

ARQUITECTURA DEL ESQUEMA DE REDES

Se requirieron diversos servicios para comunicar a los CEDAT con los CENARREP y los diferentes nodos que conformaron la red del PREP. La transferencia de datos entre el CEDAT y el CENARREP se llevó a cabo mediante módems. En cada CEDAT existían cinco líneas telefónicas, dos líneas dedicadas a la conexión vía módem por medio de las controladoras de TCR, una línea para la conexión a Internet y las dos restantes para voz. En el caso del Distrito Federal, la cantidad de líneas telefónicas era del doble ya que abastecían a la junta distrital y a la local.

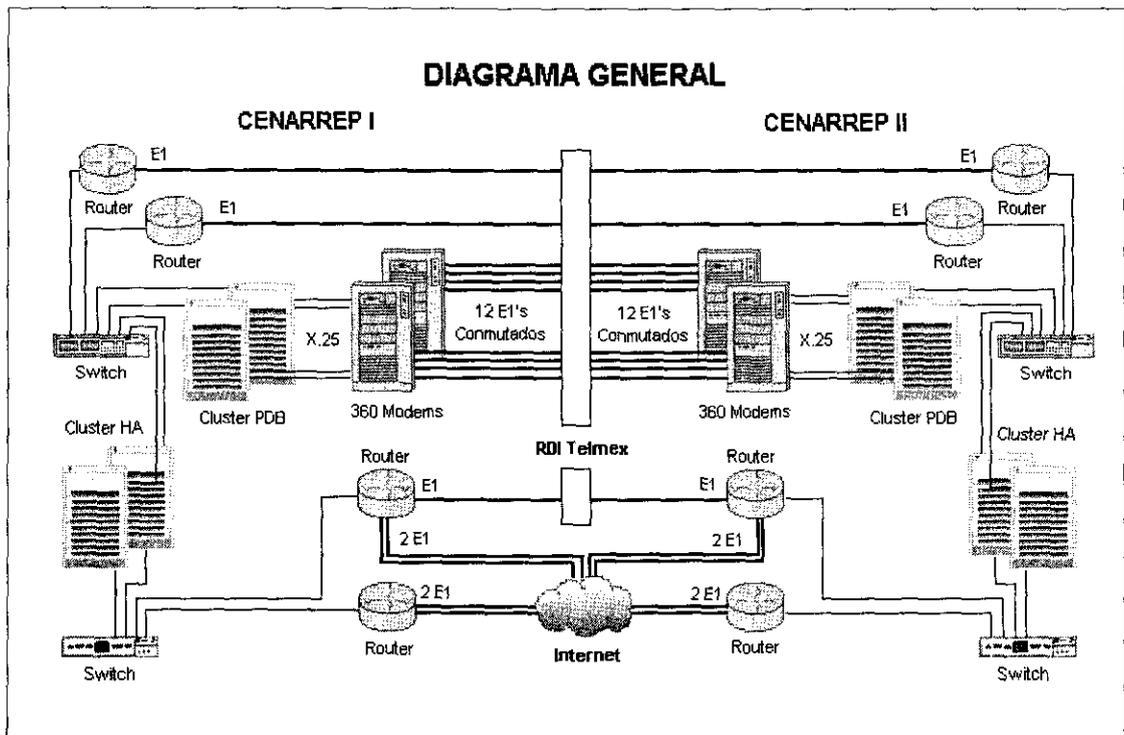


Diagrama General de la Red del PREP

Comenta el Ing. Fernando Baz: "El diseño original contemplaba la conexión de todos los centros distritales a un solo centro de cómputo y Tuxedo haría la replicación hacía el otro centro convirtiéndolo en un espejo. Para lograr una mayor rapidez, se decidió que, en las horas pico, operaran simultáneamente los equipos de respaldo conectados al CENARREP 2, por lo que el número de módems requeridos fue el doble en los centros de cómputo. Aprovechando que el diseño original lo permitía, la mitad de redes se conectó al IFE y la otra al WTC, por lo que de un esquema simple de replica se pasó a un esquema distribuido que funcionó perfectamente gracias al monitor de transacciones."

Cada CENARREP contó con 12 bancos de 30 módems cada uno (AB8000), esto es, 360 módems en 2 grupos de bancos con 180 cada uno. Cada banco requirió de 30 troncales digitales conmutadas, lo cual llevó a requerir 360 troncales por cada centro, entregadas en 12 grupos de 30 troncales ó 12 enlaces E1. A cada grupo le fue asignado un número telefónico (o número de grupo), un número por cada 30 troncales.

El tránsito de la información

Para el caso del equipo de acceso remoto, encargado del enlace con los CEDAT, este debía ser redundante y tolerante a fallas. Este tipo de equipos se utiliza en aplicaciones transaccionales en línea en bancos. La propuesta presentada por la empresa ganadora de la licitación mediante la cual se adquirió el equipo, cumplía con la cantidad de módems que se deseaba, instalados en un sólo gabinete, eliminándose con esto muchos puntos de falla en las conexiones eléctricas y de datos así como entre módem y troncales digitales de TELMEX y entre la salida de los módem y el equipo central. Contaba con señalización homologada (requerimiento de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en cuanto a estándares de protocolos de comunicación) y con señalización modificada de TELMEX para dar entrada a los canales E1 de una manera transparente. Se ofreció el soporte requerido para los días de operación crítica del equipo y personal capacitado directamente por el fabricante. Permitía el manejo transparente del protocolo Visa y de algunas funciones adicionales. Se trataba de un equipo

probado en México y que contaba con respaldo. Cada unidad sustituyó a 7 de las usadas en el proceso anterior de 1994. Constaba de tres componentes principales: las terminales de captura remota, el equipo de telecomunicaciones y la computadora.

“La interfaz entre los equipos de procesamiento y los de comunicaciones encargados de recibir los enlaces conmutados de los distritos electorales fue un factor crítico –comenta el Ing. Fernando Bazya que desde la concepción del proyecto y su posterior adquisición mediante licitaciones, ninguno de los proveedores (ni el del sistema informático, ni el de comunicaciones) era directamente responsable de su funcionamiento. Teníamos equipo muy sólido en ambos extremos, sin embargo la interfaz utilizada en la comunicación requería una conversión de protocolo de nivel enlace de datos. En un principio esto fue cubierto por un equipo *blackbox* de bajo costo, sin embargo, no estaba diseñado para trabajo pesado. En las pruebas nacionales se evidenció que estos equipos eran propensos a sobrecalentamiento y esto ocasionaba pérdidas de enlace o aún “congelamiento” de algún nodo del equipo de procesamiento. Se optó por tomar el riesgo de sustituir estos equipos por un switch X.V en la última prueba nacional.”

El Ing. Fernando Baz habla de esta parte de la ingeniería computacional: “Un elemento esencial para identificar y corregir los problemas que se encontraron en el sistema de cómputo durante las pruebas nacionales fue la programación e instalación de un ‘simulador de transacciones’, que permitía bombardear al sistema con datos.

“Lamentablemente esto no fue diseñado desde el principio y no pudieron aprovecharse todas las pruebas nacionales con la finalidad que fueron contempladas, que era dar una mayor capacitación al personal de captura.

“Algo que requirió de gran coordinación fue el encontrar un compromiso entre el tiempo de máquina que requerían los ingenieros encargados de probar las terminales de captura en su conexión y el tiempo requerido para probar el sistema con el simulador de transacciones.”

El Ing. Francisco Becerril explica: “El tiempo fue escasamente suficiente para poner en marcha una infraestructura de telecomunicaciones y de cómputo como la que se instaló. Realmente tuvimos

una ventaja al analizar la infraestructura de 1994, conocer sus errores y aciertos, eso nos ahorró tiempo. Saber qué es lo que no debíamos hacer y adquirir tecnología realmente integrada nos facilitó la labor y nos permitió instalar en tiempo justo, concluir la programación y poder llegar al 6 de julio con todo listo."

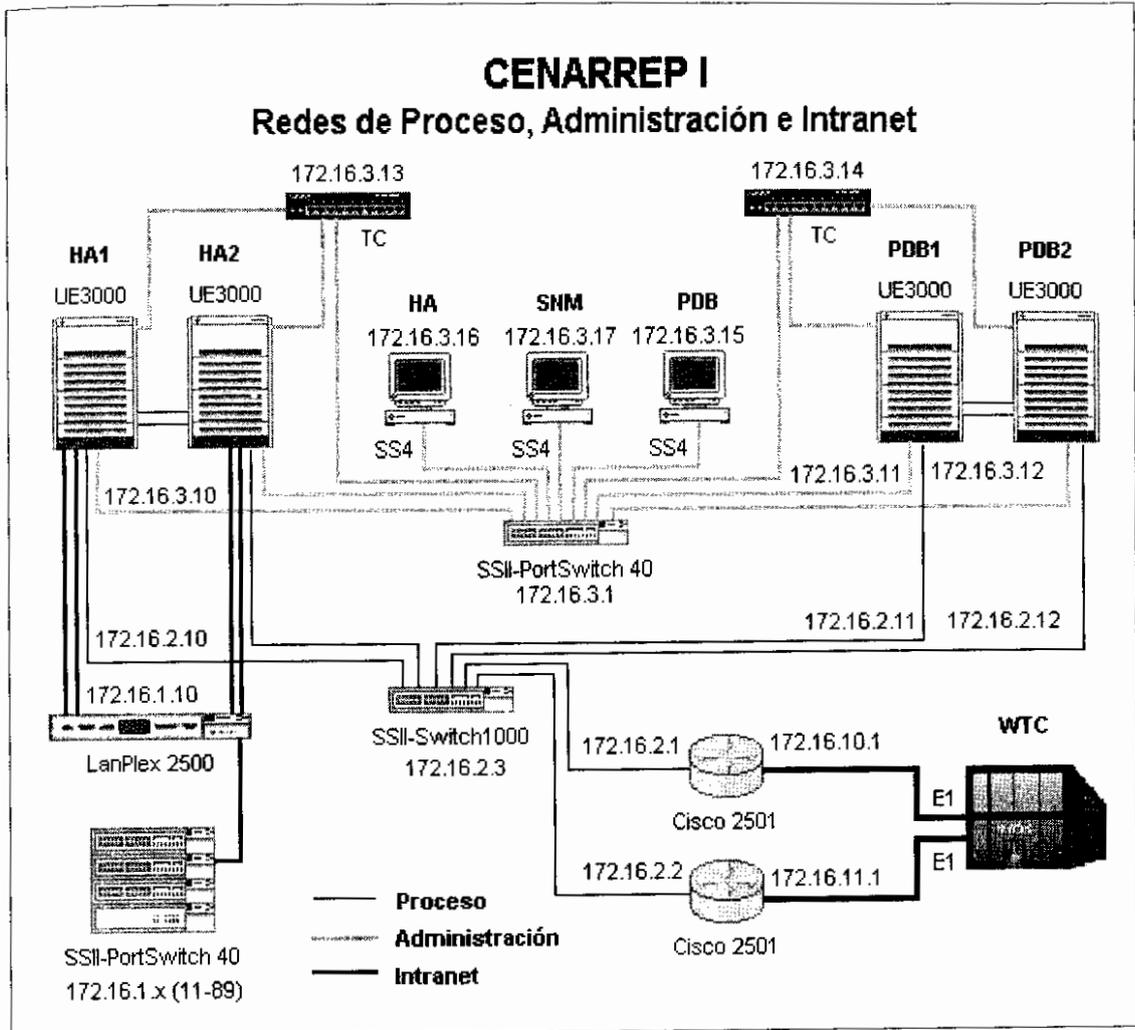
Los enlaces conmutados provenían de diferentes centrales. Se optó por que los enlaces conmutados no provinieran de una misma central sino que se obtuviera servicio de 3 diferentes centrales para cada CENARREP. Esto con el fin de obtener mayor seguridad en la conexión, ya que si todas las troncales hubieran provenido de una misma central y esta hubiese tenido algún problema, se habría perdido la conexión con todas las troncales. TELMEX entregó el servicio por medio de su Red Digital Integrada. Esto es, el enlace llegó al multiplexor correspondiente a cada Institución (IFE Tlalpan y WTC), posteriormente se realizó un traspaso con cable coaxial rematado en conector *BNC* hasta el banco de módems del PREP. Las pruebas que se realizaron durante la entrega fueron las de conectividad del medio de transmisión y conmutación.

El esquema de redes estaba compuesto de cuatro de ellas con funciones específicas. La división del centro con diferentes redes se debe a la necesidad de seguridad; se partió del principio de anular todos los puertos de servicio de los *cluster PDN* y *HA* y permitir activar sólo los servicios estrictamente indispensables para la comunicación entre *clusters* y con las redes internas de difusión e Internet.

Existen dos aspectos importantes que deben mencionarse sobre la arquitectura de red mostrada en el esquema: la red de consolas y el servidor de *SunNet Manager*. La red de consolas, mostrada en rojo en el esquema, estaba dividida lógicamente en el switch, formando en realidad dos *v-lan* separadas. El servidor de *SunNet Manager* era el único que podía ver todas las redes del centro de cómputo, esto debido a que debía ser capaz de vigilar cada uno de los equipos dentro del *site*, incluyendo los equipos de red.

Con esta división, el tránsito de información podía ser controlado con mayor facilidad y se repartía la cantidad a transmitir, eliminando la posibilidad de tener saturación de las líneas de transmisión.

Diagrama de redes en el CENARREP I



Red de Administración

Su función principal consistía en proporcionar el medio para que se llevaran a cabo los procesos de administración del sistema, tales como conexión remota a los equipos, comunicación con el servidor de *SunNet Manager*, respaldos y tránsito de información de los programas que acompañan a cada *cluster*, como es el caso del *Cluster Console*.

Red de Proceso

Por esta red viajaba la información que era transmitida desde el *cluster PDB* hacia el *cluster HA* y no se permitía ningún tipo de tráfico adicional. Se transmitían cerca de 3,700 archivos cada cinco minutos.

En esta red se interconectaron los servidores de cómputo de votos del PREP, los cuales fueron implantados en una plataforma de la compañía *SUN Microsystems*. Esta plataforma incluyó un *cluster PDB (Parallel DataBase)* de servidores *UltraEnterprise 3000*. Estos equipos contaron con las interfaces *X.25* para recibir los datos de los *Servidores de Acceso Remoto AB8000*. Además, se incluyeron dos enrutadores *Cisco 2501* los cuales nos proporcionaban el medio de interconexión con la red de proceso, y a su vez con el *PDB*, del sitio alterno.

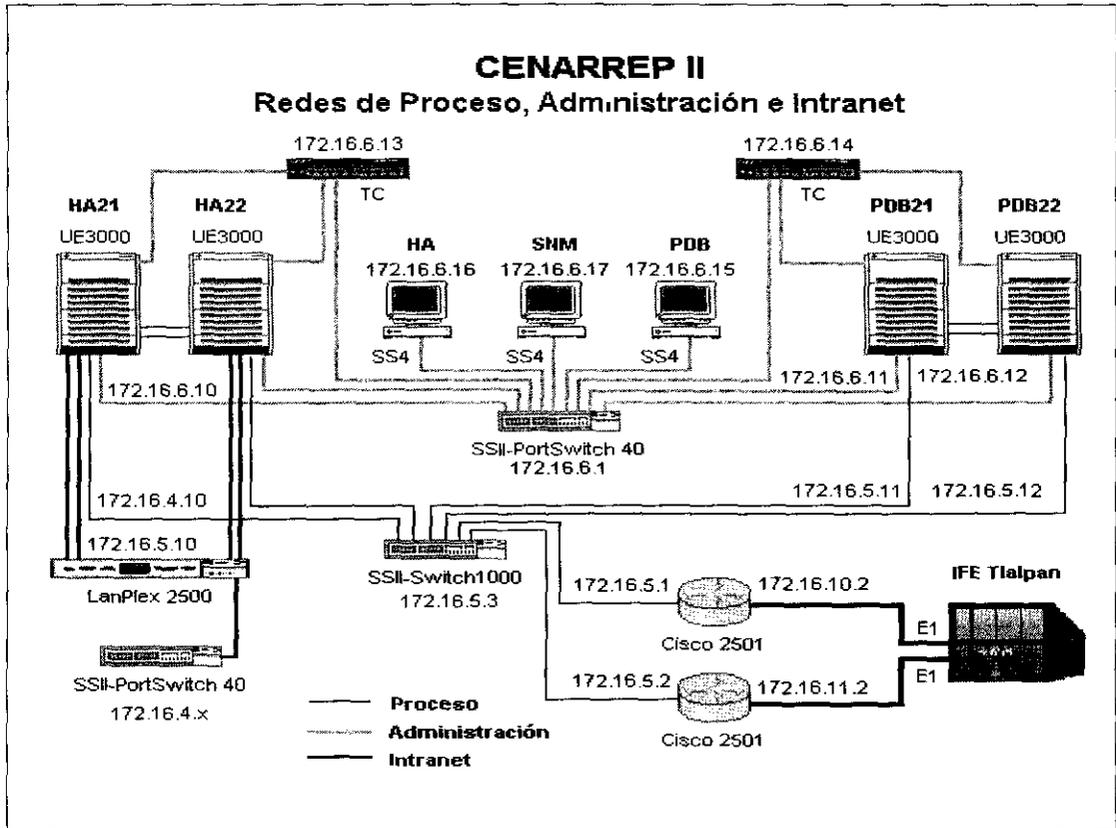


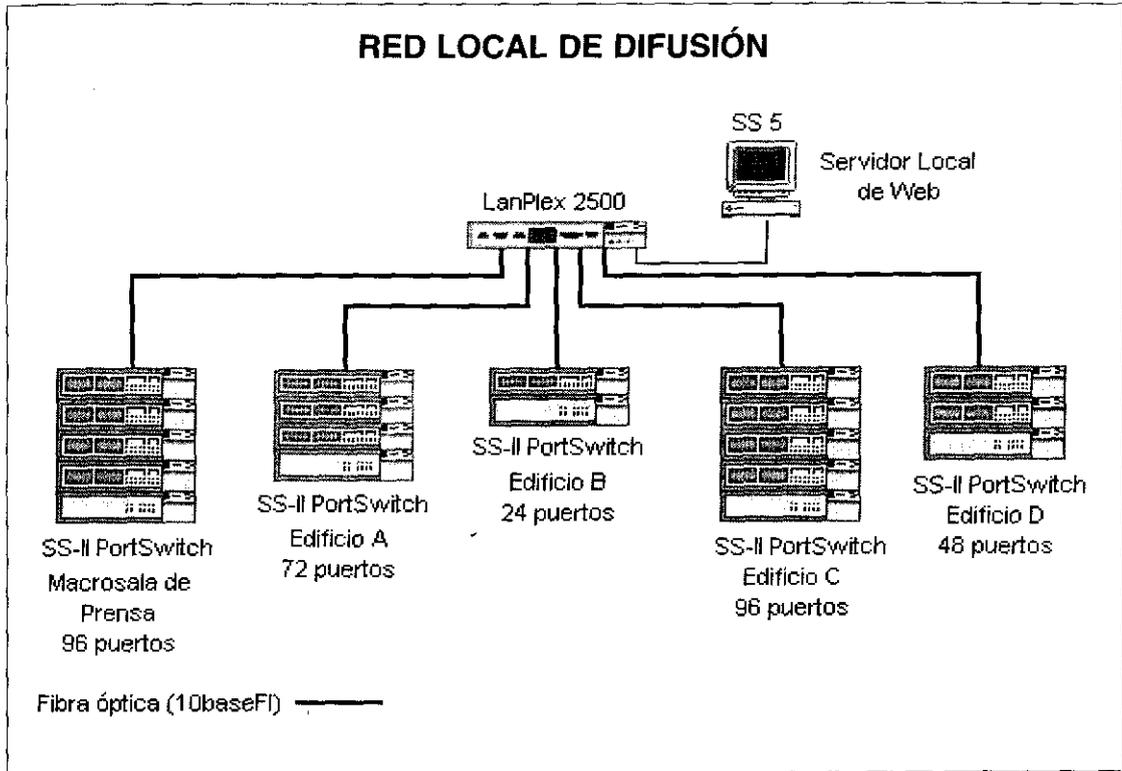
Diagrama de redes en el CENARREP II

Red Intranet

Esta red incluyó la interconexión de los servidores de difusión implantados en un *cluster HA (Alta Disponibilidad)* de *SUN*, además de un grupo de 76 terminales *Javastation* para llevar a cabo la visualización de los resultados preliminares en las instalaciones del IFE. Algunas *Javastation* se utilizaron para visualización individual y otras para el funcionamiento de pantallas gigantes.

Red de Difusión

Por esta red se transmitía la información que el *cluster HA* procesaba. La información estaba disponible exclusivamente por el puerto 80, a través de un servidor de Web (*Netscape Enterprise Server*), al cual se conectaban tanto los espejos locales y remotos como las *Javastation* que fueron las estaciones de consulta que se utilizaron.



Red de Acceso a Internet

Esta red incluía las interfaces del *cluster HA* por donde se estaría enviando información a los servidores espejo ubicados en Internet, además de dos enrutadores *Cisco 4700* que interconectaban a la Red del PREP con los proveedores de Servicio de Internet, que fueron la UNAM y Compuserve.

Esta estructura de redes fue implantada mediante diversos equipos de red local, tales como:

- Red de Proceso. *LanSwitch SS-II 1000 3com*.

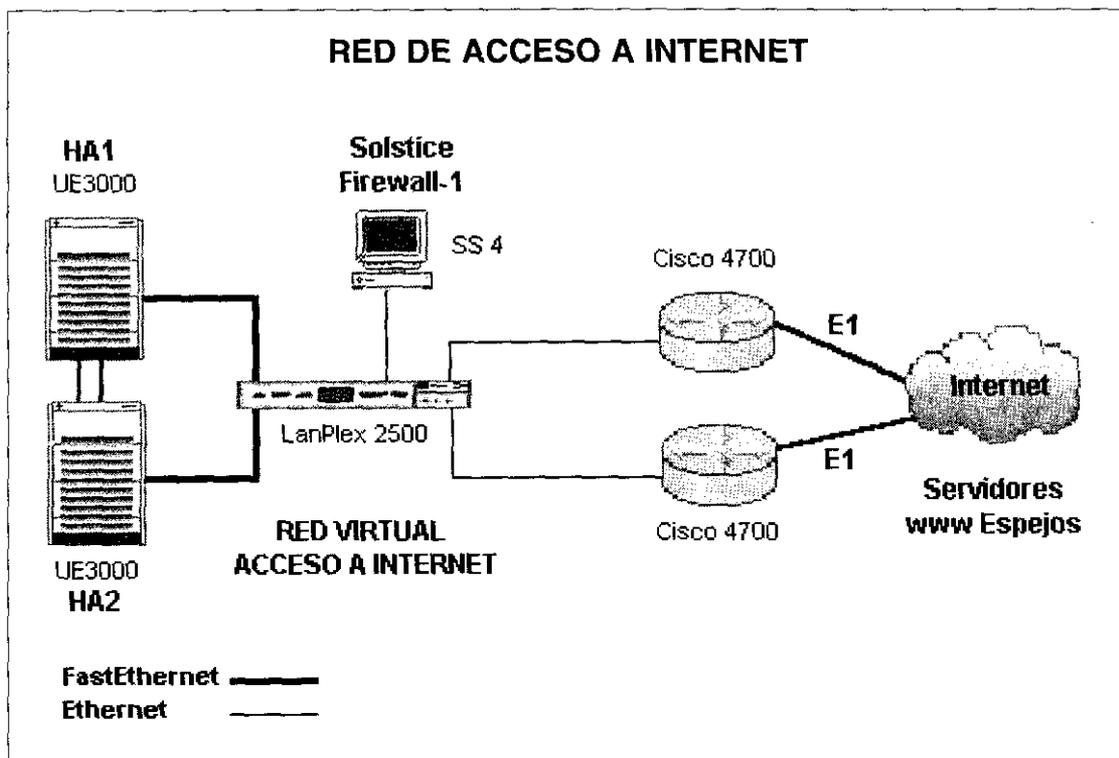


Diagrama de la Red de Acceso a Internet

Red de Acceso para Medios de Información

En esta red se incluyó el servidor www espejo local al cual tendrían acceso los medios de información e instituciones políticas que así lo requirieran. En esta subred se interconectaron los enrutadores que dieron acceso a los medios de información e instituciones políticas.

Cableado Estructurado

Con la finalidad de contar una infraestructura de redes lo bastante confiable, segura, y con un buen rendimiento, además de proyectar su utilización para los próximos años, se implantó una red de cableado estructurado basada en estándares internacionales, como el EIA/TIA 568. Una versión comercial de este estándar es *Systimax* de AT&T y es precisamente esta la que se utilizó.

Esquemas de Direccionamiento TCP/IP

En la red del PREP se utilizó un esquema de direccionamiento privado, es decir, un rango de direcciones IP no homologado en Internet. Este detalle añadió un punto más de seguridad de acceso a la red, aunque no implicaba que no se debieran tomar medidas más estrictas de seguridad, tales como la utilización de filtros de paquetes, *firewalls*, etc.

El Ing. Fernando Baz explica: "El equipo firewall utilizado en el PREP fue instalado como medida de prevención contra cualquier ataque proveniente de la red Internet. Aunque originalmente se requería, fue eliminado con el fin de poder aplicar una opción que prometía ofrecer una mayor seguridad: recortar todos los servicios (puertos) de los servidores de difusión con el fin de que 'no hubiera puntos de entrada' por donde los atacantes pudieran entrar. Sin embargo, esta opción presentó dificultades de implantación insalvables debido al corto tiempo que se tenía para probar su funcionamiento. Se escogió volver a la alternativa de los firewall, si bien, no con el tipo de equipos considerados originalmente, sino con equipos más sencillos que podían instalarse rápidamente y que estaban a disponibilidad del proveedor de una manera muy rápida."

La Sociedad Internet reserva un rango de direcciones de las redes clase A, B, y C para uso en redes privadas. Para las redes locales y enlaces seriales que se implantaron en los CENARREP, se utilizó el rango de direcciones de redes clase B. Se crearon subredes utilizando una máscara de 24 bits.

Para las redes locales y enlaces seriales asignados a los medios de información e instituciones políticas, se empleó el rango de direcciones de redes clase C. Se crearon subredes utilizando diversas máscaras de subred.

A cada medio de información e institución política se le asignó un rango de direcciones IP para que implantaran una red local de 13 nodos en sus instalaciones.

Configuración de equipos.

Una vez establecidas las estructuras de las redes, así como los esquemas de direccionamiento TCP/IP, se realizó la configuración de

los equipos de red involucrados. En realidad, los dispositivos en los cuales se llevó a cabo una configuración compleja y detallada fueron los switches y los enrutadores. Aunque en algunos casos se aprovecharon las características de segmentación que ofrecían los concentradores que se adquirieron, la configuración de estos es relativamente sencilla.

Comunicación del CENARREP-1 con el CENARREP-2

La comunicación entre el CENARREP-1 y el CENARREP-2 se dio a través de cuatro enlaces El dedicados de los cuales dos fueron contemplados para hacer réplicas de datos entre los centros y los otros dos para la comunicación interna (Intranet). En ambos casos se optó por enlaces El para lograr un mejor desempeño en la transferencia de datos, así como también un enlace redundante para obtener una máxima seguridad de interconexión entre estos centros.

Enlaces de comunicación para replicación RDBMS

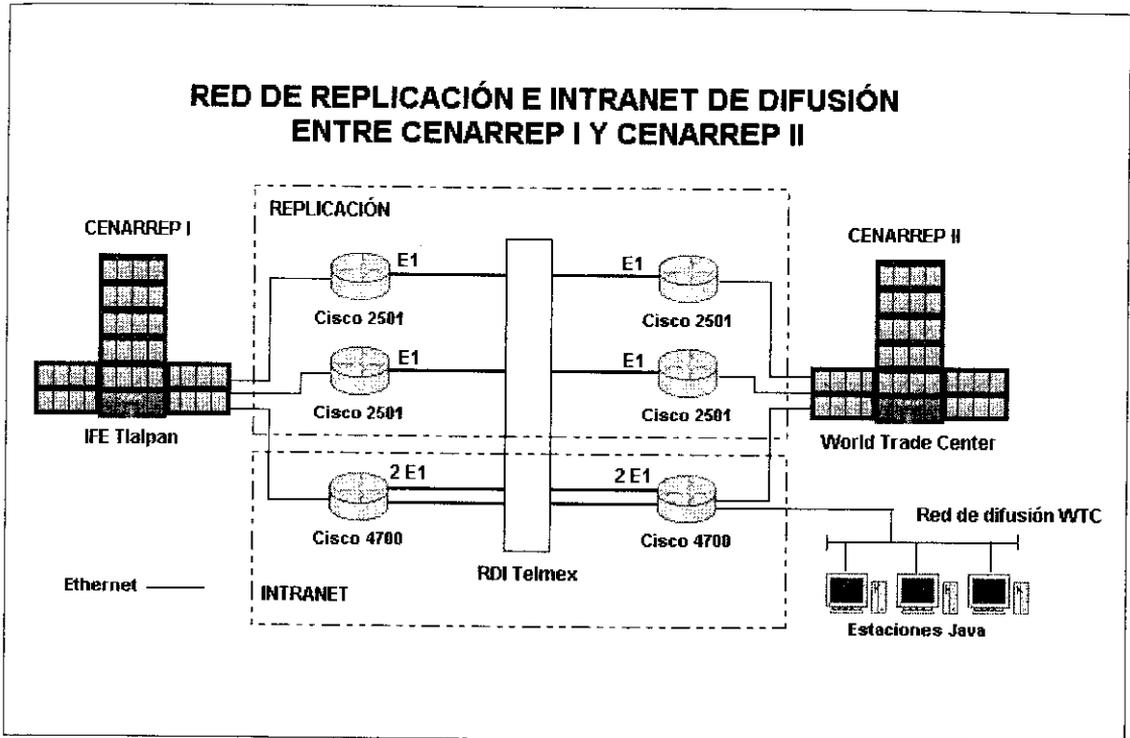
Entre CENARREP debía existir redundancia y, por lo tanto, una comunicación entre ellos para actualizar su información, esto es, un enlace que sirviera para hacer réplicas de información de sus bases de datos.

Para la replicación entre CENARREP se establecieron dos enlaces El dedicados, esto con el fin de dar un mejor desempeño a la transferencia de datos. Estos enlaces fueron entregados por TELMEX, tanto en el IFE como en el WTC en cable coaxial rematado en conectores BNC el cual estaba directamente conectado a un DSU/CSU (FCD-2) y este a su vez a un ruteador Cisco 2514.

Enlaces de comunicación para INTRANET

Para que el CENARREP-2 se integrara a la red interna del Instituto se establecieron dos enlaces El dedicados, uno de ellos con el fin de dar redundancia a la comunicación y así obtener un mejor desempeño en la conexión. Estos enlaces fueron entregados por TELMEX en cable coaxial rematado en conector BNC. Estos enlaces en ambas puntas

estaban conectados a ruteadores *Cisco 4700*. Las pruebas realizadas durante la entrega del enlace, tanto en los enlaces para Intranet como para los de replicación, consistían en verificar desde los extremos la conectividad.



Red para Replicación e Intranet

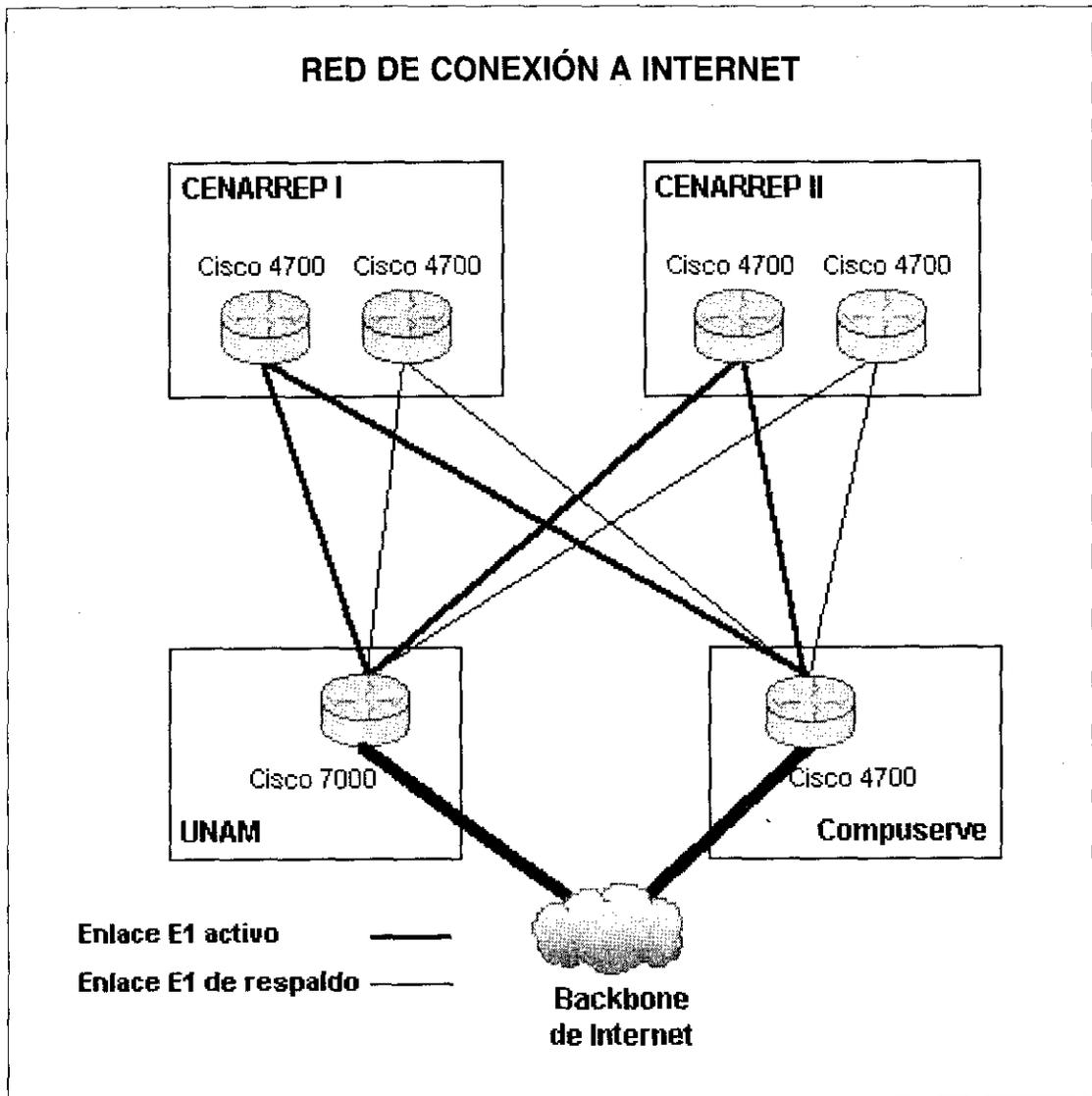
Enlaces de Comunicación con ISPs

Los enlaces que se utilizaron para establecer conexión con los Proveedores de Servicio Internet fueron enlaces E1 dedicados punto a punto.

Para los requerimientos del proyecto se definieron dos proveedores que proporcionarían el servicio de Internet: UNAM y CompuServe.

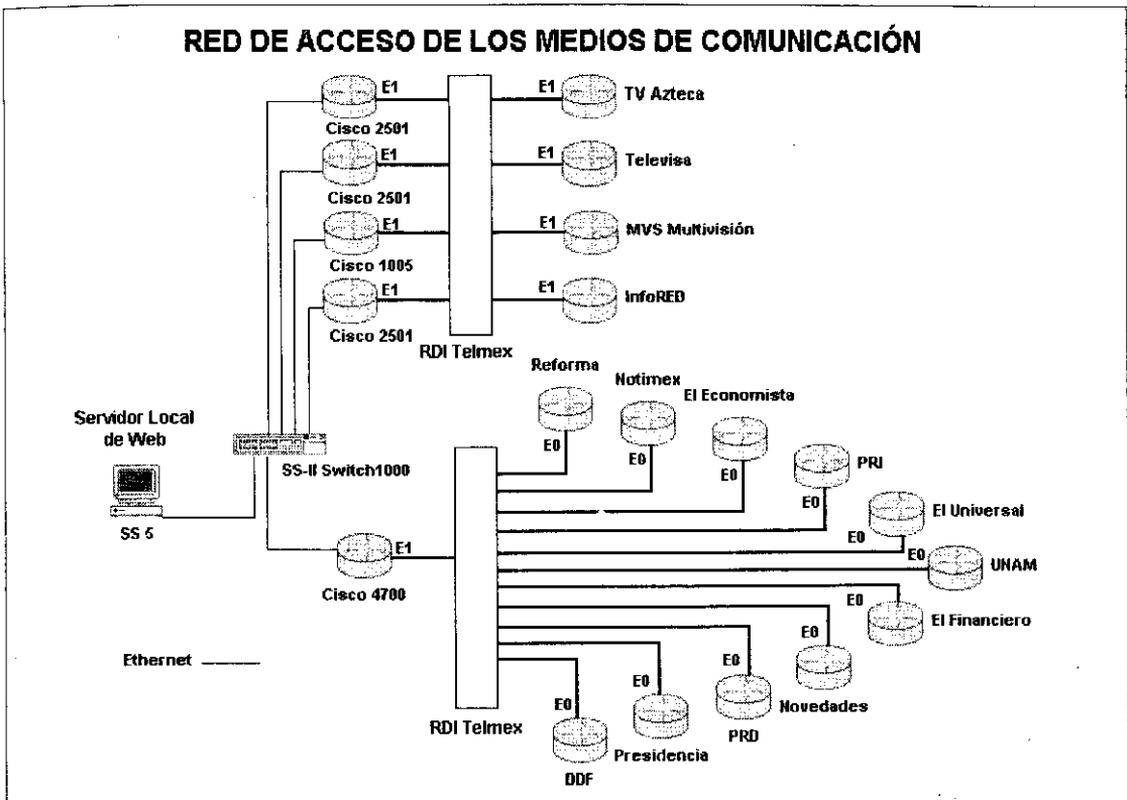
Por cada proveedor se establecieron dos enlaces a cada CENARREP, esto es, un enlace principal y su redundancia, esto con el fin de dar un mejor desempeño a la conexión.

Telmex entregó los enlaces en cable coaxial rematados en conector *BNC* tanto en los CENARREP como en los Proveedores de Servicio Internet. Las pruebas realizadas durante la entrega fue la de comprobar conectividad en ambas puntas.



Interconexión con medios de información

Para comunicar a los medios de información con el servidor *Web* del PREP, se contrató a TELMEX un enlace punto-multipunto, al cual, los medios de información que lo desearan, podrían conectarse por medio de enlaces E0 que ellos contratarían con Telmex y este les asignaría un canal (*timeslot*) dentro del enlace multipunto del PREP. En este tipo de enlace TELMEX nos entregó el medio hasta la central que contiene el descanalizador (DAC), a partir de esta central se trazaba la trayectoria por RDI hasta las instalaciones de los medios de información.



Red de acceso para los Medios de Comunicación

Otra opción para que los medios se conectaran directamente al servidor fue del PREP que lo hicieron por medio de un enlace dedicado El punto a punto, el cual debían contratar con TELMEX; el equipo de comunicaciones en ambas puntas sería de su propiedad. Con esta opción se conectaron los siguientes medios de información:

- Televisa
- Televisión Azteca
- MVS
- InfoRed

Estos enlaces los entregó TELMEX en cable coaxial rematado en conector *BNC*. Las pruebas que se les realizaron durante la entrega consistieron en revisar la continuidad de punta a punta.

Servicios a usuarios

Los servicios que se proporcionaron a los usuarios que se encontraban conectados en red bajo un ambiente de Windows fueron los siguientes:

- Acceso a los archivos de otra persona que se encontrase en un lugar distante, ya sea en base a una clave de acceso de lectura o de escritura o bien sin necesidad de tener una clave.
- Compartir archivos entre usuarios que se encontrasen separados.
- Compartir dispositivos tales como impresoras y unidades de CD entre usuarios que se encontrasen separados.

De igual manera, los servicios de Internet que se ofrecieron fueron los siguientes:

- Acceso a todo tipo de información a nivel mundial mediante el World Wide Web (www) utilizando el software de Windows para navegar en Internet o bien con Netscape.
- Utilización del correo electrónico, el cual sirve para mandar cualquier tipo de información a cualquier parte del mundo.
- Transferencia de archivos entre usuarios que se encuentren en lugares diametralmente opuestos.

Para poder brindar a todos los usuarios del IFE los servicios que proporciona el estar conectado en red fue necesario realizar diversas actividades:

- La asignación de una dirección IP por cada computadora.
- Creación de grupos de trabajo en cada uno de los edificios del IFE.
- Instalación de tarjetas de red en cada una de las computadoras que iban a ser utilizadas.
- Instalación del software necesario para tener acceso a Internet.
- Capacitación por parte del personal del departamento de telecomunicaciones hacia cada una de las personas que iban a trabajar con la red.
- Atención de reportes.

En el edificio "B" no se asignaron direcciones IP permanentes ya que solamente se emplearon durante el tiempo que fueron requeridas para dar soporte al personal de prensa que estuvo presente durante el pasado proceso electoral. De igual manera, el rango de direcciones IP asignadas a las salas de prensa tampoco fue permanente.

Grupos de trabajo

La asignación de direcciones IP hizo necesaria la creación de grupos de trabajo dentro de cada uno de los edificios que integran al IFE. Dichos grupos de trabajo facilitaron la distribución y la identificación

de cada una de las computadoras al ligar la dirección IP de cada una de ellas con un nombre en particular, el cual, en la mayoría de los casos, consistía en las iniciales del nombre de cada usuario.

En el edificio "A" se proporcionaron dos direcciones IP más para el Centro de Cómputo, las cuales iban a ser administradas por personal del mismo; es por eso que no se creó un grupo de trabajo para ese departamento.

Comenta el Ing. Fernando Baz: "En un principio, la idea era llevar la administración de los centros de difusión espejo del IFE por el personal del PREP, sin embargo, resultó más conveniente delegar esta responsabilidad a los propios ISP's, ya que ellos cuentan con el personal adecuado para llevar a cabo estas tareas, nuestras principales prioridades eran la difusión de resultados en la carpa del IFE y el sitio espejo que atendía a los medios de comunicación, así como mantener los enlaces hacia estos medios."

Instalación de tarjetas

Se instalaron tarjetas de red marca *3Com* en las computadoras que no tenían. Asimismo, en las computadoras que ya tenían y que sin embargo causaban conflicto con el software de red que se les estaba instalando, fue necesario cambiar las tarjetas por unas de marca *3Com*.

Configuración de software

En lo referente a la configuración del software necesario para soportar todos los servicios de red antes mencionados, se realizaron las siguientes actividades:

- Instalación de *Windows 95* a las computadoras que no lo tuvieran.
- Instalación de los controladores de red necesarios para el funcionamiento de las tarjetas de red.
- Configuración de cada una de las computadoras, lo cual incluyó lo siguiente:
- Habilitación de los protocolos de red necesarios para trabajar (*TCP/IP, NetBEUI*)
- Asignación de una dirección IP
- Asignación de los *Gateway* de salida
- Asignación de los servidores de nombre (*DNS*)

- Configuración del software para acceder a Internet (*Explorer, Netscape*)
- Configuración del correo electrónico

Asignación de claves para acceso remoto

Con motivo también de las elecciones del 6 de julio, fue necesario realizar las siguientes actividades:

- La planeación del número de paquetes de conexión a Internet vía módem que se les iba a distribuir a los representantes de cada una de las juntas locales y distritales de cada uno de los Estados de la República.
- Capacitación por parte del personal del departamento de telecomunicaciones hacia cada uno de los representantes de las juntas distritales de cada estado con relación al manejo de los servicios ofrecidos por Internet.
- Instalación de software en las computadoras de los representantes de los estados que más problemas presentaban.
- Atención de reportes vía telefónica.

Para acceder a Internet se asignaron dos tipos de software. A la junta local de cada estado y a sus respectivas juntas distritales se les asignaron cuentas y claves de acceso proporcionadas por la compañía de telecomunicaciones *UNINET*. A la junta local del Distrito Federal y a sus respectivas juntas distritales se les asignaron cuentas y claves de acceso proporcionadas por la compañía de telecomunicaciones *Compuserve*.