

III. Infraestructura

El PREP es un programa de aplicación temporal, por lo que es necesario construir toda su infraestructura física, desde encontrar espacio en las oficinas centrales del IFE, al sur de la ciudad de México, hasta la instalación de un centro de cómputo principal, denominado CENARREP I (Centro Nacional de Recepción de Resultados Electorales Preliminares), otro de respaldo, un CEDAT en cada una de las Vocalfías Distritales y dos salas de prensa para difundir los resultados.

La construcción de esta infraestructura requirió de una cuidadosa planeación, ya que el tiempo disponible era poco y también había que realizar la programación de los sistemas, las pruebas y la capacitación de más de seis mil personas que serían los responsables de operar los CEDAT.

El PREP ha enriquecido cada uno de sus componentes, obteniendo de ello beneficios que han permitido formar una estructura cada vez más sólida. En este capítulo se describen todas las acciones relativas a la creación de la infraestructura del PREP.

I.- Locaciones:

- Oficinas centrales
- Primer Centro Nacional de Recepción de Resultados Electorales Preliminares (CENARREP I)
- Segundo Centro Nacional de Recepción de Resultados Electorales Preliminares (CENARREP II)
- Macrosala de Prensa
- Sala de Prensa Alternativa
- Sala de Consejo
- 300 Centros Distritales de Acopio y Transmisión de Datos (CEDAT)

II. Adecuaciones físicas (en cada locación): *

- Diseño
- Arquitectura
- Potencia eléctrica
- Condiciones ambientales
- Seguridad física
- Control de accesos
- Pruebas
- Liberación
- Desconexión
- Desinstalación
- Desocupación
- Documentación

* A excepción de las locaciones que ya contaban con una infraestructura física.

III. Equipamiento (en cada locación):

- Instalación de: *hardware*, sistemas operativos, utilerías de *software* y base de datos
- Pruebas
- Liberación
- Mantenimiento continuo
- Desinstalación

IV. Operación (en cada locación):

- Efectuar respaldos generales y específicos, y guardias las 24 horas del día
- Tener bitácoras detalladas y actualizadas permanentemente
- Monitorear condiciones ambientales, equipos, sistemas y cambios de configuración de los mismos

- Administrar las cuentas, contraseñas de los usuarios, los sistemas de archivos, bases de datos, volúmenes de discos, utilerías de alta disponibilidad (*clusters*), manuales, versiones originales y licencias de *software*
- Encender y apagar los equipos
- Escalar problemas hasta lograr la completa reparación

Oficinas centrales

El espacio físico fue entregado a los responsables del PREP en febrero de 2000, luego de un análisis previo para distribuir adecuadamente las distintas áreas que lo formarían. Éstas fueron planeadas, diseñadas, creadas y estructuradas con el propósito de satisfacer las necesidades requeridas dentro del Programa (véase anexo Plano PREP).

Cada área era independiente, pero al mismo tiempo una no podía prescindir de las otras. Fue un trabajo en conjunto, y la estructura del PREP quedó de la siguiente manera:

- Coordinación General del PREP
- Coordinación de Gestión
- Coordinación Técnica
- Dirección de Operación de CEDAT
- Dirección de Cómputo y Telecomunicaciones
- Dirección de Programación
- Dirección de Apoyo Logístico
- Enlace Administrativo
- Oficialía de Partes
- Departamento de Contratación y Capacitación

Centros Nacionales de Recepción de Resultados Electorales Preliminares (CENARREP)

Durante el proceso electoral del año 2000 se utilizaron dos centros de cómputo llamados CENARREP. Uno ubicado en las oficinas centrales del Instituto Federal Electoral y otro en la zona norte del Distrito Federal, en oficinas especializadas en albergar equipo de cómputo y telecomunicaciones de terceros.

Programa de Resultados Electorales Preliminares (PREP)

Los CENARREP fueron responsables de:

- Recibir la información electoral proveniente de los 300 Centros Distritales de Acopio y Transmisión (CEDAT) constituidos en el territorio nacional.
- Replicar hacia el otro CENARREP la información recibida localmente, así como recibir la información replicada desde el otro centro.
- Validar, contabilizar y almacenar la información electoral.
- Organizar, mediante gráficos y estadísticas, la información agregada y en detalle.
- Difundir la información electoral a través de redes locales, privadas y públicas.

Con este fin, los CENARREP contaron con los siguientes componentes estructurales:

- Seguridad física y control de acceso.
- Subsistema de condiciones ambientales y de potencia eléctrica.
- Consolas de monitoreo de red, de base de datos y de sistemas aplicativos.
- Organización para operación y mantenimiento.
- *Firewalls* y recortes de sistemas operativos para seguridad lógica.
- *Racks* de telecomunicaciones para recepción, replicación y transmisión de datos.
- *Cluster* PDB (*Parallel Data Base*) para conteo y almacenamiento en bases de datos.
- *Cluster* HA (*High Availability*) para organización de información pública.
- Servidor Web para difusión en Intranet (Red IFE).
- Servidor FTP para difusión en Internet a través de proveedores seleccionados (ISP).
- Servidores Web y *Netra-J* para difusión en Macrosala y Sala de Prensa Alternativa.
- Conexión especial para difusión en Sala de Consejo.

1. ACONDICIONAMIENTO DEL CENARREP I

Después de un estudio minucioso se designó el espacio físico para el centro de cómputo dentro de las oficinas del PREP en las instalaciones del Instituto, el cual requirió de un esfuerzo conjunto para su acondicionamiento.

Se llevaron a cabo diversas modificaciones, por seguridad y para garantizar el óptimo funcionamiento del equipo, ya que por su naturaleza es delicado y requiere de condiciones especiales.

Se hizo un cancel de cristal para el equipo de cómputo central. Se aprovechó el espacio que había entre la entrada principal del centro de cómputo y el pasillo de oficinas generales, para instalar el equipo de monitoreo. Todo esto conllevó a la realización de una serie de actividades como fueron: el retiro de falso plafón, desmantelamiento de puerta y cancel, aplanado de yeso en muros, elevado de vidrio y aluminio, fabricación de una rampa de acceso, instalación de piso falso, aplicación de tierra física, iluminación, instalación de contactos eléctricos regulados, dos unidades de potencia ininterrumpida (UPS) y un equipo de aire acondicionado para control del ambiente en cuanto a temperatura, humedad y partículas suspendidas.

Los trabajos fueron realizados por personal especializado, lo que permitió optimizar recursos y tiempo, y garantizó que el centro de cómputo se encontrara dentro de las normas internacionales.

2. ACONDICIONAMIENTO DEL CENARREP II

En 1997 se optó por rentar un espacio en el *World Trade Center* de la ciudad de México y acondicionarlo como centro de cómputo; en ese entonces los proveedores de Internet no se habían desarrollado como ahora. Para el 2000 se aprovechó que varias empresas tienen centros de cómputo que cumplen con las normas internacionales, y con todas las condiciones de seguridad, redundancia eléctrica y control de condiciones ambientales para poder rentarlas.

Las condiciones fueron las siguientes:

- Disponibilidad de 10 m² de espacio para la instalación de los equipos de cómputo, de cuatro enlaces E1 dedicados entre los equipos del Instituto y de la empresa (facilidad para que Telmex entregara estos enlaces), de 14 enlaces conmutados para recibir 360 llamadas telefónicas en los equipos del Instituto, y de un *rack* para que se montaran los equipos de telecomunicaciones para acceso telefónico, enlaces dedicados y concentradores.
- Control de temperatura, humedad y partículas suspendidas.
- Corriente regulada ininterrumpida (24 horas) de 110 y 220 Volts.
- Planta de emergencia.

- Una zona para instalar las consolas de los equipos, desde donde se podían operar y monitorear. El monitoreo a control remoto se hizo a través de los enlaces dedicados.
- Aislamiento físico de las conexiones de red de los equipos del Instituto con el resto del cableado de la empresa.
- Lugar donde almacenar un conjunto de refacciones, con acceso restringido al mismo.
- Durante los periodos de pruebas, tanto internas como nacionales, entre los meses de abril a junio, tener acceso a las instalaciones en cualquier momento y un lugar de trabajo, además de apoyo para solucionar cualquier problema que se presentara (acceso a las acometidas de los enlaces, al *rack* donde se encontraban los equipos de telecomunicaciones del Instituto, acceso a los proveedores para soporte técnico, acceso al lugar donde se encontraba el *stock* de partes, entre otras).
- Acceso sólo a personal autorizado por el Instituto, especialmente el dos de julio, día de la jornada electoral.
- Vigilancia permanente.
- Estacionamiento.

Todos estos requerimientos se cumplieron satisfactoriamente por el proveedor, gracias al procedimiento legal y corporativo empleado por el Instituto Federal Electoral.

3. INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA

Para garantizar el suministro continuo de energía eléctrica se contó con diversos grados de protección: uno de ellos fue el de la Comisión Federal de Electricidad en la subestación eléctrica del IFE, la cual contaba con apoyo de dos plantas de emergencia. El otro fue una planta de emergencia local que se ubicó cerca del centro de cómputo. Por último, se colocaron tres unidades de potencia ininterrumpida (UPS) de forma tal que una apoyaba a las otras dos, formando dos circuitos eléctricos independientes. Se aprovechó la redundancia del modelo de cómputo para que cada elemento estuviera conectado a un circuito diferente, se hicieron pruebas de resistencia a la posible caída de cada circuito y se demostró su seguridad.

En el CENARREP II se utilizó la infraestructura eléctrica redundante de la empresa IMPSAT, dueña del inmueble. También ahí se realizaron las pruebas suficientes.

4. INFRAESTRUCTURA DE CONDICIONES AMBIENTALES

En ambos CENARREP se mantuvieron condiciones de 21°C de temperatura y de 41% de humedad, mediante aparatos de aire acondicionado especialmente diseñados para centros de cómputo. El equipo del CENARREP I fue adquirido por el IFE, mientras que en el CENARREP II se utilizó el existente en las instalaciones contratadas.

5. SEGURIDAD FÍSICA Y CONTROL DE ACCESO

Se tomaron diversas medidas técnicas y administrativas para evitar el acceso de personal no autorizado. En ambos centros se instalaron retenes de control por parte de la Coordinación de Seguridad del IFE, que mantuvo guardias las 24 horas del día. Dos días antes de la jornada electoral se realizó una inspección con perros adiestrados para detectar explosivos.

En el CENARREP I se tomaron medidas tecnológicas adicionales: se instaló un sistema de apertura de puertas mediante código de identificación personal y tarjetas inteligentes, una barra antipánico con contacto magnético de detección de estado en la puerta de emergencia, así como un sistema cerrado de televisión con un total de ocho cámaras, ubicadas en diferentes áreas del PREP 2000, un centro de control consistente en un multiplexor de 16 canales, un monitor de 12" y otro de 14" con dos videograbadoras, para grabar en videocinta todo lo sucedido en áreas clave.

Se instalaron dos nuevos sistemas de detección: uno de movimiento y otro de humo, para una protección perimetral del área del PREP 2000, el primero con un total de 13 detectores ubicados en las oficinas generales y en el interior del centro de cómputo, y el segundo con un total de 20 detectores de tecnología fotoeléctrica, 13 en el entorno de las oficinas, cinco en el centro de cómputo y dos en la sala de control anexa al mismo.

Se instalaron además dos estaciones manuales para evacuación, una de ellas en la puerta de acceso a la sala de control contigua al centro y la otra en la sala de las oficinas generales del PREP 2000.

Diseño y elaboración de las credenciales del sistema de seguridad y acceso

Para la seguridad física se instaló un sistema de control de acceso, el cual contó con tres lectores de proximidad y un teclado para Código de Identificación Personal (CIP), protegiendo así las instalaciones del PREP 2000. Se elaboraron tarjetas de identificación magnéticas con fotografía para el personal adscrito, así como para el de las empresas

Programa de Resultados Electorales Preliminares (PREP)

que participaron como proveedores del proyecto. Esto se llevó a cabo como se explica a continuación:

Se realizaron dos diseños de acuerdo al nivel de seguridad 1 y 2, y cada credencial incluyó los siguientes datos: vigencia, área de adscripción, nombre completo, cargo o función, y si la persona participaba por parte de una empresa se anexaba el nombre de la misma como se muestra a continuación. Se entregaron personalmente y los portadores firmaron una responsiva, además de que se les informó sobre las restricciones, reglamento y uso de la credencial.



La tarjeta de seguridad con distintivo en color rojo fue *nivel 1* y permitía el acceso al área de las oficinas generales y del CENARREP.

La tarjeta de seguridad en blanco y negro fue *nivel 2* y sólo permitía el acceso a las oficinas generales del PREP 2000.

Otra acción para la seguridad fue la elaboración de listas con fotografía acordes con la base de datos de las credenciales con el propósito de mantener el registro de las entradas y salidas de todo el personal. Estas listas fueron entregadas a la Coordinación de Seguridad del IFE, la cual mantuvo guardias para el resguardo de las oficinas generales del PREP 2000, de los CENARREP y del sótano, que era el espacio en el que se almacenaba todo el equipo y materiales que utilizarían los 300 CEDAT del país.

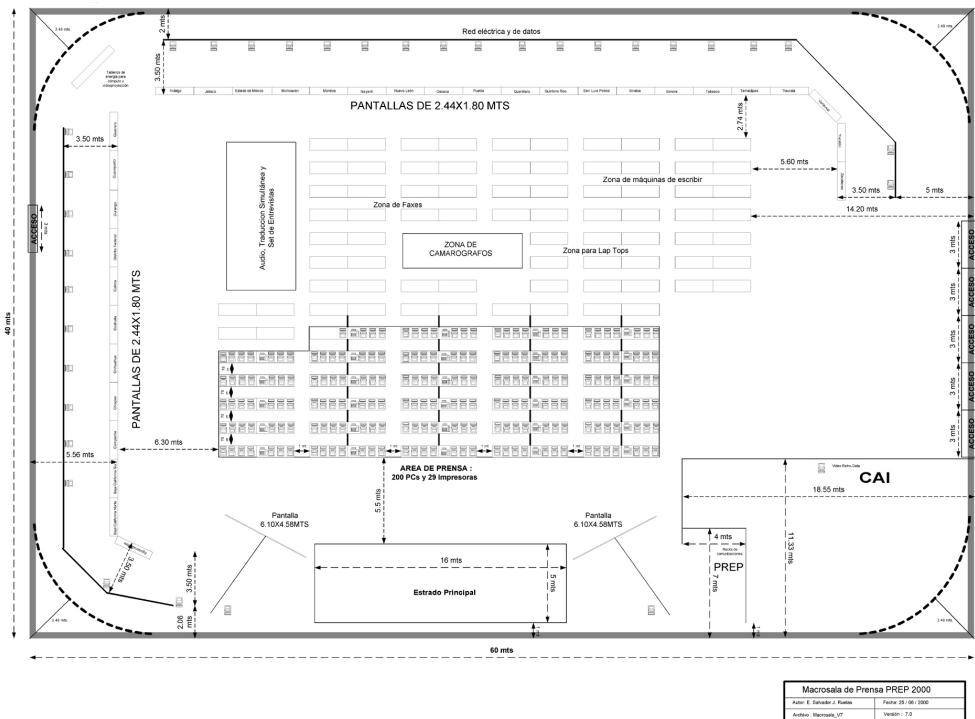
Por otro lado, la Dirección de Comunicación Social del IFE otorgó acreditaciones al personal (gafete con fotografía) para su acceso a las salas de prensa durante la jornada electoral.

Salas de Prensa

El Programa de Resultados Electorales Preliminares se preocupó por difundir los resultados oportunamente a todos los medios informativos, así como contar con dos espacios especiales para la prensa: Macrosala y Sala de Prensa Alterna.

1. MACROSALA DE Prensa

El objetivo de la Macrosala fue ser el centro de operaciones para los periodistas nacionales y extranjeros que atenderían la cobertura informativa de la jornada electoral, y se instaló en la zona de estacionamiento del Instituto, en un área de 2,400 m². Los equipos se distribuyeron como se muestra en el siguiente diagrama:



El PREP 2000 se responsabilizó del funcionamiento técnico de la Macrosala. La Coordinación de Comunicación Social del Instituto determinó el tipo de carpa y se ocupó de su instalación. Ambas áreas participaron en las actividades necesarias para el montaje, ya que dada su magnitud requirió de un considerable despliegue de recursos humanos y materiales.

Logística de la Macrosala

- Se instaló una superficie de piso de madera provisional.
- Se instalaron dos escalerillas por debajo del piso falso para soportar el cableado eléctrico.
- Cableado estructurado por debajo de la superficie de madera.

Cableado eléctrico

- Tierra física para la carpa.
- Un UPS (trifásicos y con transformador de aislamiento) que proporcionara 160 KVA.
- Corriente polarizada, doble toma de corriente y al alcance para todo el equipo de proyección.

Telecomunicaciones

- Instalación de un enlace E1 hasta el *rack* de comunicaciones en la Macrosala.
- Tendidas de fibra óptica multimodo (dos activas y una de respaldo) con conectores SC entre el CENARREP I y el *rack* de comunicaciones de la Macrosala.
- Dos tendidas de fibra óptica multimodo entre el centro de la desglosa UNICOM y la Macrosala con una longitud de 160 metros cada una de ellas.

Instalación de equipo

- 32 videoproyectores de 800 lúmenes (32 principales y 16 de *back up*) con una resolución de 1024 x 768 para proyección trasera; dos pantallas de 2.44 x 1.80 m; cuatro videoproyectores de 6,000 lúmenes (dos principales y dos de *back up*) con una resolución de 1,180 x 900 para proyección trasera; dos sistemas de espejos para pantallas; dos pantallas de 6.10 x 4.58 m; videoproyectores Retro-Data con resolución de 1,120 x 832 compatibles con VGA; videoproyectores con sus respectivas bases forradas de tela negra y montaje de las pantallas sobre andamios de dos metros con plataformas de 1.22 x 2.44 m.
- 200 PC Pentium con recorte de sistema operativo, *Windows 2000*, *Office 2000*, *navegador*.
- 29 impresoras de inyección de tinta a color.

- *Firewall* y configuración.
- Un enrutador para recibir el enlace.

Conexión de:

- Dos tendidas (cuatro pares) de fibra óptica multimodo para exteriores y de dos *transivers* de UTP a FO en *Fast Ethernet*.
- Servidor de correo.

Soporte técnico:

- Especializado para el cableado y servicio de correo antes y durante el proceso electoral.

Previsiones:

- Que los proyectores fueran compatibles con el equipo de cómputo *JavaStation*, marca Sun mediante prueba física de interconexión entre ambos.
- El restablecimiento del sistema, en caso de falla, en un término no mayor a 15 minutos.

Al final de las actividades anteriores se realizó la inspección de la carpa y revisión del sistema para que operara en condiciones óptimas.

Para la Macrosala se requirió de una carpa neumática que cubriera la superficie de 2,400 m², 60 metros de largo por 40 de ancho.

Esta carpa neumática albergó 200 computadoras personales (PC), 29 impresoras, 35 *JavaStation*, 32 pantallas de 2.44 x 1.80 m, dos pantallas de 6.10 x 4.58 m, un Retro-Data, un *rack* de comunicaciones, un estrado principal de 16 x 5 m, 25 cabinas telefónicas privadas, 50 teléfonos, 150 máquinas de escribir y 70 faxes.

Las 32 pantallas montadas contaron en su equipo de proyección con un sistema de espejos, que reducían de 5.5 metros a 3.5 metros la distancia del tiro de proyección y así permitían más espacio libre para la prensa. Éstas proyectaban los resultados de cada una de las entidades federativas en orden alfabético. La proyección de los resultados para la Coordinación de Asuntos Internacionales se realizó con un equipo Retro-Data.

Los 35 equipos de videoproyección fueron compatibles con el equipo de cómputo (*JavaStation*) del Instituto, los que recibían los datos de los resultados electorales

directamente desde el CENARREP a través de fibra óptica. Los videoproyectores se conectaban al puerto de video de las *JavaStation*, se respaldó uno por cada dos pantallas de 2.44 x 1.80 metros.

Para el montaje de esas pantallas de los videoproyectores y de las *JavaStation*, se contó con dos hileras de andamios, una para las pantallas que estaban ubicadas a 2.20 m de altura, lo que permitía a la prensa una mejor visualización de los resultados, y la otra para los equipos.

Equipo de cómputo destinado para la prensa

Se instaló una red tipo LAN constituida por 200 PC y 29 impresoras destinadas para el área de prensa. Las PC llevaban instalado el sistema operativo *Windows* además de los paquetes *Excel* y *Word*, y contaban con servicio completo de Internet.

Las impresoras fueron de inyección de tinta y a color, y se distribuyeron una por cada siete PC. Cada una de las impresoras se configuró como esclava y compartidas en red, para que imprimieran a la calidad de tinta que permitiera a los usuarios tener mayor velocidad de impresión.

2. SALA DE PRENSA ALTERNA

Esta sala de prensa se instaló en el Salón Olmeca I del *World Trade Center* de la ciudad de México y sus dimensiones fueron de 35 metros de largo por 16 de ancho.

Pese a la escasa presencia de visitantes que se tuvo en esta sala de prensa, su funcionalidad fue del 100%.

Logística

Debido al reducido espacio de la sala, se utilizó el menor equipo posible y se adecuó para que los resultados electorales de cada entidad federativa pudiesen visualizarse sin problema. Esto se logró de la siguiente manera:

- Se utilizaron 16 pantallas de 2.44 x 1.80 metros para que cada una de éstas desplegara la información de dos entidades federativas en forma cíclica.
- El programa de difusión de resultados para las pantallas fue el mismo que el utilizado para la Macrosala, pero con la variante de que desplegaría los resultados electorales de dos entidades federativas en vez de sólo una por cada pantalla.

- Para los resultados electorales a nivel nacional se utilizó una pantalla de 4.25 x 3.15 metros, la cual se ubicó al fondo de la sala y del lado izquierdo del estrado.

En cada una de las pantallas se requirió que los equipos de videoproyección contaran con sistemas de espejos, como en el caso de la Macrosala para operar con las mismas condiciones.

Equipo de cómputo

Para este espacio de prensa bastó con instalar una red LAN, compuesta de 35 PC y cinco impresoras. También aquí se distribuyó una impresora por cada siete PC, configurándolas de igual manera que en la Macrosala.

3. SALA DE CONSEJO

Para apoyar las sesiones de la Sala de Consejo, se instalaron en ese lugar dos *Java-Station* con sus respectivos proyectores de pantalla, una computadora personal y una impresora láser con exactamente la misma configuración de los equipos de las salas de prensa.

Equipo de procesamiento

La arquitectura del *hardware* fue necesaria y suficiente para garantizar la completa y permanente disponibilidad del servicio. La capacidad de procesamiento resultó ser un elemento importante para evitar “cuellos de botella” y el congestionamiento de la información, la cual debía presentarse de inmediato a los ciudadanos de todo el país para fomentar la transparencia, la confianza y la credibilidad en los resultados electorales. Se procesaron en total 319,602 actas, provenientes de 300 Distritos Electorales en todo el país, en un periodo menor a 24 horas.

Para garantizar el comportamiento óptimo del equipo de cómputo se optó por la tecnología de *cluster*, debido a sus características de resistencia a fallas y a su capacidad de procesamiento.

Cuando utilizamos el término *cluster*, se hace referencia a una configuración donde se agrupan uno o varios sistemas con el objetivo de mantener la aplicación siempre activa no importando que se presente alguna condición de falla en algunos de sus miembros.

Respecto al equipo de procesamiento central, el personal encargado de instrumentar el PREP 2000 se percató que parte del equipo utilizado en 1997 se encontraba asignado a otro proyecto, por lo que fue necesario adquirir nuevos equipos y actualización tecnológica para el que ya estaba disponible, así como la contratación de los servicios de mantenimiento preventivo y correctivo.

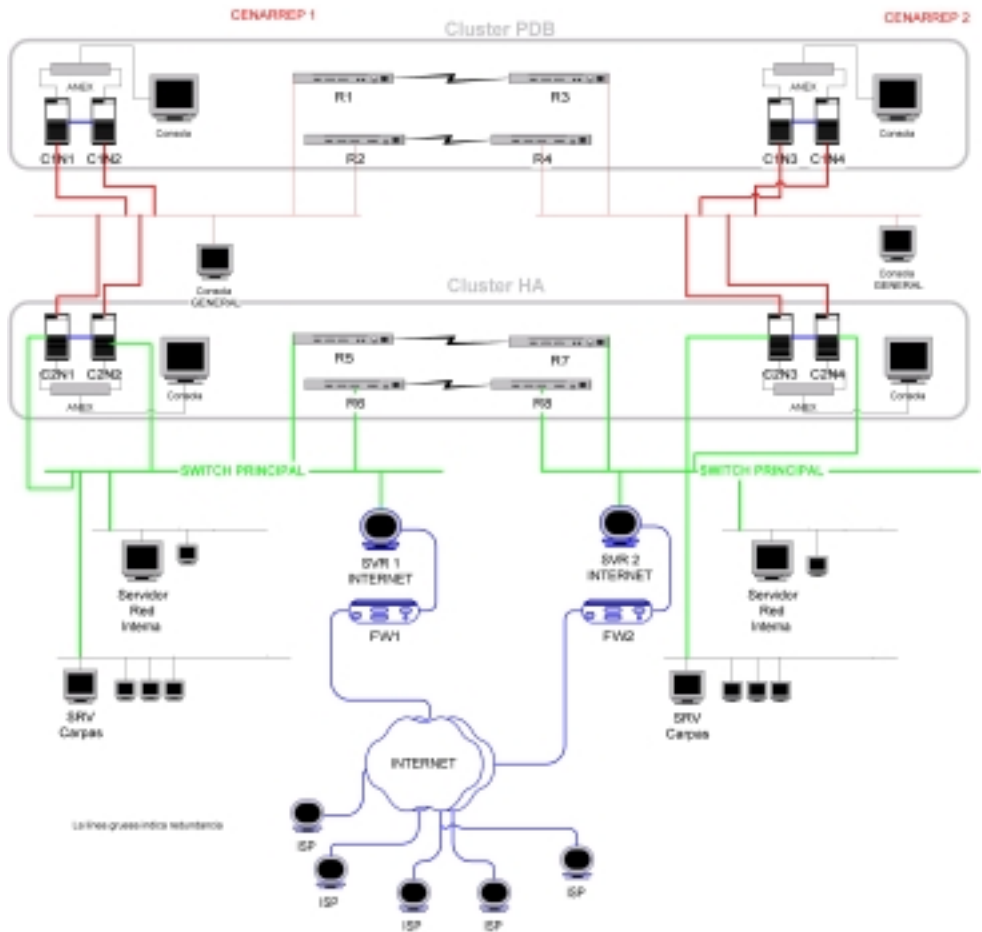
Las características de los equipos de cómputo para el procesamiento central (encargado de mantener la base de datos de los votos, la comunicación con el segundo centro y enviar la información al centro difusión) fueron las siguientes:

- Arquitectura de 64 *bits* en todas sus partes, procesadores y canales internos de comunicación.
- Cuatro procesadores *risc* de 400 MHz.
- Capacidad de memoria de un GB.
- Canales internos de comunicación de por lo menos dos GB/s.
- Ocho MB de cache externo.
- Almacenamiento mínimo en disco de 63 GB externos, tolerantes a fallas y con posibilidad de ser reemplazados sin necesidad de apagar el equipo. El arreglo de discos garantizaba que la información siguiera disponible en su totalidad, a pesar de la falla de alguno de ellos y sin necesidad de un tiempo de reconstrucción (*configuración raid*).
- Sistema tolerante a fallas, donde el *hardware* y el *software* en su conjunto aseguraran la disponibilidad ininterrumpida del servicio. Todo lo anterior, sin la intervención de un operador.
- Sistema operativo Unix con integridad de los datos, un *kernel* robusto, con mecanismos de diagnóstico, corrección y aislamiento de fallas de *hardware* y *software*, para manejar reconfiguración dinámica (adicionar, quitar y detectar en línea) en tarjetas *in/out* sin necesidad de reiniciar el equipo, impedir que una falla en los componentes del sistema afectara a las aplicaciones y al propio sistema operativo, características que deberían ser transparentes e independientes. Tener licencia ilimitada.
- Capacidad de implantar múltiples niveles de seguridad para que no existiera un administrador único del equipo de cómputo y que la administración fuera compartida para que los usuarios tuvieran distintos niveles de seguridad, habilidad de asignar recursos críticos como CPU y memoria virtual para aplicaciones y/o usuarios sin la intervención del operador.

- Posibilidad de mantener las conexiones de red o de almacenamiento (discos y/o arreglos) y que pudiera utilizar la reconfiguración dinámica de tarjetas.
- Herramientas gráficas para análisis de rendimiento del sistema y sistemas de archivos, permitiendo sintonizar el equipo de cómputo a través de ellas.
- El arreglo de discos debería tener conexión simultánea y redundante a través de un canal de fibra de al menos 100 MB/s a los componentes del *cluster* (dos nodos) y la capacidad de 63 GB para estar disponible en cada uno de los elementos de cómputo, en caso de una falla. Fuentes de poder, ventiladores e interfaces *hot swap* y redundantes.
- Componentes vitales de los nodos (fuente de poder, ventiladores, procesadores, discos externos, interfaces de red) redundantes, con al menos la característica de *hot swap* en discos, tarjetas *in/out*, fuentes de poder y ventiladores, de *hot plug* en interfaces de red, procesadores y memoria.
- Incluir *software* de monitoreo automático para detección anticipada de fallas de *hardware* y su aislamiento, capaz de mostrar en una consola gráfica los elementos que presentarían la falla.
- Soportar la recepción de datos de 420 modem simultáneamente a través de conexiones TCP/IP y además una carga de 120 transacciones tipo TPC-C.
- Mecanismos para detectar fallas de una interfaz de red y utilizar una segunda automáticamente, sin que las aplicaciones se afectaran por la falla.
- Consola de operación gráfica.
- Sistemas inteligentes que impidieran que las aplicaciones se interrumpieran en caso de existir una falla en el *hardware*.
- Terminales y *software* para monitores del sistema.
- No requirieran de medio ambiente controlado.
- Sistemas abiertos: posibilidad de compartir información con equipos de diferentes arquitecturas de cómputo a través de aplicaciones cliente/servidor en ambientes TCP/IP.
- El *software* de *cluster* se integraría con bases de datos relacionales con posibilidad de que los elementos de cómputo compartieran la misma base de datos y soportaran aplicaciones con el *software Oracle Parallel Server*.
- Interconexión de los nodos redundante, baja latencia, para el soporte intensivo de aplicaciones de bases de datos en paralelo.

- *Software* de *cluster* con la posibilidad de adicionar nodos para configurar sistemas de al menos tres y cuatro en forma dinámica con los mismos equipos.
- Incluir unidades de CD-ROM para instalación de sistema operativo y cinta de 4mm con capacidad de 12 GB mínimo para respaldo de información.
- Manuales de operación tanto del *hardware* como de los programas de soporte (monitores y administración) y *software* de aplicación.
- Incorporar una unidad para grabar CD-ROM, bajo el sistema operativo, para almacenar en éste, al final del proceso, la siguiente información:
 - Bases de datos
 - Bitácoras del sistema
 - Bitácoras de las aplicaciones

DIAGRAMA DE FUNCIONALIDAD DEL CLUSTER



$Cluster_{PDB1} = C1N1 + C1N2$

$Cluster_{PDB2} = C1N3 + C1N4$

$Cluster_{HA1} = C2N1 + C2N2$

$Cluster_{HA2} = C2N3 + C2N4$

El objetivo fue construir dos *cluster* PDB y dos HA con cuatro servidores (Standalone) ya existentes y cuatro servidores nuevos, formando *cluster* en pares entre un servidor ya existente y el nuevo servidor, un equipo ya existente y un equipo nuevo formarían el PDB1 y de la misma manera serán formados el PDB2, HA1 y HA2.

- Si C1N1 falla, entonces C1N2 toma las funciones.
- Si C1N2 falla, entonces C1N1 toma las funciones.
- Si PDB1 falla, entonces PDB2 toma las funciones.
- Si C1N3 falla, entonces C1N4 toma las funciones.
- Si C1N4 falla, entonces C1N3 toma las funciones.
- Si PDB2 falla, entonces PDB1 toma las funciones, siempre y cuando PDB1 opere.
- Las mismas funcionalidades antes descritas en el caso de los HA1 y HA2 con los nodos C2N1, C2N2, C2N3 y C2N4.

Contabilización y almacenamiento de datos

La red de PDB fue el centro de toda la plataforma, su máxima responsabilidad fue la correcta contabilización de los votos sin dejar la menor duda. Estuvo conformada como ya se mencionó por dos *cluster* tipo PDB (*Parallel Data Base*) de equipos E3500 de *Sun Microsystems*. En cada CENARREP se encontraba uno de estos *cluster* y se mantuvieron comunicados por un canal redundante y dedicado.

En el CENARREP I se ubicó el *cluster* PDB-1 y estuvo conformado por los Equipos U3500 denominados PDB-11 y PDB-12, respectivamente. Asimismo, en el CENARREP II se ubicó el *cluster* 2 llamado PDB-2 que estuvo conformado por los equipos U3500 denominados PDB-21 y PDB-22, respectivamente; en esta nomenclatura el primer dígito nos indicaba en cuál CENARREP se encontraba el equipo en cuestión, mientras que el segundo dígito indicaba la posición del equipo dentro del *cluster*.

Los *cluster* PDB estuvieron conectados única y exclusivamente a la red principal que recibe su nombre. Por razones de redundancia esta conexión es doble en cada uno de los U3500 (tarjetas de red primaria y secundaria en cada nodo). En total, hubo cuatro tarjetas de red en cada PDB.

Los PDB también compartieron arreglos de discos, donde se alojó la base de datos *Oracle*. Cada *cluster* contó con dos arreglos de discos A5200 de *Sun Microsystems*

(cuatro en total) configurados en modalidad de espejo (RAID 0+1). En cada uno de estos arreglos había una imagen de la base de datos protegida por la utilidad *Oracle Parallel Server* (OPS) que cuenta con rutinas de recuperación automática en caso de pérdida de integridad de los datos.

Para el balanceo de la carga de trabajo y para lograr mayores efectos de redundancia, cada *cluster* utilizó dos direccionamientos lógicos (*logical hosts*). Cada uno permitía la utilización de un nodo del *cluster* como maestro y al otro como esclavo y viceversa. Al ser doble el direccionamiento la aplicación podía controlar a voluntad su comportamiento.

Organización de la información electoral

La organización y difusión de la información electoral se realizó en una red independiente a la de los *cluster* PDB. La información podía fluir de la red PDB hacia la red HA, pero no en sentido inverso, para evitar accesos indeseados provenientes de Internet.

Se contó con dos *cluster* HA. El HA-1 estuvo integrado por los nodos HA-11 y HA-12 en el CENARREP I y el HA-2 se integró por los nodos HA-21 y HA-22 en el CENARREP II. Para estos *clusters* HA se reutilizaron los equipos *Sun E3000* utilizados en las elecciones federales del año 1997.

Los *cluster* HA de cada CENARREP se mantuvieron en contacto entre ellos mismos mediante una red metropolitana independiente a la de los PDB. Cada equipo U3000 HA funcionó como puente entre ambas redes (HA y PDB), por lo que tuvieron el doble de tarjetas que sus similares en la red PDB. Esto requirió cuatro tarjetas de red por nodo, sumando 16 en total.

Los *cluster* HA también compartieron arreglos de discos configurados en espejo (RAID 0+1). En esta ocasión se optó por reciclar los cuatro arreglos RSM-214 utilizados en 1997. Se mantuvieron dos arreglos RSM-214 en cada CENARREP.