejemplo, se tiene un grupo de 20 suscriptores que llevan a cabo un total de 50 llamadas con un promedio de duración de 200 segundos durante la hora pico. El tráfico en Erlangs y CCS por suscriptor es:

$$\text{Tráfico} = (50 \text{ llamadas})(200 \text{ s/llamada})/100 = 100 \text{ CCS}$$

$$100 \text{ CCS}/20 \text{ suscriptores} = 5 \text{ CCS por suscriptor}$$

$$5 \text{ CCS}/36 = 0.139 \text{ Erlangs por suscriptor}$$

Aún cuando CCS se usa mucho en algunos países, el Erlang es más significativo y proporciona información más directa:

- El Erlang por canal representa su eficiencia, que es la proporción de la hora durante la cual se ocupa el canal.

- El Tráfico expresado en Erlangs corresponde al promedio de llamadas que se efectúan simultáneamente durante una hora.

- El Erlang representa el tiempo total, expresado en horas, para soportar todas las llamadas.

Por ejemplo, si un grupo de 30 troncales se requieren para soportar 300 CCS de tráfico durante la hora pico, la eficiencia de este grupo de troncales se obtiene de la siguiente forma:

$$600 \text{ CCS}/36 \approx 16.7 \text{ Erlangs}$$

$$16.7 \text{ Erlangs}/30 \text{ troncales} \approx 0.557 \text{ Erlangs por troncal}$$

$$\text{Eficiencia por grupo de troncales} \approx 0.557 = 55.7\%$$

Esto significa, que el 55.7% de las troncales se van a utilizar durante la hora pico, quedando un margen bastante cómodo para encontrar una troncal desocupada en ese mismo período.

3.4. Suposiciones Aplicables

Un Sistema de Tráfico consiste en determinadas demandas de tiempo, un grupo de facilidades para satisfacer esas demandas y un criterio de servicio para implementar con el sistema. Para establecer un modelo matemático, se deben considerar suposiciones para los dos primeros puntos y con ayuda de ellas se obtiene el tercer punto.

La teoría de tráfico se basa en la probabilidad y en suposiciones, sin embargo se deben evitar al máximo las suposiciones, al menos que éstas se basen en la experiencia, en información estadística válida o en análisis cuidadoso, para poder obtener resultados satisfactorios.

Una mala consideración en una suposición puede resultar en errores considerables en el cálculo de tráfico o en el diseño del sistema.

Fuentes Independientes

Los usuarios o suscriptores (fuentes de llamadas) son independientes y el número de llamadas originadas no les es muy informativo. Es decir es muy difícil que un suscriptor sepa cuántos más están utilizando sus teléfonos al mismo tiempo.

El hecho de que las llamadas se puedan realizar por suscriptores de un grupo a otros en el mismo grupo (comunidades de interés), y el hecho de que los suscriptores no pueden originar llamadas mientras se ocupan con llamadas de entrada, los hacen en cierta forma dependientes de las acciones de los demás. Sin embargo el efecto de esto es relativamente pequeño y se puede despreciar.

Llamadas Aleatorias

El origen de las llamadas por los usuarios se debe a causas definidas, y normalmente son independientes de las llamadas iniciadas por otros usuarios. Sin

embargo cuando llega a presentarse una situación de alarma o desastre, el comportamiento deja de ser aleatorio, pues debido a una causa específica, un gran número de usuarios origina llamadas casi simultáneamente. En tales casos no es apropiado hacer una suposición de llamadas aleatorias.

Cuando se presente este comportamiento de tráfico, es mejor hacer la consideración de que se necesita un mayor número de troncales o circuitos para un criterio de servicio dado, que el que se tendría si se considerara la suposición de que cumple con tráfico aleatorio.

Tiempo de Ocupación del Servidor

Muchos estudios demuestran que una curva que corresponde bien al tiempo de espera se puede obtener de la potencia negativa del exponencial (como se muestra en la figura 3.1). Para estimación de probabilidades de bloqueo o de congestión de retraso, el resultado de sustituir una constante para el tiempo de espera equivale al promedio de la variación de los tiempos de espera, parece ser un punto despreciable desde el punto de vista teórico. Estudios hechos en llamadas efectivas también indican que esos efectos son de orden secundario cuando se considera sólo la cuestión de cuántas llamadas se perdieron o retrasaron. Sin embargo, la predicción de la probabilidad de la duración de los retrasos y los efectos de las variaciones del tiempo de espera son significativos y no pueden ser despreciables.

Conexión Inmediata

En general, el tiempo que se requiere para establecer una conexión es pequeño cuando se asocia con el tiempo de espera en llamada, por consiguiente se debe ignorar. Cuando se marca con criterio de retraso de servicio que incluye

tiempo de conexión, este tiempo se tendría que añadir a los retrasos calculados. Así mismo cuando se consideran mensajes de información de corta duración, el tiempo que se requiere para establecer una conexión podría ser un factor importante que se debe tomar en cuenta.

Número de Fuentes

El número de fuentes que pueden hacer demanda de un grupo de troncales particular, circuitos u otros recursos (servidores) tiene una relación definida en el servicio que estos recursos esperan obtener.

Por ejemplo, si se considera que un sistema consiste en una sola fuente y un sólo servidor. La fuente nunca podría hacer una nueva demanda al mismo tiempo que el servidor se encuentre ocupado. Como resultado la probabilidad de que se bloquee o retrase es nula (servicio de no bloqueo). Si se añade otra fuente al sistema, alguna de las fuentes se bloqueará o retrasará si la otra se encuentra ocupando el servidor, por lo que la probabilidad de congestión, deja de ser cero. Y así mientras se van añadiendo más fuentes, manteniendo la carga total constante, la probabilidad de congestión seguirá incrementándose. El efecto de añadir fuentes disminuye rápidamente, hasta que se llega a un punto en el que la diferencia en la probabilidad de congestión es despreciable, sin importar cuántas fuentes se añadan.

Los matemáticos toman ventaja de este fenómeno en las principales fórmulas de tráfico, suponiendo fuentes infinitas, que es el peor de los casos para el bloqueo. En muchas aplicaciones, el número de fuentes en relación al número de servidores es muy grande, en consecuencia, esta suposición es válida. Esto simplifica las fórmulas matemáticas y minimiza el número de tablas que se requieren. Sin embargo hay casos (tales como concentradores de líneas) en los que el efecto limitado de las fuentes es significativo y no se puede ignorar.

Disposición de Bloqueo de Llamadas

Los servidores rara vez son provistos tan ampliamente que cada llamada puede encontrar siempre una ruta de acceso desocupada. Sin embargo qué es lo que les ocurre a las llamadas que encuentran todos los servidores ocupados. Esto depende del equipo de conmutación y las prácticas operativas, junto con la reacción del suscriptor. Algunas suposiciones para esta disposición de bloqueo de llamadas pueden ser hechas como en los siguientes tres casos comunes:

- a) Bloqueo de Llamadas borradas: Una llamada que falla en el intento de encontrar una ruta es borrada del sistema y no vuelve a reaparecer.
- b) Bloqueo de Llamadas retenidas: Si no se obtiene un servidor inmediatamente, la llamada espera por un intervalo de tiempo equivalente al tiempo de retención, y después se retira, sin embargo, si el servidor se desocupa mientras la llamada está en espera, ésta aprovecha y ocupa al servidor antes de que termine el período de tiempo de retención.
- c) Bloqueo de Llamadas en espera: Una llamada que falla en el intento de encontrar un servidor desocupado espera en cola hasta que un servidor se desocupe, en ese preciso momento, aprovecha y ocupa al servidor por el tiempo de llamada completa (bajo esta suposición no se pierde ninguna llamada).

Desviaciones de las Suposiciones

Cualquier desviación de estas suposiciones puede causar diferencia entre el resultado real y el teórico. Las llamadas no siempre llegan aleatoriamente. Muchas situaciones, como un anuncio en un programa de radio, en el mercado de valores, puede causar un comportamiento en las llamadas que no sea aleatorio. Es obvio que no todos los tiempos de espera son iguales, y no van a corresponder perfectamente con la curva del exponencial negativo. Esta suposición de que dentro de un sistema

todo el bloqueo de llamadas se borra, retiene o retrasa se puede refutar fácilmente en cada caso, y las fuentes nunca son infinitas. Aún las suposiciones anteriores son suficientes para definir modelos matemáticos de los cuales la probabilidad de congestión se puede predecir satisfactoriamente en muchos de los casos.

3.5. Cálculos de Tráfico

Los grupos de troncales y las áreas de servicio son provistos para atender llamadas en esquemas básicos. Un número adecuado de troncales y servidores deben ser provistos en cada área de servicio para asegurar que los objetivos de servicio que se especificaron se cumplan. Las troncales se asignan para atender llamadas en un plano inmediato, mientras que los servidores se deben asignar para atender llamadas ya sea inmediatamente o en una base de retraso.

Tráfico de un Grupo de Troncales

Las troncales se retienen desde el inicio de una secuencia sujeta "seize sequence" hasta el final de una secuencia liberada. No importa donde se intercambia la información de las troncales. Luego entonces, el tráfico de un grupo de troncales es el producto del número de llamadas que se toman por un grupo y la duración de las llamadas. La siguiente ecuación se usa para calcular el tráfico de un grupo de troncales. Si el tráfico se calcula en la hora pico, entonces se define como el tráfico en la hora pico expresado en Erlangs.

Tráfico de un Grupo de Troncales =

(Número de llamadas)(Tiempo de duración de llamadas)

Por ejemplo, si se tiene un grupo de troncales que durante una hora pico normal tienen 500 llamadas de tres minutos de duración. El tráfico del grupo de troncales es:

$$(500 \text{ llamadas/hora})(3 \text{ min/llamada})/(1 \text{ hora}/60 \text{ min}) = 25 \text{ Erlangs}$$

Tráfico de Registro de Señalización

Los registros de señalización se ocupan sólo lo suficiente para proveer el servicio que se requiere (durante los ciclos de señalización), y se regresan al área de servicio apropiado para atender requerimientos subsiguientes. Los niveles de tráfico para las diversas áreas de servicio de registros deben derivarse de información empírica o definirse por práctica estándar. También se deben calcular los parámetros suplementarios de tráfico específicos de suposiciones cuando la información disponible es inadecuada. La siguiente ecuación se utiliza para calcular el tráfico de un área de registros:

$$\text{Tráfico de un área de registros} = (A)(T_S)(CAF)/(T_C)$$

donde

A = Servicio Total de Tráfico

T_S = Tiempo de ocupación de registro promedio

T_C = Tiempo de ocupación de llamadas promedio

CAF = Factor de intento de llamada

El servicio total de tráfico se refiere al tráfico total ofrecido que se requiere para los servicios de una área específica para una parte de la llamada. Por ejemplo, un receptor DTMF se diseña para recibir sólo la porción de marcación DTMF del total del tráfico que se genera del conmutador, por fuentes que usan señalización DTMF. El tiempo de ocupación de llamadas normalmente incluye el tiempo de señalización en esta ecuación. De otra forma, el tiempo de ocupación de registro debe añadirse al denominador.

En la tabla 3.1 se muestran los tiempos típicos de marcación:

Tipo	Número de dígitos marcados				
	1	4	7	10	11
Pulsos	3.7 s	8.3 s	12.8 s	17.6 s	19.1 s
DTMF	2.3 s	5.2 s	8.1 s	11.0 s	12.0 s

Tabla 3.1

Si se tiene un conmutador privado (PABX) donde los suscriptores marcan extensiones de cuatro dígitos, y el tipo de marcación es DTMF, el tiempo de ocupación del receptor usando la tabla es de 5.2 segundos. En el caso que una área de registros proporcione tráfico con parámetros de señalización diferidos, el tiempo de ocupación de registro promedio se debe calcular de la siguiente forma:

$$\text{Tiempo de Ocupación de Registro Promedio} = a(T_1) + b(T_2) + \dots + k(T_n)$$

donde

a, b, \dots, k = Fracciones de servicio total de tráfico

T_1, T_2, \dots, T_n = Tiempos de ocupación de registro individuales

Por ejemplo, se tiene una Oficina Central donde los suscriptores digitan las llamadas locales usando números de 7 dígitos, y llamadas de larga distancia usando números de 10 dígitos. El 10% de las llamadas son de larga distancia y el resto son locales, se usa marcación DTMF y los tiempos de ocupación de receptor se obtienen usando la tabla anterior, el tiempo de ocupación de receptor DTMF promedio se obtiene de la siguiente forma:

$$\text{Tiempo de Ocupación del Receptor promedio} = (11.0 \text{ s})(0.1) + (8.1 \text{ s})(0.9) =$$

8.39 segundos

3.6. Distribuciones

3.6.1. Distribución de Poisson

La distribución de Poisson supone fuentes infinitas, las llamadas bloqueadas se retienen, y es aplicable ya sea para tiempo constante o de ocupación exponencial. Esta distribución se usa en muchos países para dimensionar desde PABX hasta Oficinas Centrales y otros grupos finales de troncales (llamadas bloqueadas no ofrecidas a una ruta alterna). Un punto cuestionable es el uso de la distribución de Poisson con la suposición de las llamadas bloqueadas retenidas para reasignarlas a troncales (trunking) cuando, de hecho, una llamada recibida en el sistema y que no encuentra una troncal desocupada usualmente da una señal ATB "all trunks busy" (todas las troncales ocupadas), y no se le permite esperar un tiempo de ocupación u otro período de tiempo. La justificación para su uso recae en el hecho de que se demuestra en algunos estudios que la Distribución de Poisson produce una probabilidad de bloqueo que se acerca mucho a los resultados reales para grupos finales de troncales.

La Fórmula de Poisson

La fórmula de Poisson involucra una sumatoria desde el número de troncales en el grupo hasta infinito, lo cual no permite un cálculo sencillo. Aprovechando el hecho de que la suma de todos los términos en una distribución de probabilidad equivale a uno, es mucho más fácil calcular la distribución desde cero hasta el número de troncales, menos uno, y luego restar ese valor a uno, como se muestra en la siguiente expresión:

$$P = \sum_{i=N}^{\infty} \frac{A^i e^{-A}}{i!} = 1 - \sum_{i=0}^{N-1} \frac{A^i e^{-A}}{i!}$$

donde

N = Número de servidores en el grupo

A = Tráfico ofrecido al grupo

e = Base de logaritmo natural (≈ 2.7183)

Por ejemplo, si el número de servidores es de 22 y el tráfico ofrecido de 16 Erlangs, la probabilidad de bloqueo es de 0.0892, o sea que 892 intentos de llamada de cada diez mil, no van a obtener línea.

Tablas para la Distribución de Poisson

Las siguientes tablas son el resultado de aplicar la fórmula de Poisson para obtener el número de troncales necesarias para cierto tráfico en erlangs con un grado de servicio dado, facilitando en mucho el cálculo de dicha información, ya que las fórmulas tienden a ser complicadas.

Distribución de Poisson							
Grado de servicio de 0.01							
Erlangs	Núm. troncales	Erlangs	Núm. troncales	Erlangs	Núm. troncales	Erlangs	Núm. troncales
0.00	0	6.10	13	15.60	26	25.95	39
0.01	1	6.80	14	16.40	27	26.80	40
0.15	2	7.45	15	17.15	28	27.60	41
0.45	3	8.15	16	17.95	29	28.40	42
0.85	4	8.90	17	18.75	30	29.20	43
1.30	5	9.60	18	19.55	31	30.05	44
1.80	6	10.35	19	20.35	32	30.90	45
2.35	7	11.10	20	21.10	33	31.70	46
2.90	8	11.85	21	21.90	34	32.55	47
3.50	9	12.60	22	22.70	35	33.35	48
4.15	10	13.35	23	23.55	36	34.20	49
4.80	11	14.10	24	24.35	37	35.05	50
5.40	12	14.85	25	25.15	38		

Tabla 3.2

Distribución de Poisson							
Grado de servicio de 0.02							
Erlangs	Núm. troncales	Erlangs	Núm. troncales	Erlangs	Núm. troncales	Erlangs	Núm. troncales
0.00	0	6.70	13	16.65	26	27.30	39
0.02	1	7.40	14	17.40	27	28.10	40
0.20	2	8.15	15	18.20	28	28.95	41
0.55	3	8.90	16	19.05	29	29.80	42
1.05	4	9.65	17	19.85	30	30.65	43
1.55	5	10.40	18	20.65	31	31.45	44
2.10	6	11.15	19	21.45	32	32.35	45
2.70	7	11.90	20	22.30	33	33.15	46
3.30	8	12.70	21	23.10	34	34.05	47
3.95	9	13.50	22	23.95	35	34.85	48
4.60	10	14.30	23	24.80	36	35.70	49
5.30	11	15.05	24	25.60	37	36.60	50
6.00	12	15.90	25	26.40	38		

Tabla 3.3

Distribución de Poisson							
Grado de servicio de 0.05							
Erlangs	Núm. troncales	Erlangs	Núm. troncales	Erlangs	Núm. troncales	Erlangs	Núm. troncales
0.00	0	7.70	13	18.20	26	29.35	39
0.05	1	8.45	14	19.05	27	30.20	40
0.35	2	9.25	15	19.90	28	31.10	41
0.80	3	10.05	16	20.75	29	31.95	42
1.35	4	10.85	17	21.60	30	32.85	43
1.95	5	11.65	18	22.45	31	33.70	44
2.60	6	12.45	19	23.35	32	34.60	45
3.25	7	13.25	20	24.20	33	35.45	46
3.95	8	14.10	21	25.05	34	36.35	47
4.70	9	14.90	22	25.90	35	37.20	48
5.40	10	15.70	23	26.80	36	38.10	49
6.15	11	16.55	24	27.65	37	38.95	50
6.90	12	17.40	25	28.50	38		

Tabla 3.4

Distribución de Poisson							
Grado de servicio de 0.1							
Erlangs	Núm. troncales	Erlangs	Núm. troncales	Erlangs	Núm. troncales	Erlangs	Núm. troncales
0.00	0	8.65	13	19.70	26	31.25	39
0.10	1	9.45	14	20.60	27	32.15	40
0.55	2	10.30	15	21.45	28	33.05	41
1.10	3	11.15	16	22.35	29	33.95	42
1.75	4	11.95	17	23.20	30	34.85	43
2.45	5	12.85	18	24.10	31	35.75	44
3.15	6	13.65	19	25.00	32	36.65	45
3.90	7	14.55	20	25.90	33	37.55	46
4.65	8	15.40	21	26.80	34	38.45	47
5.40	9	16.25	22	27.65	35	39.35	48
6.20	10	17.10	23	28.55	36	40.30	49
7.05	11	17.95	24	29.45	37	41.15	50
7.85	12	18.85	25	30.35	38		

Tabla 3.5

3.6.2. Distribución de Erlang-B

La Distribución de Erlang-B se basa en la suposición de que las fuentes son infinitas, las llamadas bloqueadas se borran y el tiempo de ocupación es ya sea constante o exponencial. Se usa para dimensionar las áreas de servicio que no son provistas con una cola de espera (servicio inmediato), tal como los grupos de troncales intercomunicadas. Principalmente para dimensionar los grupos de troncales de alto uso en arreglos de enrutamiento alternativo (Oferta de llamadas bloqueadas para otro grupo de alto uso o un grupo final).

La Fórmula de Erlang-B

La fórmula de Erlang-B también se conoce como Fórmula de Erlang de primer tipo, y se da por la expresión:

$$P = E_1(N, A) = \frac{A^N}{N!} \sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}$$

donde

N = Número de servidores en el grupo

A = Tráfico ofrecido al grupo

Por ejemplo, si el número de servidores es 24, y el tráfico ofrecido es de 15 Erlangs, la probabilidad de bloqueo es de 0.0084, es decir, 84 de cada diez mil intentos de llamada no van a conseguir línea.

Tablas para la Distribución de Erlang-B

Las siguientes tablas son el resultado de aplicar la fórmula de Erlang-B para obtener el número de troncales necesarias para cierto tráfico en erlangs con un grado de servicio dado, facilitando en mucho el cálculo de dicha información, ya que las fórmulas tienden a ser complicadas.

Distribución de Erlang-B							
Grado de servicio de 0.01							
Erlangs	Núm. troncales	Erlangs	Núm. troncales	Erlangs	Núm. troncales	Erlangs	Núm. troncales
0.00	0	6.61	13	16.96	26	28.13	39
0.01	1	7.35	14	17.80	27	29.01	40
0.15	2	8.11	15	18.64	28	29.89	41
0.46	3	8.87	16	19.49	29	30.77	42
0.87	4	9.65	17	20.34	30	31.66	43
1.36	5	10.44	18	21.19	31	32.54	44
1.91	6	11.23	19	22.05	32	33.43	45
2.50	7	12.03	20	22.91	33	34.32	46
3.13	8	12.84	21	23.77	34	35.21	47
3.78	9	13.65	22	24.64	35	36.11	48
4.46	10	14.47	23	25.51	36	37.00	49
5.16	11	15.29	24	26.38	37	37.90	50
5.88	12	16.12	25	27.25	38		

Tabla 3.6

Distribución de Erlang-B							
Grado de servicio de 0.02							
Erlangs	Núm. troncales	Erlangs	Núm. troncales	Erlangs	Núm. troncales	Erlangs	Núm. troncales
0.00	0	7.41	13	18.38	26	30.08	39
0.02	1	8.20	14	19.26	27	31.00	40
0.22	2	9.01	15	20.15	28	31.92	41
0.60	3	9.83	16	21.04	29	32.84	42
1.09	4	10.66	17	21.93	30	33.76	43
1.66	5	11.49	18	22.83	31	34.68	44
2.28	6	13.33	19	23.73	32	35.61	45
2.94	7	13.18	20	24.63	33	36.53	46
3.63	8	14.04	21	25.53	34	37.46	47
4.34	9	14.90	22	26.43	35	38.39	48
5.08	10	15.47	23	27.34	36	39.32	49
5.84	11	16.63	24	28.25	37	40.25	50
6.62	12	17.50	25	29.17	38		

Tabla 3.7

Distribución de Erlang-B							
Grado de servicio de 0.05							
Erlangs	Núm. troncales	Erlangs	Núm. troncales	Erlangs	Núm. troncales	Erlangs	Núm. troncales
0.00	0	8.83	13	20.94	26	33.61	39
0.05	1	9.73	14	21.90	27	34.60	40
0.38	2	10.63	15	22.87	28	35.59	41
0.90	3	11.54	16	23.83	29	36.58	42
1.52	4	12.46	17	24.80	30	37.57	43
2.22	5	13.38	18	25.77	31	38.56	44
2.96	6	14.31	19	26.75	32	39.55	45
3.74	7	15.25	20	27.72	33	40.54	46
4.54	8	16.19	21	28.70	34	41.54	47
5.37	9	17.13	22	29.68	35	42.54	48
6.22	10	18.08	23	30.66	36	43.54	49
7.08	11	19.03	24	31.64	37	44.53	50
7.95	12	19.99	25	32.63	38		

Tabla 3.8

3.6.3. Distribución de Erlang-C

La Distribución de Erlang-C supone fuentes infinitas, las llamadas bloqueadas se retrasan, y los tiempos de ocupación se aproximan por una distribución exponencial negativa. Su uso típico es para dimensionar áreas de servicio de equipamiento común en las cuales los intentos de llamada esperan en un buffer FIFO "First Input First Output" hasta que un servidor desocupado se encuentre disponible.

Las Fórmulas de Erlang-C

La fórmula de Erlang-C dada por la primera expresión, es también llamada Fórmula de Erlang-B de segundo tipo, define la probabilidad de que una llamada se retrase por un tiempo mayor a cero. La segunda ecuación define la probabilidad de que una llamada se retrasará por un tiempo más grande que uno dado. La tercera y la cuarta ecuación se usan para calcular el promedio de retraso en todas las llamadas y en llamadas retrasadas, respectivamente.

$$P(>0) = E_2(N, A) = \frac{\frac{A^N N}{N!(N-1)}}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!} + \frac{A^N N}{N!(N-1)}}$$

$$P(>0) = P(>0)e^{-(N-A)T_1/T_2}$$

$$D_1 = P(>0)T_2 / (N - A)$$

$$D_2 = T_2 / (N - A)$$

donde

N = Número de servidoras en el grupo

A = Tráfico total ofrecido

T_1 = Tiempo de retraso aceptable

T_2 = Tiempo promedio de ocupación del servidor

e = Base de logaritmo natural (≈ 2.7183)

Por ejemplo, si se tiene un equipo con 24 servidores, un tráfico ofrecido de 20 Erlangs, un tiempo de retraso aceptable de 3 segundos y un tiempo de ocupación de servidor de 6 segundos se obtienen los siguientes resultados:

$$P(> 0) = 0.2981$$

$$P(> T) = 0.0403$$

$$D_1 = 0.4471 \text{ seg}$$

$$D_2 = 1.5 \text{ seg}$$

3.6.4. La Distribución de Engset

La Distribución de Engset se basa en las suposiciones de que las fuentes son finitas, las llamadas bloqueadas se borran y el tiempo de ocupación es constante o exponencial. Se usa típicamente en el dimensionamiento de equipo que tiene un número de fuentes limitado, tal como los concentradores de líneas.

La Fórmula de Engset

La Fórmula de Engset, dada por la siguiente expresión, es indicativa de la creciente complejidad matemática que se encuentra cuando el número de fuentes es limitado (finito):

$$P = \frac{(S-1)!}{N!(S-1-N)!} \left[\frac{A}{S-A(1-P)} \right]^N$$
$$\sum_{i=0}^N \frac{(S-1)!}{i!(S-1-i)!} \left[\frac{A}{S-A(1-P)} \right]^i$$

donde

S = Número de fuentes

N = Número de servidores del grupo

A = Tráfico ofrecido al grupo

Nótese que la fórmula de Engset incluye P en ambos lados de la ecuación, lo cual requiere un proceso iterativo (prueba y error) para obtener una solución. La

siguiente ecuación se puede usar para obtener una buena aproximación si P es muy pequeña (como es usualmente). Esto es, si P decrece, el valor de uno menos P se aproxima a la unidad ($1 - P \approx 1$), y $S - A(1 - P)$ se aproxima a $S - A$.

$$P \approx \frac{(S-1)!}{N!(S-1-N)!} \left[\frac{A}{S-A} \right]^N$$

$$\sum_{i=0}^N \frac{(S-1)!}{i!(S-1-i)!} \left[\frac{A}{S-A} \right]^i$$

Por ejemplo, si se tiene un concentrador de líneas de 60 suscriptores (fuentes), 24 canales (servidores), y una oferta de tráfico de 15 Erlangs (0.25 erlangs por suscriptor), se tiene una probabilidad de pérdida aproximada de 0.0032, lo cual significa que 32 de cada diez mil llamadas se perderán al no poder encontrar tono.

3.7. Medición de Errores

La grabación del Tráfico es esencial como un proceso muestral, y está sujeto a dos tipos de errores distintos. El primero, se debe a que el flujo de tráfico no se observa continuamente, sino a intervalos de tiempo mezclados. El segundo, se debe a que el tráfico durante una hora pico particular es una muestra de una población de horas pico, por lo cual aún cuando se mida adecuadamente, la estimación resultante de la intensidad de tráfico verdadera está sujeta a error. Estos tipos de error se llaman Error de Conteo de Conmutación "switch-count error" y Error de Estimación de Tráfico "traffic-estimation error", respectivamente.

Si el tiempo de ocupación es constante e igual o mayor que el intervalo de exploración, el error de conteo de conmutación es virtualmente cero. Cada llamada se cuenta el mismo número de veces, excepto por proporción despreciablemente pequeña de llamadas, los puntos finales que coinciden con los tiempos de

exploración, esto solamente ocurre si el tiempo de ocupación es exactamente un múltiplo del intervalo de exploración.

Si el tiempo de ocupación es constante y menor que el intervalo de exploración, ninguna llamada se explora más de una vez, por lo que el número de llamadas que se graban durante exploraciones sucesivas son independientes, si las llamadas ocurren aleatoriamente. Para una entrada de Poisson, despreciando el efecto de la congestión, la diferencia del número de llamadas simultáneas es igual al promedio, por ejemplo el flujo de tráfico en Erlangs (a). La diferencia del número promedio de llamadas simultáneas se deriva de una muestra de Z/i exploraciones, es el radio de variación de población para el tamaño de la muestra, por ejemplo, a/Z , donde a es el tráfico real que se transporta y Z = tiempo total de observación. Esta fórmula es aplicable para calcular otras distribuciones de tiempo de ocupación, dado que el intervalo de exploración es grande en comparación con el tiempo promedio de ocupación, o excede el tiempo de ocupación máximo cuando éste tiene límite superior definido, como debe ser el caso con el equipo de control.

En la práctica el tiempo de retraso es muy pequeño como para afectar significativamente el error, pero debe ser visto con importancia teórica, al proponer una exploración muy lenta. En tal caso, la condición de cada troncal al momento de la exploración debe ser independiente del estado de la troncal previa, cuando fue explorada mucho tiempo antes. Suponiendo que todas las troncales están igualmente cargadas, el número de llamadas grabadas en una exploración tiene una distribución binomial con un promedio a y una variación $a(1 - a/N)$, donde N es el número de troncales. No obstante, con variación simultánea, la variación del número de llamadas grabadas en una sola exploración es a .

La variación de flujo de tráfico estimado es aproximadamente:

$$\sigma_1^2 = \left\{ r \left(\frac{1+e^{-r}}{1-e^{-r}} \right) - 2 \right\} ha/z$$

donde

$$r = i/h$$

h = tiempo promedio de ocupación

a = tráfico transportado en Erlangs

i = intervalo entre exploraciones exitosas

Z = tiempo total de observación

Esta fórmula supone entrada Poisson, una distribución de tiempo de ocupación exponencial negativa y congestión despreciable. La aproximación es buena con tal que

$$Z/h > 20$$

Si r es grande,

$$\sigma_1^2 \cong rha/Z = ai/Z$$

Error en Estimación de Tráfico y Error Total

Despreciando la congestión, el número promedio de llamadas que entran al sistema durante el período de observación Z es AZ/h donde A es el tráfico ofrecido, y el valor promedio de su duración total es AZ . Si Z se compara grandemente con h , esta expresión es el valor promedio del volumen de tráfico U ofrecido durante Z , desde que el efecto de las llamadas en desarrollo al principio y fin del período es despreciable. La variación de U , permitiendo variaciones en la razón de llamadas y el tiempo de ocupación, es

$$AZ(\sigma_h^2 + h^2)/h$$

donde σ_h^2 = variación del tiempo de ocupación

El flujo de tráfico durante Z es U/Z y su variación es

$$\sigma_1^2 = \frac{AZ}{hZ^2} (\sigma_h^2 + h^2) = \frac{A(\sigma_h^2 + h^2)}{hZ}$$

Esto es, Ah/Z y $2Ah/Z$ en el caso de tiempo de ocupación constante y exponencial, respectivamente.

La variación total del tráfico medido, permitiendo error en conteo de conmutación y error en estimación es:

$$\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2$$

Despreciando la congestión, y suponiendo distribución exponencial negativa, se tiene:

$$A = a, \sigma_h^2 = h^2$$

$$\sigma^2 \cong r \left(\frac{1+e^{-r}}{1-e^{-r}} \right) hA/Z = \left(\frac{1+e^{-r}}{1-e^{-r}} \right) hA/Z$$

3.8. Medición de Congestión

La medición del tráfico transportado no provee una indicación muy sensible de congestión, desde que un gran incremento de tráfico ofrecido podría producir un incremento muy pequeño en la ocupación de las troncales si ésta ya es alta. Las grabadoras de tráfico se sustituyen entonces por medidores que miden la congestión más directamente.

En el caso de un grupo con disponibilidad completa, el tiempo de congestión, se puede medir por medio de un circuito que conecta un medidor a un pulso de tiempo, siempre que todas las troncales se ocupen simultáneamente. Si i es el

intervalo entre pulsos, Z el período de observación y m la lectura del medidor, el tiempo de congestión es $B = mi/Z$.

Como la congestión se graba sólo en intervalos intercalados, hay un error muestral que se puede calcular en la misma forma que el error en el conteo de conmutación en la grabación de tráfico. El promedio de duración de un estado de congestión, en un grupo de N troncales con A Erlangs ofrecidos, es

$$T = h/N$$

para un sistema de pérdida, ó

$$T = h/(N - A)$$

para un sistema de espera.

donde h es el tiempo promedio de ocupación.

La variación del tiempo de congestión medido es

$$\sigma^2 = \left\{ i / T \left(\frac{1 + e^{-iT}}{1 - e^{-iT}} \right) - 2 \right\} TB / Z$$

Puede ser de utilidad la medición del número total de estados de congestión, así como el tiempo total, para distinguir entre bloqueo frecuente y aislado, al promediar un medidor de conteo separado. Si el promedio de tiempo bloqueado se conoce, se puede obtener una estimación de tiempo de congestión sólomente de esta medición, independientemente del pulso de tiempo. Si m es el número de estados de congestión que ocurren durante un tiempo Z , el tiempo estimado de congestión es mT/Z .

El mismo método de medición de congestión es aplicable al servicio, de troncales limitadas pero se requieren medidores separados para cada grupo de servicio. En el caso de limitaciones progresivas de troncales, es más conveniente

medir el tiempo durante el cual la última opción se ocupa, y/o el número de veces que ésta se toma. El tráfico de última opción correspondiente al grado específico de servicio que se puede calcular aproximadamente con el siguiente método:

Si N = número total de troncales en el servicio de troncales limitadas

k = disponibilidad

A = tráfico ofrecido en Erlangs

B = probabilidad de congestión calculada de la fórmula adecuada

El sobreflujo de tráfico que se espera es AB Erlangs.

Si A_1 = tráfico que, cuando se ofrece a un grupo de disponibilidad completa de k troncales, proporciona un sobreflujo de AB .

A_k = tráfico ofrecido a la k ésima troncal en un grupo de disponibilidad completa secuencialmente capturado cuando A_1 erlang es ofrecido a la primera troncal.

Así

$$AB / A_1 = E_{1,k}(A_1)$$

$$A_k = A_1 E_{1,k-1}(A)$$

A_1 y A_k = pueden ser determinadas con la ayuda de curvas que muestren el tráfico ofrecido a opciones exitosas en un grupo de disponibilidad completa, calculadas de la fórmula de Erlang. El tráfico que se transporta por la última opción en las troncales limitadas es aproximadamente $A_k - AB$. Si el medidor indica un valor alto, hay evidencia de sobreflujo que se debe verificar por una grabadora de tráfico. La última opción de carga puede derivarse más adecuadamente por el método aleatorio equivalente. Es entonces apenas necesario, pues no se requiere mucha precisión para indicar un sobreflujo serio, lo cual es el principal propósito de

los medidores de congestión. Por la misma razón, es innecesario tratar una llamada retrasada de un grupo de troncales limitadas, de forma distinta a una llamada perdida de troncales limitadas, en este respecto.

Los medidores de sobreflujo, que graban el número de llamadas perdidas en cada grupo de troncal perteneciente a congestión, son aplicables a cualquier tipo de sistema de pérdida. Son entonces, menos exactos que los medidores tiempo-congestión, porque están sujetos a un incremento de error por variaciones aleatorias en el monto de llamadas "calling rate" así como en la duración de la congestión. Más aún, el número de sobreflujos se podría influenciar grandemente por una repetición de intentos fracasados de usuarios, lo cual es difícil para tener en cuenta sin una observación especial. El número que se espera de sobreflujos durante un período Z , ignorando intentos repetidos es AZB/h . Si la lectura del medidor es considerablemente más alta que éste, hay evidencia de sobreflujo.

3.9. Medición del Tiempo Promedio de Ocupación

El tiempo promedio de ocupación se puede medir al cronometrar una muestra aleatoria de llamadas, lo cual debe requerir una muestra grande. Suponiendo una distribución exponencial negativa, la desviación estándar σ_h es igual al promedio h . La desviación estándar del promedio de muestras de N llamadas es

$$h/\sqrt{N}$$

Por ejemplo, si se requiere determinar el promedio con una exactitud de $\pm 10\%$ con 95% de confianza. La distribución del promedio de una muestra grande es aproximadamente normal. En una distribución normal, el 95% de la población se contiene en un rango de una desviación estándar de ± 1.96 sobre el promedio. El tamaño mínimo de la muestra se da por:

$$\frac{1.96h}{\sqrt{N}} = 0.1h$$

$$N = 384$$

Si los medidores de conteo de llamadas están equipados, el tiempo promedio de ocupación se puede calcular del número de llamadas (o mejor, intento de llamadas) C y el flujo de tráfico medido A durante un tiempo Z . El tiempo promedio de ocupación por intento, es AZ/C .

3.10. Sistemas de Control

Concepto de Control Común

El término Control Común se puede usar para definir una técnica de circuito o un principio de conmutación. Como una técnica, implica el uso de control, que es común para más de un dispositivo de conmutación.

En una llamada que se origina en un sistema de control común, la troncal de entrada o línea origen inicia una llamada para servicio, se conecta a un dispositivo receptor y se transmite un tono de marcación o señal de inicio de marcación. Cuando se recibe la información, ocurre una traducción indicando la disposición de la llamada. Suponiendo que la línea destino o ruta troncal está disponible, el dispositivo de control matricial (marcador) opera el conmutador de matriz de cruce de puntos para conectar las terminaciones de entrada y salida apropiadas. En el caso de una llamada troncal de salida, la información de señalización se podría transmitir al conmutador distante.

Hay diversos tipos de sistemas de control común, pero los dos básicos son los de control distribuido y de control centralizado. En muchos casos la selección indica el uso de lógica alamburada o programas de almacenamiento, pero los

sistemas de lógica alambrada pueden ser tanto centralizados como distribuidos. Tanto los circuitos electromecánicos como los electrónicos se podrían utilizar en el diseño, pero la velocidad normal que se requiere en el control centralizado, y las técnicas que se emplean usualmente en un programa de almacenamiento, implican componentes electrónicos.

Control Distribuido

Los sistemas de conmutación de control distribuido son aquellos que distribuyen o separan tanto física como funcionalmente el equipo común que controla el sistema. Estos difieren de los sistemas centralizados en que los otros utilizan módulos de construcción. Todos los sistemas tienen alguna distribución de elementos de control, ninguno utiliza alguna entidad para control total y absoluto. Esta es la extensión de la distribución relativa que identifica a un sistema de distribución. Otra característica importante es la relativa independencia de los diferentes elementos del control. En general los sistemas de control distribuidos utilizan técnicas de selección de enlaces de paso a paso.

Los grupos funcionales que abarcan un sistema de control distribuido típico son equipo de supervisión de líneas y troncales, equipo de emisión y recepción común, equipo de operación matricial, y equipo de traducción de llamadas. Cada uno de estos grupos opera de alguna forma independientemente y funcionan en forma autónoma. Como resultado, el equipo que se instala en cada grupo requiere sólo la sofisticación suficiente para lograr las necesidades de funcionamiento, y que las llamadas se completen, al pasar el control de la llamada a través del sistema.

Control Centralizado

En contraste con el control distribuido, el control centralizado tiene una entidad maestra que tiene el control de la llamada en todo momento. Se debe recibir o transmitir la información, establecer las conexiones matriciales, y desarrollar otras actividades por equipo interfase, pero sólo sobre dirección y bajo control de la Unidad Central de Proceso (CPU). Tal método de operación impone un requerimiento de tiempo real grande, que para sistemas de tamaño modesto requieren de la velocidad de la electrónica. Estos sistemas se controlan típicamente por programas de almacenamiento, empleando computadoras digitales redundantes como el CPU. En equipos más grandes, es necesario con frecuencia, proveer más de un CPU para lograr los requerimientos impuestos al sistema por los usuarios. Tales sistemas multiprocesadores podrían estar funcional o físicamente divididos para porciones de la matriz de conmutación. En tal caso es necesario dedicar algún tiempo para coordinar los procesadores.

3.11. Limitaciones de los Modelos Clásicos de Tráfico y Congestión

Intentos Repetitivos

La teoría de Erlang para sistemas de pérdida supone que las llamadas que encuentran congestión se pierden, sin embargo, en la práctica, muchos usuarios que no logran hacer una llamada exitosa, van a llevar a cabo más intentos, hasta lograr establecer conexión. Si se supone, en primera instancia, que los intervalos entre llamadas exitosas son muy grandes, y que una llamada sin éxito tiene una probabilidad fija de que se repita, no obstante se lleven a cabo muchos intentos previos. Esta suposición implica que el intento repetido se puede considerar como una nueva llamada, desde que el estado de congestión que lo produce, es muy remoto para afectar el estado del sistema al tiempo de la repetición.

Abandono de Llamadas en Espera

Las fórmulas que comúnmente se usan para llamadas en espera se basan en la suposición de que el usuario que realiza una llamada puede esperar por servicio indefinidamente, mientras, que en la realidad, retrasos largos causan que cierta proporción de llamadas se abandonen. El efecto se desprecia usualmente con tráfico normal, por lo que, con una provisión de equipo adecuado, la oportunidad de que una llamada se retrase hasta el límite de paciencia de un suscriptor, es muy pequeña. El abandono de llamadas, puede ser entonces, significativo en condiciones de sobrecarga pasada, así como en demandas anormales o fallas.

Con abandono de llamadas, el grado de servicio que se experimenta por un suscriptor en particular, depende de su propia reacción para esperar y en la de otros suscriptores. Entre más suscriptores se preparen para esperar, menos son las llamadas abandonadas, y en consecuencia, se transporta más tráfico. Como resultado, sin embargo, el tiempo de congestión se incrementa significativamente, por lo que un suscriptor relativamente impaciente, sería más tendiente a abandonar una llamada, que lo que sería si muchos otros suscriptores fueran igualmente impacientes, y la ruta estaría, en consecuencia, menos congestionada.

Variaciones del Tráfico, Día a Día

Debido a variaciones en el tráfico promedio durante diferentes horas pico, una sucesión de horas pico no es equivalente a un proceso de equilibrio continuo, y la retención promedio es usualmente más grande que lo que la teoría de equilibrio predice. Hay muchos métodos para tomarlo en cuenta. Un método común es estipular la retención permisible para incrementos porcentuales específicos en el flujo de tráfico por encima del valor normal. Sin embargo, esto no toma en cuenta, el hecho de que algunas rutas tendrían más tráfico variable que otras, y que

tendrán un promedio de grado de servicio peor, desde que es probable que los límites de sobre carga se puedan alcanzar con una frecuencia mayor a la promedio. La uniformidad de servicio es de particular importancia en las diferentes rutas de tráfico internacional.

El Comité Consultivo Internacional en Telecomunicaciones (CCITT) ha estudiado las variaciones en el tráfico en rutas internacionales, y ha hecho las siguientes recomendaciones. La probabilidad de pérdida para el tráfico promedio de la hora pico de los 30 días con mayor tráfico no debe exceder el 1%, mientras que para el tráfico promedio de la hora pico de los 5 días con mayor tráfico no debe exceder el 7%. Esta regla provee una mejor protección en contra de la excesiva degradación del servicio de rutas particulares, que con el simple criterio de porcentaje de sobrecarga.

Tráfico Desbalanceado en Pequeños Grupos de Suscriptores

La fórmula de Engset para congestión con un número limitado de fuentes de tráfico, supone que todas las fuentes originan la misma carga promedio. El efecto de carga de fuentes desiguales para un tráfico total dado, es reducir la probabilidad de ocupación como se aprecia fácilmente en un caso extremo. Si una pequeña proporción de fuentes transporta una gran proporción del tráfico, el número efectivo de fuentes es menor que el número real, lo cual reduce la probabilidad de altos picos de tráfico. Por otra parte, un tráfico bajo en las fuentes, padece de un grado de servicio relativamente pobre, desde que el tráfico competido por otras fuentes es más grande que en el caso de una fuente de alto tráfico. La teoría de congestión con carga de fuentes desiguales la investigaron Cohen y Dartois.

Un problema de mayor importancia desde el punto de vista práctico, es la dificultad de distribuir las fuentes en los diferentes grupos de conmutación para que

todos los grupos transporten el mismo tráfico promedio. Mientras que los grandes desbalances se pueden evitar usualmente al repartir las líneas que se conocen, con gran ocupación, un balance exacto es impracticable. El tráfico en cada grupo, puede ser entonces, predecible con los límites de confianza específicos si se conoce la distribución de frecuencia de la demanda de los suscriptores.

C A P I T U L O 4

PLANEACION Y DIMENSIONAMIENTO

DE UN CONMUTADOR

4.1. Planeación de Facilidades

Las facilidades se implementan con un propósito básico, permitir a la gente hablar con gente, y a las máquinas hablar con máquinas. Para decirlo más fácil, las facilidades se implementan para transportar tráfico. La planeación, tiene que ver con la selección del tipo de facilidades para alcanzar las necesidades específicas, y la determinación del mejor arreglo para dichas facilidades. Se deben considerar todos los tipos de facilidades, como conmutación local, de larga distancia, y equipo de tarifas, así como las troncales interoficinas que se requieren para mantener las unidades comunicadas. Aún los espacios físicos y subsistemas de poder, deben ser dimensionados, al menos en parte, en lo que respecta a la información de tráfico.

El proceso de construcción de una planta telefónica, consiste primordialmente en planeación fundamental, planeación corriente y de los planes aprobados. La calidad y eficiencia del servicio dependen de la selección del sistema óptimo de conmutación como se determine en la planeación fundamental, en los arreglos óptimos seleccionados como parte de la planeación corriente, y en la propia dimensión y calendarización del proyecto como se define en la implantación del programa. Los ingenieros especialistas en Tráfico, participan en las todas las etapas.

La planeación fundamental es el proceso por el cual se determinan el tipo de facilidad y sus arreglos básicos. En esta fase sólo son considerados aquellos detalles necesarios para tomar las decisiones básicas. La vida de servicio de la mayoría de las facilidades podría exceder los veinte años, por lo que esas decisiones deben ser tomadas desde el mejor punto de vista a largo plazo.

La planeación corriente expande el panorama de trabajo del plan fundamental. Usualmente hay muchos problemas y arreglos alternativos que deben

ser estudiados después de haber tomado la decisión de instalar un sistema en particular. Esas opciones no son de importancia suficiente como para alterar los planes iniciales, pero deben ser tomados en cuenta en los estudios económicos de selección para determinar los arreglos y la calendarización óptima. Un plan corriente debe forzar un intervalo de tiempo más corto que el plan fundamental, pero también debe tomar en consideración los muchos períodos de ingeniería para atender aquellos crecimientos leves, con cambios y reordenamientos mínimos.

4.2. Especificaciones de Ingeniería

La planeación es un esfuerzo de conjunto, cada departamento, incluyendo la dirección y las áreas administrativas, tiene un interés en los resultados finales y participan en el proceso. Luego entonces una distribución confiable de la información a otros departamentos es muy conveniente. La orden de tráfico es usada para transmitir la información detallada requerida por el equipo de ingeniería y las fases de implementación.

Para facilitar el uso de la orden de tráfico por los grupos involucrados en una compañía, se recomienda el uso de un formato común. La orden de tráfico debe contener, notas generales, métodos de operación, información fundamental, información básica de tráfico, detalles de los equipos, inventario de equipos así como diagramas completos de funcionamiento de los mismos describiendo los detalles necesarios. También se debe incluir documentación para apoyar las decisiones que se tomen durante los esfuerzos de diseño del sistema de tráfico.

La fase de implementación es la etapa final en cualquier plan. El tiempo y la extensión de la implementación del plan corriente es restringido por el proyecto de construcción. Una vez que el proyecto es definido por la orden de tráfico, se requiere una cooperación cercana entre los ingenieros de tráfico, los ingenieros de

los equipos y los ingenieros de la planta para que alcancen la meta propuesta de equipo en servicio. Los ingenieros de tráfico realizan las órdenes de tráfico, los ingenieros de equipo preparan las especificaciones detalladas de los equipos y los ingenieros de planta son responsables por la construcción de las facilidades.

4.3. Proceso de Planeación

Los ingenieros especialistas en tráfico, tienen variadas responsabilidades, como es el caso de la implementación de una nueva oficina local para atender un área definida. El problema inicial radica en la selección del tipo de equipo de conmutación que mejor atienda los requerimientos de servicio del área en cuestión, como se detalla en los siguientes pasos.

Se analizan las líneas y estaciones principales que se encuentren atendiendo la zona de acuerdo al tipo de servicio que ofrecen. Se listan los servicios y características principales que se encuentran disponibles. Se delinear los arreglos de servicio presentes y se determinan las características del tráfico generado por sus usuarios. Esas características incluyen las tarifas de las llamadas, las horas pico, las comunidades de interés, entre otros aspectos. El pronóstico y análisis de los requerimientos de la nueva oficina.

El pronóstico de servicios debe contener todos aquellos servicios que va a tener y los que probablemente se implementen en el sistema. El pronóstico de líneas y estaciones principales establece el número de terminaciones que se deben implementar. El pronóstico de las características de tráfico deben reflejar las características actuales, que deben incrementarse de acuerdo a las tendencias, simuladas por nuevos servicios y ajustadas por los cambios que la comunidad tenga en sus características o en su economía.

4.4. Consideraciones de Tráfico en Redes de Comunicación

En la planeación de una red de telecomunicaciones, el objetivo es determinar el número, tamaño, localización y límites de los conmutadores, así como los arreglos y cantidad de uniones entre ellos, para que el costo total sea el mínimo, logrando que se cumplan los estándares de calidad estipulados y el buen desempeño de las funciones (incluyendo el grado de servicio, confiabilidad y calidad de transmisión).

La teoría matemática de redes ha desarrollado diversos algoritmos para encontrar el menor costo en la conexión de un número de puntos dados, encontrando, por ejemplo, la ruta más corta entre dos puntos. Estos algoritmos son de utilidad en algunas ocasiones para la planeación de redes de telecomunicaciones. Sin embargo el número de rutas factibles es generalmente grande como para completar un análisis de ese tipo.

El procedimiento práctico usual es seleccionar una red razonablemente eficiente como punto inicial e intentar improvisar en las modificaciones subsecuentes. Generalmente hay alternativas aceptables con poco diferencia en costo. Así, al repetir los cálculos con un número de redes iniciales diferentes, una puede ser razonablemente segura para encontrar una solución que se acerque a lo más óptimo posible. Puede ser de ayuda argumentar el costo de pruebas sucesivas, sin otro objetivo de que sea minimizado, como se muestra en la figura 4.1.

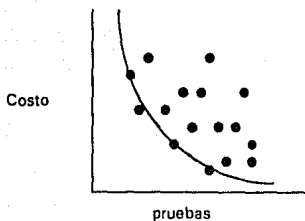


Figura 4.1

Una curva suave se dibuja sobre los puntos más bajos encontrados, incluyendo cada prueba, vigilando que el nivel sea bajo, hasta acercarse al óptimo. Este método se conoce como técnica de Las Vegas y es aplicable a pruebas puramente aleatorias así como a procedimientos sistemáticos, que requieren menos pruebas, con el objetivo de encontrar lo óptimo, .

4.4.1. Distribución de Conmutadores

Cada conmutador, por muy pequeño que sea, implica un costo fijo substancial, por lo que entre menos conmutadores se requieran, menor es el costo de las instalaciones y del equipo. Por otra parte, para reducir los costos de cableado, se deben reducir lo más posible las distancias entre los aparatos telefónicos de los usuarios y los conmutadores. El problema puede ser formulado matemáticamente como sigue:

Por simplicidad, la red de transmisión entre los conmutadores es omitida, aunque, por supuesto, debe ser incluida en una formulación completa. El área es dividida en rectángulos de un tamaño conveniente, resultando una red de I renglones y J columnas.

Se establece que:

$s(i,j)$ = número de suscriptores en el rectángulo (i,j)

$d(i,j,r)$ = distancia promedio de un suscriptor en el rectángulo (i,j) del conmutador r

$h(i,j,r)$ = 1 ó 0 de acuerdo a donde los suscriptores en el rectángulo (i,j) pertenecen o no al conmutador r

k = costo fijo por conmutador

$c\{d(i,j,r)\}$ = costo de una línea de suscriptor de largo $d(i,j,r)$

c puede ser función de paso, porque las especificaciones de transmisión podrían requerir cable con menor atenuación y/o resistencia, sobre cierta distancia.

El costo total, en cuanto depende de la distribución de intercambios, es:

$$C = Ek + \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J s(i,j)h(i,j,r)c\{d(i,j,r)\}$$

El costo de equipamiento de conmutación, que es en proporción al número de líneas o tráfico es omitido, pues se asume que es fijo en total, sin hacer caso del número de conmutadores y su distribución.

El problema es escoger valores de E , localizaciones de conmutadores, lo que determina los términos $d(i,j,r)$, y los límites de las áreas de conmutación, que determinan los términos $h(i,j,r)$, así como minimizar C . Un procedimiento factible, es el siguiente:

1. Empezar con un número de conmutadores muestra, y ubicarlos por juicio.
2. Optimizar los límites de las áreas de conmutación.
3. Optimizar la ubicación de los conmutadores (en términos de referencias de las rejillas)
4. Repetir 1. y 2. hasta que se alcance estabilidad.

5. Buscar localizaciones en las intersecciones entre límites de conmutación, donde la instalación de otro conmutador podría reducir el costo total.
6. Ubicar conmutadores en esos lugares y reoptimizar todos los límites y ubicaciones.
7. Repetir, eliminando conmutadores si es necesario hasta que no se obtenga una reducción de costo adicional.

4.4.2. Estructura de la Red de Transmisión

En el caso de una red pequeña, debe ser usado un modelo de malla, conectando todos los conmutadores entre sí, como se muestra en la figura 4.2a. El número de rutas unidireccionales directas con N conmutadores es $N(N - 1)$. Así, cuando se incrementa N , el número de rutas en la malla crece rápidamente, y el promedio de tráfico por cada una, llega a ser muy pequeño, lo cual es ineficiente. En el extremo opuesto, el mínimo número de rutas que conectan N conmutadores es $(N - 1)$. Hay un gran número de redes con rutas mínimas posibles (árbol). A menudo es conveniente hacer arreglos jerárquicos de los conmutadores, cada uno se conecta a otros en el siguiente rango inferior, (figura 4.2c); una jerarquía de 2 rangos es llamada "red en estrella" (figura 4.2b). Este patrón facilita la estandarización, pues varias funciones de control y conmutación pueden ser asociadas con niveles jerárquicos específicos. El segundo y el mayor rango de conmutadores debe ser usado sólo como centros de tránsito, conmutando llamadas entre otros conmutadores, o deben también servir suscriptores locales, lo que significa posiblemente una unidad separada de conmutación en el mismo edificio.

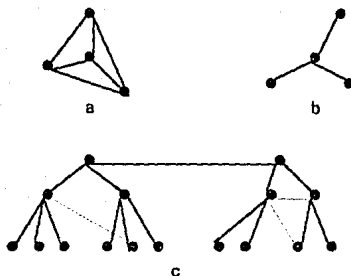


Figura 4.2

Además de la red jerárquica básica, se podrían instalar rutas directas auxiliares entre cierto par de conmutadores, en el mismo o en diferente rango, como se muestra, con líneas punteadas en la figura 4.2c. Esto se justifica cuando el tráfico en la ruta directa es suficientemente grande como para asegurar que su costo es compensado por el ahorro en los circuitos de ruta indirecta. En las rutas directas se debe usar un grado de servicio menor, porque las llamadas que las usan, generalmente requieren un menor número de enlaces que aquellas en la red básica. Los siguientes factores de costo se deben tomar en cuenta, al decidir en dónde establecer o no, una ruta directa, los conceptos están en términos de cargos anuales.

1. Los costos de línea, incluyendo cable, equipo repetidor y equipo terminal asociado a las uniones.
2. Costos de conmutación en la terminal y en los puntos de conmutación intermedios.
3. Incremento en costo por reordenamiento al proveer una ruta directa nueva.

Por ejemplo, el tráfico entre dos conmutadores X y Z es actualmente enrutado por medio de un conmutador intermedio Y, pero se contempla la provisión de un enlace directo XZ.

Se establecen las siguientes variables:

N = número de troncales en la ruta directa

n_1, n_2 = número de troncales ahorradas en los enlaces XY y YZ, respectivamente, por la introducción de la ruta XZ, estas cantidades deben ser desiguales por las diferencias de disponibilidad de los dos enlaces.

K = Cargos anuales totales asociados con la ruta directa, incluyendo los conceptos 1., 2. y 3.; K debe ser de la forma $G + HN$, donde G y H son constantes que dependen de la longitud y el tipo de ruta.

k_1, k_2 = cargos anuales por troncal ahorrada, en enlaces XY y YZ, respectivamente, como resultado de la provisión de un enlace directo XZ, incluyendo los conceptos 1. y 2.

La provisión de la ruta directa se justifica si:

$$K \leq n_1 k_1 + n_2 k_2$$

Las troncales entre conmutadores pueden ser tanto en un sentido como en ambos sentidos. La segunda opción, requiere de equipo extra, pero puede ser justificado, si el tráfico es insuficiente en una dirección para soportar un grupo de troncales separado eficientemente, o si la distribución direccional del tráfico fluctúa tan extensamente que separar los grupos sería antieconómico.

4.4.3. Rutas Alternas

En algunos sistemas, una llamada es permitida a tomar una ruta, la que puede estar en la red básica o en la red auxiliar, o en ambas. En tal caso, todas las

rutas deben tener suficientes troncales para dar un adecuado grado de servicio. Otros sistemas emplean rutas alternas.

Como un ejemplo simple, se muestra en la figura 4.3a, que las llamadas entre A y C tienen la ruta directa AC como primera opción y la ruta indirecta ABC como segunda opción; las llamadas entre A y B ó B y C están restringidas a las rutas directas entre estos puntos. Con tal de que se provean suficientes troncales en las rutas AB y BC para transportar el sobreflujo de AC, una alta probabilidad de bloqueo puede ser tolerada en AC, por lo que esta ruta puede ser provista en una base de alto uso.

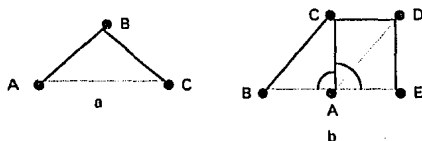


Figura 4.3

La figura 4.3b muestra un ejemplo más complejo. Las rutas posibles para llamadas originadas en A son:

Destino	1ra opción	2a. opción	3a. opción
B	AB	ABC	
C	AC		
D	AD	ACD	
E	AE	ADE	ACDE

4.5. Consideraciones No Económicas

Otra contribución de la ingeniería de tráfico es en el área de las consideraciones no económicas. El ejemplo más obvio, es el tema del mercado laboral, y la cuestión es, si hay suficientes personas calificadas para encontrar las necesidades anticipadas. La importancia de estas consideraciones tiene una tendencia a la baja, pero podrían constituir factores decisivos, a parte de las consideraciones económicas aparentes. La dirección revisa constantemente el proceso de planeación y debe autorizar la selección de un sistema sobre otro en la base de las consideraciones no económicas.

Las consideraciones de la red deben reflejar los efectos de una nueva oficina en otras oficinas. Se debe plantear si el modelo de las rutas es adecuado o si requiere de reordenamientos. Posiblemente se requiere de una nueva planeación completa de troncales con uno o más centros de conmutación de paso (tandem). Los ingenieros de tráfico deben ser capaces de reconocer y revelar problemas que puedan darse en esta área, y plantear soluciones

Otra consideración al seleccionar un sistema de conmutación es su flexibilidad y adaptabilidad para nuevos servicios, un sistema de programación de almacenamiento podría requerir cambios de software para añadir servicios. Si no existen otros factores predominantes, esta flexibilidad podría ser decisiva.

4.6. Consideraciones Económicas

Cuando una empresa se interesa en instalar un nuevo sistema de conmutación, o lleva a cabo estudios para ampliar o mejorar la capacidad de uno ya existente, debe tomar en cuenta algunas consideraciones económicas, especialmente, cuando la dirección de una empresa debe tomar la decisión entre llevar a cabo una alta inversión en la compra de un costoso conmutador, con la

última tecnología digital, y con aparatos terminales muy complejos y costosos, o tomar en consideración el economizar, al decidir implementar un conmutador más sencillo que cumpla con las facilidades necesarias y la capacidad suficiente como para satisfacer adecuadamente las necesidades de comunicación de la empresa.

Otro problema muy frecuente, es la asignación que se hace de la capacidad de líneas y de facilidades a los usuarios o divisiones de la compañía, por áreas de nivel jerárquico o importancia económica, y se pierde la dimensión de los niveles de tráfico, que a menudo no corresponden a las mismas divisiones de la compañía, lo cual puede traer problemas de sobreflujo en donde se requieren más líneas y troncales, y sobredimensionamiento, donde se necesita menos capacidad.

C A P I T U L O 5

CASO PRACTICO

5.1. Presentación del Problema

El caso que se presenta es el de la Compañía ABC, S.A. de C.V., que es una empresa manufacturera, cuyo mercado nacional tiene mucha demanda, atendiendo a sus clientes en sus oficinas centrales localizadas en la Ciudad de México, D.F. ubicadas en dos distintos edificios, al norte, donde se encuentra la Dirección de la empresa, y al sur de la ciudad, donde se localizan las oficinas administrativas de la empresa.

Como parte del programa de descentralización de la empresa, se desarrolló la planta de ensamble en un corredor industrial en los alrededores de Guadalajara, Jal., donde se concentra toda la producción nacional y de exportación.

La empresa ha crecido debido a la apertura de los mercados internacionales, especialmente en América del Norte, incrementándose también las oportunidades de exportación a países de América del Sur y Europa. Por ello que empresa ha decidido, crecer hacia otras partes del país, con el objetivo de atender los mercados internacionales con oficinas orientadas hacia ese fin. De esta forma, la empresa ha abierto una oficina en Chihuahua, Chih. y en Monterrey N.L. para atender el mercado de Estados Unidos y Canadá; y otra oficina en Mérida, Yuc. para las exportaciones hacia América del Sur y Europa.

De igual forma, la empresa se ha preocupado por tener un programa de capacitación bien estructurado para que sus empleados se encuentren en una posición más competitiva, preparándolos para enfrentar el nivel de calidad que se espera tener al encontrarse con mayor competencia internacional, infundiéndoles en ellos más profesionalismo, para lo que la Dirección General construyó un Centro de Capacitación Profesional en Acapulco, Gro.

De esta forma también surge la idea de implementar sistemas de conmutación adecuados a las nuevas necesidades de la empresa. En la actualidad la empresa tiene conmutadores en los dos edificios ubicados en la Cd. de México y en la planta de Guadalajara y tiene en proyecto los conmutadores de Chihuahua, Monterrey, Mérida y Acapulco.

La Compañía ABC, ha decidido realizar un estudio de tráfico en las distintas oficinas del país, para decidir que conmutadores instalar en cada una de las plazas, así como las troncales que se requieren para llevar a cabo una red privada de comunicaciones, de acuerdo al número de personas que tienen, y las necesidades actuales de comunicación, que la empresa tiene y espera con el crecimiento importante al que está sometida.

El estudio de tráfico también contempla el número de llamadas internas dentro de cada oficina, el número de llamadas que se realizan entre sí, todas las oficinas, y el número de llamadas externas.

5.2. Planeación de la Red

La primera parte del análisis de tráfico consistió en analizar las necesidades de comunicación entre cada una de las oficinas, para lo que se hizo una matriz, en la que se indican las llamadas que se realizan en una hora pico típica, como resultado de diversos levantamientos de información y encuestas que se llevaron a cabo durante un período de un mes, así como con la información de los recibos telefónicos de las distintas oficinas.

En la tabla 5.1 se muestra la información referente al número de personas de cada una de las oficinas que conforman la compañía, así como el número de extensiones necesarias, por oficina, de acuerdo a las funciones características de cada una. Por ejemplo, la oficina de México Norte, tiene más extensiones en

proporción al número de persona, debido a que la mayoría son altos ejecutivos, que requieren de más extensiones por cada uno, y las oficinas de Acapulco, tienen pocas extensiones, pues ahí son oficinas destinadas a la capacitación.

Oficina	Personal	Extensiones
México Norte	60	40
México Sur	150	114
Guadalajara	70	30
Monterrey	40	30
Chihuahua	30	22
Mérida	50	38
Acapulco	30	12

Tabla 5.1

En la tabla 5.2 se establecen los intercambios de llamadas entre cada una de las oficinas, de acuerdo a los estudios realizados, en ella se puede apreciar que la oficina que más llamadas realiza es México Sur, ya que es una oficina central en la que se encuentran la mayoría de las funciones administrativas de toda la compañía, y Acapulco es la oficina que tiene el menor número de llamadas.

Origen \ Destino	Número de llamadas en la hora pico del mes						
	Méx. N.	Méx. S.	Guadalaj.	Monterr.	Chih.	Mérida	Acapulco
México Norte		9.4	6.9	6.0	3.4	5.4	0.9
México Sur	17.0		9.3	8.2	6.6	8.7	1.3
Guadalajara	1.5	8.3		0.9	0.4	1.0	0.9
Monterrey	2.3	9.5	0.9		3.9	0.4	0.8
Chihuahua	1.0	2.8	0.5	3.4		0.3	0.5
Mérida	2.9	10.1	1.3	0.5	0.4		0.6
Acapulco	0.8	1.3	0.1	0.4	0.1	0.5	

Tabla 5.2

Es necesario considerar también, el tiempo promedio de duración de las llamadas, para lo que se llevo a cabo la estadística que se muestra en la tabla 5.3, en ella se muestran los tiempos promedios de duración, en minutos, durante la hora pico, que tienen las llamadas que se realizan entre cada una de las oficinas.

Origen\Destino	duración promedio de c/llamada (min)						
	Méx. N.	Méx. S.	GuadalaJ.	Monterr.	Chih.	Mérida	Acapulco
México Norte		17.4	6.3	10.9	6.5	7.9	7.7
México Sur	14.7		5.4	5.9	5.0	6.6	3.0
Guadalajara	8.1	8.2		5.8	4.1	2.9	2.7
Monterrey	8.6	7.6	3.9		9.9	4.1	2.2
Chihuahua	7.5	5.2	3.1	6.7		2.3	2.1
Mérida	9.1	9.4	3.2	6.0	3.5		2.0
Acapulco	18.3	8.8	4.6	3.8	3.1	4.1	

Tabla 5.3

De los totales de las tablas 5.2 y 5.3, surge la siguiente tabla, en la que se muestra la suma total de llamadas que salen de cada una de las oficinas, el total de llamadas que se llevan a cabo en promedio por cada una de las extensiones y el tiempo en minutos que cada una de las extensiones estaría ocupada durante esa hora pico mensual, considerando los tiempos promedio de ocupación como se calcularon en la tabla 5.3. Por ejemplo, una extensión en México Norte estaría ocupada 8.60 minutos de los 60 minutos de la hora pico mensual, lo que significa casi la séptima parte del tiempo las extensiones se encuentran ocupadas, lo que se explica, por ser la oficina central, mientras que en Acapulco solamente 2.54 minutos, lo que es lógico para una oficina donde la mayor parte del tiempo, la gente se encuentra en cursos o conferencias, y sólo da vez en cuando la gente necesita

hacer llamadas a sus oficinas respectivas para reportarse o supervisar mientras se encuentran en capacitación.

Oficina	Total llamadas	Tiempo total	T. llamadas /extensión	Tiempo promedio	T. ocupación extensiones (min)
México Norte	32.00	344.12	0.80	10.75	8.60
México Sur	51.10	442.82	0.45	8.67	3.88
Guadalajara	13.00	92.40	0.43	7.11	3.08
Monterrey	17.80	137.50	0.59	7.72	4.58
Chihuahua	8.50	48.13	0.39	5.66	2.19
Mérida	15.80	131.09	0.42	8.30	3.45
Acapulco	3.20	30.42	0.27	9.51	2.54

Tabla 5.4

De esta información, se decide como se va a estructurar la red de comunicaciones que se va a implementar en la compañía, tomando en consideración, algunos aspectos como:

- Hacia que oficinas se carga más el tráfico telefónico.
- Cuales son las rutas que tienen mayor número de intercambios, para que se justifique un enlace directo, y cuales no lo ameritan, para poder optimizar la ruta.
- Situación geográfica de las oficinas dentro del territorio nacional.
- Costo de los enlaces privados.

Como se puede apreciar, la mayor carga de llamadas se concentra en la oficina de México Sur, por lo que conviene instalar el conmutador central en sus instalaciones, y el mayor número de intercambios se llevan a cabo con esta oficina, a excepción de los que se realizan entre Chihuahua y Monterrey, por ser más dependientes entre sí que con respecto a México Sur. Además estas oficinas se

encuentran relativamente más cerca entre sí, para ahorrar un enlace entre Chihuahua y México Sur, por lo que el tráfico entre estas dos oficinas puede ser transportado mediante la ruta de Monterrey a México Sur. Para el resto de las oficinas, no se amerita un enlace directo entre todas y cada una de ellas, por lo que conviene estructurar la red con México Sur como nodo central y de ahí las ramificaciones a todas las oficinas, lo que implica que de ahí se transporta el tráfico entre las demás oficinas, quedando la red de comunicaciones como se muestra en el mapa de la figura 5.1.

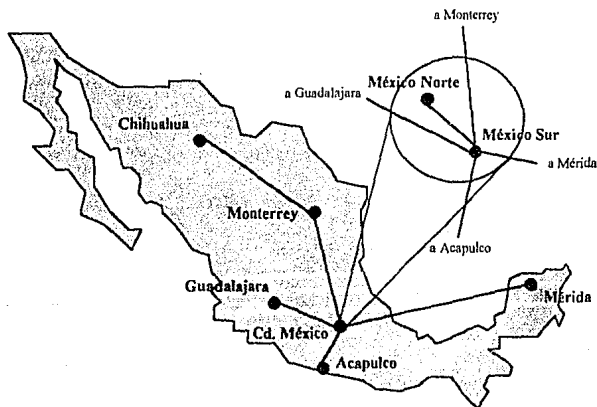


Figura 5.1

En la tabla 5.5, se muestran las llamadas que se deben transportar en cada uno de los enlaces existentes en la red reducida, del mapa; donde hay espacios en blanco en la tabla, no existe enlace directo.

Origen \ Destino	Número de llamadas en la hora pico del mes						
	Méx. N.	Méx. S.	Guadalaj.	Monterr.	Chih.	Mérida	Acapulco
México Norte		32.0					
México Sur	25.5		19.0	26.9		16.3	5.0
Guadalajara		13.0					
Monterrey		19.0			14.8		
Chihuahua				8.5			
Mérida		15.8					
Acapulco		3.2					

Tabla 5.5

Ahora se deben encontrar las dimensiones exactas que deben tener los enlaces, es decir el número de troncales que debe haber en la red, tal como se muestra en el mapa. Para lo que se van a analizar las estadísticas de las tablas 5.2 y 5.3, utilizando las distribuciones de Poisson y de Erlang-B.

Como parte de las consideraciones económicas, se debe decidir el grado de servicio que se desea para el sistema, pues entre mejor sea éste, más troncales se necesitan. Para tener un panorama más completo de ello, se muestra a continuación un análisis con diferentes grados de servicio para las distribuciones de Poisson y Erlang-B, según las tablas respectivas. Así también se muestra para cada caso una comparación entre el dimensionamiento de la red, si se hicieran enlaces entre todos los nodos y el que resulta si seguimos el modelo de la red, como lo muestra el mapa, optimizando el sistema.

En la tabla 5.6a, se muestra el tráfico en erlangs que hay entre cada una de las oficinas; en la tabla 5.6b, se muestra el tráfico en erlangs que hay entre las oficinas considerando que el tráfico que hay entre ellas, fluye a través de los enlaces de la red simplificada; en la tabla 5.6c, se muestran los tiempos promedios

de las llamadas, considerando la red simplificada, es decir se considera el tráfico de llamadas que fluye a través de cada enlace, en combinación con los tiempos promedios de la tabla 5.3, con el objetivo de que se puedan calcular con más exactitud las tablas de número de troncales, que se analizan a posteriormente.

Origen ¹ Destino	Tráfico en erlangs						
	Méx. N.	Méx. S.	Guadalaj.	Monterr.	Chih.	Mérida	Acapulco
México Norte		2.73	0.72	1.09	0.37	0.71	0.12
México Sur	4.17		0.84	0.81	0.55	0.96	0.07
Guadalajara	0.20	1.13		0.09	0.03	0.05	0.04
Monterrey	0.33	1.20	0.06		0.64	0.03	0.03
Chihuahua	0.13	0.24	0.03	0.38		0.01	0.02
Mérida	0.44	1.58	0.07	0.05	0.02		0.02
Acapulco	0.24	0.19	0.01	0.03	0.01	0.03	

Tabla 5.6a

Origen ¹ Destino	Tráfico en erlangs						
	Méx. N.	Méx. S.	Guadalaj.	Monterr.	Chih.	Mérida	Acapulco
México Norte		5.74					
México Sur	5.51		2.71	3.03		2.68	0.35
Guadalajara		1.54					
Monterrey		2.07			1.62		
Chihuahua				0.80			
Mérida		2.18					
Acapulco		0.51					

Tabla 5.6b

Origen \ Destino	duración promedio de c/llamada (min)						
	Méx. N.	Méx. S.	Guadalaj.	Monterr.	Chih.	Mérida	Acapulco
México Norte		10.8					
México Sur	13.0		8.5	6.8		9.8	4.2
Guadalajara		7.1					
Monterrey		6.5			6.6		
Chihuahua				5.7			
Mérida		8.3					
Acapulco		9.5					

Tabla 5.6c

En la tabla 5.7a se muestra el número de troncales que se requieren para cada enlace, si todas las oficinas estuvieran conectadas entre sí; y en la tabla 5.7b, el número de troncales que se requieren con la red reducida; para estas tablas se considera la distribución de Erlang-B, con un grado de servicio de 0.01, es decir que uno de cada cien intentos de llamada no va a tener éxito en conseguir tono de marcar.

Origen \ Destino	Erlang-B con grado de servicio de 0,01							
	Número de troncales							
	Méx. N.	Méx. S.	Guadalaj	Monterr.	Chih.	Mérida	Acapul.	TOTAL
México Norte		8	4	5	3	4	2	26
México Sur	10		4	4	4	5	2	29
Guadalajara	3	5		2	2	2	2	16
Monterrey	3	5	2		4	2	2	18
Chihuahua	2	3	2	3		2	2	14
Mérida	3	6	2	2	2		2	17
Acapulco	3	3	1	2	1	2		12
TOTAL	24	30	15	18	16	17	12	132

Tabla 5.7a

		Erlang-B con grado de servicio de 0.01							
		Número de troncales							
Origen ¹	Destino	Méx. N.	Méx. S.	Guadalaj	Monterr.	Chih.	Mérida	Acapul.	TOTAL
	México Norte		12						12
	México Sur	12		8	8		8	3	39
	Guadalajara		6						6
	Monterrey		7			6			13
	Chihuahua				4				4
	Mérida		7						7
	Acapulco		4						4
	TOTAL	12	36	8	12	6	8	3	85

Tabla 5.7b

Si se comparan las tablas 5.7a y 5.7b, se aprecia una gran disminución entre el número de troncales requeridas entre los dos modelos, esto es porque en uno se consideran enlaces entre todas las oficinas y en el otro modelo se optimiza el número de enlaces, lo que obviamente reduce significativamente los costos. Por ejemplo, el número de troncales en total que se necesitan en el primer modelo para todas las llamadas de la red de comunicaciones es de 132, mientras que en el segundo es de 85 troncales, lo que significa un ahorro de 47 troncales requeridas, es decir casi la tercera parte de las troncales del primer modelo.

De esta manera se muestra que es una forma más conveniente la implementación de la red simplificada, por lo que a continuación se muestran las tablas para otros grados de servicio considerando tanto la distribución de Erlang-B como la de Poisson. Cabe mencionar que la diferencia existente entre estas dos distribuciones, es que en Erlang-B, un intento de llamada fallido, será reintentado por el usuario después de un tiempo considerable, mientras que para Poisson, se considera que una llamada perdida se reintente inmediatamente por el usuario, hasta que sea una llamada exitosa, por lo que se van a llevar más intentos de

llamada en menor tiempo, lo que provoca que se sature más el conmutador. Estas consideraciones, se reflejan en la diferencia existente entre los resultados de número de troncales requeridas, de las tablas de Erlang-B con respecto a las de Poisson para grados de servicio similares.

En la tabla 5.8 se muestra el número de troncales requeridas considerando distribución de Erlang-B y un grado de servicio de 0.02, es decir que dos de cada cien intentos de llamada no se consigue.

		Erlang-B con grado de servicio de 0.02						
		Número de troncales						
Origen \ Destino	Méx. N.	Méx. S.	Guadalaj	Monterr	Chih.	Mérida	Acapul.	TOTAL
México Norte		11						11
México Sur	11		7	8		7	3	36
Guadalajara		5						5
Monterrey		6			5			11
Chihuahua				4				4
Mérida		6						6
Acapulco		3						3
TOTAL	11	31	7	12	5	7	3	76

Tabla 5.8

En la tabla 5.9 se muestra el número de troncales requeridas considerando distribución de Erlang-B y un grado de servicio de 0.05, es decir que cinco de cada cien intentos de llamada no se consigue.

		Erlang-B con grado de servicio de 0.05						
		Número de troncales						
Origen\Destino	Méx. N.	Méx. S.	Guadalaj	Monterr.	Chih.	Mérida	Acapul.	TOTAL
México Norte		10						10
México Sur	10		6	7		6	2	31
Guadalajara		5						5
Monterrey		5			5			10
Chihuahua				3				3
Mérida		5						5
Acapulco		3						3
TOTAL	10	28	6	10	5	6	2	67

Tabla 5.9

En la tabla 5.10 se muestra el número de troncales requeridas considerando distribución de Poisson y un grado de servicio de 0.01, es decir que uno de cada cien intentos de llamada no se consigue.

		Poisson con grado de servicio de 0.01						
		Número de troncales						
Origen\Destino	Méx. N.	Méx. S.	Guadalaj	Monterr.	Chih.	Mérida	Acapul.	TOTAL
México Norte		13						13
México Sur	13		8	9		8	3	41
Guadalajara		6						6
Monterrey		7			6			13
Chihuahua				4				4
Mérida		7						7
Acapulco		4						4
TOTAL	13	37	8	13	6	8	3	88

Tabla 5.10

En la tabla 5.11 se muestra el número de troncales requeridas considerando distribución de Poisson y un grado de servicio de 0.02, es decir que dos de cada cien intentos de llamada no se consigue.

		Poisson con grado de servicio de 0.02							
		Número de troncales							
Origen\Destino	Méx. N.	Méx. S.	Guadalaj	Monterr.	Chih.	Mérida	Acapul.	TOTAL	
México Norte		12						12	
México Sur	12		8	8		7	3	38	
Guadalajara		5						5	
Monterrey		6			6			12	
Chihuahua				4				4	
Mérida		7						7	
Acapulco		3						3	
TOTAL	12	33	8	12	6	7	3	81	

Tabla 5.11

En la tabla 5.12 se muestra el número de troncales requeridas considerando distribución de Poisson y un grado de servicio de 0.05, es decir que cinco de cada cien intentos de llamada no se consigue.

		Poisson con grado de servicio de 0.05						
		Número de troncales						
Origen\Destino	Méx. N.	Méx. S.	Guadalaj	Monterr.	Chih.	Mérida	Acapul.	TOTAL
México Norte		11						11
México Sur	11		7	7		7	3	35
Guadalajara		5						5
Monterrey		6			5			11
Chihuahua				4				4
Mérida		6						6
Acapulco		3						3
TOTAL	11	31	7	11	5	7	3	75

Tabla 5.12

En la tabla 5.13 se muestra el número de troncales requeridas considerando distribución de Poisson y un grado de servicio de 0.1, es decir que diez de cada cien intentos de llamada no se consigue.

		Poisson con grado de servicio de 0.1						
		Número de troncales						
Origen\Destino	Méx. N.	Méx. S.	Guadalaj	Monterr.	Chih.	Mérida	Acapul.	TOTAL
México Norte		10						10
México Sur	10		6	6		6	2	30
Guadalajara		4						4
Monterrey		5			4			9
Chihuahua				3				3
Mérida		5						5
Acapulco		2						2
TOTAL	10	26	6	9	4	6	2	63

Tabla 5.13

En la tabla 5.14 se muestran las consideraciones de tráfico, de las llamadas internas de cada oficina, así como las llamadas que se realizan al exterior, y los tiempos promedio de estas llamadas. En esta estadística no se consideran las llamadas entre las oficinas.

Oficina	Núm. llamadas internas promedio hora pico	Tiempo promedio minutos	Núm. llamadas externas promedio hora pico	Tiempo promedio minutos
México Norte	13.4	2.4	20.3	11.8
México Sur	22.9	1.8	18.3	10.5
Guadalajara	7.6	1.3	6.1	3.1
Monterrey	8.1	1.7	9.4	4.8
Chihuahua	3.2	1.4	4.9	2.3
Mérida	5.8	1.9	6.8	3.1
Acapulco	2.2	1.4	3.7	0.9

Tabla 5.14

5.3. Consideraciones Económicas

Grado de Servicio

Quando se dimensiona un conmutador se debe tomar en cuenta el grado de servicio que se desea, tomando en consideración el efecto económico que esto tiene. Si se comparan las tablas con los distintos grados de servicio que se muestran en la sección anterior, se aprecia que el número de troncales se reduce significativamente, si se sacrifica el grado de servicio, lo que no es un factor muy crítico, siempre y cuando no se llegue a niveles en los que se pierdan muchos intentos de llamada. Si se escoge, por ejemplo, usar la tabla de Poisson, por ser la que se usa más en América, debido a la costumbre de la gente de reintentar

inmediatamente las llamadas que no tuvieron éxito; y se escoge un grado de servicio de 0.1, se considera que al usar el número de troncales resultantes, se está dimensionando el conmutador para que se pierda uno de cada diez intentos de llamada, lo que no es muy crítico. De esta forma la tabla escogida, para reducir costos, por número de troncales es la Poisson con grado de servicio de 0.1 (Tabla 5.13).

Consideración de las Troncales como Bidireccionales

Como se han analizado las tablas, se han considerado los enlaces como unidireccionales, aunque en la realidad son físicamente bidireccionales, se considera que en el mismo instante sólo se puede originar una llamada en una sola dirección. Sin embargo si se hace la consideración de que las llamadas sólo parten de un punto, en cada uno de los enlaces, se encuentra que el número de troncales requeridas se reduce aún más. Si bien es cierto que esta consideración aumenta la probabilidad de intentos de llamada perdidos, se puede decir que ésta no llega a representar un riesgo de importancia, para el servicio que se espera dar a los usuarios, por lo que es válido para reducir un poco más el número de troncales y consecuencia los costos de la red. A continuación se muestran las tablas, por medio de las cuales se obtiene, el número de troncales requeridas, tomando en consideración que las troncales son bidireccionales.

En la tabla 5.15a, se muestra el número de llamadas en la hora pico del mes, en ella se consideran las llamadas entre dos puntos en uno sólo. El total de llamadas corresponde al número total de llamadas haciendo la consideración de que las troncales son unidireccionales (Tabla 5.4).

		Número de llamadas en la hora pico del mes							
Origen ¹	Destino	Méx. N.	Méx. S.	Guadalaj	Monterr.	Chih.	Mérida	Acapul.	TOTAL
México Norte			26.4	8.4	8.3	4.4	8.3	1.7	57.5
México Sur				17.6	17.7	9.4	18.8	2.6	66.1
Guadalajara					1.8	0.9	2.3	1.0	6.0
Monterrey						7.3	0.9	1.2	9.4
Chihuahua							0.7	0.6	1.3
Mérida								1.1	1.1
Acapulco									0.0
TOTAL		0.0	26.4	26.0	27.8	22.0	31.0	8.2	141.4

Tabla 5.15a

En la tabla 5.15b, se tiene la misma consideración de sentido bidireccional, pero para la forma reducida de la red de comunicaciones.

		Número de llamadas en la hora pico del mes							
Origen ¹	Destino	Méx. N.	Méx. S.	Guadalaj	Monterr.	Chih.	Mérida	Acapul.	TOTAL
México Norte			57.5						57.5
México Sur				26.0	42.5		31.0	8.2	107.7
Guadalajara									0.0
Monterrey						22.0			22.0
Chihuahua									0.0
Mérida									0.0
Acapulco									0.0
TOTAL		0.0	57.5	26.0	42.5	22.0	31.0	8.2	187.2

Tabla 5.15b

En la tabla 5.15c se muestra la duración promedio de las llamadas, entre los puntos de la red simplificada, tomando en cuenta los promedios mostrados en la tabla 5.3.

Origen ¹	Destino	duración promedio de c/llamada (min)						
		Méx. N.	Méx. S.	Guadalaj.	Monterr.	Chih.	Mérida	Acapulco
México Norte			11.7					
México Sur			9.9	6.9			10.4	7.3
Guadalajara								
Monterrey						6.4		
Chihuahua								
Mérida								
Acapulco								

Tabla 5.15c

En la tabla 5.15d, se muestra el tráfico en erlangs, que se tiene, considerando que los enlaces son bidireccionales.

Origen ¹	Destino	Tráfico en erlangs						
		Méx. N.	Méx. S.	Guadalaj.	Monterr.	Chih.	Mérida	Acapulco
México Norte			11.24					
México Sur			4.28	4.91			5.35	1.00
Guadalajara								
Monterrey						2.36		
Chihuahua								
Mérida								
Acapulco								

Tabla 5.15d

En la tabla 5.15e, se obtiene el número de troncales requeridas entre cada uno de los enlaces, considerando troncales bidireccionales. En la tabla se aprecia una disminución en el número total de troncales de 63 (Tabla 5.13) a 51 (Tabla 5.15e), es decir, hay un ahorro de 12 troncales entre un modelo y otro. También se

aprecia que hay una reducción entre los enlaces, por ejemplo en la tabla 5.13 hay 10 troncales de México Norte a México Sur y otras 10 en sentido inverso, sumando un total de 20 troncales, y en la tabla 5.15e, hay un total de 17 troncales entre ambas oficinas, lo que representa un ahorro de 3 troncales.

Origen\Destino	Poisson con grado de servicio de 0.1							
	Número de troncales							
	Méx. N.	Méx. S.	Guadalaj	Monterr.	Chih.	Mérida	Acapul.	TOTAL
México Norte		17						17
México Sur			8	9		9	3	29
Guadalajara								0
Monterrey					5			5
Chihuahua								0
Mérida								0
Acapulco								0
TOTAL	0	17	8	9	5	9	3	51

Tabla 5.15e

Uso de Líneas Privadas o Líneas Públicas

El costo de una línea pública es mucho más barato que el uso de una línea privada, cuando ésta es poco usada o el enlace es local, por lo que si se trata de reducir el número de líneas privadas, en donde no son críticas, se pueden ahorrar algunas troncales más.

Este caso aplica en el enlace entre las oficinas en una misma ciudad, por ejemplo entre México Norte y México Sur, donde se podrían dejar dos líneas privadas, solamente para la más alta dirección, más las requeridas para las otras oficinas, lo que reduciría el número de troncales entre ambas oficinas de 17 a sólo 9, lo que significa un ahorro de 8 troncales, bajando en consecuencia el total de 51

troncales de la red (Tabla 5.15e) a 43, lo que representa un ahorro de un 15.7 % adicional.

De esta forma la red queda como se muestra en el mapa de la figura 5.2, los números que se indican, son el número de troncales requeridas entre cada oficina.

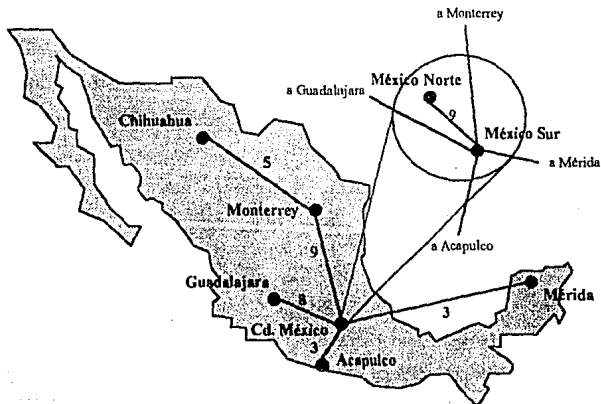


Figura 5.2

Uso de Líneas Digitales o Analógicas

En el caso de esta red, ninguno de los enlaces amerita el gasto de una troncal digital, (capacidad para 30 comunicaciones simultáneas), pues se tienen requerimientos de troncales bastante reducidos, en comparación con la capacidad de una troncal digital, por lo que es más conveniente utilizar líneas analógicas, que son más económicas, y además tienen capacidad para un sólo enlace simultáneo, (en lugar de 30), lo que es suficiente para las necesidades reales de comunicaciones de la empresa, comparando el costo de renta de una línea digital con una analógica.

Instalación de un Conmutador Digital o Analógico

Para el caso de una compañía, como la que se analiza en este ejemplo, en la que existe una política de ahorro de costos innecesarios y para las dimensiones mismas de la empresa, la instalación de un conmutador digital, sólo estaría orientada a tener un lujo, más que una necesidad real, en algunas sucursales, mientras que si se opta por un conmutador analógico, también se pueden obtener los resultados deseados de comunicación. De esta forma la dirección de la empresa ha tomado la decisión de comprar conmutadores digitales para México Sur y México Norte debido a su tráfico interno, que es más considerable; y conmutadores analógicos para las demás oficinas que comprenden a la compañía.

5.4. Relación Costo-Beneficio del Proyecto

Con la instalación de una red de privada de comunicaciones, se obtienen algunos beneficios claros, que reditúan inclusive en la reducción de los costos de la empresa, y también en beneficios, un poco menos tangibles, por ejemplo:

- Al tener una red privada que une a oficinas en ciudades distantes, se reduce claramente los costos de llamadas de larga distancia, pues estos se pagan como renta de líneas privadas y no como llamadas de larga distancia, lo que es más económico, para el tráfico que se tiene.
- Existe un claro beneficio en la eficientización de las comunicaciones internas, al tener una red propia, lo que tiene reflejos indirectos en la productividad de la gente de la empresa al mejorar la comunicación entre las oficinas, y por supuesto eso tiene efectos en los resultados laborales y económicos de la compañía.
- Se tiene comunicación directa y abierta durante todo el día, lo que es importante, cuando se requiere transmitir decisiones rápidamente, sobretodo cuando se trata de atender eficientemente un mercado con la producción de la empresa, y al

mismo tiempo se tiene un reflejo positivo en la satisfacción al cliente, en cuanto a lo que las comunicaciones eficientes puedan aportar.

- Con una red propia, se puede tener más control sobre el tráfico interno, lo que también se refleja en una reducción de costos.

CONCLUSIONES

Los estudios de tráfico telefónico y las consideraciones adecuadas para el correcto dimensionamiento de una red de comunicaciones, son necesarios ya que se convierten en una actividad esencial a realizar, como parte de la estrategia tecnológica que cualquier empresa debe hacer para poder tener una estructura fuerte y una comunicación eficiente.

El llevar a cabo las consideraciones adecuadas, durante los proyectos de telecomunicaciones, reditúa en claros beneficios tanto económicos como, estructurales para la empresa.

Como se muestra en el caso específico del capítulo 5, cualquier empresa que quiera llevar a cabo una instalación de comunicaciones, debe tomar en cuenta sus necesidades actuales y de crecimiento, dentro del marco de la política económica que lleva. Es decir, en muchas ocasiones, la empresa requiere sacrificar algunos lujos en los equipos comprados, o en las dimensiones mismas de la red, para reducir los costos del sistema, pero tomando en cuenta que esa reducción no debe ocasionar serias deficiencias en las comunicaciones, o sea que, el diseño debe contemplar los límites de costo y eficiencia que debe tener el sistema de comunicaciones. De ello debe resultar la infraestructura adecuada, para que la compañía pueda mejorar los procesos de información que requiere día a día para su buen funcionamiento.

En el caso analizado, la empresa ha optado por optimizar los enlaces que existen entre sus oficinas localizadas en distintos puntos del país, lo cual reditúa en un mejor aprovechamiento de las vías de comunicación telefónica, reduciendo significativamente los costos.

Así mismo se optó por ajustar el grado de servicio, a un nivel bajo, pero todavía aceptable, lo cual implica reducir el número de enlaces requeridos entre los distintos puntos, considerando el comportamiento típico de la gente en el continente

Americano, es decir, tomando en cuenta la distribución de Poisson (reintentos de llamada impulsivos).

El uso de líneas privadas donde el volumen de tráfico lo justifica, es otra medida que puede reducir costos; en este caso se optimizan algunas troncales entre las dos oficinas localizadas en la Ciudad de México.

Si bien los conmutadores digitales representan la última tecnología en comunicaciones, en muchas ocasiones, el instalarlos, representan más un gasto suntuoso, debido a las necesidades y dimensiones de la empresa, por lo que es importante valorar si realmente son necesarios o bien se pueden cubrir perfectamente las necesidades con un conmutador analógico. Para el caso de la empresa analizada, se vio que sólo es necesaria la instalación de conmutadores digitales en las oficinas localizadas en la Ciudad de México, sobre todo por el intenso tráfico interno.

De estas consideraciones, y con un seguimiento periódico del tráfico telefónico y de la satisfacción de los usuarios, se pueden realmente percibir los beneficios que proporciona el análisis y estudio de tráfico, ya que es esencial para prevenir futuras saturaciones, debido al crecimiento de la empresa. Esto permite, además, a la organización de la empresa y en particular al área de telecomunicaciones tomar acciones preventivas para poder tener un crecimiento ordenado.

BIBLIOGRAFIA

Bibliografía

1. Freeman, Roger L.

Telecommunication System Engineering

John Wiley & Sons, Inc.

EUA, 1989

2. Bear, D.

Principles of Telecommunication Traffic Engineering

Peter Peregrinus LTD

Reino Unido, 1988

3. Palms, Conny

Telecommunications Traffic

Ericsson Technics

Suecia, 1988

4. Boucher, J. R.

Voice Teletraffic Systems Engineering

John Wiley & Sons, Inc.

EUA, 1989

5. Eldin, Anders y Lind, Gunnar

Elementary Telephone Traffic Theory

Telefonaktiebolaget LM Ericsson

Suecia, 1964

6. Lathi, B. P.

Sistemas de Comunicaciones

Editorial Interamericana

México, 1990

7. Andersen Consulting

Trends in Information Technology

B. McNurIn

EUA, 1991