



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

METODOLOGIA PARA LA PLANEACION, IMPLEMENTACION Y
PUESTA EN OPERACION DE REDES DIGITALES DE COMUNICACIONES
QUE TRABAJEN BAJO UN AMBIENTE DE INTEGRACION
DE SERVICIOS TOMANDO COMO EXPERIENCIA A LA RED
INTEGRAL DE TELECOMUNICACIONES DE LA UNAM

T E S I S :

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

MA. DE LOURDES VELAZQUEZ PASTRANA

MEXICO, D. F.
**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1993



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Indice

Capítulo	1	Introducción y objetivo de la Tesis	1
Capítulo	2	Metodología	3
Capítulo	3	Necesidades y antecedentes	6
		3.1 Necesidades, 6	
		3.2 Antecedentes, 7	
Capítulo	4	Análisis y planteamiento del diseño	14
		4.1 Definición del problema, 14	
		4.2 Planteamiento de un objetivo, 15	
		4.3 Alternativas de solución, 16	
		4.4 Establecimiento de metas a corto, mediano y largo plazo, 19	
Capítulo	5	Diseño	21
		5.1 Usuarios, 21	
		5.2 Dimensionamiento de la red, 22	
		5.3 Configuración de la red, 24	
		5.4 Definición de medios de comunicación, 29	
		5.5 Elección de los equipos, 33	
Capítulo	6	Implementación	38
		6.1 Identificación y adecuación de locales, 39	
		6.2 Infraestructura, 41	

	6.3 Instalación de los equipos, 42	
	6.4 Programación de los equipos, 43	
Capítulo 7	Pruebas	46
	7.1 Pruebas para los cableados, 46	
	7.2 Pruebas para los equipos, 47	
	7.3 Pruebas con tráfico real, 48	
Capítulo 8	Puesta en operación	50
	8.1 Puesta en operación de la red de voz, 50	
	8.2 Integración de servicios, 51	
	8.3 Información del proyecto, 52	
Capítulo 9	Administración	54
	9.1 Definición de servicios, 54	
	9.2 Capacitación, 56	
	9.3 Elaboración de bancos de datos, 58	
	9.4 Mantenimiento, 60	
Conclusiones		62
Anexo A: Análisis de tráfico del sistema analógico		66
Anexo B: Análisis de tráfico del sistema digital		71
Bibliografía		73

1 Introducción y objetivo de la Tesis

La tecnología para las telecomunicaciones digitales ha tenido un desarrollo a pasos agigantados en los últimos años; la necesidad del hombre de comunicarse acortando tiempos y distancias ha permitido que dicha tecnología sea aplicable en un mundo completamente multidisciplinario, de tal forma que un banco, un hospital o una universidad la utilicen como base en sus tareas diarias.

La ingeniería de comunicaciones, al digitalizar las señales, ha logrado la transmisión de video, voz y datos utilizando los mismos medios de comunicación y aunado a esto, la tecnología de las fibras ópticas, los satélites y las microondas han permitido que existan comunicaciones a través de distancias intercontinentales en pocos segundos.

Por las ventajas que traen consigo las redes digitales, las grandes empresas e instituciones han empezado a poner en marcha redes privadas que les permitan llevar a cabo con mayor eficiencia la transmisión de información y gracias a esto se ha visto aumentada en forma considerable la implementación de dichas redes.

Sin embargo, a pesar del auge que se ha tenido a este respecto, es difícil encontrar en la literatura una referencia que exponga de manera completa el proceso que lleva consigo la implementación de este tipo de redes.

Esta implementación va desde una planeación hasta una puesta en operación, de tal forma que la información solo es posible recopilarla en forma aislada en diferentes textos, esto es, existen libros que exponen sobre la administración de redes, otros que hablan del diseño y otros de la planeación.

Objetivo de la Tesis

El objetivo de esta tesis es proponer una metodología que ayude a la planeación y puesta en operación de redes digitales de comunicación que trabajen bajo un ambiente de integración de servicios tomando como experiencia a la Red Integral de Telecomunicaciones de la UNAM.

2 Metodología

La metodología que se propone se desarrolló con base en la experiencia obtenida en el proyecto de la Red Integral de Telecomunicaciones de la UNAM la cual tiene como característica primordial manejar voz y datos simultáneamente.

La metodología que se plantea es la siguiente:

1.- Necesidades y antecedentes

1.1 Establecer las necesidades

1.2 Definir antecedentes

- a) Tecnología utilizada
- b) Capacidad
- c) Configuración
- d) Eficiencia
- e) Fallas y/o deficiencias
- f) Costos por mantenimiento
- g) Vida útil del equipo

2.- Análisis y planteamiento del diseño

2.1.- Definir el problema o en su caso el proyecto a realizar

2.2.- Plantear un objetivo

2.3.- Proponer alternativas de solución

- a) Cambio de equipos
- b) Infraestructura existente
- c) Tipos de tecnologías

2.4.- Establecer metas a corto, mediano y largo plazo

3.- Diseño

3.1.- Usuarios

- a) Identificar cantidad y tipo de usuarios

3.2.- Dimensionar la red

- a) Realizar un análisis de tráfico
- b) Estimar un crecimiento futuro

3.3.- Configurar la red

- a) Distribuir los servicios
- b) Establecer puntos de enlace

3.5.- Definir medios de comunicación

3.6.- Elegir equipos

- a) Criterios de selección
- b) Análisis tecnológico
- c) Análisis económico

4.- Implementación

4.1.- Identificar y adecuar locales

4.2.- Desarrollar la infraestructura

4.3.- Instalar los equipos

4.4.- Programar los equipos

5.- Pruebas

5.1.- Realizar pruebas a los cableados

5.2.- Realizar pruebas a los equipos

5.3.- Realizar una prueba de los equipos funcionando con tráfico real

- a) Análisis entre los mismos equipos
- b) Análisis con la red pública

6.- Puesta en operación

6.1.- Poner en funcionamiento la red de voz

6.2.- Integrar servicios

6.3.- Recopilar información sobre el proyecto

7.- Administración

7.1.- Definir los servicios

- a) Facilidades del sistema
- b) Servicios diferentes a la voz
- d) Aplicar un sistema de tarificación

7.2.- Realizar cursos de capacitación

- a) Para los usuarios
- b) Para el personal que operará y dará mantenimiento a los equipos

7.3.- Elaborar un banco de datos de información

- a) Números telefónicos dados de alta
- b) Posiciones físicas de los servicios en los distribuidores
- c) Elaboración de directorios telefónicos

7.4.- Mantenimiento

3 Necesidades y antecedentes

3.1 Necesidades

Para iniciar la planeación de la red se considera importante establecer las necesidades de comunicación que existen en el sistema que se tiene como base, de tal forma que sea posible justificar su cambio o actualización.

Estas necesidades servirán como pauta para hacer un reconocimiento de qué es lo que se tiene y qué es lo que se requiere para poder cubrirlas.

Los requerimientos de comunicaciones de la U.N.A.M. se delinieron de la siguiente manera:*

- ▣ *Tener una comunicación de voz rápida y eficiente entre sus dependencias sin importar su ubicación física y así mismo tener una comunicación de voz rápida y eficiente con la red pública.*
- ▣ *Mantener una cantidad de extensiones telefónicas suficiente para atender la demanda actual y futura.*
- ▣ *Accesar información de los centros de cómputo de la misma Universidad así como de otras Instituciones del país y del extranjero, ésto también, a través de líneas telefónicas.*

El establecimiento de estas necesidades permitió a la Universidad conocer que el sistema bajo el cual operaba no las cubría ya que éstas surgieron a partir de la experiencia que tenían los usuarios con la red telefónica. De igual manera fué posible definir estas necesidades por el conocimiento de la tecnología actualizada que utilizaban otras Instituciones para el manejo de su información.

Una vez detectadas las necesidades, es conveniente saber la situación en la que se encuentra el sistema y definir si se adecúa a lo que se requiere. Por tanto se continuará estableciendo los antecedentes del mismo.

3.2 Antecedentes

El conocimiento de los antecedentes definirá la situación a partir de la cual se iniciará la modificación o el cambio de sistema estableciendo las causas concretas por las cuales dicho sistema no es aplicable a las necesidades.

Esta consideración se hace ya que en el caso de la Universidad el establecimiento de dichos antecedentes ayudó a definir el problema de comunicación que en ese momento prevalecía.

Los antecedentes de la Red Integral de Telecomunicaciones de la U.N.A.M. se resumen en términos generales como sigue:

El sistema de comunicación hasta noviembre de 1990 se basaba en dos conmutadores principales que daban servicio a la Ciudad Universitaria dividiéndola en dos zonas: la zona escolar que manejaba el 87% de dicho servicio y la zona cultural que proporcionaba el 13% restante.

Algunas de las dependencias fuera de Ciudad Universitaria contaban con equipos de conmutación, otras sólo con líneas directas contratadas al servicio público.

Lo anteriormente expuesto establece en forma general la situación del sistema de comunicación; para establecer los antecedentes en forma detallada se ponen en consideración los siguientes puntos:

a) Tecnología utilizada

En la U.N.A.M. el conmutador de la zona escolar era un equipo Ericsson modelo AKD 791. La tecnología con la cual basaba su funcionamiento era electromecánica por lo que se encontraba dos generaciones atrás de los equipos de vanguardia en ese ramo. Por basar su funcionamiento en relevadores, el número de servicios para los cuales fué instalado lo hacía ocupar una sala de aproximadamente 100m².

El conmutador instalado en la zona cultural era un equipo Harris modelo 1206-S de tecnología electrónica, sin embargo su funcionamiento se realizaba totalmente con señales analógicas por lo que lo colocaba una generación atrás de los equipos de punta.

El cableado de toda la red de comunicación estaba hecho en su totalidad de cobre y era rematado en los edificios en regletas que utilizaban plintos para su conexión.

Para el caso de la Universidad conocer la tecnología con la cual se basaba el sistema permitió establecer que ésta no era aplicable a los requerimientos definidos. Esto, debido a que no era posible hacer una expansión en el número de servicios ya que dicha expansión estaba limitada por el espacio físico que ocupaban los equipos. Por otro lado la comunicación analógica no permitía la transmisión de datos en forma directa teniendo que hacer uso de equipos como los MODEMS.

b) Capacidad

Se requiere conocer la capacidad del o los equipos ya que debe existir una relación adecuada entre la cantidad de usuarios y el número de servicios.

En el caso de la Universidad la capacidad con la que contaban los equipos era la siguiente:

Capacidad de los equipos analógicos principales en Ciudad Unversitaria

CONMUTADOR	TRONCALES	EXTENSIONES
AKD 971	340	3000
HARRIS 1206	60	900

Tabla 3.1

Al conocer la capacidad de los equipos se observó que éstos no tuvieron una actualización en su tecnología ni en el número de servicios desde que fueron adquiridos, por lo que el crecimiento de la población y la creación de nuevas dependencias llevaron a que se saturaran continuamente.

c) Configuración

La configuración bajo la cual opera la red permite conocer la posibilidad de que exista o no saturación en el sistema debido a la distribución de los enlaces.

La configuración bajo la cual operaba la red analógica en la Universidad era altamente centralizada. El conmutador de la zona escolar daba servicio a 21 áreas o distritos en los que estaba dividida la Ciudad Universitaria y el conmutador de la zona cultural alimentaba 9 distritos más.

Existía un enlace físico entre los dos conmutadores de tal forma que existía comunicación entre las dos zonas.

Para el caso de la U.N.A.M. este análisis dió a conocer que la configuración bajo la cual se basaba su sistema de comunicación no era la más adecuada. Esto, por que no existían diferentes rutas de acceso a los equipos ocasionando el bloqueo de los canales.

d) Eficiencia

Las condiciones bajo las cuales trabaja el sistema de comunicación en cuanto a medidas de tráfico es primordial conocerlas ya que no sólo permite determinar la eficiencia en ese momento sino que también ayudará a establecer las dimensiones que se requieren para el funcionamiento eficaz de la red. Estas medidas es posible obtenerlas con ayuda de la ingeniería de tráfico.

En la Universidad se realizó un estudio de tráfico (Anexo A) con los conmutadores analógicos. Dicho análisis permitió conocer las condiciones de grado de servicio y densidad de tráfico por extensión, mostrando valores que de acuerdo a las recomendaciones del CCITT no permiten el funcionamiento de un sistema eficientemente.

Los resultados de dicho estudio fueron los siguientes:

▣ Grado de servicio

El CCITT recomienda un grado de servicio en un sistema de conmutación telefónico de 0.01, esto es, que una de cada 100 llamadas no se complete.

Para el caso del conmutador en la zona cultural no se realizaron 43 llamadas de 55 que se intentaron, esto es el 78% del total.

En la zona escolar no se completaron 20 llamadas de 55 que se intentaron, que equivale al 36% del total.

Grado de servicio en los principales conmutadores analógicos de la UNAM

CONMUTADOR	GRADO DE SERVICIO
Zona Cultural	0.78
Zona Escolar	0.36

Tabla 3.2

▣ *Densidad de tráfico*

El CCITT recomienda una densidad de tráfico de 0.2 Erlangs/extensión para un sistema comercial, que es como se considera a la Universidad.

El conmutador de la zona cultural presentó una densidad de 0.01 Erlangs/extensión y en la zona escolar un 0.04 Erlangs/extensión.

Densidad de tráfico en los principales conmutadores analógicos de la UNAM

CONMUTADOR	DENSIDAD*
Zona Cultural	0.01
Zona Escolar	0.04

Tabla 3.3

En la Universidad la realización de este estudio de tráfico no permitió conocer la dimensión real que debía tener la red ya que no se podía contar con elementos suficientes para determinar el tráfico generado por la población usuaria. Sin embargo, sí se obtuvo información sobre las condiciones de comunicación, las cuales no eran favorables para un sistema comercial que es como se define a la Universidad (Ver tablas 3.2 y 3.3).

e) *Fallas y/o deficiencias*

Con este análisis es posible resumir las condiciones que definen el cambio o la actualización de los equipos.

Las fallas y deficiencias en la Universidad se concretan con lo siguiente:

En los últimos años, la población de la Universidad aumentó aceleradamente sin reflejar dicho aumento en el servicio telefónico de tal forma que los equipos de comunicación se saturaron problemáticamente.

La comunicación hacia la red pública representaba la ejecución de por lo menos tres intentos de hasta 20 segundos para poder recibir el tono de salida.

Realizar llamadas desde la red pública implicaba ocupar hasta 15 minutos en varios intentos para recibir contestación de la operadora.

De la capacidad instalada en el equipo AKD 971 el 28% de las extensiones estaban fuera de servicio por estar dañadas o por que no se ocupaban.

El conmutador de la zona cultural tenía sin funcionar el 30% de sus extensiones por estar dañadas o porque no se ocupaban.

Por la configuración centralizada con la que operaba el sistema se veían afectadas un gran porcentaje de las extensiones cuando surgían problemas en alguno de los conmutadores, adicionalmente a esto, si el enlace que permitía la comunicación entre los dos equipos se dañaba o simplemente se saturaba, ambas zonas quedaban incomunicadas una de la otra.

Los cableados de cobre habían sido continuamente reparados debido a que por las características de conductividad del suelo en Ciudad Universitaria recibían descargas continuamente.

Por la tecnología atrasada que tenía el conmutador AKD 791 no era posible encontrar en el mercado sus partes y refacciones por estar discontinuadas e igualmente dicha tecnología no permitía la expansión en servicios del equipo ya que ésta expansión dependía del área que albergaba al conmutador.

A través del establecimiento de las fallas y deficiencias en el sistema de comunicación de la Universidad se observó que era necesario actualizarlo ya que no cumplía con las características suficientes para satisfacer las necesidades de la población univesitaria.

f) Costos por mantenimiento

El conocimiento del monto al que asciende el mantenimiento de los equipos es importante para determinar la relación costo/beneficio del sistema.

Los costos por mantenimiento a los equipos conmutadores de la Universidad ascendían a \$294,000,000.00 anuales aproximadamente incluyendo a los de las dependencias en la zona metropolitana como son las ENEPs. Los gastos por el mantenimiento de los cableados no se incluyeron en este estudio.

La siguiente tabla muestra un desglose de dicho monto.

Costos anuales por mantenimiento

UBICACION	CONMUTADOR		COSTO ANUAL POR MANTENIMIENTO
	MARCA	MODELO	
Zona Escolar C.U.	Ericsson	AKD 791	173'563,9922
Zona Cultural C.U.	Harris	1200 S	57'845,664
ENEP Acatlán	Indetel	P 200 D	20'824,439
FES Zaragoza	Indetel	P 200 B	14'461,416
ENEP Iztacala	Indetel	P 200 B	14'461,416
ENEP Aragón	Ericsson	AKD 860	9'640,944
DGSCAd	Ericsson	AKD 735	2'892,283

Tabla 3.4

Conocer los montos en mantenimiento de los equipos de conmutación en la Universidad permitió deducir que dichos montos eran altos y aún así no soportaban al equipo funcionando al 100% de su capacidad ni con la eficiencia esperada, igualmente, tomándolos como base, permitieron hacer un estudio costo/beneficio sobre el nuevo sistema.

g) Vida útil

Es conveniente establecer el tiempo que llevan operando los equipos y el tiempo que les queda en funcionamiento ya que con esto es posible definir un punto para el cambio del equipo a tecnologías nuevas.

El equipo de conmutación AKD 791 fue instalado en la Universidad en 1978 y dió servicios a otra institución durante tres años ante de ser adquirido por la U.N.A.M.

Desde su instalación operó con una gran cantidad de usuarios y por el crecimiento de la población se intentó que trabajara a toda su capacidad.

El problema de estar discontinuadas sus refacciones desde 1985 indicaba que se encontraba en momento de cambio ya que casi el 30% de sus servicios estaban dados de baja.

Respecto a los cableados de cobre, existían aproximadamente 6442 metros de cable 100% dañado, los cuales habían sido instalados desde 1970 y definitivamente se encontraban en momento de cambio.

Existían 8529 metros de cable que se encontraban parcialmente dañados y se les estimaba hasta 2 años de vida útil.

El establecimiento de la vida útil de los equipos y la de los cableados le permitió definir a la Universidad que efectivamente era necesario un cambio total no sólo por la incapacidad de la red de dar servicio a todos sus usuarios sino por el poco tiempo de vida útil que les quedaba. Igualmente, la tecnología atrasada no se adecuaba a los requerimientos establecidos.

4 Análisis y planteamiento del diseño

El análisis y planteamiento del diseño permitirá plantear un objetivo y las posibles soluciones que ayuden a la realización del mismo.

En este punto es importante aclarar que no se considera necesario la existencia de un problema para pensar en un cambio o una innovación de una red de comunicaciones, sin embargo sí se recomienda fijar un objetivo y definir metas para cumplir con dicho objetivo.

Considerando la existencia de un problema se propone analizar la situación de comunicación con ayuda de los antecedentes y con la misma experiencia que tienen los usuarios para que de esa manera se llegue a definirlo.

4.1 Definición del problema

Para el caso de la Universidad sí existía un problema de comunicación, por lo que a continuación se dará a conocer brevemente.

La UNAM es una institución que realiza tareas de carácter educativo e igualmente lleva a cabo funciones de investigación así como actividades culturales y recreativas que son extensivas al público en general por tanto, necesita de una amplia y eficiente administración.

Ninguna de las áreas mencionadas anteriormente es totalmente independiente, de tal forma que se requiere una comunicación de voz y datos constante entre dependencias de la U.N.A.M. así como con otras Universidades del país y del extranjero.

Todas las actividades de la Universidad estaban soportadas por la red de comunicación cuyos antecedentes se mencionaron en el capítulo anterior y que en función del problema se pueden resumir como sigue:

- ❑ *El número de servicios instalados no se adecuaba al número del personal que los utilizaban, esto es, 2 750 extensiones daban servicio a 47 000 usuarios aproximadamente, sin considerar a la población estudiantil.*
- ❑ *La comunicación desde y hacia la red pública era difícil de realizar debido a la gran demanda de servicio que tenía el conmutador y que por su carencia de un número adecuado de troncales no la podía satisfacer.*
- ❑ *El equipo principal de conmutación llevaba muchos años en funcionamiento y un gran porcentaje de sus servicios no operaba por problemas de mantenimiento, finalmente*
- ❑ *Los cableados de cobre tenían graves problemas causados por envejecimiento y las características eléctricas del suelo en Ciudad Universitaria.*

La definición del problema permitió a la Universidad plantear un objetivo que estableciera el cambio del sistema a partir de puntos específicos.

4.2 Planteamiento de un objetivo

Partiendo de la definición del problema o del proyecto a realizar es importante establecer el objetivo al cual se debe llegar e igualmente las metas a cumplir para lograr dicho objetivo, ésto ayudará a definir las características del diseño tanto en tecnología como en configuración.

En el caso de la Universidad y en virtud de su magnitud y de la importancia de los servicios de comunicación, se crea una Dirección encargada de llevar a cabo la realización del proyecto de la red digital; dicha Dirección plantea como objetivo:

"Cambiar el sistema telefónico en la Universidad utilizando equipos y medios de transmisión de vanguardia que sean aplicables a las necesidades de la comunidad universitaria, que permitan la comunicación de voz y datos a través de una red digital privada no importando la ubicación geográfica de sus dependencias y que igualmente permita su actualización tecnológica y su expansión"

Para llevar a cabo este objetivo se plantearon las siguientes metas:

- ▣ *Solucionar los problemas de comunicación de voz.*
- ▣ *Solucionar los problemas de transmisión de datos.*
- ▣ *Multiplicar el número de servicios telefónicos tomando en consideración el crecimiento estimado de la Universidad durante los próximos 10 años.*
- ▣ *Adquirir equipo que evolucione a la par de la tecnología en comunicaciones.*
- ▣ *Comunicar voz y datos a todas y cada una de las dependencias de la Universidad a través de los mismos canales de comunicación.*

Con base en el objetivo planteado fué posible establecer que:

- ▣ *La configuración del sistema no sería centralizada como la red anterior.*
- ▣ *La red no sería analógica debido a que las características de ésta comunicación no permitirían realizar la integración de servicios.*
- ▣ *No se utilizaría cable de cobre para los enlaces entre conmutadores para evitar problemas de inducción y conducción.*

4.3 Alternativas de solución

Con un objetivo definido es necesario conocer las posibles soluciones que existen para llegar a cumplirlo considerando todas las opciones.

La Universidad planteó como sus posibles soluciones las siguientes:

- ▣ *En Ciudad Universitaria hacer un cambio total del equipo y de la infraestructura existente migrando a una tecnología digital, esto con la opción de realizarlo en una o varias etapas.*

- *En Ciudad Universitaria hacer un cambio total del equipo haciendo el cambio a tecnología digital pero reutilizando la infraestructura existente, ésto efectuándolo en una o varias fases.*
- *Para el área metropolitana y el Interior de la República realizar la comunicación con sistemas digitales ya sea a través de la red pública o con enlaces privados.*

Conociendo las posibles soluciones las siguientes alternativas se ponen en consideración para elegir la más adecuada a la resolución del problema.

a) Cambio de equipos

Es importante determinar si el equipo existente se puede adaptar de manera que satisfaga las necesidades del nuevo sistema, ésto, considerando el costo que implicaría dicha adaptación ya que si se alcanza un monto igual o mayor que el de adquirir un nuevo equipo, es preferible hacer el cambio en su totalidad.

Por los antecedentes del equipo en la Universidad se decidió que no tenía opción a ser modificado en forma parcial, por lo que se concluyó en hacer un cambio total del mismo.

b) Infraestructura existente

Con infraestructura se quiere dar a entender todo lo referente a ducterías y cableados.

Es importante hacer una valuación de ésta infraestructura de manera que se defina su posible reutilización total o parcial y en caso de no ser aplicable a la nueva red entonces realizar un cambio completo.

Para el caso de la Universidad se hizo un reconocimiento de toda la ductería en Ciudad Universitaria de manera que fué posible establecer las trayectorias de todos los cableados, sus longitudes, el número de pozos o registros y la ubicación de los mismos, e igualmente los ductos libres a través de dichas trayectorias y las acometidas a todos los edificios.

Las condiciones de los cableados se conocían por los antecedentes que se tenían, por lo que se decidió hacerlos nuevos, sin embargo era posible reutilizar en gran parte la canalización existente debido a los ductos que permanecían libres.

c) Tipos de tecnologías

Para elegir la tecnología es importante considerar aquella que se encuentra a la vanguardia en comunicaciones y que sea aplicable a las actividades que se desean realizar con la nueva red.

La tendencia que se tiene actualmente es sobre la tecnología digital ya que permite la transmisión de grandes volúmenes de información en tiempos considerablemente cortos. Igualmente, los sistemas digitales tienen una mayor confiabilidad en cuanto a que disminuye la posibilidad de pérdida de la señal o distorsión de la misma.

En la Universidad se decidió aplicar una tecnología de conmutación digital utilizando la fibra óptica, los enlaces satelitales y por microondas para la comunicación con sus dependencias en el área metropolitana y en el interior de la República.

La tecnología de los equipos debía permitir la integración de los servicios como voz y datos inicialmente y la comunicación de video en un futuro.

Con base en éstas alternativas la Universidad estableció la solución óptima a la problemática en su sistema de comunicación.

Dicha solución se resume en los siguiente:

- ▣ *Se sustituirá el sistema actual de conmutadores por un sistema integral y descentralizado que incluya más de dos conmutadores digitales*
- ▣ *Se reutilizará en lo posible la infraestructura existente, y se creará nueva infraestructura en los casos que así se requiera.*
- ▣ *Se usará lo menos posible el cableado convencional de cobre y finalmente,*
- ▣ *Por la magnitud del proyecto se realizará en más de una etapa considerando la urgencia de comunicación de las dependencias.*

4.4 Establecimiento de metas a corto, mediano y largo plazo

El establecimiento de metas en tiempos establecidos permitirá calendarizar el proyecto y dividirlo en fases o etapas.

Se considera que éstas fases deben incluir desde la definición del diseño hasta la puesta en operación. Con el cumplimiento de dichas fases se llegará a la totalidad del proyecto.

Las metas a corto plazo establecidas por la Universidad contemplaron las siguientes actividades:

- ▣ *Realización de un análisis global de las necesidades de servicios en las dependencias, partiendo de los siguientes datos*
 - *Con la nómina Universitaria de 1989 se definió el personal que laboraba a esa fecha, e igualmente con el anuario del mismo año se tomó el número de estudiantes por Facultad y Escuela.*
 - *Se clasificaron las dependencias según su función principal.*
 - *Se identificaron tanto la distribución geográfica como la densidad de población de las dependencias dentro y fuera del área metropolitana, y finalmente,*
 - *Se dividieron a las dependencias en cuatro grupos de acuerdo a sus necesidades de comunicación.*
- ▣ *Elección y compra de los equipos de conmutación.*
- ▣ *Identificación de los locales que albergarían a los equipos.*
- ▣ *Definición de las rutas que interconectarían a los equipos así como las que unirían a los conmutadores con las dependencias.*

El cumplimiento de éstas metas permitió a la Universidad establecer características de diseño tales como la dimensión de la red y la distribución de los equipos, así como el número de enlaces a realizar a través de satélite y microondas.

Las metas definidas a mediano plazo comprendieron:

- ▣ *Instalación de los equipos de conmutación.*
- ▣ *Instalación de los diferentes medios de comunicación.*
- ▣ *Puesta en operación de los equipos.*

Con el cumplimiento de éstas metas se realizó en el lapso de tres años, el cambio de la red de voz analógica a digital.

Con ésto, se pusieron en funcionamiento el número de servicios que existían en los conmutadores principales tanto en el campus de Ciudad Universitaria como en la Dirección General de Servicios de Cómputo para la Administración y las Unidades Multidisciplinarias del área metropolitana.

Las metas a largo plazo que planteó la Universidad fueron:

- ▣ *Expandir el número de servicios con base en los requerimientos que cada dependencia haya establecido.*
- ▣ *Aumentar la comunicación de datos a través de la nueva red utilizando los mismos canales de voz.*
- ▣ *Preparar la red para integrar nuevos servicios como el video y las imágenes.*

Estas metas propuestas por la U.N.A.M. permitirán el aumento de servicios tanto en voz como en datos, en las dependencias que así lo soliciten.

5 Diseño

Con el objetivo y las metas a cumplir establecidas, se propone continuar con la definición del diseño para establecer las características particulares con las que contará el sistema.

Estas características deben permitir el funcionamiento del sistema de acuerdo a los requerimientos establecidos anteriormente.

Los siguientes puntos que se desarrollan se consideran importantes para llevar a cabo éste diseño.

5.1 Usuarios

Para iniciar el diseño se plantea establecer la cantidad y el tipo de usuarios.

a) Cantidad y tipo de usuarios

La cantidad de usuarios establecerá una pauta para definir el tamaño que tendrá la red ya que el número de servicios debe ser proporcional a dichos usuarios en función de las necesidades de los mismos.

El tipo de usuarios justificará los requerimientos de servicios con base en la actividad que desempeñan.

En la Universidad ésta información se obtuvo de la nómina Universitaria de julio de 1989. Se levantó un censo del personal que labora en UNAM y se hizo una tabla para dividirlos en los siguientes tipos de usuarios: investigadores, técnicos académicos, profesores de carrera (estos tres de tiempo completo), profesores de asignatura y administrativos.

Con el anuario de 1989 se tomó el número de estudiantes por Facultad y Escuela.

Los datos obtenidos son los siguientes:

Tipo de población atendida en la UNAM

TIPO DE POBLACION	POBLACION ATENDIDA
Investigadores (I)	1,569
Técnicos Académicos (TA)	2,329
Profesores de Carrera (PC)	2,624
Profesores de Asignatura (PA)	19,780
Administrativos(A)	21,253
Estudiantes (E)	130,860
Total	178,415

Tabla 5.1

Esta consideración se hizo únicamente con la población de las dependencias que inicialmente formarían parte del proyecto.

En la Universidad el conocer la cantidad y tipo de usuario permitió darle la dimensión al proyecto, ya que no fué posible definirlo por otros medios como el análisis de tráfico.

5.2 Dimensionamiento de la red

Conociendo la cantidad de usuarios que trabajarán con la nueva red, se plantea establecer el número de servicios y su densidad con los que se permitirá un funcionamiento eficiente.

Esta estimación es posible realizarla a través de la Ingeniería de tráfico, la cual permite determinar la demanda del servicio telefónico en un cierto sistema, así como la capacidad requerida que permita satisfacer dicha demanda.

a) Análisis de tráfico

Para darle dimensión a la red se propone inicialmente realizar un análisis de tráfico. Con dicho análisis se obtendrán características del sistema tales como la densidad de tráfico

por extensión, el grado de servicio del sistema, el número de llamadas perdidas, el tiempo promedio por llamada y un perfil de tráfico con el que se determine la hora más ocupada durante un día.

Las medidas que se obtengan permitirán dar una estimación sobre el número de servicios y el número de troncales requeridos, todo esto con ayuda de la ingeniería de tráfico

En la Universidad se realizó un análisis de tráfico con el cual se determinaron las condiciones de operación de los conmutadores analógicos (anexo A). Dichos resultados diferían en mucho a las medidas recomendadas por el CCITT, por lo que se concluyó que el sistema no era eficiente.

Por no tener los medios para cuantificar el tráfico real generado por la cantidad de usuarios existentes en la Universidad, los datos obtenidos en el estudio de tráfico antes mencionado, no permitieron su manejo para hacer la estimación de la dimensión del proyecto.

La capacidad del equipo con el que contaría la red se definió básicamente por la cantidad de usuarios y por el tipo de actividad que realizaban los mismos.

Con base en la división de los tipos de usuarios existentes en la Universidad se diseñó un modelo que se adecuara a sus actividades primordiales.

Este modelo se estableció tomando en cuenta si la actividad se realizaba de tiempo completo o si se efectuaba solo en medio tiempo. Igualmente, se consideró si dicha actividad requería de una comunicación constante con otras Universidades, centros de investigación u otras dependencias.

El modelo que se planteó fué el siguiente:

$$\text{Servicios requeridos} = 1(I) + 0.5(TA) + 1(PC) + 0.08(PA) + 0.25(A) + 0.002(E)$$

Con éste modelo la estimación para cada tipo de población fué la siguiente:

Tabla 5.2 Estimación de servicios (incluye crecimiento esperado en 10 años)

TIPO DE POBLACION	POBLACION	PROPORCION	ESTIMACION
Investigadores (I)	1,569	1.000	1,569
Técnicos Académicos (TA)	2,329	0.500	1,165
Profesores de Carrera (PC)	2,624	1.000	2,624
Profesores de Asignatura (PA)	19,780	0.080	1,583
Administrativos (A)	21,253	0.250	5,314

TIPO DE POBLACION	POBLACION	PROPORCION	ESTIMACION
Estudiantes (E)	130,860	0.002	262
Total de Servicios requeridos			12,517

Tabla 5.2 Continuación

En la estimación se obtuvieron 12,517 servicios, sin embargo, éste número se llevó a 13,000 para considerar un factor de seguridad.

El número de troncales se estimó con base en la distribución de los servicios, por lo que esta estimación se explicará más adelante.

El análisis de tráfico realizado en la Universidad no permitió proyectar la dimensión de la red debido a las características de los equipos.

Sin embargo, fué posible determinar las condiciones de comunicación y compararlas con las recomendaciones del CCITT.

b) Estimar un crecimiento futuro

Se considera importante tomar en cuenta para la estimación del número de servicios, el crecimiento que se pudiera tener en usuarios en un tiempo futuro.

Esto es, para mantener el equipo funcionando sin problemas de saturación por el aumento de la población y así mismo evitar la actualización a corto plazo del sistema debido a dicho aumento.

Para el caso de la Universidad ésta consideración se reflejó a través del modelo planteado donde se determinó un número de servicios tres veces mayor al existente, el cual podría funcionar sin problemas de saturación en un lapso de 10 años después de la instalación de los equipos.

5.3 Configuración de la Red

Una configuración adecuada de la red en función con el número de servicios, permitirá que disminuya la probabilidad de saturación en los canales de comunicación y así mismo disminuirá la posibilidad de bloqueo de los equipos. Estas características son posible lograrlas con la redundancia del sistema.

Con el establecimiento de la topología, se logrará definir la distribución de los servicios así como los puntos de enlace o nodos con los que contará la red.

En la Universidad se planteó utilizar un sistema altamente distribuido debido a las experiencias que se tuvieron con la red analógica.

Esta distribución estableció la instalación de varios equipos de conmutación instalados estratégicamente en sus diferentes campus, formando una topología malla-estrella.

La malla estaría conformada por varios equipos principales que permitirían la intercomunicación entre todas las dependencias: éstos equipos son los que llevarían la mayor carga de tráfico.

Los equipos secundarios formarían la estrella hacia el núcleo de equipos principales (malla) y manejarían solamente el tráfico de las dependencias que alimentarían.

Esta configuración permitiría tener un mejor control y mantenimiento de los equipos de conmutación, e igualmente, ofrecería vías alternas de comunicación entre las extensiones telefónicas.

a) Distribución de servicios

La distribución de los servicios ayudará a definir la dimensión de cada uno de los equipos que formarán el total que se ha proyectado.

Se plantea identificar la ubicación de cada una de las dependencias que formarán la red y la cantidad de usuarios de cada una de ellas, esto, para identificar la densidad de población existente.

En el caso de la UNAM se tomó como referencia los 30 distritos en que estaba dividida Ciudad Universitaria con la red analógica y se delimitó la densidad de población en dichas áreas, observándose mayor densidad en la zona escolar y en la zona científica.

Con el modelo desarrollado para la determinación del número de servicios, se hizo una estimación para cada una de las dependencias que formarían la red.

b) Establecer puntos de enlace

La identificación de los nodos que manjará la red es posible establecerlos en función de la cantidad de servicios que requerirán las dependencias que estén proyectadas a trabajar en el sistema.

La definición de los puntos de enlace ayudará a establecer los medios de comunicación a utilizar al considerar las características geográficas que unen a dichos puntos.

Para establecer los nodos que formarían la red digital en la Ciudad Universitaria, se aprovechó la distribución en distritos hecha para la red analógica, de tal forma que cada uno de dichos nodos estaría formado por varias dependencias.

Para la definición de la dimensión del nodo se consideraron básicamente la densidad de población existente y las distancias entre dependencias.

Esto, para dar un mejor servicio en las zonas con mayor densidad de población y para evitar en lo posible cableados de cobre considerablemente largos.

Estas dos situaciones se analizaron en las diferentes zonas de C.U. y se estableció la distribución de 20 equipos.

Estos 20 nodos, con base en la estimación de servicios, quedaron definidos como se muestra en la siguiente tabla con sus respectivas capacidades.

Tabla 5.3 Distribución en Ciudad Universitaria

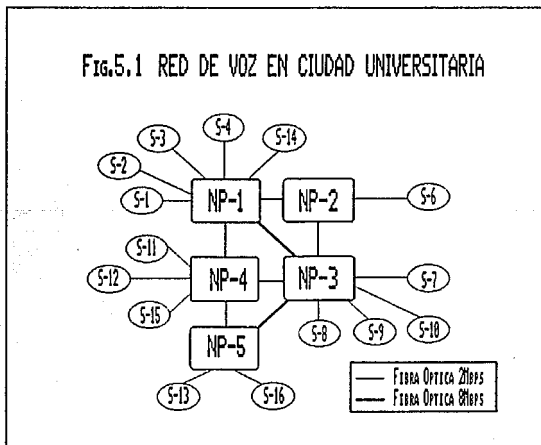
NODO	NUMERO DE SERVICIOS
NP-1	600
NP-2	600
NP-3	900
NP-4	600
NP-5	800
S-1	600
S-2	600
S-3	400
S-4	400
S-6	400
S-7	500
S-8	500

NODO	NUMERO DE SERVICIOS
S-9	400
S-10	700
S-11	300
S-12	400
S-13	400
S-14	400
S-15	400
S-16	400

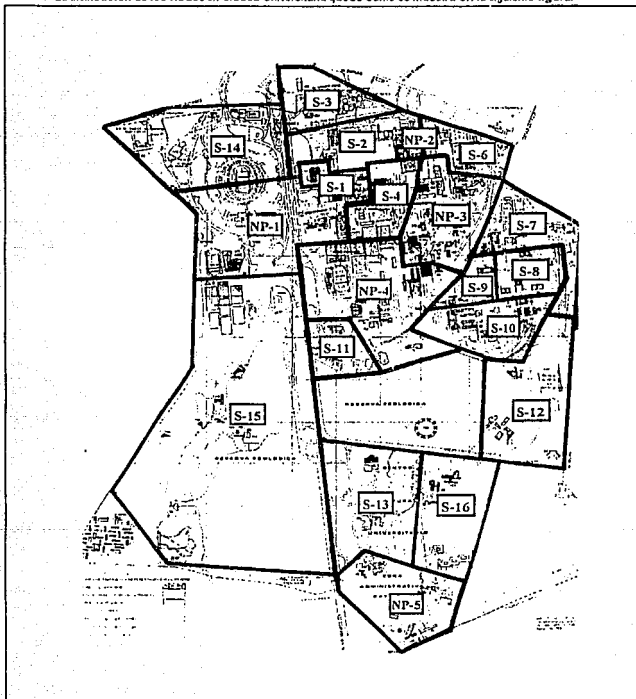
Tabla 5.3 Continuación

Tomando en consideración la configuración definida, se establecieron 5 nodos principales interconectados, por los cuales se plantearon diferentes rutas de acceso a las dependencias; los 15 nodos restantes o nodos satélites, se enlazaron a alguno de los 5 nodos principales.

La interconexión de los 20 nodos mencionados fué la que se muestra en la siguiente figura:



La distribución de los nodos en Ciudad Universitaria quedó como se muestra en la siguiente figura.



En las dependencias en la zona metropolitana, fuera de C.U., se estimó instalar un conmutador en cada una de ellas, debido a la población existente en las mismas.

Estas dependencias fueron: las 3 ENEPs Acatlán, Aragón e Iztacala; las dos FESs Cuautitlán y Zaragoza y por último la Dirección General de Servicios de Cómputo para la Administración. La FES Cuautitlán tiene dos campos y se instaló un equipo en cada uno de sus campos.

Con éstas dependencias, se hicieron un total de 27 equipos de conmutación que darían servicio a la Universidad.

Las dependencias en el interior de la República que se unirán a la red, se estimó enlazarlas con una línea de datos y dos líneas de voz en el caso de que así se requiriera.

Las dependencias proyectadas en el Interior de la República fueron: las zonas científicas de Cuernavaca y Ensenada; el observatorio del Instituto de Astronomía en San Pedro Mártir B.C.; los centros de Investigación del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología en Mazatlán, Sin. y Puerto Moleros, Q.Roo.; el centro de investigación del Instituto de Investigaciones en Materiales en Temixco, Mor. y finalmente, la estación concentradora de sismógrafos del Instituto de Geofísica en Tetitlán Gro.

Con estas dependencias quedaron definidos 34 nodos para formar la red digital de telecomunicaciones de la UNAM.

La especificación de los nodos y la determinación de la dimensión de los mismos, permitió a la Universidad conocer el número de troncales con los que trabajaría el sistema.

Con el establecimiento de la dimensión de cada uno de los nodos, se estimó el número de troncales requeridas para los 13 000 servicios.

Dicha estimación, se realizó con la aplicación de la Ingeniería de tráfico, asumiendo un valor de 0.2 Erlang por extensión como densidad de tráfico y una distribución de tráfico entrante del 62.5%.

La estimación fué de 2400 troncales digitales en total (entrada y salida) que se conectaron en 3 de los nodos principales.

5.4 Definición de medios de comunicación

Con el establecimiento de los puntos de enlace de la red, se propone definir los medios de comunicación a utilizar para cada uno de los nodos.

La elección de estos medios dependerá de las condiciones geográficas que existan para unir los nodos al igual que la cantidad de tráfico que se manejará a través de ellos.

Es importante también hacer la consideración de las características técnicas que tienen los diferentes medios de comunicación tales como las fibras ópticas, las microondas o los enlaces vía satélite.

En la Universidad se definieron diferentes tipos de enlaces para comunicar sus nodos.

En Ciudad Universitaria todos los conmutadores se interconectaron con fibras ópticas ya que éstas son un medio de comunicación muy confiable y tiene un ancho de banda muy amplio por lo que pueden transmitirse datos y voz a velocidades muy altas.

También se eligió la fibra óptica por tener una característica importante para los suelos que se tienen en C.U. ya que son elementos no conductores.

Los cinco nodos principales por los cuales existiría un mayor tráfico que en los nodos satélites, se estableció conectarlos a través de fibras ópticas con una velocidad de 8.448 Mbits/seg.

Los nodos satélites se unieron a los principales con velocidades de 2.048 Mbits/seg.

Cada una de las extensiones tanto en Ciudad Universitaria, como en las Unidades multidisciplinarias en el área metropolitana se conectaron a través de cable de cobre a sus respectivos conmutadores.

Los enlaces para las dependencias en el área metropolitana y en el interior de la República se realizaron a través de microondas y satélite, ya que la utilización de la red digital pública implicaba un alto costo de inversión y era limitante debido a que la Universidad tenía que crecer al ritmo de ellos.

Los enlaces a través de antenas de microondas se realizaron en lugares donde la distancia no fué mayor de 25 Km y donde las características de línea de vista y radio de fresnel no fueron afectadas, igualmente estos enlaces soportaban los canales de voz requeridos para enlazar a éstas dependencias.

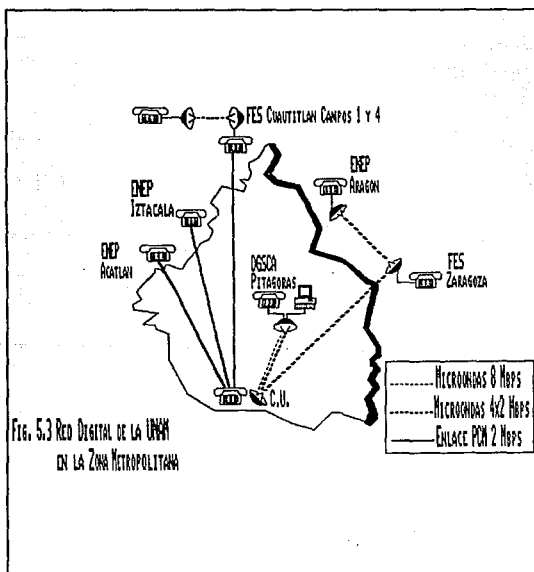
Por las características antes mencionadas, se unieron a través de microondas la FES Zaragoza, la ENEP Aragón y la DGSCAd. También se instaló un enlace de microondas entre los campos 1 y 4 de la FES Cuautitlán.

Cada uno de los enlaces tiene 4 canales de 2.048 Mbps.

Las otras dependencias del área metropolitana por no tener línea de vista no fué posible unirlos a través de microondas, por lo que se conectaron con enlaces privados de la red pública con características PCM de 2.048 Mbps.

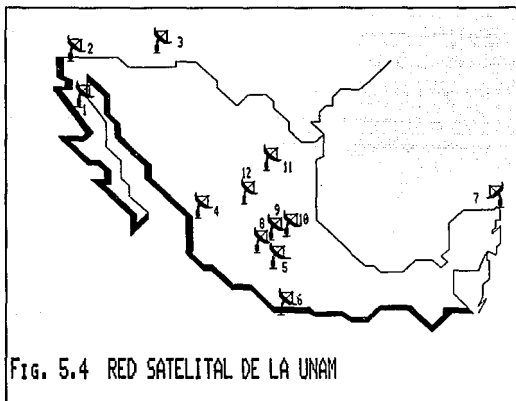
Estas dependencias fueron las ENEPs Acatlán e Iztacala y la FES Cuautitlán.

La siguiente figura muestra los enlaces realizados en el área metropolitana.



Las dependencias en el interior de la República fué posible enlazarlas a través de satélite debido a las distancias a las que se encontraban dichas dependencias y por no necesitar más de dos canales de voz en las mismas.

La ubicación de las estaciones satelitales se muestra en la siguiente figura.



1 Observatorio de San Pedro Mártir, B.C., 64 Kbps línea telefónica. 6 Estación concentradora de sismógrafos en Tetitlán Gro., 19 Kbps.

2 Laboratorio de Investigación de Astronomía y Física en Ensenada, B.C., 64 Kbps 2 líneas telefónicas. 7 Estación marina en Puerto Morelos, Q. Roo, 32 Kbps 2 líneas telefónicas.

3 Enlace con la National Science Foundation Network en Boulder Colorado. 8 Zona científica en Cuernavaca, Mor., 64 Kbps.

4 Estación marina en Mazatlán, Sin., 32 Kbps 2 líneas telefónicas. 9 Estación maestra en Ciudad Universitaria, D.F.

10 Estación maestra en Ciudad Universitaria, D.F.

5 Laboratorio de energía solar en Temixco, Mor., 64Kbps 2 líneas telefónicas. 11 Estación de trabajo del ITESM en Monterrey, N.L., 19 Kbps.

12 Estación de trabajo en Salamanca, Gto., 19 Kbps.

5.5 Elección de los equipos

Establecidos los medios de comunicación y los puntos de enlace que formarán el sistema, se plantea elegir los equipos de comunicación que soporten los requerimientos de la red.

Los equipos deben ser elegidos por sus características tanto tecnológicas como económicas.

Para realizar ésta elección, se plantea invitar a concurso a aquellas empresas que estén interesadas en llevar el proyecto.

Las empresas que presenten sus propuestas, deben entregar las características físicas y tecnológicas de sus equipos, y las cotizaciones desglosadas para cada uno de los nodos que formarán la red.

En la Universidad se realizó un concurso con cinco empresas que presentaron sus propuestas para desarrollar el proyecto de la Red Integral de Telecomunicaciones.

Estas propuestas incluyeron: características generales de los equipos, opciones de interconexión entre los equipos (configuración), tipos de tecnologías que manejaban para comunicar los conmutadores (fibra óptica, microondas o satélite) y las cotizaciones por cada nodo y por etapa del proyecto.

a) Criterios de selección

Se plantea establecer criterios que con base en los requerimientos de la red ayuden a la elección de los equipos.

Los criterios de selección que estableció la Universidad fueron los siguientes:

- ▣ *Los equipos debían ser de tecnología de vanguardia.*
- ▣ *Los equipos debían permitir la comunicación de voz y datos simultánea.*
- ▣ *Los equipos debían tener homologación con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.*

-
- *La comunicación de datos no debía ser menor a 19.2Kbps vía modem.*
 - *Los aparatos telefónicos debían usar 2 hilos para transmitir voz y datos.*
 - *Los equipos en los nodos principales debían tener redundancia.*
 - *Se requería capacidad para manejar marcación de entrada directa (DID).*
 - *Los equipos debían proporcionar una red de muy alta confiabilidad y disponibilidad.*
 - *Los equipos debían tener la capacidad para crecimientos futuros y tenían que ser modulares.*
 - *Se requería la compatibilidad con otros equipos de comunicación.*
 - *Los equipos debían ser capaces de manejar los diferentes tipos de troncales que se tienen en México, estas, actuales y futuras.*
 - *Los conmutadores debían manejar teléfonos analógicos y digitales, tanto unilíneas como multilíneas.*
 - *El mantenimiento de los equipos debía ser rápido y efectivo.*
 - *Los equipos debían contar con sistemas de monitoreo y diagnóstico remoto y local.*
 - *Los tiempos de entrega debían ser cortos.*
 - *El proveedor debía adquirir un compromiso no sólo de instalación y funcionamiento del equipo, sino de observación de un buen desempeño del mismo una vez terminado el proyecto.*
 - *La empresa debía comprometerse a actualizar tanto el software como el hardware en la medida que éstos fueran apareciendo en el mercado internacional.*
 - *El proveedor debía ofrecer capacitación efectiva para mantenimiento y operación de los equipos.*
 - *La empresa debía proporcionar documentación técnica y de operación.*
 - *El proveedor debía tener en existencia refacciones suficientes para sustitución.*

Estos criterios le ayudaron a la Universidad a elegir los equipos de comunicación que requería.

b) Análisis tecnológico

Con las propuestas presentadas por las diferentes empresas se propone hacer una tabla comparativa de las características tecnológicas entre los equipos. Con base en los criterios de selección establecidos es posible definir cual de ellos se aproxima más a lo que requiere el sistema.

Los siguientes puntos se proponen para ser tomados en consideración.

- ▣ Información General
- ▣ Características físicas
- ▣ Características ambientales de operación

Para los equipos de conmutación:

- ▣ Tecnología de conmutación
- ▣ Tecnología de control
- ▣ Capacidad en extensiones y troncales
- ▣ Características de troncales
- ▣ Interconexión con otros conmutadores
- ▣ Capacidad de conmutación de datos

- ❑ Tipos de aparatos telefónicos que maneja
- ❑ Número de pares telefónicos para transmisión de voz y datos simultáneos.
- ❑ Facilidades de uso
- ❑ Características de las consolas de operación
- ❑ Características del mantenimiento
- ❑ Características de operación

En la Universidad se realizó un análisis tecnológico comparativo de los equipos presentados por las diferentes empresas concursantes.

Se realizó un desglose de cada uno de los puntos antes mencionados para determinar las características tecnológicas de cada uno de los equipos presentados.

Las consideraciones más importantes para la elección del equipo fueron: la capacidad de éste para manejar una red altamente descentralizada, la capacidad de utilizar dos hilos para transmisión de voz y datos simultáneamente y la capacidad de manejar troncales de marcación de entrada directa.

La realización de esta tabla comparativa le ayudó a la Universidad conocer las características de los equipos presentados y tomar en consideración aquellos que se apegaban más a sus requerimientos.

Aunado a las características tecnológicas, es importante conocer los costos propuestos por las empresas de los equipos presentados.

c) Análisis económico

Se propone al igual que para las características tecnológicas, realizar una tabla comparativa de precios por unidad de las partes que conforman a los equipos, así como de la mano de obra por instalación.

Es importante tener conocimiento de los precios que se manejan en el mercado nacional en ese momento para tener una referencia de comparación.

Los puntos que consideró la Universidad para hacer la comparación económica fueron:

- ▣ *Para conmutación: Precio unitario por puerto
Costo anual por mantenimiento*

- ▣ *Para fibra óptica: Precio unitario por enlace
Costo anual por mantenimiento*

- ▣ *Para microondas: Precio unitario por enlace
Costo anual por mantenimiento*

Considerando los costos y las características tecnológicas de los equipos y con base en los criterios establecidos para la elección de los equipos, la Universidad eligió los equipos presentados por la Compañía NEC, de la cual se adquirieron los equipos de conmutación, equipos terminales de fibra óptica y equipos para transmisión por microondas.

La elección de los diferentes equipos de comunicación se recomienda hacerla a una sola empresa, ya que con ésto es posible asegurar la compatibilidad entre ellos.

Los equipos de satélite en la Universidad fueron contratados a otra empresa que no fué NEC, por razones de costo.

6 Implementación

Con los equipos elegidos se plantea llevar a cabo la implementación de la red.

Esta implementación permitirá el funcionamiento de la red en forma similar a las características diseñadas.

Se considera importante que las modificaciones que se establezcan durante la instalación de la red, no cambien las características generales de operación esperadas.

Para llevar a cabo esta implementación se propone desarrollarla conforme a un calendario establecido que permita cumplir el tiempo estimado para la realización del proyecto.

Para la ejecución de dicha implementación se ponen en consideración los siguientes puntos:

1. Locales
2. Infraestructura
3. Instalación de equipos
4. Programación de equipos

Por la dimensión del proyecto de la Universidad, las actividades que se realizaron para la implementación se llevaron a cabo en dos etapas.

6.1 Identificación y adecuación de locales

La localización de los locales en el que se instalarán los equipos dependerá tanto de los requerimientos que establezca el proveedor del equipo como de las características que tenga la misma institución.

Se recomienda la instalación de los equipos de conmutación en los centros de cómputo debido al ambiente especial que éstos manejan y por la conveniencia de la integración de las redes de datos al sistema.

Igualmente se considera importante elaborar planos y diagramas de la obra civil y de las instalaciones realizadas que permitan llevar un archivo de la información correspondiente al proyecto.

En el caso de la Universidad donde cada uno de sus nodos estaba formado por varias dependencias, se procuró que los locales que albergarían a los equipos se ubicaran en el centro geográfico de cada nodo.

En la medida que fué posible, éstos locales coincidieron con los centros de cómputo.

Por los requerimientos del proveedor, se ocuparon espacios de aproximadamente 25m² para la instalación de los equipos.

Con la identificación del lugar en el que se ubicarían los equipos fué posible definir los cambios y adecuaciones que requerían dichos espacios para la intalación de los conmutadores.

En forma general la adecuación de los locales debe considerar:

▣ Obra civil

La obra civil permitirá crear la infraestructura requerida para ducterías de acometidas y espacios de los locales.

En la Universidad no se realizó obra civil en todos los locales, ya que algunos de ellos contaban con la ductería para realizar los cableados. Se remodelaron aquellos lugares que tuvieron algún problema de filtración de humedad.

▣ Instalación eléctrica

La instalación eléctrica debe contemplar las características de potencia requeridas por el proveedor del equipo al igual que para el aire acondicionado.

Se debe tomar en consideración la elaboración de tierras físicas independientes para los equipos de potencia y los de comunicación. Esto permitirá la protección de los equipos de comunicaciones.

En la Universidad se realizaron las instalaciones de potencia con base en las especificaciones técnicas de los equipos.

Se realizaron el diseño y la instalación de los equipos de protección a los conmutadores y de los bancos de baterías.

Para lograr las características de tierras físicas requeridas, se perforaron en algunos locales hasta 34 metros de profundidad debido a los estratos de roca y tepetate característicos del suelo de Ciudad Universitaria.

Igualmente, se realizó el diseño de iluminación de cada local.

▣ Instalación de acondicionamiento ambiental.

En los lugares que así se requiera es importante contar con clima controlado para lograr el buen funcionamiento de los equipos, ya que estos deben cumplir con determinadas condiciones de temperatura y humedad.

En la Universidad todos los locales contaron con aire acondicionado así como con indicadores de temperatura y humedad.

La localización y adecuación de los locales permitió a la Universidad llevar a cabo la instalación de los equipos.

6.2 Infraestructura

La infraestructura a la que se hace referencia involucra los diferentes tipos de cableados que se realizarán, así como aquella requerida para la instalación de unidades exteriores y antenas de los enlaces de microondas y satélites.

Cableados

Para llevar a cabo los cableados de fibra óptica y cobre, se recomienda llevar a cabo un concurso entre varios proveedores que presenten cotizaciones con base a lo que la institución requiera.

Las bases del concurso deberán especificar en forma general:

- ▣ Tipos de tecnologías para empalmes y remates
- ▣ Acondicionamiento de ducterías
- ▣ Prestación de servicios de análisis, pruebas y obra civil
- ▣ Calendarización del tendido de los cables

En la UNAM se realizó un concurso para llevar a cabo el cableado de cobre. Para ésta, se definió la utilización de cable polidán con gel para realizar los empalmes y la técnica de ponchado para el remate de los pares.

La inmersión de la fibra óptica se realizó por el contrato de una sola empresa invitada para llevarla a cabo.

Se instalaron 62.5 Km de cable de 8 fibras multimodo.

Infraestructura para antenas

La elaboración e instalación de las bases y las torres de las antenas deberán realizarse con base en el diseño que para este fin se haya realizado.

En la Universidad se instalaron torres para antenas de microondas para obtener 24m de altura en la FES Zaragoza, 26m para la ENEP Aragón, 54m para la DGSCAd y 63m para la Torre II de Humanidades en Ciudad Universitaria.

Se instalaron 7 antenas para transmisión vía satélite de 2.4m de diámetro, una de 4.6m y una de 3.5m.

La instalación de los equipos de microondas y satélites involucró la sintonización de frecuencias, estudios de propagación y apuntamiento de las antenas.

6.3 Instalación de los equipos

La instalación de los equipos se recomienda que se realice con la supervisión de personal de la institución.

Esta instalación debe cumplir con un calendario establecido que permita la puesta en operación con base en los requerimientos del sistema.

La instalación de los equipos en la Universidad se realizó en dos etapas. Los 5 nodos principales quedaron incluidos en la primera etapa así como los nodos satélites S-1, S-4, S-8, S-9, S-11 y S-14.

La instalación de los equipos de conmutación, incluyó la conectarización entre conmutadores a través de sistemas convertidores ópticos/eléctricos.

Se realizó la instalación de los equipos de protección y aire acondicionado para los equipos de comunicación.

En los locales establecidos para ese fin, se instalaron las unidades interiores y exteriores de radiofrecuencia de los equipos de comunicación vía satélite y de microondas.

La instalación de los equipos para integración de las redes de datos se instalaron en algunos de los principales centros de cómputo de la Universidad.

6.4 Programación de los equipos.

La programación de los equipos definirá el modo de funcionamiento de los mismos. Esta programación se debe realizar conforme a los requerimientos del usuario y las características de los mismos equipos.

En la programación se debe considerar de manera general:

- ▣ Señalización entre equipos
- ▣ Control
- ▣ Plan de numeración
- ▣ Alta de servicios (extensiones)
- ▣ Alta de facilidades

La programación de los equipos en la Universidad se realizó en dos etapas conforme a la instalación de los equipos.

Se estableció la comunicación entre los equipos de los nodos principales, definiendo la jerarquía de rutas de acceso para cada uno de ellos.

Se dieron de alta las troncales analógicas y digitales que manejaría el sistema en los nodos que tenían acometida de la red pública.

Los números telefónicos se distribuyeron de acuerdo al rango de extensiones contratado para cada equipo y el orden se asignó conforme se pondrían en operación los nodos. Las serles telefónicas asignadas por el servicio público fueron la 6-22 y 6-23.

La distribución de extensiones se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6.1 Plan de numeración para la red digital de la UNAM

NODO	RANGO
NP-1	20000-20599
S-4	20600-20999
S-1	21000-21599
S-2	21600-22199
S-3	22200-22599
S-14	22600-22999
NP-3	23000-23899
S-8	23900-24399
S-9	24400-24799
S-10	24800-25499
S-7	25500-25999
NP-5	26000-26799
S-13	26800-27199
S-16	27200-27599
NP-4	28000-28599
S-11	28600-28899
S-15	28900-29299
S-12	29300-29699
NP-2	30000-30499
Zaragoza	30500-30799
Aragón	30800-31099
Iztacala	31100-31399
DGSCAd	31400-31499
Acatlán	31500-31799
Cuautilán	31800-32099
S-6	32100-32498

De acuerdo a éste plan, a cada dependencia se le asignó su serie de extensiones con base al número de servicios cableados, los que se deliniaron en función de la densidad de usuarios.

La asignación de los rangos de extensiones por dependencia también dependió de la ubicación de la misma respecto al conmutador.

Para el caso de facilidades, los conmutadores identifican los dígitos con base en el siguiente código:

Tabla 6.2 Códigos utilizados en los equipos de conmutación en la UNAM

DÍGITO	FUNCIÓN
0	Llama a operadora

DIGITO	FUNCION
1	Alta de facilidades
2	Extensión telefónica
3	Extensión telefónica
4	Extensión virtual
5	Facilidades para datos
6	Reservado
7	Baja de facilidades
8	Reservado
9	Acceso a la red pública

Tabla 6.2 Continuación

La programación de los equipos permitió realizar la puesta en operación de la Red digital de la Universidad.

7 Pruebas

La instalación de los equipos y de los cableados lleva una estrecha relación con las pruebas correspondientes a los mismos, sin embargo, en éste documento la instalación y las pruebas se muestran de manera independiente para enfatizar la importancia de la realización de ambas.

La realización de éstas pruebas permitirá recibir los equipos y los cableados operando de manera satisfactoria por parte de la institución.

Se recomienda realizar informes escritos de las pruebas llevadas a cabo, así como de los resultados obtenidos. Esto para poder establecer una comparación con las especificaciones de los equipos.

7.1 Pruebas para los cableados

La comprobación del buen funcionamiento de los cableados de la red, ayudará a establecer una comunicación eficiente entre los equipos y con los usuarios.

Para las redes de fibra óptica, se recomienda probar cada una de las fibras y medir la atenuación que presentan comparándola con las especificaciones para el tipo de fibra.

Los pares telefónicos de cobre requieren pruebas tales como:

- ▣ Continuidad

- ▣ Aislamiento entre pares
- ▣ Aislamiento a tierra
- ▣ Diafonía

En la Universidad se realizaron pruebas para la recibir los cableados tanto de fibras ópticas como de pares de cobre.

Para los cableados de cobre se realizaron las pruebas antes mencionadas a cada uno de los pares cableados en todos los nodos.

Los cables de fibra se probaron transmitiendo un haz de luz por cada una de las fibras midiéndose así su atenuación.

7.2 Pruebas para los equipos

Las pruebas características para los equipos de comunicación son las siguientes:

- ▣ Transmisión
- ▣ Recepción
- ▣ Conmutación a sistemas secundarios
- ▣ Sincronía
- ▣ Tasas de errores

En la Universidad la realización de pruebas se llevó a cabo para los diferentes equipos de comunicación existentes.

Para los equipos de conmutación (PBX) se realizaron pruebas locales y remotas entre conmutadores. Se probó igualmente la comunicación a través de los equipos convertidores ópticos/eléctricos.

Las pruebas realizadas de los conmutadores con las centrales digitales públicas permitieron medir atenuaciones y ajustar la señalización para la correcta comunicación entre los dos sistemas.

En las pruebas para los equipos terminales de fibra óptica de 8Mbps (FOTs) y 2Mbps (modems ópticos) se midieron sincronía y tasas de error. Se realizaron pruebas de transmisión/recepción local y remota e igualmente se hicieron pruebas de conmutación a sistemas de respaldo.

Las pruebas a los equipos de comunicaciones para transmisión vía satélite y microondas incluyeron mediciones de transmisión y potencia de RF, identificación de anchos de banda y tasas de errores. Se probaron los sistemas de transmisión/recepción tanto local como remota.

Para los equipos que permiten la integración de datos a la red de voz, se realizaron pruebas de transmisión/recepción.

La realización de las pruebas antes mencionadas permitió a la UNAM poner en funcionamiento la red con los equipos operando de acuerdo a las especificaciones de los mismos y las características del sistema.

7.3 Pruebas con tráfico real

Para llevar a cabo la puesta en operación del sistema, se plantea realizar una prueba piloto con algunos servicios del sistema.

Esta prueba se propone para determinar el comportamiento de la red con una carga real durante un determinado período y que de esa manera se realicen los ajustes y correcciones para lograr el funcionamiento esperado de toda la red.

En la Universidad se proyectó esta prueba en algunas de sus dependencias, sin embargo por cuestiones de tiempo no se llevó a cabo.

Se propone realizar esta prueba con el propósito de reconocer el comportamiento entre los mismos equipos y con la red pública.

a) Análisis entre los mismos equipos

La forma de operar entre los equipos permitirá identificar si éstos trabajan con los mismos parámetros y si tienen dadas de alta las mismas facilidades.

En la Universidad a pesar de no haberse realizado ésta prueba piloto, no hubo problemas de funcionamiento entre los equipos al momento de ponerse en operación la red.

Durante la operación del nuevo sistema se observó que era necesaria la reprogramación de los aparatos telefónicos multilíneas de algunas dependencias, debido a que el dígito 9 causaba conflicto por las protecciones a largas distancias.

b) Análisis con la red pública

Conocer el comportamiento de los equipos de conmutación con el de las centrales públicas, permitirá ajustar parámetros entre ambos para que se pueda realizar una comunicación eficiente.

Durante la puesta en operación de la red digital de la Universidad, se identificó que en varias centrales públicas no se encontraban dadas de alta las series telefónicas 6-22-0X-XX, 6-22-3X-XX y 6-22-7X-XX, por lo que no era posible acceder de manera directa éstos nuevos servicios telefónicos desde la red pública.

También se identificó que existía un nivel bajo de volúmen con las llamadas desde y hacia la red pública, corrigiéndose al ajustar un parámetro en los conmutadores digitales de la Universidad.

La realización de la prueba piloto, hubiera ayudado a la Universidad identificar las situaciones antes mencionadas, antes de haber puesto en marcha la nueva red.

8 Puesta en operación

Después de la instalación de los equipos y de haber realizado las pruebas pertinentes a dicha instalación, es posible llevar a cabo la puesta en operación del sistema.

Con "puesta en operación" se quiere dar a entender el poner en funcionamiento la red para todos los usuarios. Esta puesta en operación debe permitir la utilización de todos los servicios o facilidades requeridos del sistema.

Se propone llevarla a cabo con base en un calendario que permita dar de alta a los nodos paulatinamente.

8.1 Puesta en operación de la red de voz.

Poner en funcionamiento la red de voz implica dar de alta en los equipos de conmutación los números telefónicos de las extensiones que trabajarán en la red.

Los servicios deben llevarse hasta los aparatos telefónicos de los usuarios.

El cambio en el sistema telefónico se plantea realizarlo de tal forma que el usuario tenga servicio durante todo el momento de la puesta en operación.

Para el caso de la Universidad la puesta en operación de la red de voz involucró identificar las posiciones físicas de cada una de las extensiones anteriores en los distribuidores locales de cada edificio.

Esta identificación se llevó a cabo debido a que el proyecto de la Universidad no contemplaba el cableado interno en los edificios, esto es, los nuevos cableados solamente llegaron hasta las distribuidores principales en cada edificio.

A partir de éstos distribuidores se reutilizaron los cableados de las dependencias al igual que los aparatos telefónicos analógicos ya existentes.

Dentro de los cada edificio se realizó un puenteo entre la red nueva y los cableados de las dependencias.

Estos puenteos se realizaron con forme a un calendario establecido para poner en operación los 27 nodos de la red.

Este calendario involucró las dos etapas en las que se dividió el proyecto.

Durante la puesta en operación se le informó a los usuarios el cambio de servicio a la nueva red. Se les dieron a conocer sus números telefónicos y las funciones básicas para la utilización de las extensiones digitales.

Cabe mencionar por la importancia que ello implica, que durante el cambio al nuevo sistema digital no se suspendió el servicio telefónico en ningún momento, de tal manera que trabajaron en forma simultánea tanto los conmutadores analógicos como los digitales, hasta la culminación del cambio.

8.2 Integración de servicios

Con la infraestructura de la red de voz es posible integrar los servicios tales como la transmisión de datos utilizando líneas telefónicas.

Los servicios que manejaría la Universidad serían voz y datos. Para la integración del servicio de datos no se requirió esperar la terminación de la puesta en operación de la red de voz.

La transmisión de datos se llevó a cabo después de la instalación de los equipos para comunicación vía satélite y microondas, que fué durante la primera etapa del proyecto.

La interconexión con la red de datos de la Universidad RedUNAM se realizó con ayuda de equipos ruteadores a través de todos los medios accesibles como los enlaces satelitales, las microondas y las fibras ópticas y las extensiones telefónicas instaladas en la Universidad.

El conjunto de fibras ópticas, así como los enlaces vía satélite y microondas sirven para la transmisión de voz y datos en forma simultánea.

La siguiente tabla muestra los tipos de enlace y servicios en los diferentes nodos fuera de Ciudad Universitaria.

Tabla 8.1 Integración de servicios en la Red Digital de la Universidad.

NODO	MEDIO DE ENLACE	SERVICIO	
		VOZ	DATOS
Puerto Morelos	Satélite	2 canales	1 canal 9.6 Kbps
Cuernavaca	Satélite		1 canal 64 Kbps
Ensenada	Satélite	2 canales	1 canal 38.4 Kbps
Mazatlán	Satélite	2 canales	1 canal 14.4 kbps
San Pedro Mártir	Satélite	1 canal	1 canal 38.4 kbps
Temixco	Satélite	2 canales	1 canal 38.4 kbps
Tetlitlán	Satélite		1 canal 19.2 kbps
DGSCAd	Microondas	120 canales	1 canal 10Mbps

8.3 Información del proyecto

Se considera importante efectuar un archivo con toda la información concerniente al proyecto durante la realización del mismo.

Esta documentación es posible llevarla desde la planeación del proyecto hasta su puesta en operación.

Dicha información deberá permitir conocer las características técnicas y de operación del sistema, mostrar las condiciones de diseño de los diferentes tipos de enlaces (satélite, microondas, fibra óptica, etc.) y con la elaboración de planos y diagramas proporcionar una visión de instalaciones y distribución de la red.

También se considera importante complementar éste archivo con la información referente a la planeación del proyecto y a la elección de los equipos.

En la Universidad durante la realización de la red digital se llevó a cabo la elaboración de lo siguiente:

- ▣ Planos de obra civil
- ▣ Diagramas de instalaciones eléctricas por nodo.

-
- ▣ *Planos de la red de distribución telefónica tanto anterior como nueva.*
 - ▣ *Planos de distribución de la fibra óptica.*
 - ▣ *Reportes de instalación de los equipos.*
 - ▣ *Reportes de las pruebas realizadas a los equipos de comunicación.*
 - ▣ *Memorias técnicas de los enlaces satelitales y de microondas para la S. C. T.*

Con esta información, es posible conocer las características de diseño, técnicas y de operación de la Red Integral de Telecomunicaciones de la UNAM.

9 Administración

Con la puesta en operación de la red es importante llevar una administración que permita entre otras cosas tener conocimiento de los diferentes servicios que manejarán los tipos de usuarios, así como definir y establecer el mantenimiento que requerirá la red.

Para llevar a cabo ésta administración se consideran importantes los siguientes puntos:

- 1.- Definición de servicios
- 2.- Capacitación
- 3.- Realización de bancos de datos de información
- 4.- Mantenimiento

9.1 Definición de servicios

La definición de los servicios proporcionados por el sistema ayudará a la institución y a sus usuarios conocerlos y aplicarlos en el desempeño de sus tareas.

En forma general, los servicios con los que cuenta la comunidad universitaria en la UNAM son los siguientes:

- *Un servicio telefónico que permite simultáneamente la transmisión de voz y datos a través de toda la red. Esto implica que en cualquier extensión telefónica el usuario puede instalar una estación de trabajo de bajo costo que le permitirá enlazarse a los equipos de cómputo conectados a la RedUNAM.*

- ▣ *Provee al Servicio Sismológico Nacional los canales adecuados para la transmisión digital de las señales sísmológicas que se generan en todo el país. Esto permite el procesamiento de dichas señales de manera continua y en tiempo real.*
- ▣ *Permite la comunicación entre investigadores, profesores y alumnos con otras Universidades y centro de investigación en el área metropolitana y en el Interior de la República tales como el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N., el Instituto Mexicano del Petróleo, la Universidad Autónoma Metropolitana y el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores Monterrey, entre otros.*

Dentro de la definición de los servicios se ponen en consideración:

- a) Las facilidades del sistema
- b) La transmisión de servicios diferentes a la voz.
- c) La aplicación de un sistema de tarificación.

a) Facilidades

Las facilidades que proporciona el sistema es posible establecerlos a sus diferentes tipos de usuarios de acuerdo a los requerimientos de éstos.

En la Universidad, las facilidades que proporciona el sistema para la comunicación de voz en cualquiera de sus extensiones telefónicas son las siguientes:

- ▣ *Retención de llamadas*
- ▣ *Realización de conferencias entre tres usuarios*
- ▣ *Transferencia de llamadas*
- ▣ *Transferencia de llamadas cuando una extensión está ocupada o no contesta*
- ▣ *Indicación de llamada en espera (por operadora)*

- ▣ *Retrollamada*
- ▣ *Remarcación del último número*
- ▣ *Captación de llamada por programación de grupo*

Adicionalmente es posible realizar llamadas de larga distancia directamente sin pasar por operadora a través de la liberación de las líneas o de la asignación de una clave personal.

b) Transmisión de servicios diferentes a la voz

La aplicación de éstos servicios dependerá de la infraestructura establecida para este fin.

En la red digital de la Universidad, la comunicación de datos es posible realizarla a través de modems y/o aparatos telefónicos digitales (DTerms) que permitan la conexión de una computadora.

Igualmente es posible la aplicación de los servicios de correo electrónico entre computadoras, correo de voz y correo de faxes.

c) Aplicación de un sistema de tarificación.

La utilización de un sistema que permita realizar la tarificación del servicio telefónico dependerá de los requerimientos de la red, ya que se puede definir una aplicación comercial o alguna otra específica.

El sistema de tarificación que empleará la Universidad, le permitirá distribuir el costo por la renta del servicio público. Este costo se determinará por llamada efectuada y con base en las cuotas establecidas para ello.

Con dicho sistema de tarificación es posible realizar un registro mensual por dependencia de cada una de las extensiones, mostrando el número de llamadas realizadas, la duración de las mismas, los números telefónicos destino y los números de las extensiones telefónicas que originaron la llamada.

9.2 Capacitación

Se considera importante dar a conocer a los usuarios la forma de utilización de las facilidades y servicios que permite el sistema.

Igualmente, es importante que el proveedor de los equipos realice una capacitación al personal de la institución respecto a la operación y mantenimiento de éstos equipos.

a) Capacitación a usuarios.

La utilización en forma adecuada de las facilidades del sistema por parte de los usuarios permitirá reflejar un servicio eficiente.

Para llevar a cabo ésta utilización adecuada el usuario debe tener conocimiento de la existencia de dichas facilidades y la forma de aplicación de las mismas.

En la Universidad, durante la puesta en operación de la red digital, se realizaron pláticas a los usuarios referente a las facilidades que permita el nuevo sistema y la manera de aplicar dichas facilidades en sus aparatos telefónicos.

Por el gran número de usuarios existentes en la Universidad, éstas pláticas se dieron a un grupo representativo de cada dependencia, de tal forma que éstos grupos fueron los encargados de hacer extensivas dichas pláticas en sus respectivas dependencias.

Igualmente, para el conocimiento de éstas facilidades se editaron y distribuyeron manuales de operación para los aparatos unilínea.

Durante la puesta en operación de la nueva red de telecomunicaciones de la Universidad, se dieron a conocer las facilidades que los equipos de conmutación permitan.

Sin embargo, por el poco personal involucrado en la puesta en operación de ésta red, no fué posible llevar un seguimiento sobre la divulgación de ésta información en cada dependencia.

b) Capacitación al personal

Se considera importante que el personal que operará y dará mantenimiento a los equipos por parte de la institución reciba una capacitación al respecto por el proveedor de los equipos.

Esta capacitación deberá permitir conocer:

- ▣ Las partes y módulos que componen los equipos
- ▣ Las funciones de cada una de éstas partes y módulos
- ▣ Los procesos de la señal para transmisión y recepción
- ▣ Los sistemas de alarmas para mantenimiento correctivo y preventivo.

También es importante exigir al proveedor los manuales de operación y especificaciones técnicas de todos los equipos.

En la Universidad se capacitó personal de la Dependencia responsable del proyecto.

Esta capacitación involucró la operación y mantenimiento de los equipos de conmutación telefónica, los equipos terminales de fibra óptica, los equipos de comunicación vía satélite y los equipos de comunicación vía microondas.

Igualmente se recibió capacitación para el manejo de los aparatos telefónicos (D'terms) que permiten la comunicación simultánea de voz y datos a través de un puerto RS232.

9.3 Elaboración de bancos de datos

Se considera importante llevar una recopilación de la información referente a las extensiones telefónicas dadas de alta.

Esta información permitirá conocer los números telefónicos existentes, su ubicación física en la institución y el nombre de la persona a la que se le asignó el servicio telefónico.

Con dicha información se ayudará básicamente a dar mantenimiento a la red, a elaborar directorios telefónicos y a aplicar un sistema de tarificación para la red.

El tipo de información que se pone en consideración para su recopilación es la siguiente:

a) **Números telefónicos dados de alta y sus características.**

Con ésta información es posible identificar las extensiones dadas de alta y las que existen en reserva para expansiones futuras. Igualmente permitirá conocer los servicios que utilizan cada una de éstas extensiones.

b) **Dependencia a la que pertenecen**

La identificación de cada extensión por dependencia ayudará a la aplicación del sistema de tarificación expuesto en el punto 9.1 de éste capítulo y a la elaboración de directorios telefónicos.

b) **Posiciones físicas en los distribuidores y localización de los aparatos.**

Esta información permitirá identificar cada extensión en los distribuidores principales en cada edificio así como la ubicación de los aparatos telefónicos por cubículo o departamento. Con esto se facilitará el mantenimiento a la red.

c) **Nombres y cargos de los usuarios de cada extensión**

Con esta información es posible la aplicación del sistema de tarificación. Igualmente será posible la realización o actualización de directorios telefónicos con los nuevos números telefónicos.

Durante el proyecto de la UNAM se recopiló información de todas las dependencias sobre la ubicación en cubículos y oficinas de todas sus extensiones telefónicas.

Se crearon bases de datos por dependencia con la siguiente información:

- ▣ *El nombre y código con el que se referencia a la dependencia*
- ▣ *Las extensiones telefónicas anteriores*

- ▣ *Las extensiones telefónicas que sustituyeron a las anteriores*
- ▣ *La ubicación de cada aparato telefónico (edificio, piso, cubículo)*
- ▣ *El número de aparatos existentes por extensión*
- ▣ *La ubicación física en los distribuidores telefónicos nuevos y anteriores de cada extensión*
- ▣ *Las características en servicios de las extensiones (largas distancias, transmisión de datos)*
- ▣ *Nombre y cargo del usuario con extensiones asignadas*

Esta información permitió a la Universidad dar a conocer entre sus usuarios los cambios telefónicos realizados durante la puesta en operación del proyecto y la elaboración de los directorios con el nuevo sistema digital.

Igualmente ha ayudado al mantenimiento de la red y el desarrollo del sistema de tarificación.

9.4 Mantenimiento

La contratación del mantenimiento al sistema es importante considerarlo desde la elección de los equipos.

Se deben especificar a través de dicho contrato las garantías bajo las cuales el mantenimiento se realizará sin costo y los periodos en los que se llevará a cabo el mismo.

Así mismo es importante conocer los costos que tendrá el mantenimiento fuera del período de garantías.

Realizar un mantenimiento permitirá el buen funcionamiento de la red durante su operación.

Este mantenimiento puede ser preventivo o correctivo en los equipos de comunicación, de potencia o de aire acondicionado.

Igualmente debe existir mantenimiento en la red en cuanto a los cableados se refiere.

El mantenimiento que se ha realizado a la red digital de la Universidad básicamente ha sido correctivo y referente a los cableados internos de los edificios los cuales no fueron renovados.

Los aparatos telefónicos al igual que los cableados internos no fueron cambiados, por lo que se les sigue dando mantenimiento.

Conclusiones

Durante la realización del proyecto de la Red Integral de Telecomunicaciones de la UNAM se realizaron diversas actividades que permitieron la culminación del mismo.

Con la posterior evaluación y seguimiento de dichas actividades se llegó al planteamiento de una metodología que comprende la planeación, diseño, implementación, operación y administración de una red digital integral de telecomunicaciones.

Con base en el objetivo planteado en la elaboración de ésta tesis se exponen las siguientes conclusiones:

1.-El establecimiento de las necesidades y antecedentes de comunicación en la UNAM permitió conocer las condiciones de operación en las que se encontraba su red analógica. Igualmente, con ésta información se estableció una pauta para hacer la estimación de la dimensión de la red.

Por lo anterior se considera imprescindible establecer las necesidades y antecedentes de cualquier sistema de comunicación. Esto permitirá definir ciertas características de funcionamiento en la nueva red, así como puntos importantes en la planeación sobre cambios totales o parciales en la infraestructura del sistema.

2.-Con la planeación y la definición del diseño se establecieron las características técnicas con las que operaría la red digital, se determinó la localización y cantidad de puntos nodales con los que contaría el sistema y se realizó la distribución de las 13 000 extensiones estimadas en las dependencias de la Universidad que formarían parte del proyecto.

Por la ayuda que presentó el planteamiento de un diseño para la red de comunicaciones de la UNAM se considera que es primordial la realización de ésta actividad para la formación de nuevas redes digitales, ya que permitirá definir las características de los medios de comunicación a utilizar, la topología bajo la cual operará el sistema y la dimensión que tendrá la red.

Dentro del diseño se plantea realizar calendarios de actividades para el desarrollo del proyecto, tomando en consideración holguras para resolver situaciones como los retrasos en la entrega de los equipos por parte del proveedor o en la entrega de troncales contratadas al servicio público.

3.-La elaboración de los análisis tecnológico y económico permitieron a la UNAM elegir el equipo que soportaría el sistema de comunicación en la Universidad, de acuerdo a las características de operación esperadas.

Por la solución presentada a través de tablas comparativas para la elección del equipo en la UNAM, se considera que es importante la realización de ésta actividad en la implementación de redes debido a que existe una gran diversidad de empresas y equipos para comunicaciones.

Estas comparaciones permitirán elegir el equipo que más se apegue a los requerimientos en funcionamiento del nuevo sistema. Igualmente, será posible realizar un análisis costo/beneficio sobre los equipos e infraestructura a adquirir.

4.-Las pruebas efectuadas por los proveedores a los equipos y cableados que la UNAM contrató, permitió a ésta recibirlos operando satisfactoriamente.

Por la importancia que lleva consigo la realización de pruebas a los equipos y enlaces de comunicación, se considera que debe realizarse como una actividad primordial en la formación de redes de comunicaciones. Estas pruebas permitirán la programación y adecuación de los equipos para su correcto funcionamiento con base en los requerimientos establecidos.

Los pruebas a los cableados permitirán habilitar los servicios sin problemas de mal funcionamiento por cables tanto de cobre como de fibra óptica.

5.-La elaboración de una prueba del funcionamiento del nuevo sistema digital de la UNAM con tráfico real antes de su puesta en operación, hubiera ayudado a identificar ciertas irregularidades en su desempeño.

Por las situaciones presentadas durante la puesta en operación de la Red Integral de Telecomunicaciones de la UNAM, se considera importante realizar una prueba piloto antes de dicha puesta en operación en la formación de redes, ya que ésto permitirá estandarizar parámetros en todos los equipos y garantizar una comunicación adecuada con los sistemas de la red pública.

6.-La administración del sistema permitió establecer las características de servicio requeridas para cada extensión, así como la aplicación de un sistema de tarificación en la Universidad.

Por las facilidades que presentó la sistematización de la información del proyecto de comunicaciones de la UNAM, se considera que es conveniente aplicar ésta actividad en los sistemas de comunicación ya que permitirá tener un control de la información referente a los servicios ofrecidos, ayudará para la elaboración de directorios e igualmente se facilitará la actualización y el mantenimiento en la red.

El seguimiento de una metodología se considera imprescindible en la formación de redes de comunicación.

Esta afirmación se establece ya que se estima que éste seguimiento dará garantías en cuanto a que se adquirirá el equipo y medios de comunicación que efectivamente cubrirán las necesidades existentes.

Esto en primer lugar porque dichas necesidades se definirán y establecerán con base en antecedentes del sistema y en segundo lugar porque se realizará un diseño que establezca la tecnología, capacidad, operación y costo de los equipos que satisfagan éstas necesidades.

Con la metodología presentada en éste trabajo no se intenta establecer una solución total en la formación de redes de comunicaciones, ya que para ese fin se requeriría tener

conocimiento de las características particulares de cada sistema, considerándose este efecto poco menos que imposible.

Igualmente para definir una solución al 100% se tendría que establecer en estricto detalle cada uno los puntos a realizar incluyendo el como efectuar actividades tales como análisis de tráfico o diseño de enlaces vía microondas, las cuales se podrían soportar con los libros de texto apropiados a ese fin.

Sin embargo, con la experiencia adquirida en la formación de la Red Integral de Telecomunicaciones de la UNAM, se considera que la metodología presentada, con las adecuaciones necesarias, podrá ser aplicada satisfactoriamente en aquellos sistemas que pretendan la formación o ampliación de grandes redes de comunicaciones.

ANEXO A

ANALISIS DE TRAFICO CON EL SISTEMA ANALOGICO

Este análisis de tráfico se realizó en marzo de 1989 y con éste se pretendió mostrar la situación de comunicación de la UNAM en los conmutadores principales que operaban a esa fecha, el Harris en la zona cultural y el AKD en la zona escolar.

Dicho análisis se llevó a cabo a través de un registro de llamadas entrantes y salientes vía conmutador.

La prueba de llamadas entrantes se realizó efectuando llamadas hacia los conmutadores de la Universidad desde un punto de la Ciudad. Dichas llamadas se realizaron cada 10 minutos de las 9:00 a las 19:00 hrs. La siguientes tablas muestran los resultados obtenidos:

Tabla A.1 Llamadas entrantes . Conmutador Zona Escolar

LLAMADAS	1er DIA	2o DIA	3er DIA	4o DIA	5o DIA
Realizadas	55	55	55	55	55
Efectivas	24	30	40	39	38
Problemas de Troncal	10	9	5	3	6
Línea ocupada	12	11	7	10	8
No contestó operadora	7	3	1	2	3
Otras	2	2	2	1	0

Tabla A.2 Llamadas entrantes . Conmutador Zona Cultural

LLAMADAS	1er DIA	2o DIA	3er DIA	4o DIA	5o DIA
Realizadas	55	55	55	55	55
Efectivas	8	12	12	12	18

LLAMADAS	1er DIA	2o DIA	3er DIA	4o DIA	5o DIA
Problemas de Troncal	26	24	16	19	11
Línea ocupada	16	15	21	21	26
No contestó operadora	4	3	4	3	0
Otras	1	1	2	0	0

La prueba de llamadas salientes se realizó marcando el código de acceso para obtener una línea troncal de salida. La siguientes tablas muestran los resultados obtenidos:

Tabla A.3 Llamadas salientes. Conmutador Zona Escolar

LLAMADAS	1er DIA	2o DIA	3er DIA	4o DIA	5o DIA
Realizadas	43	43	43	43	43
Efectivas	35	36	38	37	37
Perdidas	8	7	5	6	6
% Perdidas	18.6	19.4	13.2	16.2	12.2

Las gráficas A.1 y A.2 muestran la densidad de tráfico entrante en cada uno de los conmutadores.

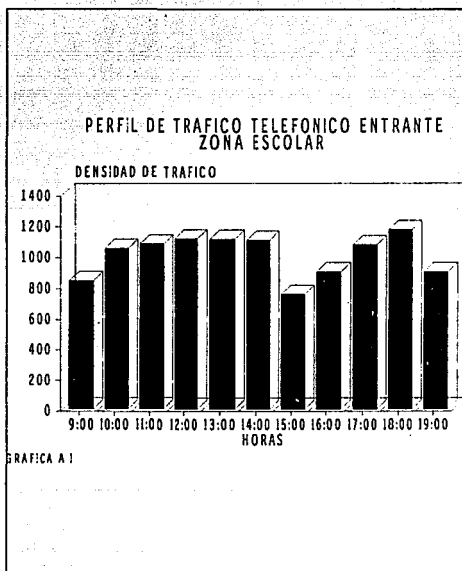
De acuerdo a los datos que se obtuvieron con los registro del tráfico en los conmutadores principales de la Universidad, se realizaron los siguientes cálculos:

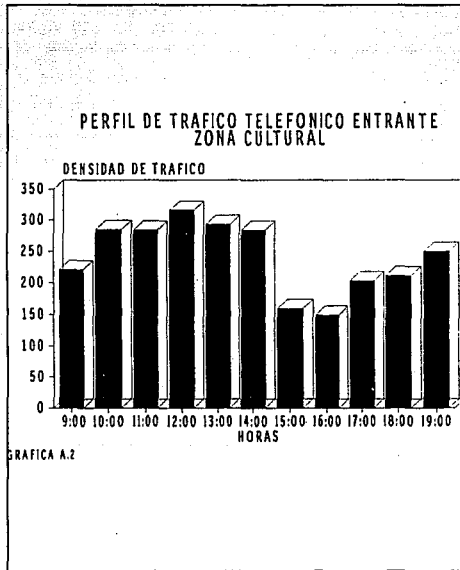
De las densidades de tráfico entrante en el conmutador de la zona escolar se observa que el intervalo de tiempo en el que se registró un mayor tráfico (1170 llamadas) fué de las 18:00 a las 18:55.

Considerando un tiempo promedio de 5 minutos por llamada, la densidad de tráfico(A) es la siguiente:

$$A = (1170)(5) / 60 = 97.7 \text{ Erl}$$

Con un total de 2500 extensiones, la densidad de tráfico por extensión fué:





$$A = 0.03 \text{ Erl/ext}$$

Cuando se realizó el análisis de tráfico se dedujo que el déficit en extensiones del conmutador de la zona escolar eran de 925, por lo que se llegó a que el sistema requerido debía manejar hasta 3425 extensiones (2500 + 925).

Con base en el resultado anterior se efectuó el dimensionamiento del equipo a través de las tablas de Erlangs, obteniéndose 415 troncales.

El análisis para la zona cultural no se hizo.

Este estudio de tráfico no proporcionó elementos para el dimensionamiento de la Red Integral de Telecomunicaciones de la UNAM ya que los datos que se manejaron para determinar el número total de extensiones a que debía llegar el equipo (3425) no mostraba la deficiencia real de extensiones en la Universidad, sin embargo, sí nos permitió conocer las condiciones de comunicación en las que se encontraban los equipos al mostrar 0.01 y 0.04 Erlangs por extensión en los conmutadores de la zona cultural y la zona escolar respectivamente, siendo que la recomendación del CCITT es de 0.2 Erlangs/extensión en un sistema comercial y 0.1 Erlangs/extensión en un sistema casero.

ANEXO B

ANÁLISIS DE TRAFICO CON EL SISTEMA DIGITAL

Este análisis de tráfico se realizó en día 21 de enero de 1993 en el conmutador de la zona escolar (nodo NP-1 Arquitectura) de las 9:00 a la 19:00 hrs.

La siguiente tabla muestra las llamadas entrantes al conmutador.

Tabla B.1 Llamadas entrantes al nodo NP-1

HORA	EXTENSION A EXTENSION	DIRECTO A EXTENSION
9:00 - 10:00	43	195
10:00 - 11:00	108	240
11:00 - 12:00	86	366
12:00 - 13:00	80	323
13:00 - 14:00	86	364
14:00 - 15:00	72	335
15:00 - 16:00	22	125
16:00 - 17:00	17	83
17:00 - 18:00	19	212
18:00 - 19:00	25	160

La siguiente tabla muestra las llamadas salientes del conmutador.

Tabla B.2 Llamadas salientes del nodo NP-1

HORA	EXTENSION A EXTENSION	DIRECTO A EXTENSION
9:00 - 10:00	45	466
10:00 - 11:00	108	656
11:00 - 12:00	96	644
12:00 - 13:00	83	777
13:00 - 14:00	86	785
14:00 - 15:00	73	768
15:00 - 16:00	22	342
16:00 - 17:00	18	220
17:00 - 18:00	19	282
18:00 - 19:00	25	447

Tabla B.2 Continuación

Con base en la tabla B.2 se observa que la hora de mayor tráfico de llamadas originadas fué de las 13:00 a las 14:00 hrs, registrándose 785 llamadas. Considerando un promedio de 5 minutos por llamada se determinó la densidad de tráfico (A).

$$A = (364)(5)/60 = 30.33 \text{ Erl}$$

Contando un total de 187 extensiones funcionando en el nodo NP-1, se obtiene la densidad de tráfico por extensión:

$$A = 30.33/187 = 0.1621 \text{ Erl/ext}$$

Los resultados muestran una diferencia en operación respecto al diseño planteado, ya que se dimensionó la red para un valor de $A = 0.2 \text{ Erl/ext}$. Sin embargo los resultado se aproximan obteniéndose un sistema que opera satisfactoriamente.

Bibliografía

1. *Teletraffic Engineering Manual*, Standard Elektrik Lorenz, Alemania 1966.
2. Freeman L. Roger, *Telecommunication system engineering*, Wiley series in Telecommunications, USA 1989.
3. Gunn J. Howard, *Principles of traffic and network design*, ABC TeleTraining, Inc., USA 1986.