



**UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS**  
**VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948**

**Facultad de Ingeniería Eléctrica**  
**Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones**



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

*“Estudio de tráfico y optimización de la red telefónica  
privada del MININT en Cienfuegos.”*

**Autor: Ray Roberto Hall Mejías.**

**Tutor: Ing. Maidel Gómez Muñoz.**

**Santa Clara**

**2012**

**“Año 54 de la Revolución”**

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas**

**Facultad de Ingeniería Eléctrica**

**Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones**



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

*“Estudio de tráfico y optimización de la red telefónica  
privada del MININT en Cienfuegos.”*

**Autor: Ray Roberto Hall Mejías.**

e-mail: [rhall@uclv.edu.cu](mailto:rhall@uclv.edu.cu)

**Tutor: Ing. Maidel Gómez Muñoz**

**Consultante: Dr. Carlos Rodríguez López.**

e-mail: [crodriguez@uclv.edu.cu](mailto:crodriguez@uclv.edu.cu)

**Santa Clara**

**2012**

**"Año 54 de la Revolución"**



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Automática, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

---

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

---

Firma del Autor

---

Firma del Jefe de Departamento  
donde se defiende el trabajo

---

Firma del Responsable de  
Información Científico-Técnica

## *PENSAMIENTO*

*El futuro está en las grandes innovaciones técnicas, que constantemente van cambiando el aspecto del mundo.*

*Ernesto Che Guevara.*

## *AGRADECIMIENTOS*

*A mis padres Caridad Mejías Carrillos y Pedro Hall Blackman por el apoyo que me han dado siempre en todos los momentos de la vida.*

*A mi tutor, el teniente Maidel Gonzales Muñoz, muchas gracias por haber asumido esta tesis como suya.*

*A todos los compañeros del órgano de comunicaciones que me han brindado un gran apoyo en la realización de esta tesis.*

*A todos los profesores y estudiantes de la UCLV que me han apoyado en mis propósitos.*

## *TAREA TÉCNICA*

Para el logro de los objetivos propuestos en el presente trabajo, la investigación sigue una línea definida por un grupo de tareas, entre las que se encuentran:

- 1- Realizar un estudio detallado de las características funcionales de las PBX 3300 ICP y su interconexión en la red a estudiar.
- 2- Estudiar las facilidades de los sistema 3300 ICP y la implementación de estas en la red.
- 3- Hacer un estudio exhaustivo de la teoría del tráfico telefónico y definir el modelo de tráfico que más se ajusta a la investigación.
- 4- Configurar las herramientas de medición de tráfico del sistema y extraer de forma periódica y sistemática los resultados de las mediciones de tráfico.
- 5- Proponer una configuración óptima para la red que permita un mejor uso de los troncos y aumente la movilidad de los usuarios sin disminuir la seguridad de la misma.
- 6- Proponer un sistema de monitoreo de llamada para la red.

---

Firma del Autor

---

Firma del Tutor

## *RESUMEN*

La red telefónica privada del MININT en Cienfuegos está integrada fundamentalmente por tres sistemas PBX 3300 ICP. Dicha red está conectada a través de enlaces digitales E1 a la red de ETECSA y al resto de la red nacional del MININT, los cuales no fueron sometidos a un dimensionamiento correcto, que permita optimizar el rendimiento de la red y brindar un mejor servicio, para llevarlo a cabo se requiere la comprensión de la naturaleza del tráfico y su distribución con respecto al tiempo y destino.

Con este objetivo se programa una observación de tráfico por un período de tres meses desde el 1 de enero al 1 de abril del 2012, en el cual se almacenan los reportes periódicos de tráfico provenientes de los tres sistemas PBX con el uso de herramientas de software que facilitan el trabajo. Analizando los datos de los reportes obtenidos se define la ocupancia de los troncos, así como las capacidades del sistema para la implementación de nuevos servicios. Finalmente se propone una modificación de las tablas ARS, para la implementación del pleno acceso permitiendo así la eliminación de un enlace E1, y la utilización de un sistema de monitoreo y tarificación basado en la herramienta de software Wintariff.

## TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
TAREA TÉCNICA .....	iii
RESUMEN .....	iv
TABLA DE CONTENIDOS .....	v
INTRODUCCIÓN .....	1
Capítulo 1. Revisión bibliográfica sobre sistemas PBX e ingeniería de tráfico. ....	4
1.1 <i>Centrales telefónicas privadas</i> .....	4
1.1.1 <i>Características generales</i> . ....	5
1.2 <i>Enlaces digitales y señalización</i> . ....	7
1.2.1 <i>Sistemas de transmisión digital</i> .....	7
1.2.2 <i>Señalización</i> .....	7
1.3 <i>Distribución de llamadas en la red</i> . ....	10
1.3.1 <i>Traductores de llamadas</i> . ....	10
1.3.2 <i>Selección automática de rutas en el sistema</i> . ....	11
1.4 <i>Dimensionamiento e ingeniería de tráfico</i> . ....	12
1.4.1 <i>Intensidad de tráfico</i> .....	13
1.4.2 <i>Grado de servicio (GoS)</i> .....	17
1.4.3 <i>Modelo ErlangB</i> .....	17
1.5    Estudio de tráfico en sistemas PBX .....	19
1.6 <i>Conclusiones del Capítulo</i> .....	20
Capítulo 2. Herramientas y métodos para el estudio de tráfico y administración de la red. 21	
2.1 <i>Estructura y conectividad de la red</i> .....	21

2.1.1	<i>Nodo Mxe CF I</i>	22
2.1.2	<i>Nodos secundarios de la red</i>	25
2.1.3	<i>Interconectividad de los elementos de la red</i>	26
2.1.4	<i>Distribución de las extensiones de la red</i>	29
2.2	<i>Configuración de la selección automática de ruta</i>	31
2.2.1	<i>Plan de numeración de la red del MININT</i>	31
2.2.2	<i>Rutas ARS</i>	32
2.3	<i>Facilidades de administración de la red</i>	35
2.3.1	<i>Sincronización de datos del sistema</i>	36
2.4	<i>Monitoreo de tráfico en la red</i>	37
2.4.1	<i>Medición de tráfico del sistema</i>	38
2.4.2	<i>Programación de los reportes de tráfico</i>	40
2.4.3	<i>Estructura de los reportes de tráfico</i>	42
2.4.4	<i>Station Message Detail Recording (SMDR)</i>	44
2.5	<i>Estudio de recursos de la red</i>	44
2.5.1	<i>Estudio de los enlaces con la PSTN y la red nacional</i>	45
2.5.2	<i>Estudio del ancho de banda y recursos E2T</i>	47
2.6	<i>Conclusiones del capítulo</i>	51
Capítulo 3. Resultados del estudio de tráfico y propuestas de cambios en la configuración de la red		53
3.1	<i>Estudio de tráfico hacia la PSTN y la red nacional</i>	53
3.1.1	<i>Trafico con la PSTN</i>	53
3.1.2	<i>Tráfico con la red nacional</i>	56
3.2	<i>Estudio del ancho de banda y recursos E2T</i>	57
3.3	<i>Cambios en la estructura de la red y manejo de llamada</i>	59

3.3.1 Redistribución de los troncos de la red.....	60
3.4 Propuestas de cambios en la configuración de la red.....	63
3.4.1 Traveling Class Mark (TCM). .....	63
3.4.2 Código de acceso independiente.....	64
3.4.3 Implementación de Direct Inward System Access (DISA) .....	65
3.5 Implementación de la tarificación y monitoreo de la red.....	66
3.7 Conclusiones del capítulo. ....	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	70
Conclusiones .....	70
Recomendaciones .....	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72
ANEXOS .....	74
Anexo I Módulos de expansión del controlador 3300 ICP.....	74
Anexo II Ejemplo de un reporte de tráfico del controlador Mxe.....	75
Anexo III Tabla de uso de ancho de banda histórico.....	76
Anexo IV Algunos resultados de las mediciones de tráfico.....	77

## *INTRODUCCIÓN*

En el país en los últimos 20 años ha aumentado vertiginosamente la instalación de sistemas PBX, de distintos fabricantes, los cuales han sido solución de comunicaciones en hospitales, hoteles, empresas, escuelas y en muchos edificios administrativos. Las marcas más comunes son Alcatel, Panasonic, Ericsson, Mitel y Philips.

Varias instituciones y en especial el MININT, han realizado estudios sobre sistemas PBX con tecnología Mitel, para la optimización de su configuración, con el fin de lograr un mejor servicio con el menor costo posible, pero en estos trabajos no se ha estudiado la implementación del análisis de tráfico, muy necesario para lograr la configuración más eficiente. El estudio de tráfico es una herramienta cada vez más usada por los diseñadores de redes telefónicas para el dimensionamiento de las mismas y por las administraciones de empresas con sistemas telefónicos privados para el control de los costos del servicio.

La red telefónica privada del MININT en Cienfuegos estaba constituida por un sistema PBX SX – 2000 de Mitel y un servicio Centrex, los cuales se interconectaban a través de un enlace E1 con señalización R2, el nodo SX – 2000 se conectaba de forma independiente a la red de ETECSA con otro enlace E1. A partir del año 2011 se decide la sustitución del servicio Centrex y el controlador SX-2000, y adoptar una red telefónica privada integrada por tres nodos controlados por plataformas 3300 ICP, una modelo Mxe y dos AX interconectadas por troncales IP.

Los controladores de la red, de reciente instalación, presentan una configuración básica muy por debajo de sus posibilidades en cuanto a facilidades de monitoreo, conectividad y servicios a los usuarios. El dimensionamiento actual de los troncos de acceso a la PSTN y la red nacional, se realizó sin el conocimiento de los parámetros que caracterizan el tráfico hacia ambas redes, por lo que es necesario un estudio para determinar la cantidad de troncos que son necesarios para mantener el grado de servicio esperado.

Con el objetivo de aumentar la seguridad y flexibilidad de sus comunicaciones teniendo en cuenta las características especiales de la institución, el MININT necesita el aumento de la movilidad de los usuarios de la red, un sistema para el monitoreo a tiempo real y la tarificación de las llamadas. Para responder a esta necesidad se realiza un análisis de las

facilidades ofrecidas por los controladores instalados con el fin de determinar los cambios a realizar a la configuración actual para la implementación segura de las aplicaciones necesarias, dando respuesta a los requerimientos planteados.

El estudio de tráfico es el elemento fundamental de este trabajo debido a que el redimensionamiento de los troncos de la red representa el mayor impacto económico del mismo, pues el pago de los enlaces con la PSTN constituye una parte importante de los gastos fijos de operación de la red, además los datos obtenidos en el estudio de tráfico pueden ser útiles a la hora de valorar transformaciones futuras en la red. Los restantes cambios que se proponen solo afectan el funcionamiento interno de la red, aunque el monitoreo continuo de las llamadas también pueden traer beneficios económicos, pues podría facilitar la toma de decisiones administrativas que hagan más racional y eficiente el uso de los servicios telefónicos.

***Objetivo general:***

Proponer una configuración que optimice la red telefónica privada del MININT en Cienfuegos a partir de un estudio de tráfico y el análisis de la configuración actual.

***Objetivos específicos:***

- 1-Analizar las facilidades de los sistemas PBX 3300 ICP con respecto a la administración y monitoreo de tráfico.
- 2- Analizar la estructura y configuración de la red actual y determinar debilidades y potencialidades.
- 3-Realizar un estudio de tráfico almacenando y procesando reportes periódicos de los controladores de la red.
- 4- Determinar los recursos necesarios y los disponibles en el sistema para la conducción del tráfico basados los datos obtenidos en las mediciones realizadas.
- 5- Realizar propuestas de configuración que facilite la inclusión de nuevos servicios y el monitoreo de la red, así como un mejor uso de los troncos, basados en el estudio de tráfico y las debilidades detectadas en el análisis de la red actual.

### ***Organización del informe***

El informe del trabajo se encuentra dividido en tres capítulos:

***Capítulo 1.*** Consiste en una revisión bibliográfica para la construcción del marco teórico general. En su desarrollo se analiza la arquitectura y las principales características de las PBX. En una segunda parte se realiza un estudio sobre la teoría de tráfico y el dimensionamiento en sistemas PBX.

***Capítulo 2.*** Se crea una base sobre las características y funcionamiento del Controlador 3300 Mxe y AX. Se analiza la estructura de la red, así como las facilidades para la administración y el monitoreo de tráfico de los sistemas que la conforman. Por último se define la implementación del estudio de tráfico en la red.

***Capítulo 3.*** En una primera parte de este capítulo se realiza un análisis de los resultados arrojados por el estudio de tráfico y se valoran los recursos que quedan disponibles para dimensionamientos futuros. En una segunda parte se proponen una serie de cambios para el mejor uso de los recursos y aumento la seguridad de la red.

## *Capítulo 1. Revisión bibliográfica sobre sistemas PBX e ingeniería de tráfico.*

### **1.1 Centrales telefónicas privadas**

La comunicación de voz en las empresas ha sido una necesidad permanente desde los inicios de la telefonía. Las soluciones de comunicaciones brindadas, han evolucionado, desde la instalación de un único teléfono para toda una empresa a finales del siglo XIX, hasta los actuales y sofisticados sistemas de comunicaciones.

Los primeros sistemas telefónicos empresariales automáticos, fueron conocidos con el nombre de Sistemas de Teclas (Key System). Estos sistemas electromecánicos, que comenzaron a difundirse en la década de 1920, consistían en conectar varias líneas urbanas a distintos botones o teclas de un mismo aparato telefónico. Cada aparato telefónico era conectado con varios cables, por lo menos un par por cada línea telefónica, pero se requerían otros varios para controles, encendido de luces, entre otros, hasta una caja central dónde se realizaban todas las conexiones y empalmes necesarios. En 1958, las Compañías Bell lanzaron al mercado el Call Director, un sistema de teclas que requería 150 pares para cada uno de sus aparatos telefónicos (Campanioni 2008).

Estos sistemas dejaron su lugar a las PBX (*Private Branch Exchange*). Las PBX centralizan en una caja las líneas urbanas y los teléfonos. Cada teléfono se conecta con uno o dos pares a la PBX. Las funciones de conectar líneas a teléfonos, o teléfonos entre sí, se realiza en forma centralizada.

Las primeras PBX eran sistemas manuales (PMBX, *Private Manual Branch Exchange*) y se conectaban cables entre los abonados. Para marcar se descolgaba el teléfono y se solicitaba a la operadora el abonado de destino o en las ciudades más grandes el número del mismo (Pérez 2010).

Con el desarrollo de las tecnologías desaparecieron las operadoras y las centrales se convirtieron en PBX automáticas, y con esto nacieron los discos de marcar. De esta forma

se cambió la “M” de manual por una “A” de automático surgiendo así las PABX (*Private Automatic Branch Exchange*) (Alberto 2007).

Las primeras centrales automáticas funcionaban con dispositivos electromecánicos (EPABX, *Electromechanic Private Automatic Branch Exchange*) estos eran lentos, ruidosos, grandes y consumían mucha energía. Por eso apenas surgieron los dispositivos de estado sólido nacieron las EAPBX (*Electronic Automatic Private Branch Exchange*), las cuales, por ser electrónicas y no mecánicas, fueron mucho más rápidas, más confiables, más pequeñas, no hacían tanto ruido y no consumían tanta energía. Estos nuevos beneficios, sumados a los avances de la electrónica, les permitían tener características más complejas y menores costos. Así surgieron posteriormente las digitales con conmutación de paquetes y más tarde las PBX híbridas (Delgado 2005).

En estos momentos con el desarrollo de las redes convergentes de voz y datos están en funcionamiento las IP PBX (*Internet Protocol Private Branch Exchange*). Este término debería ser utilizado por las PBX que son totalmente IP pero es inadecuadamente utilizado por algunos fabricantes para denotar también sus equipos híbridos. En un equipo IP nativo no se requiere de tarjetas adicionales para tener mayor funcionalidad, la activación de más extensiones o nuevas características se realiza mediante licencias de software. Además, se está desarrollando en el mundo del software libre programas que realizan las funciones de una central PBX. Con estos sistemas es posible integrar esta y más funciones en un solo servidor que brinda comunicación telefónica (Pérez 2010).

### ***1.1.1 Características generales.***

La función básica de la PBX es conmutar llamadas entre dos usuarios que se traduce en el establecimiento de una conexión entre dos puertos del equipo esta función es realizada por un módulo de conmutación o matriz de conmutación. En la figura 1.1 se muestra la estructura básica de una PBX.

El sistema encargado de establecer las conexiones es la Unidad de Procesamiento Central (CPU), la cual controla mediante un programa las direcciones que deben tomar las llamadas, la mejor ruta para la conexión, la facturación y otros aspectos (Delgado 2005).

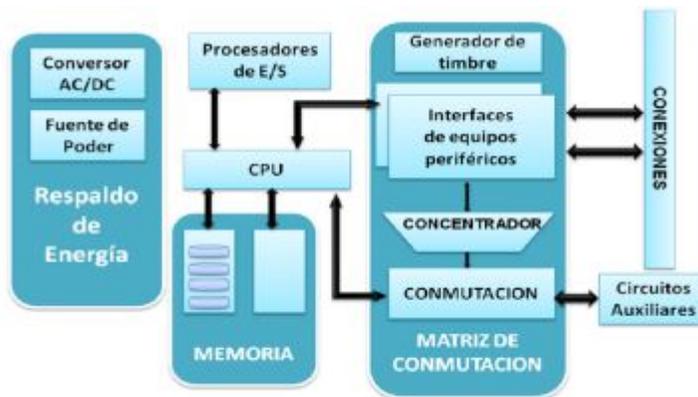


Figura 1.1 Estructura básica de un sistema PBX.

Entre los principales elementos que componen un sistema PBX se encuentran:

- Matriz interna de conmutación de la PBX.
- Unidad de Procesamiento Central, incluyendo memoria.
- Tarjetas lógicas, de conmutación y control.
- Respaldo de energía y otros dispositivos que facilitan la operación de las PBX.
- Líneas de teléfonos o de estaciones.

### Funciones y servicios

Una central privada realiza como mínimo tres funcionalidades básicas:

1-Establecer conexiones entre dos teléfonos. Esto implica establecer la relación entre un número y una línea, asegurarse de que la línea no esté ocupada, etc.

2-Mantener esas conexiones activas durante el tiempo que los usuarios lo deseen.

3-Proveer información para contabilidad, como medición de las llamadas y tarificación.

Además de estas funcionalidades básicas, las centrales privadas y más en los últimos años suelen ofrecer una gran cantidad de características adicionales, que dependen del fabricante

y el modelo de la central en cuestión. En los casos de las funcionalidades más complejas, la central ofrece la posibilidad de conectarse con un equipo adicional que es el que provee el soporte tecnológico para el servicio.

## **1.2 Enlaces digitales y señalización.**

Una central telefónica, tipo PBX, utiliza una línea troncal o enlace para poder hacer de la central, parte de la red de otras centrales y mantener comunicaciones. Generalmente las líneas troncales de las PBX son enlaces digitales que usan transmisión digital E1 y T1 que soportan hasta 30 canales de voz para la intercomunicación (Pérez 2010).

### **1.2.1 Sistemas de transmisión digital**

Entre los sistemas primarios de transmisión digital los más comúnmente usados son T1 norma americana y la E1 norma europea la cual es utilizada en Cuba. El sistema del T-Portador fue el primer sistema acertado que soportó la transmisión de voz digitalizada. La tasa de transmisión original en la línea T1 es de 1,544 Mbps, comúnmente usada en conexiones de Proveedores de Servicios de Internet (ISP). El sistema T-portador es enteramente digital, usando MIC (Modulación por Impulsos Codificados) y TDM (Modulación por División del Tiempo). El mismo utiliza cuatro hilos y proporciona capacidad a dos vías, dos hilos para recibir y dos para transmitir al mismo tiempo. El flujo digital T1 consiste en 24 canales de 64 Kbps multiplexados.

El formato de la señal E1 transporta datos en una tasa de 2,048 Mbps y puede acarrear 32 canales de 64 Kbps cada uno, de los cuales treinta son canales activos simultáneos para voz o datos. El canal 0 se utiliza para la alineación de multitrama y el 16 para señalización. El sistema de transmisión E1 permite una tasa de datos algo más alta que el T1 porque, a diferencia de este, ocho bits por canal se utilizan para cifrar la señal. Un enlace E1 opera sobre dos hilos, usualmente es un cable coaxial y es codificado con pulsos usando un método que evita períodos largos sin cambios de polaridad (Wallingford 2005).

### **1.2.2 Señalización**

Todo en la red de telecomunicaciones se basa en la señalización, establecimiento de llamada, conexión, desconexión, y la facturación. Las dos formas de señalización utilizada

por la red son señalización de canal asociado (CAS) y señalización por canal común (CCS). Con el fin de encaminar el tráfico telefónico a través de la red telefónica pública conmutada, es necesario comunicarse con los modificadores que componen la red telefónica. La señalización es un medio para la transferencia de información relacionada con la red entre los nodos de conmutación, y también entre las PBX y sus abonados. (Cruz 2001)

### **Señalización de canal asociado (CAS)**

El caso de CAS la información de configuración de llamada (descolgado, tono de marcado, números de direcciones, ring back, ocupado) se transmite en la misma banda de frecuencias utilizadas por la señal de voz. Existen dos formas básicas de CAS estas son señalización SF (una sola frecuencia), que utiliza tonos para representar colgado o depósitos de teléfono público y la señalización MF (multi-frecuencia) que se utiliza para la señalización de conmutador a conmutador, este es el caso de la señalización MFC R2. La principal ventaja de CAS es que no es caro de aplicar y puede ser utilizado en cualquier medio de transmisión. Sin embargo, es posible la interferencia entre los tonos de señalización utilizados por la red y las frecuencias de los patrones del habla humana, además, el tiempo de establecimiento y liberación de llamada, es muy alto en comparación con los sistemas que usan señalización CCS (Cruz 2001).

### **Señalización por canal común (CCS)**

La señalización por canal común CCS emplea por separado una ruta dedicada a la señalización por lo que el troncal de voz sólo es utilizado cuando se establece una conexión, no antes. En este caso el tiempo de establecimiento de llamada es más rápido porque los recursos son utilizados de manera más eficiente. CCS es la tecnología que hace posible la señalización RDSI y SS7. RDSI o *Integrated Services Digital Network-Primary Rate Interface* (ISDN-PRI) divide los servicios de transporte en los canales digitales en portador (canales B) para la transmisión de voz y datos, y para los sistemas de señalización se reservan los canales de datos D. En América del Norte se usa T1-PRI que cuenta con 24 canales con un ancho de banda total de 1.536 Mbps .En Europa se utiliza E1-PRI que cuenta con 32 canales (30B +2 D a 64 Kbps por canal PCM) con un ancho de banda total

de 2.048 Mbps .Aunque es similar a los sistemas RDSI-PRI, el sistema de señalización número siete (SS7) utiliza mensajes diferentes para establecimiento y liberación de llamadas. SS7 permite a cualquier nodo comunicarse con cualquier otro, independientemente de si tienen conexiones directas entre ellos. El modo preferido de señalización para las redes SS7 es el cuasi-asociado donde se, utiliza un número mínimo de nodos mientras que la RDSI-PRI usa el modo asociado donde se utiliza una ruta dedicada entre conmutadores (James 2006).

P Para la señalización RDSI se han desarrollado varios protocolos para la configuración de llamadas o de nivel 3, tal es el caso de Q931 y QSIG. Un grupo de fabricantes de PBX desarrollaron, a mediados de los 80', el sistema DPNSS (Sistema de señalización de red privada digital) este surgió con el objetivo de funcionar en redes privadas en un momento en que QSIG y Q931 aún estaban por definirse. Este protocolo tiene amplios conjuntos de servicios y prestaciones. Actualmente DPNSS no es muy utilizado en las redes privadas donde se prefiere usar QSIG o Q931, no obstante en las redes Mitel se utiliza un sistema de señalización basado en DPNSS, este es conocido como MSDN/DPNSS (*Multi Service Data Network*) y soporta señalización para aplicaciones avanzadas de sistemas Mitel como puede ser TCM de la cual se profundizará más adelante. Este protocolo de configuración de llamada no funciona solamente sobre enlaces PRI sino que puede señalar llamadas sobre troncos IP.

El sistema de señalización MSDN/DPNSS puede señalar, troncos TDM, aunque se transmita a través de una red IP esto se debe al uso de una tecnología conocida como XNET. La cual permite la señalización de troncos TDM a través de una red de datos. Esto facilita la interconexión de sistemas PBX a través de redes que no soporten MSDN/DPNSS siempre y cuando exista un enlace de datos entre ambos, el cual no tiene que ser de banda ancha, esta ventaja da la posibilidad de interconectar sistemas a través de la red pública aprovechando todas las aplicaciones de la señalización MSDN/DPNSS, las cuales son muchas más que las ofrecidas por otros protocolos de señalización utilizados en redes públicas la siguiente figura 1.2 ilustra esta situación ( Mitel 2009).

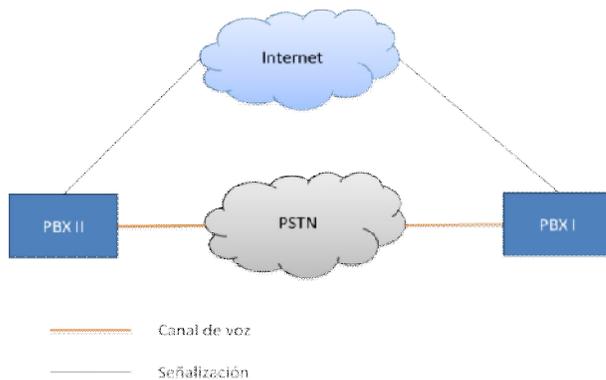


Figura 1.2: Interconexión de sistemas PBX usando XNET.

### 1.3 Distribución de llamadas en la red.

La distribución de llamadas es el proceso por el que la PBX encuentra el destino final para una llamada. Los acoplamientos entre los nodos en una red telefónica son acoplamientos lógicos. La capa del software debe ser configurada para establecer la llamada utilizando, la mejor trayectoria según topología de la red y el estado de sus recursos.

El análisis de la numeración marcada por el usuario se utiliza para situar el nodo de destino y los acoplamientos lógicos que se utilizarán. La decisión referente al acoplamiento lógico para el tránsito es determinada por la capa del software de encaminamiento.

#### 1.3.1 Traductores de llamadas.

Los servicios de la PBX para tener acceso a redes externas se agrupan bajo un traductor o multitraductor. Estos servicios son:

- *Traducción de DDI (Direct Dial Inward, Marcado Interno Directo)*: que se utiliza para la correspondencia entre los números externos e internos.
- *BarringTP* Es el servicio que autoriza el acceso a los números externos.

El propósito de DDI es permitir que un suscriptor externo de la red alcance a suscriptor interno directamente sin pasar a través de una operadora. Durante una llamada saliente, la PBX del llamante debe dar el número llamado de DDI. El sistema entonces realiza la traducción inversa. Si no es un número conocido, el sistema provee un número del valor por defecto, generalmente el de la operadora.

Para salir de la red privada los diversos accesos a la numeración externa son distinguidos por los primeros dígitos que se marcarán. Así, el propósito del *barring* es analizar los primeros dígitos marcados por el usuario para determinar el tipo de llamada y validar los accesos. Cada grupo de primeros dígitos significativos en la numeración externa se asocia a una zona. Si el número marcado pertenece a una región autorizada por la categoría del acceso de red pública del usuario, entonces, la comunicación externa es posible si no se rechaza la llamada (Campanioni 2008).

### ***1.3.2 Selección automática de rutas en el sistema.***

La selección automática de ruta (ARS) es el recurso por el cual una PBX puede seleccionar automáticamente un acceso al destino deseado. En las PBX no equipadas de ARS, los usuarios deben saber si alcanzarán al correspondiente en las mejores condiciones (precio, vía red pública o vía de red privada). Las tablas ARS analizan y modifican el número marcado por el suscriptor y permite que el administrador obtenga los servicios de encaminamiento adaptados a sus requisitos (Campanioni 2008).

Estas tablas se emplean para operar todas las llamadas salientes a la red pública y seleccionar el mejor camino teniendo en cuenta costos y disponibilidades de tráfico. En adición, la administración puede ser dividida entre varios nodos y un nodo en la red puede ser utilizado como servidor ARS proporcionando funciones de encaminamiento a otros nodos.

Entre los servicios disponibles con ARS, el más importante incluye el encaminamiento de público a privado. Este servicio se utiliza para forzar una llamada inicialmente destinada para la red pública sobre la red privada, por lo que, cuando un usuario privado procura establecer una llamada a través de la red pública con otro usuario que pueda ser alcanzado vía red privada, la llamada será encaminada sobre esta última.

Durante el *barring* se procesa el número de la zona asignada a la marcación y la categoría de acceso asociada al abonado. Luego, en una lista de encaminamiento, el sistema distingue entre una ruta primaria y una o varias secundarias. La llamada es establecida de acuerdo a cuatro fases principales:

1. Análisis del marcado (*barring*)

2. Búsqueda para la ruta primaria
3. Selección de la ruta secundaria
4. Establecimiento de la llamada.

#### **1.4 Dimensionamiento e ingeniería de tráfico.**

Para el diseño de una red telefónica de pequeña y mediana escala donde se use una PBX como nodo principal de la red es necesario tener en cuenta disímiles factores. Entre ellos los más relevantes son el número de abonados al que se le quiere dar servicio, las distancias a las que se pretende llegar y las facilidades que se quieren brindar aparte del establecimiento de llamadas en tiempo real (Alberto 2007).

Uno de los aspectos importantes es el número de canales comunes o troncos que enlazan la PBX con la red pública a través de los cuales los abonados tendrán acceso a la comunicación con usuarios de otras PBX o de las centrales telefónicas. Pues sería muy costoso arrendar un enlace con salida a la red pública a cada abonado que la mayoría del tiempo estaría en desuso. Saber el número óptimo de canales necesarios a arrendar depende de varios parámetros que imponen el medio donde se instalará la PBX como por ejemplo el tiempo de duración de las llamadas hacia afuera o la cantidad de abonados que acceden a la red pública. Parámetros como estos y la determinación de sus valores se relacionan en la teoría del tráfico telefónico (Moya 2006).

La teoría de tráfico juega un papel muy importante ya que busca una solución óptima en cuanto a costo y eficiencia en el servicio. Por ello la industria de las telecomunicaciones ha invertido un tiempo considerable en la investigación y desarrollo de los modelos y tablas de distribución que brinda un panorama para la modificación futura del sistema instalado. La teoría del tráfico fue desarrollada por Agner Kraup Erlang por casi 20 años desde 1909 (Martínez 2003).

El problema fundamental planteado en el diseño de redes telefónicas es precisamente la determinación de cuántos circuitos son necesarios para proveer un servicio telefónico aceptable, la solución del mismo es lo que se conoce como dimensionamiento, que no es

más que el cálculo del número de canales necesarios para dar servicio a un grupo de teléfonos con un grado de servicio especificado o inversamente, la determinación del número de teléfonos a los que se puede atender con un volumen de canales dado.

El dimensionamiento se realiza a partir de un análisis de tráfico por lo que es necesario tener conocimientos sobre la teoría del tráfico que describe, a través de modelos y ecuaciones matemáticas, el flujo de tráfico a través de un dispositivo conmutativo. Muchos modelos establecidos describen las condiciones diversas de conmutación de oficinas centrales y sistemas. Estos modelos usan suposiciones diversas de las características del conmutador (con bloqueo y sin bloqueo), la disponibilidad de canales (los troncos, las líneas, los aparatos receptores), y las características de uso (tiempo de duración promedio de la llamada y el manejo de las llamadas perdidas).

En la actualidad es muy común la utilización de sistemas PBX IP como puerta de enlace entre redes de telefonía IP soportada sobre redes LAN empresariales y la red pública TDM. En este caso se debe estudiar otro recurso para la conducción del tráfico, los puertos gateway los cuales no son más que los recursos o conjunto de recursos que se ocupan en la conversión de la voz de IP a TDM. Los puertos gateway no solo son utilizados por comunicaciones entre troncos IP y TDM sino que estos son ocupados por conexiones entre teléfonos IP y analógicos o digitales aunque se encuentren en el mismo sistema. Esto complejiza la determinación del uso de estos puertos en sistemas que controlen teléfonos y troncos IP y TDM (Alberto 2007).

#### ***1.4.1 Intensidad de tráfico***

El tráfico telefónico es la suma de tiempos de ocupación acumulados en los canales de conmutación o líneas de abonados. Por ejemplo, un canal fue utilizado para diez comunicaciones, cada una de las cuales tuvo una duración de tres minutos por lo que se puede decir que la línea o canal telefónico ha estado ocupado durante un lapso de tiempo de treinta minutos o media hora, que equivale a decir 0,5 Erlang o bien, que la ocupación del canal ha sido de media hora o 50% (Gala 2000).

Cada vez que un elemento perteneciente a una central es ocupado representa una llamada, no importando que el teléfono haya sido levantado con o sin intención de realizar una

llamada o que la interconexión haya sido concretada satisfactoriamente o no, independientemente de la duración de la llamada.

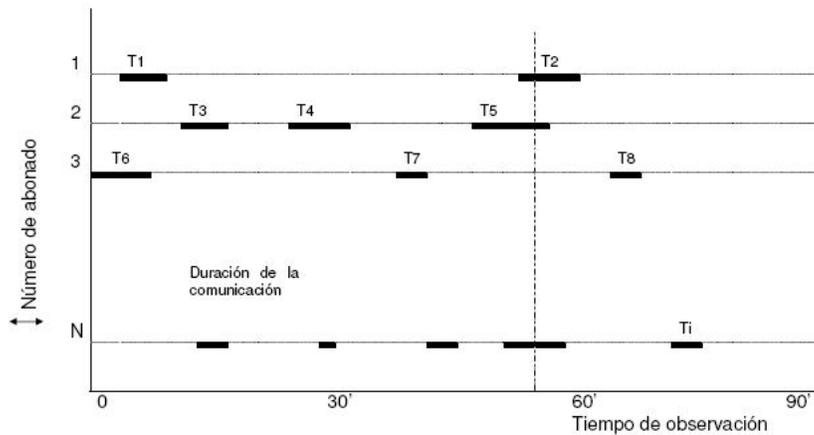


Figura 1.3: Gráfica de los estados de ocupación de un grupo de troncos en un período de 90 minutos

Si observamos el grado de ocupación de los troncos de la figura 1.3, vemos que algunos de ellos están ocupados por el número de comunicaciones  $C$  y que las mismas tienen distinto tiempo de duración que indicamos con  $t_i$ . El resto del tiempo, serán también de diferentes duraciones con o sin ocupación de los enlaces.

Del tráfico observamos:

- Que el momento de aparición de las llamadas es aleatorio y que además son independientes.
- Que la duración de cada comunicación también es aleatoria, pero podemos llegar a calcular una duración media  $dm$ , correspondiente a la sumatoria de todos los tiempos parciales dividido el número de comunicaciones  $c$ :

$$dm = \frac{\sum_{i=1}^c t}{c} \quad (1)$$

El tráfico en Erlang (A) puede ser descrito como el promedio de ocupaciones simultáneas

**dm** en un grupo de troncos durante un período de tiempo definido. Esto puede ser calculado como el número de llamadas por unidad de tiempo (Moreno 2011).

$$A = c * dm/3600 \quad (2)$$

No es suficiente hablar únicamente de cantidad de tráfico, ya que hay tres diferentes conceptos de tráfico.

- 1) Tráfico conducido o uso: Es la intensidad de tráfico que realmente atraviesa la red.
- 2) Tráfico Ofrecido: Tráfico teórico que generarían los usuarios en una red sin bloqueo.
- 3) Pérdida de Tráfico: Es una cantidad calculada de la diferencia entre el tráfico ofrecido y el tráfico conducido.

También puede aparecer expresado en Circuit Centum Seconds (CCS) atendiendo a la relación:

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

La intensidad de tráfico cuando se relaciona a un tronco es llamada ocupación siendo 1 Erlang la ocupación máxima. La ocupación no es más que la relación entre el tiempo en que un canal está ocupado y el tiempo total de observación.

Es importante aclarar que los sistemas PBX lo que reportan es el uso, o lo que es lo mismo, el tráfico conducido de cierto tipo en un período de tiempo, para el dimensionamiento es necesario conocer el tráfico ofrecido que es el tráfico que potencialmente generarían los usuarios, este parámetro es independiente del equipamiento y de los recursos disponibles para la conducción de tráfico, para el cálculo del mismo se supone que el tiempo promedio calculado a partir de las llamadas conducidas se cumple para las llamadas perdidas y se toma en cuenta el total de intentos de las llamadas *ci*.

$$A' = ci * dm/3600 \quad (3)$$

La intensidad de tráfico no es un parámetro constante sino que varía según las necesidades de los usuarios. Estas variaciones se comportan de manera distinta dependiendo de la hora

día o mes en que se esté midiendo el tráfico. No obstante el dimensionamiento siempre se hace según el peor caso por lo que se toma siempre el tráfico de la hora ocupada, que es en la que mayor tráfico se conduce, para el cálculo de los recursos necesarios o para la determinación del grado de servicio del sistema, por lo que la determinación de esta hora y del tráfico generado en ella es muy importante. A continuación se muestra una gráfica donde puede observarse la distribución típica del tráfico en un sistema de voz o telefonía.

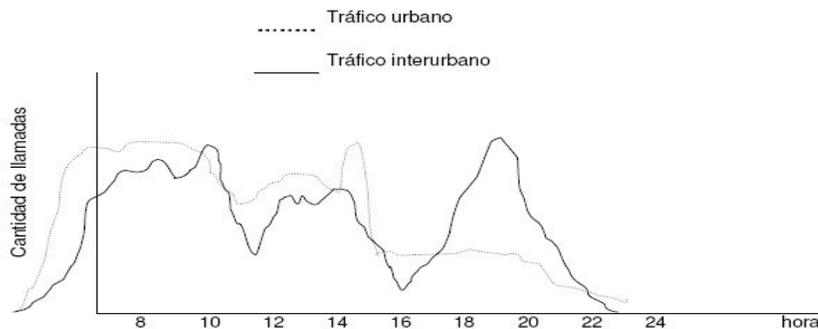


Figura 1.4: Gráfica de la variación diaria de la intensidad de tráfico.

Existen numerosos métodos para hallar la hora ocupada o activa, uno muy común consiste en tomar los 10 días de mayor tráfico del año, sumar los valores de llamadas realizadas de cada hora con la de su correspondiente de cada día y luego dividir por 10 cada valor, esto dará el promedio de tráfico por hora, de los días más activos (Bear 1980).

Otra forma práctica para la determinación de la hora activa es considerando períodos completos de 15 minutos y haciendo una lectura global de cada período; la hora activa que se determine de esta forma será la correspondiente a los cuatro períodos consecutivos de 15 minutos que dan una suma mayor.

Normalmente la hora activa no varía mucho si no ocurre un evento extraordinario. Sin embargo, el tráfico promedio en la hora activa si varía de un día a otro, estas variaciones pueden ser de tres tipos:(Bear 1980).

- Disminución o caída del tráfico por un período largo.
- Variaciones cíclicas, semanales o por temporadas.

- Variaciones aleatorias, debido a factores impredecibles, afectando el nivel de demanda de una ruta en un día particular.

La determinación del tráfico de la hora activa, que se usará como referencia para el dimensionamiento depende de la relación de compromiso entre costo y nivel de servicio pues si se escoge el tráfico más alto generado a esta hora se logra un servicio seguro pero poco eficiente en cuanto a costo, pues el sistema resultante estaría sobredimensionado, y si tomamos el promedio de tráfico a esta hora se coge el riesgo que el efecto de los días poco activos den como resultado un dimensionamiento deficiente , el método más aconsejable es el promedio de tráfico de la hora activa de los 10 días de mayor tráfico (Bear 1980).

#### **1.4.2 Grado de servicio (GoS).**

El grado de servicio, GoS por sus siglas en inglés “Grade of Service”, está definido como la probabilidad de que una llamada falle por falta de troncos libres. Un sistema de comunicación con todos los canales ocupados rechazará, debido a la congestión, a cualquier llamada adicional, es por ello que existirán llamadas pérdidas en el proceso de transmisión. El GoS varía de 0 hasta 1; siendo un grado deservicio ideal iguala 0, en un sistema de comunicación esto significa que todas las llamadas entrantes tendrán la disponibilidad de un canal. De manera inversamente proporcional un grado de servicio igual a 1 tendrá todos los canales ocupados y por lo tanto no se obtendrá ningún servicio. Es por esto que un buen grado de servicio es esencial para obtener un sistema que no esté sub ni sobre provisto, es decir sea eficiente y rentable, en la vida real se utiliza un grado de servicio del 0.01 para sistemas PBX (Moya 2006).

#### **1.4.3 Modelo ErlangB.**

El número de troncos necesarios para que una PBX pueda soportar cierto nivel de tráfico de salida o de entrada, es generalmente calculado utilizando las tablas de tráfico. La tabla de tráfico más usada en sistemas telefónicos es basada en el modelo de Erlang B, que asume lo siguiente:

- La probabilidad de bloqueo es pequeña.
- Los intentos de llamadas son aleatorios y siguen una distribución de Poisson.

- El tiempo de duración de la llamada es exponencial
- Las llamadas bloqueadas son eliminadas del sistema.

El último supuesto es muy importante, pues significa que no se produce una segunda llamada si la primera fue bloqueada. La fórmula de Erlang B es:

$$GoS = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}} \quad (4)$$

Donde N es el número de troncos.

Los sistemas de telefonía básica son sistemas con pérdidas por lo que el modelo utilizado para su dimensionamiento es el modelo Erlang B. El mismo es muy útil para analizar rutas alternativas para grupos de troncos dentro de un sistema PBX, donde por lo general hay múltiples troncos disponibles en diferentes grupos de troncos capaces de acceder a un mismo destino, por lo que se configuran de manera que una llamada bloqueada pueda tomar otro circuito en otro grupo de troncos. Erlang B también es utilizado para analizar tráfico a través de redes con conmutadores múltiples, donde existen muchas rutas por cada conexión.

Como ya se ha visto la fórmula de Erlang B y por supuesto la tabla de tráfico consiste en tres parámetros:

- Probabilidad de bloqueo.
- Número de troncos.
- Intensidad de tráfico en Erlang.

Conociendo dos de las tres variables se puede encontrar la tercera resolviendo la fórmula o buscando en la tabla, también existen varios software disponibles en internet que realizan este cálculo, así como funciones de Matlab y Excel que facilitan el trabajo.

Una importante observación es la no linealidad de la fórmula pues el tráfico crece más rápidamente que el número de troncos por grupo, lo que quiere decir que con el incremento del tráfico por grupo aumenta la eficiencia de los troncos, lo que significa que los grupos de

troncos, grandes son más eficiente que los grupos con pocos circuitos (McGraw-Hill 2004).

Existen varios pasos para calcular el número de circuitos necesarios para proporcionar un servicio con cierto grado de servicio:

- Recolectar y analizar datos del tráfico existente.
- Categorizar el tráfico por los troncos en diferentes grupos.
- Determinar el número de circuitos troncales para satisfacer la carga de tráfico.

### **1.5 Estudio de tráfico en sistemas PBX**

Para realizar el estudio de tráfico en sistemas PBX los datos de tráfico pueden ser obtenidos a partir del reporte de tráfico basado en los datos recopilados del CDR (Call Detail Recorder) del sistema PBX. Los datos del CDR son la entrada del software de facturación de llamada disponible por el fabricante o por otro vendedor de software, que genera una variedad de informes continuos sobre tráfico interno de la red conmutada. El inconveniente de este método es que el CDR no provee información sobre llamadas que fueron bloqueadas debido a que todos los troncos estaban usándose, esta información es generalmente accedida a través de reportes adicionales programados a la PBX (McGraw-Hill 2004).

Utilizando los reportes del CDR es aconsejable para realizar el estudio de tráfico dividir los troncos en la configuración de la ruta de forma tal que se puedan definir subgrupos dedicados a cada tipo de llamada para conocer el nivel de tráfico de cada una, por ejemplo, designar troncos para las llamadas internacionales. También se pueden agrupar por usuarios o por tipo de extensiones como pueden ser teléfonos digitales IP o analógicos o por departamentos o áreas. Los reportes del CDR listan las llamadas realizadas, fuente y destino y duración de cada una , si es una llamada de salida, informa el tronco utilizado, esto conlleva que para el estudio tráfico sea necesario un procesamiento previo de los datos , que consiste primero en filtrar las llamadas a analizar y luego promediar los tiempos y contabilizar las llamadas de cada tipo para luego calcular el tráfico en Erlangs o CCS, hoy existen varios software que realizan esta función tal es el caso de Serviber AT que obtiene datos consolidados de tarificación procedentes de Serviber BS (sistema de tarificación de PBX) a partir de los cuales mediante una avanzada interfaz Web, proporciona análisis de

datos sobre el tráfico telefónico generado (volumetría y duración) y consumo (coste) analizados por períodos, tipologías de llamadas, destinos, orígenes etc. pero estos se hacen atendiendo a un formato específico de CDR que no es estándar para todas las marcas de PBX ( McGraw-Hill 2004).

Otra variante es utilizando reportes periódicos de tráfico el cual no está disponible en todos los sistemas PBX, pero tiene la ventaja que puede dar el tráfico directamente por ruta y por grupo de troncos, de esta forma no hay que cambiar la configuración de los grupos de troncos para conocer el tráfico por tipo de llamada, basta con configurar una ruta diferente a cada uno, es importante aclarar que rutas diferentes pueden usar el mismo grupo de troncos. Esto permite realizar el estudio sin disminuir la capacidad de manejo de tráfico del sistema. Esta variante tiene la desventaja que para conocer la carga de tráfico por tipo de extensión o por departamentos hay que utilizar los informes del CDR de todas formas.

## **1.6 Conclusiones del Capítulo**

Las centrales IP PBX son sistemas que soportan una variedad de aplicaciones además de la telefonía tradicional por lo que una configuración básica de los mismos significa el uso ineficiente del equipamiento. Por lo general los mismos pueden considerarse como sistemas sin bloqueo pero sin embargo al acceso a los troncos y otros puertos del sistema si deben ser dimensionados.

El dimensionamiento correcto de la red de telecomunicaciones permite optimizar el rendimiento de la misma y brindar un mejor servicio. Para determinarlo se requiere la comprensión de la naturaleza del tráfico y su distribución con respecto al tiempo y destino. Conocer las características de cierto tráfico solo es posible acumulando y analizando datos históricos sobre las llamadas manejadas por un sistema. Para la predicción de los recursos necesarios para satisfacer cierto tráfico con un GoS dado, se han desarrollado varios modelos, la selección del mismo depende fundamentalmente del manejo realizado a las llamadas en el sistema. Para los sistemas con pérdidas como es el caso de las redes telefónicas el modelo más ampliamente utilizado es Erlangb y por tanto es el que se utiliza en este trabajo.

## *Capítulo 2. Herramientas y métodos para el estudio de tráfico y administración de la red.*

Dentro de los aspectos más importantes en la explotación de una Red Privada de pizarras digitales telefónicas están la estructura de interconexión y la gestión y tratamiento de las llamadas que en ella se realicen. Es fundamental, además, una correcta administración de los servicios y facilidades telefónicas que se brindan dado a que los trámites que se realizan están sujetos a leyes probabilísticas basadas en la cantidad de ocurrencias simultáneas de sucesos. Por esto cualquier estudio de tráfico debe adecuarse a las características propias de la red por lo que es necesario un conocimiento de la estructura de la misma principalmente con respecto a la arquitectura de sus elementos, la conexión de los mismos a otras redes y la distribución de los servicios (Campanioni 2008).

Partiendo de este análisis se pretende describir la conformación de la Subred Privada de Cienfuegos y la conexión de esta con el resto de la Red Telefónica Privada del MININT y la Red Pública, con el objetivo de analizar, posteriormente, la estructura de la tabla de discriminación o enrutamiento de llamadas y las clases de restricción definidas administrativamente en el sistema. En este capítulo se pretende analizar las facilidades de administración y monitoreo del sistema, para definir los métodos para el estudio de tráfico y la configuración del sistema, a emplear.

### ***2.1 Estructura y conectividad de la red***

La red telefónica privada del MININT en Cienfuegos está constituida íntegramente por plataformas 3300 ICP Mitel, las cuales ofrecen un control de llamada robusto, basado en todas las ventajas de la telefonía IP, a la vez que soporta la telefonía tradicional para teléfonos analógicos y troncos digitales y analógicos. Estos equipos usan la red IP para conectar teléfonos y troncos IP y provee un subsistema suplementario TDM para conmutar llamadas entre teléfonos tradicionales. Esta habilidad de usar dos tipos de conmutación simultáneamente significa que todo el tráfico es procesado con un mínimo de conversión entre IP y la telefonía tradicional, lográndose una mayor calidad de voz, por otro lado se logra que la funcionalidad de gateway o E2T (Ethernet to TDM) sea solo requerida para la

comunicación entre redes IP y TDM y de esta forma se consigue una migración a la telefonía IP eficaz y progresiva (Mitel 2009).

La red telefónica privada de Cienfuegos consta de tres nodos con equipamiento Mitel de la serie 3300 ICP. El nodo principal está integrado por una Mxe 3300 mientras que los otros dos son Ax. El sistema tiene configuración de unidades múltiples donde las tres unidades están en red pero cada elemento funciona independientemente. En este tipo de sistema los servicios están distribuidos entre los nodos, por lo que no están especializados, a diferencia de los sistemas distribuidos donde cada unidad tiene una funcionalidad diferente ya sea concentración de extensiones, servidor de correo de voz o dar conectividad con la PSTN. A continuación se explicará con más detalle los nodos y la interconexión de los mismos.

### ***2.1.1 Nodo Mxe CF I***

El nodo principal de la red está conformado por una unidad modelo Mxe el cual tiene la capacidad de proporcionar dos configuraciones diferentes:

- Configuración Base
- Configuración Expandida

En la Configuración Base, que es la que se utiliza en la red del MININT, el Controlador 3300 Mxe utiliza un solo procesador RTC (Real Time Complex) para el control en tiempo real de las llamadas, en esta configuración el controlador puede admitir hasta 300 teléfonos IP o 300 usuarios SIP o 12 gabinetes SX 2000 con 196 teléfonos analógicos o digitales cada uno. También posee una capacidad de funcionar como gateway para 64 canales, ya sea de IP a TDM o viceversa, 64 canales de conferencia, 30 canales de correo de voz y 64 canales de compresión de voz. En esta configuración el procesador RTC realiza también la función de E2T.

La Configuración Expandida utiliza un procesador E2T además del RTC, esta configuración puede soportar hasta 1400 teléfonos IP o 1000 usuarios SIP. Con este otro procesador aumenta su capacidad de funcionar como gateway con un total de hasta 192 puertos y 192 capacidades para la compresión de voz, se mantienen la misma cantidad de canales de conferencia y de correo de voz. Puede manejar troncales IP para comunicarse con otras centrales similares o en formato SIP para comunicarse con centrales públicas o de otros fabricantes (Mitel 2009).

La arquitectura del Controlador 3300 Mxe integra un switch Ethernet L2 de dos puertos a 10/100/1000 Base T para conectarse a la red. Este switch permite que el controlador realice el control de llamada y la señalización con los teléfonos IP. Además permite la interconectividad de las plataformas a través de troncos IP.

En la red estudiada están definidos dos enlaces Ethernet una para cada nodo secundario con 200 troncos IP cada uno usando IP/XNET, más adelante en otro epígrafe detallaremos las particularidades de la interconexión de la red.

El controlador Mxe tiene en su panel frontal cuatro ranuras para la instalación de módulos de expansión que agregan nuevas funcionalidades o aumentan las capacidades básicas del controlador. En el controlador del nodo CF Mxe se tienen instalados los siguientes módulos de expansión:

- Dual Fiber Interface Module (Dual FIM).
- 1 Módulo Dual T1/E1.
- 1 Módulo Quad DSP.

En el caso de la unidad del nodo CF Mxe, está equipada con dos módulos Dual FIM ( Dual Fiber Interface Module) que son usada uno para conectar dos gabinetes periféricos SX-2000 y el otro para conectar un gabinete y un NSU( *Network Service Unit* ).

El módulo Dual T1/E1 conecta al nodo con la red nacional del MININT a través de un enlace E1 con señalización DPNSS/MSDN por lo que solo se está utilizando un conector. Así la red de Cienfuegos se convierte a su vez en una subred de la red nacional del MININT, por lo que el sistema se conecta a dos redes independientes a través de su nodo principal a la PSTN y a la red privada nacional con protocolos de señalización y políticas accesos diferentes.

Con el fin de conectar extensiones analógicas y digitales, al igual que troncos analógicos se conectan al controlador 3 gabinetes periféricos SX 2000. Una tarjeta controladora del periférico PSC y un módulo, de interfaz de fibra óptica FIM, está instalado en cada gabinete periférico. El PSC controla todas las tarjetas de interfaces del gabinete y el FIM conecta a través de fibra óptica el periférico con el controlador.

Cada periférico puede soportar 12 tarjetas de interfaces para proveer hasta 192 puertos ONS o DNI. Se pueden instalar las siguientes tarjetas:

- Tarjetas de líneas DNI para teléfonos digitales Mitel.
- Tarjetas de troncos analógicos LS/GS.
- Tarjetas de líneas ONS o de lazo corto.
- Tarjetas de líneas OPS o de lazo largo.

El nodo también está equipado con un R2 NSU que es usado para proveer conectividad de troncos digitales entre el controlador y la PSTN con enlaces con señalización R2. La NSU R2 es un conversor protocolar que permite acceder al sistema R2 de la PSTN usando señalización de tronco digital MF-R2 y traducirlo a Sistema de Señalización de Red Privada Digital (DPNSS) para el Controlador 3300 Mxe. En la figura 2.1 se muestra este equipo, el mismo se conecta al controlador a través de fibra óptica y a la PSTN a través de dos enlaces E1 independientes sobre cables de cobre.



*Figura 2.1: Panel frontal del NSU (Network Service Unit)*

Hasta aquí se puede resumir que el nodo principal tiene la función de conectar la red provincial del MININT a la red nacional del ministerio y a la red de ETECSA por lo que esta ha de implementar los servicios de selección de rutas para la llamadas salientes además de la programación de las restricciones de acceso. En la figura 2.2 se muestra un esquema de la estructura del nodo y su conectividad.

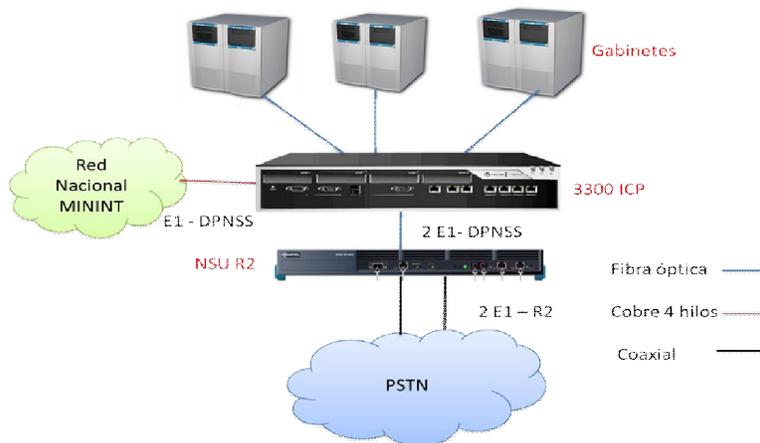
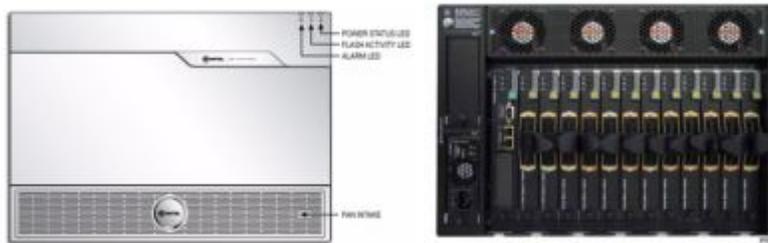


Figura 2.2: Representación esquemática del nodo CF – Mxe.

### 2.1.2 Nodos secundarios de la red

Los nodos secundarios de la red son el CF AX I y CF AX II los mismos están constituidos por controladores AX 3300 ICP los cuales, de forma simplificada, se puede decir que son controladores con un gabinete para tarjetas de interfaces integrados en una misma unidad. Los mismos presentan una arquitectura similar a las del 3300 Mxe la diferencia radica en que no soportan la instalación de un procesador E2T y además solo cuentan con una ranura de expansión para módulos adicionales pudiéndosele instalar cualquiera de los mencionados anteriormente. Con respecto al gabinete integrado, se le pueden instalar solo tarjetas ONS de 24 y 16 puertos en 12 ranuras que tiene para este propósito pudiendo así dar servicio a 288 teléfonos analógicos. Además, al igual que el Mxe integra un switch Ethernet L2 de dos puertos a 10/100/1000 Base T para conectarse a la red con el objetivo de interconectar otros controladores o para soportar hasta 100 teléfonos IP a través de switches Ethernet L2. En la figura 2.3 se muestra el panel frontal y posterior de estos equipos.



*Figura 2.3 Vista frontal y posterior del controlador 3300 AX.*

En la red del MININT ambos equipos tienen la función de concentración de extensiones, aunque conmutan llamadas entre extensiones del nodo. En el caso de CF AX II adicionalmente sirve como una segunda conexión a la PSTN a través de un enlace E1 – PRI soportado por un módulo Dual T1/E1 instalado en la ranura de expansión.

### ***2.1.3 Interconectividad de los elementos de la red***

Para la interconexión de los elementos de la red del MININT, entiéndase por ello los nodos de la red, se utiliza la aplicación IP Networking que proporciona una opción para los clientes de unir los sistemas en la red y realizar el trabajo como un conjunto. En lugar de arrendar los circuitos de voz especializados que proporciona la PSTN, los clientes pueden dirigir el tráfico de voz por la infraestructura LAN/WAN existente.

El IP Networking soporta los protocolos MSDN/DPNSS sobre la infraestructura IP. Los controladores pueden juntarse formando un clúster para proporcionar mayores prestaciones que un solo controlador operando autónomamente. Estos a su vez pueden conectarse a una misma red que esté geográficamente separada para compartir información, servicios y costos de manera eficaz. El IP Networking puede usarse como comunicación primaria entre los controladores y como un gateway TDM -IP soporta los codecs de compresión G.711 y G.729a, hasta 999 conexiones con otros nodos de la red, un total de 2000 conexiones a la red IP desde cualquier nodo y hasta 200 conexiones IP entre dos nodos.

En la red todos los controladores tienen habilitada esta aplicación conectándose directamente los nodos secundarios al principal. Esta conexión es soportada por una red Ethernet conformada por un switch L2 externo conectado a un puerto de cada switch L2 integrado de los controladores.

En cada enlace se han declarado 200 troncos IP, estos no se han de ver como troncos reales con existencia a nivel físico sino como la cantidad de conexiones simultáneas de llamadas soportadas. En este punto es importante aclarar que los troncos IP funcionan en el dominio IP del controlador y que una llamada desde un tronco, teléfono analógico o digital que sea enrutado sobre un tronco IP consume un canal E2T independientemente de la conexión IP que utilice. Así que aunque en la red cada controlador tiene declarada dos conexiones IP Networking con 200 troncos cada una, solo podrán servir a 64 llamadas como máximo entre los dos enlaces. Esto ocurre porque en la red solo existen teléfonos analógicos y digitales y la conexión con otras redes es a través de enlaces digitales. En la figura 2.4 se muestra la interconexión de los controladores de la red del MININT en Cienfuegos.

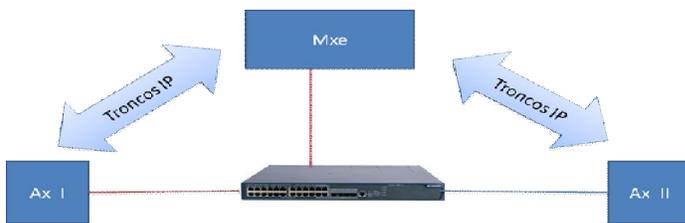


Figura 2.4: Interconexión de los controladores en la red.

Un aspecto importante para el trabajo con la aplicación IP Networking es el manejo del ancho de banda, dado que pueden existir ambientes en donde se requiera una reducción del ancho de banda. Un paquete IP que lleva información de voz tiene un número de envolturas adicionales tales como la dirección IP, la dirección MAC y el tipo de red, como muestra la figura 2.5 estas aumentan el tamaño del paquete y hace que aumente el ancho de banda requerido para realizar su transportación.



Figura 2.5 Representación de un paquete de voz en una red Ethernet.

La optimización del ancho de banda es uno de los requerimientos principales en un sistema VoIP. El Controlador 3300 Mxe soporta compresión de voz G.729a, que reduce el ancho de banda requerido de una llamada de voz estándar (G.711) desde 64 Kbps a 8 Kbps. Típicamente, el codec G.711 proporciona la mejor calidad de voz y es comparable con las

conexiones TDM. G.729a proporciona una reducción buena en el ancho de banda, con sólo una pérdida menor en la calidad de voz. Dependiendo del ancho de banda disponible y la calidad de voz aceptable, puede ser valioso usar el codec G.729a. Típicamente, se emplea G.711 donde el ancho de banda esté disponible, como en un ambiente de LAN, considerando que se utiliza G.729a en un ambiente de acceso WAN donde el ancho de banda no está tan disponible.

La tabla 2.1 contiene la cantidad de canales que se pueden lograr en una conexión LAN según el tipo de enlace, velocidad de acceso y codec utilizado. El ancho de banda disponible está en dependencia de si el enlace es Half Duplex o Full Duplex. Se considera que todo el ancho de banda disponible sólo se usa para el tráfico de voz y que el tiempo de paquetización es de 20 ms (Mitel 2009).

Capacidad del cable	Ancho de banda	Canales de voz	
		G.711	G.729a
10BaseT Half Duplex	40%	20	50
10BaseT Full Duplex	80%	80	200
100BaseT Half Duplex	40%	200	500
100BaseT Full Duplex	80%	800	2000

*Tabla 2.1: Conexión LAN (basado en una razón de paquete de 20 ms).*

El valor del ancho de banda de redes LAN depende del punto de medición pues algunos equipamientos miden el ancho de banda a nivel de red mientras que otros lo especifican a nivel IP el cual es menor pues no incluye la cabecera Ethernet. En la tabla 2.2 se presenta el ancho de banda que consume un canal de voz según el tiempo de paquetización, el códec y el punto de medición. Es importante aclarar que cualquier reserva de ancho de banda debe considerar la señalización, para redes Mitel se considera, la reserva de un ancho de banda superior en un 10 % al inicialmente calculado, como suficiente para la señalización.

Paquetización (ms)	G.711		G.729a	
	IP	RED	IP	RED
10ms	96.0 Kbps	129.6 Kbps	40.0 Kbps	73.6 Kbps
20ms	80.0 Kbps	96.8 Kbps	24.0 Kbps	40.8 Kbps
30ms	74.7 Kbps	85.9 Kbps	18.7 Kbps	29.9 Kbps
40ms	72.0 Kbps	80.4 Kbps	16.0 Kbps	24.4 Kbps

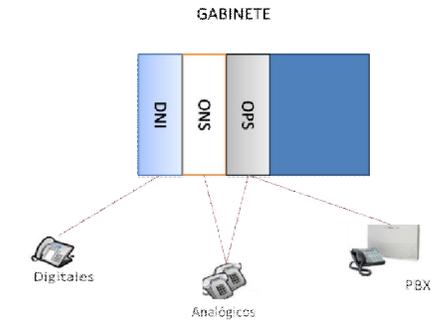
*Tabla 2.2: Consumo de ancho de banda por canal de voz.*

El mecanismo para el manejo de los codec de voz es basado en conceptos de zonas. El grupo de dispositivos IP en un Controlador 3300 Mxe conforman una zona, las llamadas se comprimen entre zonas y no sucede así para las llamadas que ocurren en una misma zona donde no se requiere de compresión. La zona se define dentro de la infraestructura LAN de un controlador, entre dispositivos remotos y el controlador y a través de la infraestructura WAN para una red de múltiples controladores. Un enlace WAN es generalmente punto a punto entre routers y es siempre un enlace full duplex. La velocidad del enlace para el acceso a las conexiones WAN también es más lenta, por lo cual el número de canales de voz disponibles se reduce.

Es evidente que la limitación de estos enlaces en la red estudiada, no es por ancho de banda pues con códec G.711 se puede llegar a hasta 800 canales de voz en redes Ethernet a 100Mbps, la limitante fundamental es en recursos E2T y en eso centraremos el análisis más adelante.

#### **2.1.4 Distribución de las extensiones de la red.**

Como se ha especificado anteriormente los 5 gabinetes de la red tienen instalados diferentes tipos de tarjetas de interface para dar servicio a diferentes tipos de estaciones. Las tarjetas OPS y ONS dan servicio a estaciones o teléfonos analógicos, mientras que las tarjetas DNI dan servicios a teléfonos digitales y consolas Mitel. Las tarjetas OPS o de lazo largo, como también se le conocen, son usados para interconectar otras PBX pequeñas, de marca Phillips ubicadas en las unidades y departamentos estas extensiones son conocidas como líneas de oficina central o CO. La figura 2.6 muestra la variedad de extensiones que se conectan a un gabinete de la red.



*Figura 2.6: Interfaces y terminales conectados a los gabinetes de la red.*

La siguiente tabla 2.2 muestra la distribución de las extensiones según su tipo y controlador al que se encuentran conectados.

Nodo	Analógicos	DNI	Líneas CO
AX I	118	0	2
AX II	128	0	3
Mxe	277	83	12

*Tabla 2.2: Distribución de las interfaces en la red.*

Debido a que hay que prever situaciones como es el caso de la variante 1 donde a partir de una situación especial todos los oficiales son llamados a sus teléfonos de contacto prácticamente al mismo tiempo, es necesario un dimensionamiento con un margen que permita una sobrecarga de hasta un 50 % sin una degradación significativa del GoS. El hecho de escoger como referencia del estudio, el tráfico en la hora activa, de los 10 días de mayor tráfico del trimestre, garantiza un margen relativamente grande para el dimensionamiento de la red.

La variedad de tipo de extensiones agrega una dificultad para la determinación del número de usuario que puede soportar la red debido a que no todos son simples teléfonos sino que existen líneas de alto tráfico como son los troncos de las PBX Phillips o las líneas DNI de las consolas de atención. Además los teléfonos están distribuidos en diferentes órganos con diversas necesidades de acceso. El tráfico promedio por extensión publicado más adelante no refleja el incremento de tráfico por la inclusión de un nuevo teléfono o tronco analógico pero si da una idea de la capacidad de crecimiento de la red si este es relativamente uniforme.

## ***2.2 Configuración de la selección automática de ruta***

En este epígrafe se hará un análisis de la programación de rutas de la red con el objetivo de conocer de cómo se configuran las tablas de manejo de llamada en las redes de sistemas Mitel. Para interpretar los resultados de las mediciones de tráfico y conocer el comportamiento del sistema así como evaluar su eficiencia se debe dominar las formas en las que se define el barring, DDI y traducción de llamada.

### ***2.2.1 Plan de numeración de la red del MININT***

Estratégicamente en el MININT se ha adoptado un plan de numeración privado similar al plan de numeración público asumido por ETECSA. Para acceder desde cualquier PBX a la red pública debe marcarse 0 más el número local deseado (ej.: 0 524456) o 0 más el código de la provincia y el número llamado (ej.: 0 0142 288080). Sólo en la Ciudad de la Habana se marca 9 para acceder a la red pública.

Los códigos provinciales privados planificados en la red coinciden con los públicos. Desde el exterior se marca el código de la localidad más el número llamado (ej.: 0143 553652) y en la red privada se marca el mismo código más la extensión llamada (ej.: 0142 3200). Si se desea salir a la red pública de otra localidad puede accederse a través de la red privada marcando el código provincial privado correspondiente más 0 y el número llamado (ej.: 0142 0 288080). Solo en Ciudad de la Habana es diferente con respecto al código de su red pública, 017 en vez de 07. Para efectuar una llamada a la red local pública desde cualquier red privada provincial deberá entonces marcarse 017 más 9 y el número llamado (017 9 8307606). Es importante aclarar que aunque se hace uso de la numeración de la teleselección nacional estas llamadas no se enrutan por la red de ETECSA.

Internamente en la red se marca directamente el número de la extensión no obstante los prefijos de las extensiones de cada nodo han de ser únicos para identificar el elemento de red al que pertenecen, así el nodo Mxe tiene las extensiones 34xx, 35xx y 36xx, mientras que el nodo AX II posee las extensiones 31xx, 32xx, 33xx y la AX I las líneas 37xx y 38xx. 27 De aquí se concluye que los números de ETECSA del 5531xx al 5538xx están reservados para uso del MININT.

Con respecto a las líneas, que conectan PBX pequeñas que dan servicio a unidades, estos reciben una numeración del plan de extensiones pues no tienen habilitada la funcionalidad de DDI sino que usan consolas de atención automática o manual para acceder a estas extensiones, por lo que solo necesitan un número de acceso.

### **2.2.2 Rutas ARS**

Cuando se define una ruta ARS en el entorno Mitel, no solo se están asignando troncos a un prefijo de marcación para el enrutamiento de llamadas salientes, sino que se define todo el proceso de DDI, traducción de llamadas y barring para las llamadas que intenten acceder a cierto destino. A una ruta ARS se le define:

- Grupo de troncos.
- Grupo de clase de restricción (COR).
- Marcación de acceso.
- Modificación de dígitos.

### **Grupos de troncos**

Los grupos de troncos son los troncos seleccionados para servir a una ruta de acceso. Estos grupos pueden servir a varias rutas pero solo se puede definir un grupo troncal por ruta. Además a estos grupos se le asignan modos de captura de troncos el cual puede ser circular o terminal.

En la red de Cienfuegos se definió un grupo de troncos por cada enlace programado ocupando todos los troncos de los mismos. A continuación se presenta la tabla 2.3 de los grupos de troncos creados en cada nodo.

<b>Mxe</b>		
Grupo	Enlace	Destino
1	1er E1-R2	PSTN
2	2do E1-R2	PSTN
3	E1 -DPNSS	RED NACIONAL MININT
32	IP -DPNSS	Nodo AX II
33	IP -DPNSS	Nodo AX I
<b>Ax II</b>		
Grupo	Enlace	Destino
1	E1 - ISDN	PSTN
32	IP -DPNSS	Nodo Mxe
<b>Ax I</b>		
Grupo	Enlace	Destino
33	IP -DPNSS	Nodo Mxe

*Tabla 2.3: Grupos de troncos creados en la red.*

Como se puede observar, el nodo Ax I solo tiene la función de concentrar extensiones por lo que no necesita servicio ARS para llamadas de salida de la red, el enrutamiento por los troncos hacia la PSTN y la red nacional de las llamadas provenientes de extensiones de este nodo es realizado en el nodo Mxe, no obstante la función de barring ha de implementarse en el controlador que genera la llamada por lo que de todas formas es necesaria la implementación de una ruta para cada destino, a la que se le definen los grupos de clases de restricción.

### **Clase de restricción (COR)**

La funcionalidad de barring en la programación de las plataformas 3300 ICP se realiza a través de la asignación de valores de COR. El COR define el acceso a troncos de las extensiones individuales o grupos de extensiones, de esta forma todas las extensiones que deseen tener acceso a las mismas rutas deben tener el mismo valor de COR. Solo se pueden asignar 64 valores de COR.

A las rutas se le asignan grupos de COR para especificar que todas las extensiones, que tengan valor de COR, perteneciente al grupo asignado a la ruta, están imposibilitadas de acceder a la misma.

Para el estudio de tráfico los permisos de accesibilidad son muy importantes porque de esto depende la probabilidad de generar tráfico. En la red del MININT se pueden dividir los usuarios según su nivel de accesibilidad en tres categorías:

- De pleno acceso
- Acceso provincial.
- Acceso Local.

El grupo de COR de las rutas para destinos fuera de la provincia presenta los valores de COR (3-64) por lo que los usuarios de pleno acceso tienen valores de COR de 1 o 2. En el caso las rutas hacia municipios el grupo de COR agrupa los valores (6-64) por lo que se debe tener COR menor que 6 para llamadas intermunicipales. Las rutas de acceso local están restringidas para los COR del 10 al 64. Los valores de COR así como los grupos se programan a nivel de red, y no nodo a nodo, gracias a la facilidad que tienen las redes Mitel de compartir algunos parámetros previamente definidos por el administrador de la red, esto quiere decir que los niveles de acceso son dados a las extensiones usando los mismos valores de COR independientemente del nodo al que esté conectado.

El COR define el nivel de restricción del usuario o del tronco aquí radica una de las dificultades de las redes Mitel y es que los valores de COR de una estación o usuario se pierden cuando la llamada va de un controlador a otro pues este es sustituido por el COR asignado al tronco de interconexión. En las redes con controladores c 3300 ICP versión 8 o superior este problema se resuelve con una correcta configuración de la señalización MSDN/DPNSS, sobre esto profundizaremos más adelante.

### **Marcación de acceso**

La programación de la marcación de acceso es lo que permite la funcionalidad DDI de la red, este se programa en la tabla *Digit Dialed Assignment* de la categoría *Call Handling* o manejo de llamas de la herramienta de administración. En esta tabla se especifica el número de marcación total o parcial para acceder a una ruta ARS de esta forma se programa el DDI para soportar un plan de numeración. Por ejemplo, a las rutas para acceder a las extensiones del nodo Ax II se les debe asignar el número 33 en la tabla Digit

Dialed Assignment, de esta forma cada vez que un usuario marca un número que comienza con 33 la llamada es enrutada por el enlace IP hacia el nodo Ax II.

Este no solo define el prefijo de marcación para acceder a cierta ruta sino que puede también apuntar a listas de rutas donde se programa todas las opciones de rutas para un destino con un orden de prioridad asignado según el costo y calidad del enlace.

### **Modificación de dígito**

La modificación de dígitos realiza la función de traducción de llamadas con el objetivo de adecuarlas a diferentes planes de numeración. En la tabla *Digit Modification Assignment* se especifica los dígitos a eliminar o insertar en las llamadas que salen por cierta ruta. Para las rutas que interconectan nodos de la red no se les asigna modificación de dígito pues usan un mismo plan de numeración.

En la red existen dos formas de agrupar las rutas para un mismo destino estas son en listas o planes de rutas. Programar un plan de rutas da la posibilidad de definir diferentes listas o rutas en diferentes horarios para un mismo destino.

En la red de Cienfuegos hay una lista diferente para el acceso a cada municipio, y una lista para llamadas locales, ambos destinos usan los enlaces con la PSTN para la comunicación pero se definen rutas independientes para definir diferentes niveles de acceso y modificación de dígito. Es importante aclarar que el nivel de acceso se da a nivel de ruta y no de lista por lo que hay que asegurar que cada ruta de la lista tenga asignada el grupo de COR correcto.

### **2.3 Facilidades de administración de la red.**

Los controladores 3300 ICP cuentan con un sistema operativo llamado Mitel Call Director (MCD) el cual brindan un ambiente Web para administrar el sistema como lo muestra la figura 2.7 y trae una serie de aspectos para el trabajo en la red con una configuración ya establecida por el fabricante, la cual es necesario cambiar para poder adaptar este sistema a la red.

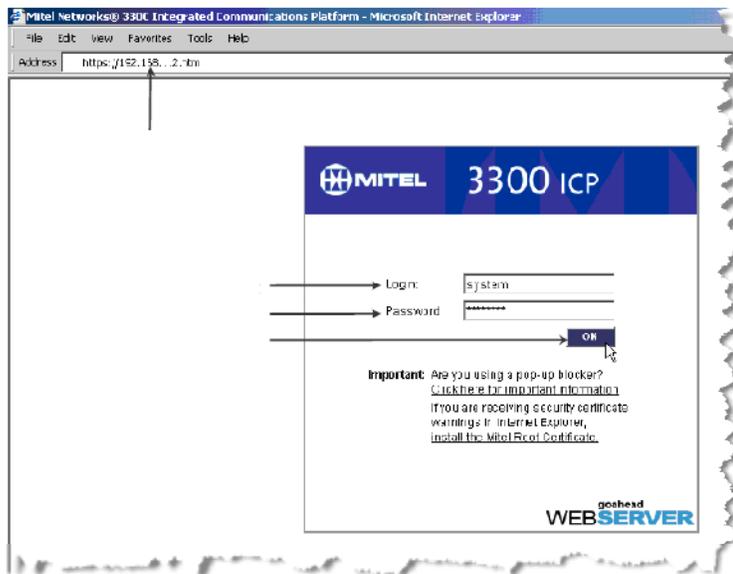


Figura 2.7: Interfaz web de la herramienta de administración.

La interface Web es fácil de entender y está bien organizada, pero carece de muchas estadísticas importantes de tiempo real. No se incluye reportes si no es con la instalación de software adicional y muchos eventos solo son descifrables por el personal de Mitel con el uso del System Engeneery Tool al cual solo se puede acceder conectando el sistema a internet.

La interfaz web para la configuración del sistema recibe el nombre System Administration Tool y se accede a través de la dirección IP del procesador RTC del controlador. En la interfaz la configuración se realiza por categorías cada una de las cuales agrupan las diferentes tablas de configuración.

### 2.3.1 Sincronización de datos del sistema.

Los sistemas Mitel son configurables a nivel de red, lo que significa que al conectarse a la herramienta de administración a través de cualquier nodo se puede programar cualquier otro. Además el sistema puede compartir los directorios de todas las extensiones así como su programación. Esto es posible gracias al SDS (*System Data Synchronitacion*).

En una red Mitel el SDS transporta los datos de programación actualizando las tablas de restricción de interconexión, los códigos de acceso y las opciones de clase de servicio, para que estas sean idénticas en cada elemento. Sin este sistema el administrador tendría que

programar cada nodo independientemente asegurándose que los datos sean los mismos en cada elemento, o programar una base de datos central y hacer que cada elemento actualice sus tablas por esta.

El administrador tiene la opción de seleccionar que tablas va a compartir. Así todas las modificaciones a los datos de una tabla compartida son automáticamente distribuidas a los otros elementos de la red modificando la tabla correspondiente en cada uno.

En la red del MININT se comparten muchas de las tablas de configuración. De esta forma el administrador puede configurar las tablas que rigen el funcionamiento de la red sin importar el nodo al que estén conectados. Este es el caso de la tabla de asignación de grupos de COR que al ser compartida permite que un número de COR tenga el mismo nivel de restricción en todas las extensiones de la red.

#### ***2.4 Monitoreo de tráfico en la red.***

En las plataformas 3300 ICP el tráfico no puede ser monitoreado en tiempo real a través de la herramienta de administración del sistema, no obstante si se pueden configurar reportes de tráfico a través de la misma, donde se puede definir los períodos de medición, los elementos a medir y otros parámetros a reportar.

Los reportes de tráfico son generados por módulos de software pertenecientes al modelo SX – 2000 que no tenía interfaz web de allí que solo se puedan obtener capturándolos en algún simulador de terminal que permita la captura de texto, pues estos reportes son formateados en texto plano y dirigidos hacia el puerto de impresora asignado en la tabla de asignación de puertos del sistema. Todo control en tiempo real del proceso de medición y preparación de los reportes se realiza a través de comandos ya sea utilizando la línea de comando de mantenimiento de la herramienta de administración, como muestra la figura 2.8, o conectarse vía telnet a la consola de mantenimiento.



Figura 2.8 Línea de comandos de la herramienta de administración.

Estos reportes no incluyen el monitoreo de los troncos IP ni el uso de los recursos E2T pues estos son propiedades nuevas de las 3300 ICP. El SDS no comparte información de tráfico por lo que el sistema no puede conformar un reporte general del tráfico cursado por el sistema, esto significa que los reportes solo incluyen el tráfico por las extensiones y troncos conectados a la unidad que lo genera. Para obtener una visión global del uso de los recursos de la red es necesario obtener los reportes de cada nodo de la red de forma individual y interpretar los mismos atendiendo a la estructura de la red.

#### 2.4.1 Medición de tráfico del sistema.

Antes de programar cualquier medición de tráfico es importante entender la manera en la cual el tráfico es medido y tabulado en el sistema. En los sistemas modernos donde coexisten facilidades de conmutación de datos y voz, el análisis de tráfico puede parecer complejo, no obstante si el sistema es virtualmente sin bloqueo, como es el caso, donde solo un mínimo de componentes es dependiente del tráfico y el análisis de los datos resultantes es muy simple, este proceso se vuelve mucho menos complejo.

Dos términos de importancia para la medición de tráfico son usados en la tabla de configuración de los reportes de tráfico, estos son:

Período: Este término se refiere a la duración de un período de medición de tráfico. Este período es el intervalo de tiempo en el cual los datos de tráfico van a ser acumulados y

pueden ser programadas a 15,30 o 60 minutos. Al final de cada período el sistema produce el reporte de tráfico.

Ranura de tiempo: este es el tiempo durante el cual los reportes de tráfico van a ser generados en un día dado. Durante un día se pueden programar hasta 6 ranuras de tiempo.

La medición de tráfico en las PBX Mitel abarca todos los elementos de software y hardware del sistema que son relevantes para el estudio del uso del sistema. Los elementos del software pueden ser rutas ARS y listas. Los componentes externos, envueltos en la medición de tráfico y el monitoreo, incluye todos los dispositivos periféricos como son troncos, terminal de mantenimiento, impresoras, receptores DTMF etc.

En el curso de un procesamiento de llamada el tráfico es medido como sigue:

- 1- Cuando se solicita un servicio por parte de cualquier extensión el módulo de procesamiento de llamada establece la conexión a través de la matriz de conmutación con otro dispositivo periférico.
- 2- Cuando una solicitud es atendida por el procesador de llamadas el módulo monitor de rendimiento graba el evento en el campo (peg count), el estado de la conexión (exitosa o fallida) y duración de la conexión.
- 3- Luego el monitor de rendimiento graba los datos en el buffer interno.
- 4- Cuando termina un período de medición de tráfico, los datos son transferidos al buffer de tráfico donde la información es procesada por el módulo de medición de tráfico.
- 5- Este módulo genera un fichero en el disco duro de la PBX en el caso de la Mxe o en la memoria flash en la AX, este fichero es un reporte de tráfico imprimible de un período dado.
- 6- El reporte de tráfico lista el número de llamadas, el uso en Erlang o CCS y el número de circuitos usados en comparación con el número de canales disponible.

Prácticamente todas las interconexiones permitidas por el módulo de procesamiento de llamadas son grabadas por el monitor de rendimiento excepto aquellas que incluyen troncos o dispositivos IP. No obstante la información concerniente a los troncos de salida es la más relevante para estudiar la correcta programación del ARS, permitiendo evaluar la

efectividad de las agrupaciones de troncos y las capacidades de desborde de las listas de rutas.

#### ***2.4.2 Programación de los reportes de tráfico.***

El primer paso para programar la medición de tráfico del sistema es la configuración de los puertos de impresora en la tabla de asignación de puertos lógicos donde se relaciona los puertos físicos con aplicaciones, aquí se asigna LPR1 a la aplicación de reporte de tráfico la razón del uso de este puerto en específico se explicará más adelante en este epígrafe. Es importante asegurarnos que el puerto no esté utilizado por ninguna otra aplicación que realice reportes continuamente como puede ser el SMDR.

Luego de programar el puerto de impresora para la salida de los reportes de tráfico pasamos a configurar la tabla de Opciones de Reportes de Tráfico en esta tabla se programan los siguientes elementos:

- Ranuras de tiempo.
- Período de medición.
- Unidad de tráfico (CCS o Erlang).
- Autoprint: Cuando se activa este campo cada vez que termina un período se imprime el reporte correspondiente sin necesidad de esperar el comando por parte del administrador.
- Número máximo de reportes que se guardarán en el buffer, no se pueden programar más de 10.

En esta tabla también se asignan las secciones que se incluirán en el análisis de tráfico estas pueden ser:

- Enlaces.
- Receptores DTMF.
- Rutas.
- Listas de rutas.
- Planes de rutas.
- Troncos.
- Grupos de troncos.

Para el estudio de tráfico en la red del MININT se decide compartir esta tabla con SDS para que todos los nodos tengan la misma configuración y sea más fácil la programación. Como la mayoría de los puestos de trabajo solo están ocupados de 8:00 AM a 5:00 PM se declara solo una ranura de tiempo que abarca este período. El período de medición se pone a 60 minutos. Los reportes se recopilarán a través de comandos de mantenimientos después de cada ranura de tiempo por lo que se desactiva el autoprnt para evitar carga innecesaria al sistema.

Es poco práctico conectar una impresora real al puerto de impresora de cada unidad para obtener los reportes, no obstante la 3300 ICP envía a través de una conexión TCP al puerto 1754 lo mismo que imprime por el puerto de impresora LPR1 en formato de texto plano, esto permite que utilizando una conexión TCP por el puerto 1754 a cada controlador se pueda capturar a un fichero txt los reportes de tráfico.

Existen dos formas de mandar a imprimir los reportes una es a través de la línea de comando de la herramienta de administración de sistema o por la consola de mantenimiento accediendo a este por un enlace telnet al puerto 23, a la unidad del que se desea extraer el tráfico. Es importante aclarar que la consola de mantenimiento accede a los módulos de software de la SX- 2000 que se encuentran embebidos en el software del 3300 ICP esto trae consigo que este pueda ser accedido usando el login y contraseña que traen las SX-2000 por defecto, aunque se le haya cambiado la contraseña a la herramienta de administración web al controlador, esto en muchas ocasiones, representa una brecha de seguridad, pues comúnmente los administradores solo configuran en la interfaz web y no cambian la contraseña de la consola de mantenimiento por donde se pueden configurar las tablas conociendo los comandos de configuración de la SX-2000.

A continuación se relacionan, a través de ejemplos, algunos de los comandos para la manipulación de los reportes de tráfico almacenados en la memoria de los controladores:

TRAFFIC DELETE FEB – 1615:00 Este comando borra el reporte de tráfico del 16 de febrero correspondiente al realizado a la 3:00 PM.

TRAFFIC PRINT JUN - 24 \*:\* Imprime todo los reportes realizados el 24 de junio.

TRAFFIC DELETE \* \* - \*: \* Borra todos los reportes almacenados.

TRAFFIC FILES: Lista todos los reportes almacenados en el sistema.

### 2.4.3 Estructura de los reportes de tráfico.

Los reportes de tráfico son configurables en cuanto a los elementos a incluir en el mismo, para el estudio de tráfico a realizar en el presente trabajo existen 4 elementos que necesariamente debemos incluir en los reportes esto son:

- Grupos de enlaces.
- Rutas.
- Troncos.
- Listas de rutas.

A continuación se explica la estructura de estos subreportes que conforman la configuración de los reportes con los que se trabajarán.

#### Reporte de grupos enlaces.

En la figura se muestra un ejemplo de una sección de un reporte de tráfico correspondiente al reporte del uso de los grupos de enlace del nodo Mxe en una hora. El grupo de enlace nombrado R2 representa los dos enlaces E1 con señalización R2 que conectan este nodo con la red de ETECSA, mientras que el grupo UNE1 está compuesto por el enlace E1 con la red nacional del MININT.

Group Of Links					
Grp of Links No.	Name Of Group	Peg	Usage (Erlangs)	Max. Chann Used/Avail.	
75	R2	1604	28.44	52/ 128	
77	UNE1	254	12.67	22/ 64	

Figura 2.9 Reporte de grupo de enlaces del controlador Mxe.

El campo peg indica el número de llamadas que accedieron por el enlace, en este punto es importante aclarar que el enlace es bidireccional por lo que una llamada ocupa dos canales del enlace uno de recepción y otro de transmisión. El sistema reporta cada llamada por los canales independientemente de si es de transmisión o recepción así que las llamadas son contadas dobles. En el caso del tráfico o uso ocurre algo similar por lo que el tráfico conducido por los troncos bidireccionales que conforman el enlace es la mitad del reportado. El último campo a la derecha refleja cual fue el número máximo de canales simultáneamente usados, aquí se incluye los canales señalización.

## Reporte de rutas.

Anteriormente se explicaba que el reporte de tráfico puede incluir elementos de software como son las rutas ARS esto permite monitorear el tráfico según su destino. En la figura se muestra la sección relacionada con las rutas, de un reporte de tráfico generado por la unidad del nodo Ax I.

Route Number	Peg	Usage (Erlangs)	Busy Peg	Overflow	Busy Hour peg	Time
31	39	0.15	0	0	39	09:00
---	---	---	---	---	---	
39	39	0.15	0	0	39	

Figura 2.10 Reporte de rutas del controlador Ax I.

El campo peg indica el número de llamadas que accedieron a la ruta. El campo busy peg da el número de llamadas que intentaron acceder por la ruta pero que no pudieron acceder a ellas por no tener troncos libres, aquí no se incluyen los rechazos por COR incorrecto o extremo llamado ocupado. El campo overflow indica la cantidad de llamadas que no pudieron acceder por la ruta pero que accedieron a una ruta alternativa, para que esto suceda la ruta debe formar parte de una lista de rutas. En busy hour peg se listan el número máximo de llamadas en una hora, en la ranura de tiempo al que pertenece el reporte, en el campo Hour Time se precisa la hora en la que se alcanzó el valor máximo de llamadas.

El reporte de rutas ni el de lista da una visión de tráfico a manejar por los enlaces pues estos reportes solo especifican el tráfico generado por las llamadas desde la red, mientras que los enlaces pueden ser ocupados tanto por las rutas programadas en la red para acceder a una red externa como por las rutas programadas en las redes externas para acceder a la red estudiada.

No obstante más adelante se verá que este reporte es necesario para el estudio de la red IP que interconecta los nodos internos, lo cual es muy importante para determinar el uso de los puertos E2T, pues estos datos no se pueden obtener directamente de los reportes generados por las unidades 3300 ICP.

#### **2.4.4 *Station Message Detail Recording (SMDR).***

Para analizar la naturaleza y la frecuencia de las llamadas externas e internas es necesario obtener e interpretar los datos del *Station Message Detail Recording*, estos complementa los reportes de tráfico y representa un informe completo y detallado de las llamadas generadas por una extensión.

El SMDR es el que permite la elaboración de un sistema de tarificación y monitoreo de la llamada, este al igual que los reportes de tráfico se acceden a través de una conexión TCP, pero la diferencia radica en que el SMDR si tiene un puerto dedicado para la salida de los datos. Esto permite poder extraer los reportes de tráfico sin interrumpir la salida continua de los reportes de las llamadas de los usuarios individuales en tiempo real.

Para los objetivos de este trabajo no es necesario el uso del SMDR para el estudio de tráfico pues el fin del mismo es estudiar el uso de los troncos de salida y de recursos del sistema. No obstante configurar y activar el SMDR para la elaboración de un sistema de tarificación es importante para la optimización del sistema en cuanto a control de gastos y seguridad. Por lo que se propondrá un sistema que haga uso del mismo para el monitoreo de las llamadas.

#### **2.5 *Estudio de recursos de la red.***

El conmutador TDM de los 3300 ICP es sin bloqueo, pero la limitación en el número de canales disponibles en el gateway TDM, en las interfaces que conectan los periféricos y otros recursos significan que la red en sí es con bloqueo. Existen dos recursos a estudiar en la red uno son los enlaces con la PSTN y la red nacional y el otro es el uso de los canales E2T y ancho de banda. El primero para determinar los troncos necesarios para brindar conectividad a los usuarios de la red provincial con la red nacional y la PSTN y el segundo determinar el ancho de banda consumido para la interconexión de las redes y ver el uso de los canales con la finalidad de definir las capacidades para futuras implementaciones de telefonía IP como pueden ser centros de atención.

Para el estudio de los recursos es necesaria la acumulación de reportes de tráfico por un período de tiempo razonable, este estudio recoge reportes de tráfico por un período de 90 días desde el 1 de enero hasta el 1 de abril del 2012 tomando mediciones en una ranura de

tiempo de 8:00 AM a 5:00 PM, que es el lapso donde la mayoría de los puestos de trabajos están ocupados.

Para la recolección y almacenamiento de los reportes de tráfico se utiliza el software Advanced PBX Data Logger, el cual permite la conexión a múltiples PBX en una red LAN especificando las direcciones IP y los puertos. Este software permite almacenar los ficheros del reporte recibido en formato txt. o pasarlos directamente a un libro Excel para el posterior procesamiento de los datos, para mayor organización se configuró el programa para que almacene los reportes nombrándolos con la fecha del sistema. A continuación se detalla las operaciones del software.

1 Se realiza una conexión telnet por el puerto 1754 con cada uno de los nodos de la red.

2 Se capturan los datos en formato de texto plano, provenientes de cada conexión, dirigiéndolos a un fichero txt con un nombre que identifique la fecha y el nodo.

Una vez ejecutado el software de captura se manda a imprimir los reportes de tráfico, a través de la línea de comando de mantenimiento que posee el Administration Tool, con el comando PRINT TRAFFIC mes día\*:\* este comando manda a imprimir todos los reportes del día especificado.

Este procedimiento hace que en cada fichero se almacene todos los reportes de un día. Al programar 10 reportes como número máximo de ficheros a almacenar en la memoria del sistema permite que se puedan extraer los reportes a cualquier hora entre las 5:00 PM del día estudiado y las 9:00 AM del siguiente día.

La extracción de los reportes puede ser automatizada pues este software permite enviar comandos periódicamente a través de una conexión telnet.

### ***2.5.1 Estudio de los enlaces con la PSTN y la red nacional.***

Anteriormente se explicaba que la red cuenta con tres enlaces E1 con la PSTN, dos de ellos conectados al nodo Mxe con señalización R2 y el otro del tipo ISDN - PRI conectado al nodo AX II. Es evidente que para el estudio es necesario tomar datos simultáneos de reportes de tráfico generados por estas dos unidades.

El primer paso del estudio es determinar la hora activa de las llamadas desde y hacia la PSTN, para esto es necesario determinar los 10 días donde se condujo mayor número de

llamadas en la etapa estudiada. Para determinar el número de llamadas se deben tomar los reportes de los enlaces con la PSTN de Mxe los cuales se encuentran agrupados en el grupo de enlace R2, donde se informa la cantidad de llamadas en cada hora, conducida por los troncos del enlace y sumarla con la del mismo período de tiempo pero del enlace ISDN del nodo AX II. El número de llamadas en una hora será la mitad del valor calculado. Estos valores son tabulados en una hoja Excel.

Una vez terminada la etapa de medición es necesario determinar el número total de llamadas de cada ranura de tiempo, esto permite obtener los 10 días de mayor tráfico del trimestre. Solo queda promediar la cantidad de llamadas conducida en cada hora para obtener la hora activa. Una vez determinados los 10 días más activos y la hora activa se facilita el estudio de tráfico, pues el número de datos a observar es menor.

Los reportes de los enlaces no solo dan las llamadas conducidas, sino que dan el valor de tráfico directamente, esto da la oportunidad de determinar el tiempo promedio de las llamadas. En realidad el tráfico medido es el tráfico conducido, pero como se supone un bloqueo bajo, asumiremos que estos son iguales, en el análisis de los resultados se validará esta suposición.

$$t_m = \frac{3600 * A_m}{C_m} \quad (5)$$

Utilizando la ecuación de Erlangb se obtendrá la probabilidad de bloqueo, la misma no será el grado de servicio real, pues la red como se explicó anteriormente no es de pleno acceso, sino que es la probabilidad que se obtendría si la red se comportara como un sistema único de pleno acceso. Para conocer los parámetros de tráfico de los dos grupos de enlaces que conectan la red con ETECSA de manera independiente, basta con estudiar los dos grupos de enlaces de manera independiente obteniéndose así dos valores de tráfico en la hora activa uno de las extensiones de los nodos AX I y Mxe con 60 troncos y otro para los usuarios del AX II con 30.

Para obtener el número de troncos necesarios realmente, para mantener un grado de servicio de 0.01 solo es necesario cambiar los parámetros y la incógnita de la ecuación, este cálculo se hace para una red de pleno acceso. Para el trabajo con la ecuación se utiliza un

grupo de funciones cargadas en Excel, pues este es el programa que se está utilizando para llevar a cabo el análisis de los datos.

La red provincial del MININT solo tiene un enlace E1 con señalización MSDN/DPNSS a través de un módulo Dual E1/T1 para la conexión con la red privada nacional. Para el monitoreo del comportamiento del tráfico con la red nacional se realiza un procedimiento similar al descrito anteriormente, con la diferencia que solo es necesario obtener los datos del nodo Mxe. Debido a que estamos analizando una conexión a una red diferente, se tabularán y procesarán los datos independientemente.

Es de prever que los resultados en cuanto tráfico en la hora activa serán diferentes, pues las razones del acceso a esta red son otras. Además este enlace también soporta todo el tráfico interprovincial, pues las llamadas a teléfonos de la red pública ubicados fuera de la provincia son cursadas a través de la red del MININT hasta la provincia de destino y desde allí accede a la PSTN esto reduce los costos de las llamadas nacionales, pero trae consigo la necesidad de un mayor monitoreo del tráfico por la red nacional.

### ***2.5.2 Estudio del ancho de banda y recursos E2T.***

Como se ha descrito anteriormente la interconexión de los nodos de la red, es a través de troncos IP, sobre una red Ethernet a 100 Mbps, el ancho de banda no es una limitante para el grado de servicio de la red, el estudio de los requerimientos de ancho de banda solo sería útil para la evaluación de otras tecnologías de interconexión como puede ser xDSL, no obstante los puertos E2T si son recursos que pueden aumentar la probabilidad de bloqueo de la red si no son correctamente dimensionados.

Al nodo principal llegan enlaces IP de 2 unidades los cuales conectan en conjunto alrededor de 251 extensiones y 30 troncos digitales y la unidad Mxe tiene un total de 64 puertos E2T, anteriormente se aclaraba que todas las llamadas cursadas por los troncos IP consumen un puerto E2T en el nodo fuente y en el destino por las características de esta red. Por estas razones se puede afirmar que la unidad Mxe recibe la mayor carga pues conduce el tráfico entre extensiones ubicadas en diferentes nodos pero solo consume puertos E2T en las llamadas hacia y desde los teléfonos y troncos conectados a ella.

Los parámetros de calidad propuestos por Mitel para el grado de servicio es de  $P(0.01)$  para llamadas externas y de  $P(0.001)$  para comunicaciones internas. Existen 2 factores que

inciden en el bloqueo interno de las llamadas para una red con núcleo IP con líneas TDM, que son el ancho de banda y los puertos Gateway. Para esta red la probabilidad de bloqueo para llamadas a extensiones ubicadas en un nodo específico de la red es:

$$P_{bi} = P_{BW} + P_{E2T} \quad (6)$$

Donde

$P_{BW}$  : Es la probabilidad de bloqueo por falta de ancho de banda.

$P_{E2T}$  : Es la probabilidad de bloqueo por falta de puertos Gateway.

Asumiendo que  $P_{BW} \approx 0$ , suposición que se validará en el análisis de los resultados, la probabilidad de bloqueo interno depende de la disponibilidad de puertos E2T.

### **Análisis de los reportes**

Aunque los reportes de tráfico no incluyen los troncos IP ni los puertos E2T, es posible hacer uso de ellos para determinar el tráfico de los mismos, combinando datos de reportes de ambos extremos del enlace. Para los reportes es transparente los troncos usados por las rutas ARS esto permite ver el tráfico de salida por los enlaces IP monitoreando las rutas que acceden a los troncos IP que usan estos enlaces. Los puertos E2T al igual que los troncos son ocupados, tanto por llamadas entrantes como salientes, por lo que para conocer el tráfico total que manejan estos puertos, es necesario tomar los datos de la ruta saliente por el mismo enlace en el otro extremo. Esto quiere decir que para estudiar el uso de los recursos E2T es necesario el estudio de tráfico de 6 rutas en tres nodos diferentes.

Para evitar la medición doble del tráfico es necesario estudiar las rutas que interconectan los nodos secundarios para restar este tráfico al total manejado por el principal pues esta parte del tráfico no consume puertos E2T en este nodo.

$$A_{E2T_1} = A_{12} + A_{13} - A_{23} \quad (7)$$

Donde:

$A_{E2T_1}$ : Es el tráfico manejado por los recursos E2T en el nodo Mxe.

$A_{12}$ : Tráfico entre los nodos Mxe y AX I.

A13: Tráfico entre los nodos Mxe y AX II.

A23: Tráfico entre los nodos AX II y AX I.

Mientras que para los nodos secundarios basta con determinar el tráfico de las rutas de interconexión de cada uno con los dos restantes pues estos son solo destino o fuente de llamadas en la red. Así por ejemplo el tráfico E2T en el nodo AX I es:

$$A_{E2T_3} = A_{23} + A_{13} \quad (8)$$

Es importante aclarar que el tráfico entre nodos es la suma del tráfico en el par de rutas que interconectan los dos nodos las cuales se encuentran listadas independientemente en los reportes del elemento de red de cada nodo.

La probabilidad de que un nodo no tenga recursos E2T disponibles se puede calcular utilizando Erlangb:

$$P_{E2T_x} = \frac{\frac{A_{E2T}^N}{A_{E2T}!}}{\sum_{i=0}^{64} \frac{A_{E2T}^i}{i!}} \quad (8)$$

Obsérvese que la probabilidad de bloqueo no depende del tráfico entre los dos nodos sino de todo el tráfico manejado por los puertos E2T de los mismos. Para determinar el valor promedio del tráfico manejado por los puertos E2T en cada elemento es necesario determinar la hora activa para llamadas internas para esto se puede utilizar el mismo procedimiento descrito anteriormente para los enlaces con la PSTN y la red nacional, pero esta vez se contabiliza las llamadas realizadas en las 6 rutas que usan estos puertos, pero debido a su sencillez se decide utilizar el estudio del ancho de banda consumido por los troncos IP.

### **Análisis de ancho de banda.**

El estudio del uso del ancho de banda de los enlaces ip tiene como objetivo evaluar:

- Tecnologías alternativas como xDSL.
- Determinar el ancho de banda disponible en el enlace para aprovechar el mismo para la conducción de otro tipo de datos, o para el aumento del tráfico telefónico.

- Determinar la hora activa de las llamadas internas.

Para este estudio se utilizará la aplicación Bandwidth Management (BWM) que en los 3300 ICP graba y administra el consumo de ancho de banda del tráfico VoIP. Esta aplicación permite al administrador medir el ancho de banda consumido en un enlace IP, establecer alarmas para cuando el consumo exceda un umbral determinado y proveer control de admisión de llamadas que no es más que el rechazo de llamadas cuando el ancho de banda aumenta por encima de cierto nivel. Esta aplicación es usada normalmente para limitar el ancho de banda consumido por el tráfico de voz para permitir suficiente ancho de banda para otros datos o evitar que nuevas llamadas afecten la calidad de las ya establecidas.

Para la implementación de BWM es necesario el modelado de la red dividiendo la misma en zonas, donde en cada zona puede definirse un elemento de red en la tabla de asignación de elementos de red, donde por defecto todos son ubicados en la zona 1. La red de Cienfuegos tiene una configuración de árbol donde el nodo Mxe es la raíz como muestra la figura 2.11. Una vez asignadas las zonas cada conexión entre los nodos va a tener un ZAP (*Zone Access Point*) este no es más que el punto donde el ancho de banda va a ser medido y administrado. El ZAP entre un par de zonas tiene un número de identificación, una etiqueta y un elemento máster el cual es el equipo encargado de controlar el ZAP, este elemento debe estar ubicado en una de las dos zonas interconectadas. En la red estudiada se escoge el nodo Mxe como máster de los dos ZAP declarados en la red.

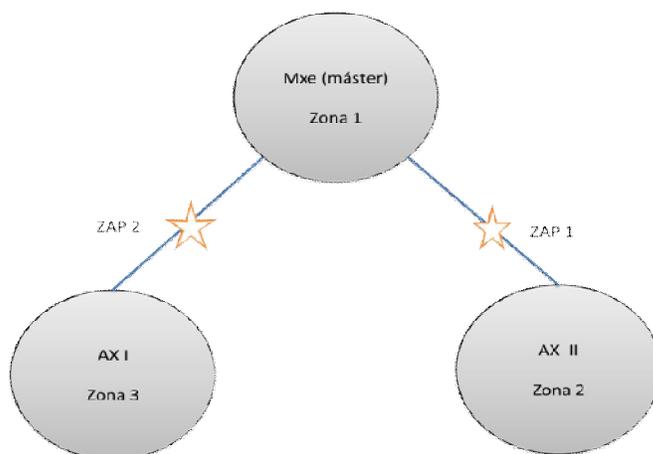


Figura 2.11: Distribución de las zonas definidas en la tabla de elementos del sistema.

Los datos del uso del ancho de banda en cada ZAP son recogidos por el elemento máster de la red. El administrador puede ver en tiempo real que está ocurriendo en cualquier ZAP de la red, también se puede observar la información por intervalos de 15 minutos o una hora, esta información es almacenada por el controlador máster pudiéndose acceder a ella en cualquier momento.

Para la investigación del uso de ancho de banda se accede a la tabla Hourly Historical Bandwidth donde se almacena el uso de ancho de banda en cada ZAP de cada hora desde la implementación del mismo. Esta tabla se puede exportar a un fichero .csv que se abre en un libro Excel, en la siguiente figura A. III se muestra un ejemplo de esta tabla.

Los valores de ancho de banda tiene relación directa con el tráfico en Erlang conducido a través del ZAP, según la tabla 2.2, sin embargo no es útil para determinar el valor de tráfico manejado por los puertos E2T al no poderse separar el tráfico según fuente o destino que es donde se ocupan los recurso Gateway. No obstante si permite determinar la hora activa de cada enlace y los 10 días más activos del trimestre.

Para determinar la hora activa basta con extraer el fichero .csv la tabla Hourly Historical Bandwidth y cargarla en Excel. Luego se filtran todos los datos de una misma hora y se promedia el valor de uso del ancho de banda para luego tabular el mismo por día. Para determinar los 10 días más activos, necesario para determinar los reportes significativos, se debe filtrar según el día y promediar el ancho de banda en ambos ZAP. Para lograr esto es necesario sincronizar la medición de ancho de banda con la medición de tráfico con el objetivo de que la hora activa calculada de esta manera coincida con un período de los reportes de tráfico, esto se logra reiniciando la tabla Hourly Historical Bandwidth en el momento que comienza un período de medición de tráfico.

## ***2.6 Conclusiones del capítulo.***

La red telefónica del MININT no es una red de pleno acceso con respecto a los troncos de acceso a la PSTN sino que los troncos se encuentran divididos en dos subredes, una servida por 60 troncos con señalización R2 y otra con un enlace ISDN – PRI. No es necesario realizar un estudio de tráfico para evidenciar la ineficiencia del uso de los troncos de la red actual pues como se explicaba en el capítulo 1 las redes de pleno acceso hacen un

uso más eficiente de los troncos. Hacer que los usuarios puedan acceder a cualquiera de los troncos de la red trae consigo la necesidad de operar cambios en la configuración de las tablas de la categoría Call Handling o de manejo de llamada.

Debido a la falta de un trabajo correcto de dimensionamiento de los troncos de acceso a la PSTN y la red nacional el estudio de tráfico es el elemento clave en el trabajo de optimización de la misma por su posible impacto en los costos de operación de la red y en su seguridad. Para esta tarea serán utilizadas dos aplicaciones de los sistemas 3300 ICP que conforman la red estas son BWM y el Traffic Reporting ambas configurables a través de la herramienta de administración del sistema. En dicha herramienta es donde se configuraran todos los cambios para la optimización del sistema.

## *Capítulo 3. Resultados del estudio de tráfico y propuestas de cambios en la configuración de la red.*

En este capítulo se hará un análisis de los resultados de las mediciones de tráfico en la red, tanto con respecto a la PSTN como a la red nacional. Además se valora el uso de los puertos E2T, muy importante para la implementación futura de algunos servicios avanzados en la red, como la telefonía IP.

De aquí deberán salir soluciones que permitan un mejor uso de los recursos de la red, a la vez que se aumenta la movilidad de los usuarios sin disminuir la seguridad. Además se propone una configuración que mejore la respuesta de la red ante fallas o aumentos inesperados de tráfico permitiendo, que algunos usuarios que utilizan la PSTN, vean en la red del MININT una opción más segura.

Este capítulo se divide en dos, según el objetivo al cual responde. En un primer momento se aborda el resultado del estudio de tráfico con el objetivo de obtener parámetros que caractericen, tanto el tráfico externo como el cursado entre los elementos de la red. En la segunda parte del capítulo se propondrá una serie de cambios en la configuración de la red actual, atendiendo a las debilidades de la misma y los resultados del estudio de tráfico, con el objetivo de ajustarla a las necesidades de la institución así como ideas para mejorar el monitoreo en la red.

### ***3.1 Estudio de tráfico hacia la PSTN y la red nacional.***

En el siguiente epígrafe se intenta dar respuesta a las interrogantes sobre los parámetros que caracterizan al tráfico entrante y saliente de la red provincial, obteniendo datos importantes como la hora activa y el tráfico en la misma así como la duración media de las llamadas. Estos datos permiten calcular el número de troncos necesarios para conducir el tráfico, además de definir la capacidad del sistema.

#### ***3.1.1 Trafico con la PSTN.***

Utilizando el procedimiento descrito en el capítulo anterior se obtuvo los 10 días más activos del trimestre de estudio. La tablaA.IV1 relaciona el número de llamadas en cada

hora de la ranura de tiempo configurada. Los períodos son relacionados con la hora de inicio.

La gráfica de la figura 3.1 muestra el comportamiento medio del arribo de llamadas en la ranura de tiempo de los días más activos del trimestre.

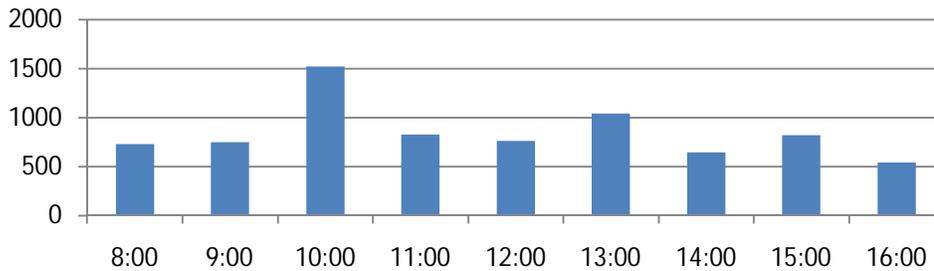


Figura 3.1: Comportamiento del arribo de llamadas en la ranura de tiempo.

En la misma se puede observar claramente que la hora activa del tráfico hacia la PSTN es el período 10:00 a 11:00 con 1522 llamadas como promedio esta afirmación es reforzada por el hecho de que la hora pico en el arribo de llamadas en los 10 días significativos fue la misma, obsérvese la tabla A.IV1. Se aprecia que existe una diferencia pronunciada con otros períodos de alta actividad como es el período de 13:00 a 14:00.

A partir de este punto el análisis de tráfico con la PSTN se basa en los 10 reportes generados en este período. De los mismos obtenemos los valores de tráfico con el objetivo de calcular la duración media de las llamadas y obtener el tráfico que se usará como referencia. En la tabla 3.1 se relaciona el día con el número de llamadas y el tráfico en la hora activa.

Día	BHC	Tráfico (Er)
03/01/2012	1387	36.66
15/01/2012	1523	32.58
28/01/2012	1254	30.25
06/02/2012	1658	36.95
07/02/2012	1798	35.21
15/02/2012	1456	29.36
09/03/2012	1547	38.74
13/03/2012	1253	28.3
18/03/2012	1758	30.21
20/03/2012	1586	29.53
Promedio	1522	32.779

*Tabla 3.1: Relación de tráfico y arribo de llamadas en la hora activa.*

Aplicando la expresión (5) obtenemos que la duración media de las llamadas es de 77.21 s. Es importante aclarar que este número depende mucho del tipo de señalización que utiliza el tronco monitoreado y el momento en el procesamiento de la llamada donde se registra el evento. El valor obtenido hubiese sido mucho menor si se monitorea la ocupación de troncos con señalización CAS. Es importante en este punto decir que aunque los enlaces del nodo Mxe son R2 estos son vistos por la unidad como enlaces MSDN/DPNSS que luego son traducidos a R2 en el NSU.

Anteriormente se especificaba que los enlaces R2 solo dan servicio a las 409 líneas de los nodos Mxe y Ax I mientras que el enlace ISDN – PRI da servicio al AX II que consta de 128 extensiones. Esto significa que se deben calcular dos valores GoS en la red, uno para las líneas con acceso a los 60 troncos R2 y otro para las líneas servidas por el ISDN – PRI. Para lograr esto es necesario obtener el tráfico de ambos tipos de troncos independientemente, haciendo un análisis de los reportes significativos.

Día	ISDN- PRI	R2
03/01/2012	11.82	24.84
15/01/2012	12.4	20.18
28/01/2012	10.2	20.05
06/02/2012	12.51	24.44
07/02/2012	12.33	22.88
15/02/2012	9.56	19.81
09/03/2012	13.56	25.18
13/03/2012	10.29	18.03
18/03/2012	12.36	17.85
20/03/2012	11.41	18.12
Promedio	11.644	21.138

*Tabla 3.2: Tráfico en la hora activa de los grupos de enlaces independientes.*

Es de notar que el tráfico promedio por usuario de los nodos servidos por los troncos R2 es de 0.052 Er que es inferior al tráfico de las extensiones del AX II que es de 0.09 Er a pesar que estos tienen menos líneas CO.

Los grados de servicio calculados para ambos usuarios son inferiores a 0.001 lo que significa que existe una sobredimensión de la red, prueba de ello es que para manejar un

tráfico total de 32.79 Er con GoS de 0.01 son necesarios solo 51 líneas, lo cual se satisface con dos enlaces E1 permitiendo tener a disposición un enlace E1, pero para disponer del mismo es necesario hacer que la red sea de pleno acceso, posteriormente se darán detalles de cómo podemos lograr esto. Desde otro punto de vista se puede determinar la capacidad de manejar extensiones por parte de la red pues 90 troncos pueden manejar un tráfico de 74.7 Er asumiendo un tráfico medio por extensiones de 0.06 Er se puede afirmar que la red tiene la capacidad de manejar tráfico hacia la red pública de 1245 extensiones, esas son más extensiones de las que pueden manejar los equipos controladores actualmente instalados en la red.

### 3.1.2 Tráfico con la red nacional

Una vez identificados los 10 días más activos del período con respecto a los arribos de llamadas desde y hacia la red nacional del MININT. Se puede determinar la hora activa del tráfico con la red nacional. La gráfica muestra el comportamiento del arribo de llamadas en la ranura de tiempo programada.

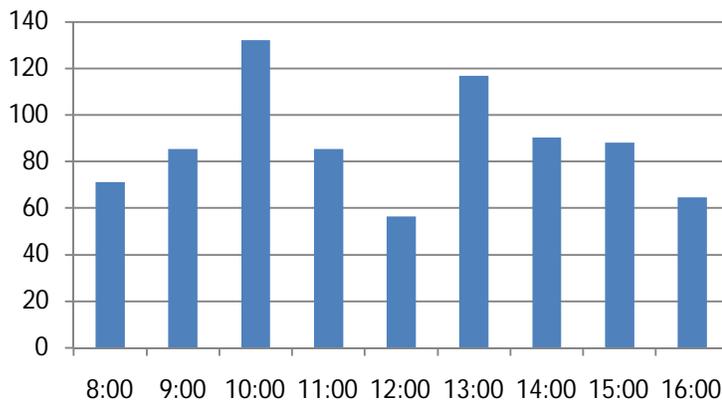


Figura 3.2: Comportamiento del arribo de llamadas en la ranura de tiempo.

Es evidente que la hora activa corresponde al período 10:00 manejándose en el mismo un promedio de 132.2 llamadas. Siguiendo el mismo procedimiento que con la PSTN se relaciona el número medio de llamadas con el tráfico en la hora activa que es 3.8 Er para calcular la duración media de las llamadas la cual es de 103.48 s.

Todas las líneas de la red presentan accesibilidad completa con el enlace E1 que une la red provincial con la nacional. Esto significa que existe un solo valor de grado de servicio para toda la red, ignorando el bloqueo interno. El valor de GoS para un tráfico de 3.8 Er y 30

truncos es prácticamente 0, se puede decir que no existe bloqueo en cuanto la comunicación con la red nacional. El resultado es de esperarse pues la cantidad de usuarios con la posibilidad de hacer llamadas nacionales a líneas de la red pública es bastante baja, por lo que prácticamente solo se realizan llamadas entre oficinas del MININT. Además la subred de Cienfuegos es un nodo final por lo que no cursa tráfico de tránsito hacia otras centrales de la red nacional.

Es evidente que el enlace que une la red de Cienfuegos con la red nacional se encuentra subutilizado una razón puede ser por un mal uso de la red por parte de los usuarios, que debido al hecho de que no son contabilizadas las llamadas, llamen a teléfonos, que pueden ser accedidos por la red nacional, a través de la red pública. Este problema puede ser sorteado si se fuerza al tráfico nacional, a tener como primera opción la red nacional para realizar esto es necesaria la implementación de una política única de tarificación de llamadas a nivel nacional pues estas llamadas no son del todo gratis pues se contabilizan a la subred provincial como llamada intermunicipal a no ser que sea a un teléfono del MININT. Esto reduce el costo de la llamada pero se debe implementar un sistema nacional que pueda definir a que subred cobrar, pues la tarifa de ETECSA se notificará a la subred por donde salga la llamada a la red nacional y no a la que generó la llamada.

### ***3.2 Estudio del ancho de banda y recursos E2T.***

El objetivo de este epígrafe es analizar los recursos para la conducción del tráfico interno de la red, con el fin de valorar la capacidad que tiene la red, de cara a la implementación de nuevos servicios y la instalación de teléfonos IP. Para esto es necesario conocer el uso del ancho de banda y de los puertos E2T.

En las gráficas de las figuras 3.3 y 3.4 se muestra el comportamiento medio del uso del ancho de banda en ambos ZAP.

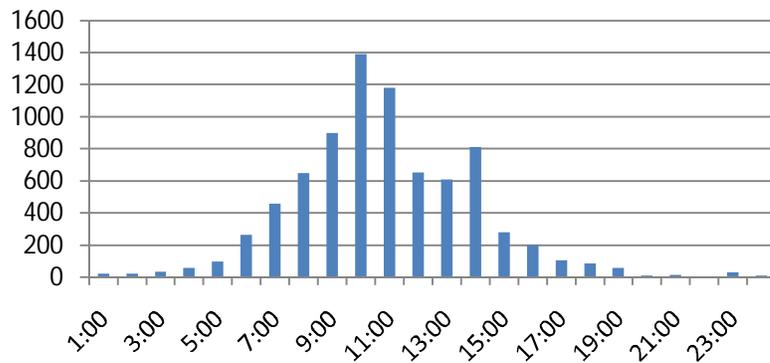


Figura 3.3 Uso del ancho de banda, en el ZAP 1, en Kbps

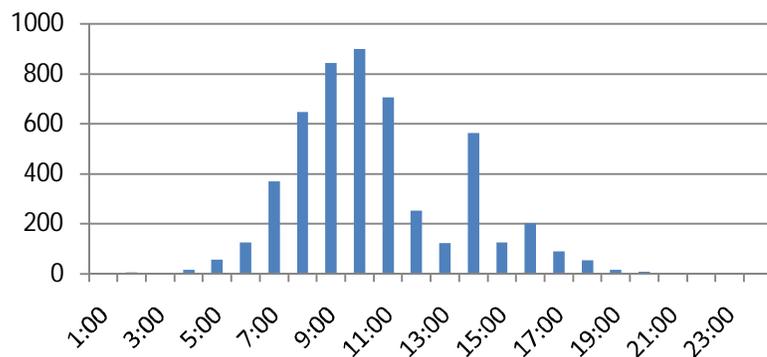


Figura 3.4 Uso del ancho de banda, en el ZAP 2, en Kbps

Nótese que ambos caso el mayor uso del ancho de banda se alcanza en el período 10:00 con un BW promedio de 1.4 Mbps para el ZAP 1 y 900 Kbps para el ZAP 2. Esto permite afirmar que esta es la hora activa del tráfico interno.

En la tabla A.IV3 se muestra los 10 días más activos en cuanto uso del ancho de banda total de los puntos ZAP. A partir de la relación lineal entre ancho de banda y tráfico visto en el capítulo 2 se puede afirmar que estos días son los de mayor tráfico interno de la red.

Una vez determinada la hora activa y los 10 días más activos ya están localizados los reportes significativos para determinar el tráfico entre zonas con lo que se puede determinar el número de canales de voz para un GoS de 0.001 y el ancho de banda necesario para soportar los mismos. La siguiente tabla muestra los resultados.

ZAP	Tráfico (Er)	Canales	BW (Kbps)
1	15.8	29	2552
2	9.5	21	1848

El resultado de la medición en el ZAP 1 es importante pues permite definir un límite para configurar el mecanismo de control de admisión del BWM el cual se puede configurar en 3 Mbps. Para permitir el tráfico de otro tipo de datos entre la delegación y el nodo ubicado en las oficinas de ETECSA donde se encuentra el controlador AX II.

Esto permitiría evitar la instalación de un nuevo módulo FIM para la transmisión por un nuevo par de fibra óptica de datos desde el DSLAM del MININT instalado en la oficina de ETECSA y la delegación. También permite la creación de un enlace de respaldo para enlaces actualmente instalados. Para la implementación de cualquiera de estas opciones es necesaria la configuración de políticas de control de admisión en el flujo de datos que evite la degradación de flujo de voz.

Partiendo de los valores obtenidos de tráfico E2T se puede afirmar que la probabilidad de que un elemento de red encuentre los 64 puertos E2T es menor que 0.001 por lo que se puede suponer que no existe bloqueo E2T en la red. No obstante es importante determinar el número mínimo de puertos disponibles con el objetivo de valorar las capacidades de la red para la implementación de telefonía IP, VM y el aumento del tráfico por los troncos IP. La siguiente tabla 3.4 muestra el uso de los puertos E2T determinado siguiendo el procedimiento especificado en el epígrafe 2.5, de cada unidad de la red y el número mínimo de puertos disponibles:

Unidad	Tráfico E2T (Er)	Puertos disponibles
Mxe	21.5	27
AX I	15.8	35
AX II	9.5	43

*Tabla 3.4: Uso de los puertos E2T.*

El valor más importante es el de la disponibilidad de los puertos E2T del nodo Mxe, pues este es el que más dispositivos TDM controla lo que significa que, ante la implementación de la telefonía IP en cualquiera de los controladores de la red, estos son los puertos que manejarán la mayoría del tráfico de los dispositivos IP.

### ***3.3 Cambios en la estructura de la red y manejo de llamada.***

Como se mencionaba anteriormente, para disponer de un enlace E1 es necesario convertir la red en un sistema de pleno acceso, para lograr este objetivo basta con agregar una ruta

ARS en cada lista con destino en la PSTN, esta nueva ruta usará los troncos IP que interconectan los nodos AX II y Mxe. La tabla 3.5 muestra cómo queda una lista de acceso a un municipio en el controlador Mxe, este procedimiento debe realizarse en cada una de las listas programadas, obsérvese que la traducción de llamada se realiza en el controlador de salida y no en el nodo fuente cuando la ruta accede a través de los tronco IP.

Lista 1			
Rutas	Cod. acceso	Enlace	Absorber
1	055	E1 - R2	1
2	055	E1 - R2	1
31	055	IP - DPNSS	0

Tabla 3.5: Lista de acceso a un municipio.

Una vez habilitado el pleno acceso a la red es necesario aplicar lo mismo para las llamadas entrantes por lo que el proveedor de servicio, en este caso ETECSA, debe agregar en una sola lista de acceso los 60 troncos que acceden a la red del MININT. Esta lista deberá tener la siguiente configuración.

Rutas	Cod. Acceso	Enlace
1	553	E1 - R2
2	553	ISDN - PRI

### 3.3.1 Redistribución de los troncos de la red.

La disponibilidad de un enlace E1 genera varias opciones, para la optimización de la red pues aún con 60 troncos la red es capaz de soportar una sobrecarga de tráfico del 50 % garantizando un GoS de 0.02 el cual aún es aceptable, una es la eliminación de un enlace ahorrando al ministerio un total de 3600 pesos anuales por concepto de gastos fijos por contrato del enlace.

Para la selección del enlace a eliminar se debe tener en cuenta el efecto de este cambio en la seguridad de la red y su respuesta en cuanto a fallas. Obsérvese que los enlaces R2 comparten un mismo módulo Dual E1/ T1 y un NSU, además los dos flujos E1 se inyectan

y extraen del anillo de fibra óptica provincial por un mismo equipo de transmisión SDH, además estos elementos se encuentran ubicados en un mismo local, bajo la misma protección eléctrica. Por estas razones es más aconsejable la eliminación de un enlace R2, esto permite una mejor respuesta en caso de fallas en la red.

Por esta razón la eliminación del enlace ISDN no es la mejor opción pues dejaría a la red vulnerable ante la falla de algunos de estos equipos pues toda la conectividad con la PSTN dependería de ellos. Lo más aconsejable para mantener la robustez de la red es la eliminación de un enlace R2.

### **Redistribución de troncos IP.**

Una de las ventajas de los troncos virtuales IP es que se pueden realizar cambios en su implementación sin modificar el hardware del sistema. La redistribución de los troncos IP no afecta el uso de recursos como es el caso de los puertos E2T, no obstante es necesario configuración de troncos que asegure la mejor respuesta de la red ante eventos extraordinarios como es la caída de un controlador.

El simple análisis de la figura 2.4 permite detectar que la caída del controlador principal dejaría sin servicio al controlador AX I el cual depende del principal para acceder a la PSTN, la red nacional y al controlador AX II. Es importante destacar que el controlador AX I y Mxe dan servicio a la delegación donde se encuentra la mayoría de las jefaturas y puestos de mando de la mayoría de los órganos de la institución.

Para evitar que la caída de un controlador deje totalmente sin servicio la delegación es necesaria la creación de nuevos troncos IP en los controladores AX I y AX II esto no incluye ningún gasto en cuanto recurso. La tabla muestra los troncos virtuales que se deben crear en la tabla 3.6 de asignación de grupos de troncos de la categoría XNET.

Grupo de troncos XNET	PBX destino	Saltos de red	Medio de señalización	Medio de voz	Número de troncos	Comentarios
33	432	3	IP	IP	200	CF-I-Mxe
34	433	3	IP	IP	200	CF-II-Ax

*Tabla 3.6 Configuración de troncos virtuales IP en el controlador AX I.*

Los números de las PBX destino son relacionados con su número IP en la tabla de configuración PBX/ICP Networking. Al programarse estos grupos de troncos en la categoría XNET automáticamente asume la señalización de MSDN/DPNSS para los troncos IP.

Luego de la creación de los grupos de troncos es necesaria la creación de una ruta ARS en cada controlador donde se le deben asignar los troncos IP creados. Solo resta la programación de una ruta pues el barring será realizado en los controladores de acceso a la PSTN o a la red nacional, esto es posible debido a la implementación de la funcionalidad TCM en la señalización MSDN/DPNSS la cual explicaremos más adelante. En la figura 3.5 se representa el cambio en la estructura de la red.

La ubicación de la nueva ruta en la lista de acceso no representa cambios significativos en el funcionamiento de la red, no obstante se recomienda colocar la nueva ruta como primera ruta de la lista para disminuir el número medio de llamadas procesadas por el controlador principal en la hora activa.

La figura 3.5 muestra la estructura de la red luego de la redistribución de los troncos, esto por sí solo no implica pleno acceso pues este se implementa en la programación de las tablas de manipulación de llamadas, aunque esta deba tener correspondencia con la estructura de la red. El pleno acceso configurado en las tablas de manejo de la llamada de los sistemas de la red y la central pública, es el que permite que la red se comporte de forma óptima con esta estructura.

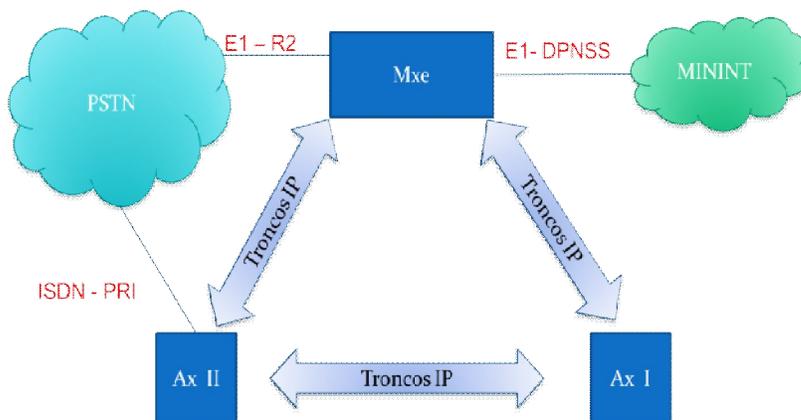


Figura 3.5 Estructura de la red luego de la redistribución de los enlaces.

### 3.4 Propuestas de cambios en la configuración de la red.

En el epígrafe anterior se listaban una serie de modificaciones en la distribución de los troncos y el manejo de la llamada, con el objetivo de tener un uso óptimo de los mismos y mejorar la respuesta de la red ante fallas o congestiones, pero estas modificaciones traen la necesidad de introducir otros cambios en la configuración de la red debido a que las llamadas de salida de cada nodo usa por defecto el valor de COR y COS programado al tronco por donde se enruta, esto trae consigo, que en una situación de networking, todas las llamadas entrantes provenientes de un mismo elemento tienen el mismo valor COS/COR en el nodo receptor. Esta situación hace que en caso de permitir que las extensiones de la AX II accedan a los troncos de la Mxe o viceversa todos los usuarios saldrían a la PSTN con el mismo nivel de restricción.

#### 3.4.1 Traveling Class Mark (TCM).

Para la implementación de la restricción a nivel de red, se propone el uso de la aplicación TCM de la señalización MSDN/DPNSS, la cual permite a los llamantes de redes privadas acceder a servicios basados en su valor de COS y COR independientemente del tronco por donde se reciba en el sistema remoto. TCM no es más que la transmisión por parte del sistema de origen del COR y COS del usuario que genera la llamada. En el nodo receptor esta aplicación debe estar activada para que este interprete los mensajes TCM.

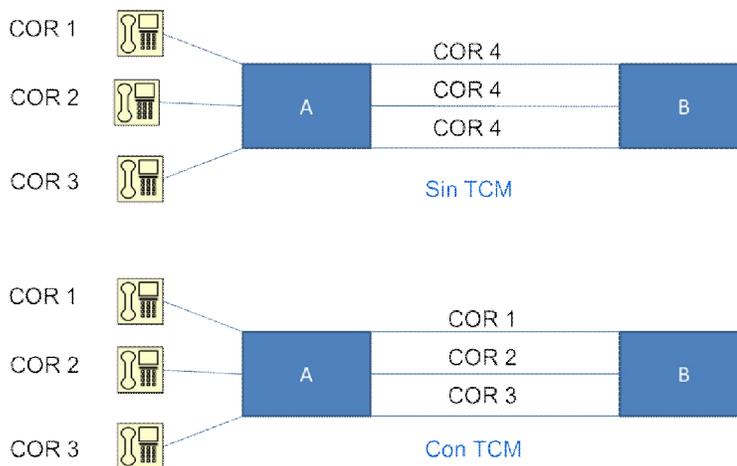


Figura 3.6: Utilidad de TCM para la configuración de llamadas entre controladores.

Es importante aclarar que TCM solo es aplicable en los sistemas 3300 ICP con software versión 8.0 o superior. Las llamadas hacia o desde sistemas que no cumplen con esta condición comparten el mismo COR y COS del tronco. Para que TCM opere correctamente, todos los sistemas en la red deben compartir, a través de SDS, las tablas de asignación de COR, grupos de COS y números de interconexión. Además todos los troncos de interconexión, los cuales pueden ser TDM o IP, deben tener señalización MSDN/DPNSS.

Una vez comprobadas estas condiciones se activa TCM en la tabla de opciones del sistema de cada elemento de la red. Los mensajes TCM solo son enviados en caso de que el COR del tronco por donde se enruta la llamada tenga permiso para acceder a la ruta deseada en el nodo remoto, por lo que a los troncos IP se le asigna COR 1 para que tengan acceso total y este solo sea restringido por el COR del usuario que solicita el servicio.

TCM se aplica automáticamente en todos los troncos de la red con señalización MSDN/DPNSS, por lo que no permite la activación o desactivación en troncos independientes, esto trae consigo la necesidad de delimitar la zona TCM de la red privada para evitar que los valores COR/COS de las llamadas salgan del dominio SDS a través del enlace E1 MSDN/DPNSS que conecta la red provincial con la nacional esto se logra coordinando la asignación de COR en ambas redes para valores por encima del límite impuesto por el COR asignado a los troncos de dicho enlace.

Para conectar otros sistemas con software inferior, de otra marca o de otra zona TCM es necesario aplicar las políticas de restricción en el nodo fuente. Esto se logra realizando un duplicado de las rutas ARS que acceden a la PSTN en los nodos que sirven de enlaces con esta red. En definitiva se trata de programar las mismas rutas pero apuntando a los troncos de interconexión y sin modificación de dígito en cada nodo concentrador. Esto se aplicó en las rutas hacia la red nacional programándose una ruta diferente para cada provincia, lo que permite restringir el acceso a partes de la red nacional antes de que las llamadas salgan de la red provincial.

#### ***3.4.2 Código de acceso independiente.***

TCM no solo permite convertir la red en un sistema de pleno acceso, sin comprometer la seguridad de la misma, sino que además permite dar movilidad a los usuarios, al poder

utilizar cuentas independientes desde cualquier teléfono conectado a la red pudiéndose acceder de manera segura, a servicios en cualquiera de los controladores de la red.

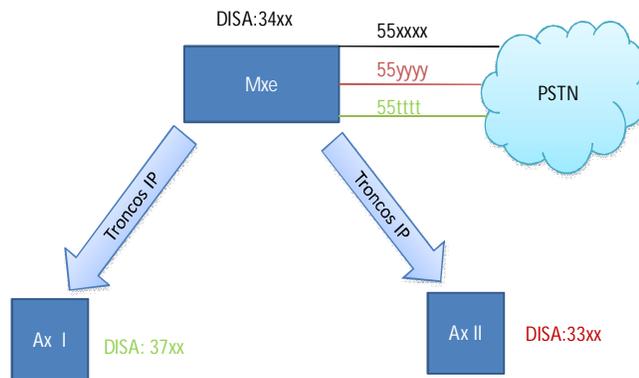
Para activar este servicio a nivel de red hay que compartir con el SDS la tabla de códigos de cuentas independientes en la cual se definen los códigos de cuentas, así como el COR y COS de cada una. El código de cuenta es introducido cuando se marca desde una estación dada para permitir el acceso al ARS y otros servicios con el valor de COR y COS de la cuenta, independientemente de la extensión desde donde se realice la llamada.

Es importante programar el monitoreo SMDR y la tarificación de cuentas independientes antes de asignar cualquier código de cuenta, con el objetivo de contabilizar las llamadas de las cuentas y de estaciones.

### ***3.4.3 Implementación de Direct Inward System Access (DISA)***

El servicio DISA permite que llamadas externas accedan al sistema usando un tronco especial. El sistema ve el tronco DISA como una estación con su propio valor de COS y COR. Las llamadas que entran al sistema a través de los troncos DISA tienen acceso a una variedad de opciones del sistema similares a las que tiene un usuario de la red. Estos troncos pueden ser asignados con un código de cuenta con el objetivo de proveer un alto grado de seguridad o para acceder a opciones adicionales, así como para la implementación de accesos seguros, vía modem, a la red informática del MININT. Cada sistema 3300 ICP puede soportar un servicio DISA por lo que la red de Cienfuegos tiene la capacidad para la implementación de tres accesos DISA.

Para la implementación de este servicio en la red del MININT en Cienfuegos se propone el uso de troncos analógicos LS de las tarjetas LS/GS, conectados a líneas telefónicas de la red de ETECSA, las cuales quedaron disponibles luego del traspaso de varias extensiones de ETECSA a la red privada. Para lograr esto es necesario conectar las líneas de la red pública a los troncos analógicos en el MDF. Cada controlador permite la programación de un número de extensión local para el servicio DISA, la dificultad radica en que todos los troncos analógicos libres están en el nodo Mxe, por lo que para acceder a los servicios DISA de un controlador remoto es necesario reenrutar las llamadas de los troncos hacia el número de extensión asignado al servicio como lo indica la figura, para lograr esto es necesario que las tablas de reenrutado de llamadas y el directorio estén compartidas.



*Figura 3.7 Implementación del servicio DISA en la red.*

El servicio DISA debe ser configurado en los tres controladores con código de acceso forzado con el objetivo de que los usuarios tengan que marcar su código independiente antes de acceder a algún servicio, el COR y COS con que entrarán en la red es el asignado al código de acceso independiente marcado, por lo que a los troncos se le asigna cualquier valor de COS y COR pues estos nunca serán usados para llamadas salientes.

Con este servicio se logra extender los servicios de la red y aumentar la movilidad de los usuarios permitiendo que los usuarios hagan llamadas nacionales a oficinas del MININT desde cualquier teléfono de la PSTN usando su cuenta de usuario.

### ***3.5 Implementación de la tarificación y monitoreo de la red.***

Para la implementación de la tarificación y el monitoreo de la red es necesaria la activación del SMDR externo, el cual colecta datos de llamadas entrantes y salientes de los troncos, estos datos pueden usarse para determinar el costo de las llamadas o para conocer el tráfico generado por tipo de usuario. Los datos SMDR son generados localmente en cada nodo por lo que para la elaboración de la tarificación de tráfico de toda la red se deban extraer datos de los nodos con troncos externos independientemente a través de conexiones TCP por el puerto 1752. El SMDR se configura como externo en la tabla de opciones SMDR cuando se desactiva el SMDR de las llamadas internas. Con una configuración de pleno acceso las llamadas de un usuario pueden pasar por dos PBX de la red antes de acceder a la PSTN o red nacional por lo que es necesario la implementación de un sistema que combine los

reportes SMDR de todos los sistemas e implemente los filtros que eviten la medición doble de tráfico.

Para el monitoreo y tarificación de llamadas en la red se propone el uso del software Wintariff el cual es un programa para coleccionar y elaborar la información sobre las llamadas telefónicas. El programa obtiene de la central telefónica los datos sobre fecha/hora de la llamada, su duración, número marcado etc. Los datos están grabados por Wintariff en el disco duro del ordenador y se utilizan posteriormente para el procesamiento de los mismos. Este programa tiene la capacidad de adaptarse al SMDR de una variedad de modelos de PBX dentro de los que se encuentran los modelos Mitel. En razón de la duración y del número marcado Wintariff calcula el costo de la conversación y determina la dirección (para llamadas interurbanas – ciudad de destino). El programa permite componer varios tipos de balances: sobre la totalidad de llamadas del mes, sobre llamadas a un determinado abonado etc. En base a los datos sobre llamadas, el programa puede computar diferentes datos estadísticos que permiten analizar la utilización de recursos de la central telefónica a nivel de departamento. Dentro de la configuración básica de Wintariff ya está presente una vasta base de datos sobre códigos telefónicos de ciudades y países. Se pueden añadir las tarifas con códigos necesarios de localidades y efectuar el esquema de cálculo del coste de conversación.

Wintariff consiste de dos módulos principales:

- Módulo de grabación PbxCollect.exe Es el que recibe datos de la central, los decodifica y graba en un archivo en el disco duro. Para evitar la pérdida de datos se recomienda que este módulo funcione constantemente (No obstante los sistemas 3300 ICP tienen una memoria interna para guardar temporalmente los datos, así que los intervalos de grabación pueden ser calculados según el tamaño de buffer y la cantidad media de llamadas diarias).
- Módulo de tratamiento Tariff32.exe, en él se realiza la sintonía del programa y el tratamiento de datos acumulados – es el módulo principal de Wintariff.

Wintariff permite grabar simultáneamente datos de dos centrales diferentes en un solo archivo común. En caso de que se decida la descarga periódica de los datos generados de un tercera central, la dificultad radica en que el buffer donde se almacenan los datos en el sistema es de tamaño fijo por lo que se corre el riesgo de perder datos en caso de que en un período entre recolecciones de datos, el número de llamadas recibidas sea mayor que la cantidad de datos que soporta el buffer. Para evitar esto es necesario establecer un período basado en la cantidad de llamadas promedio manejadas por el sistema y el número de entradas que soporta el buffer el cual es 20000 llamadas para una configuración básica del SMDR, luego de las cuales el sistema sobrescribe los datos grabados. El sistema que maneja mayor número de llamadas diarias es el Mxe por lo que este es el que debe definir la frecuencia en la que se extraen los datos. Observando los reportes de las rutas de salida del Mxe en los 10 días más activo con respecto a la PSTN se obtiene que, el número medio de llamadas diarias, no sobrepasan las 2312 llamadas externas por lo que la aplicación PbxCollect.exe puede correrse cada 8 días. En este punto es importante hacer notar que el buffer del sistema se borra automáticamente luego de cada conexión con el SMDR por lo que es importante asegurarse que solamente el PbxCollect.exe realice conexión TCP por el puerto 1752.

Aunque el módulo PBXCollect puede ser configurado para ser compatible con el SMDR de los controladores 3300 ICP es necesario aclarar que este no funciona para redes con usuarios TDM como la estudiada, por lo que es necesario configurar este módulo para que sea compatible con el SMDR SX- 2000 como lo muestra la figura 3.8, de esta forma se ha comprobado el correcto funcionamiento software para la red.

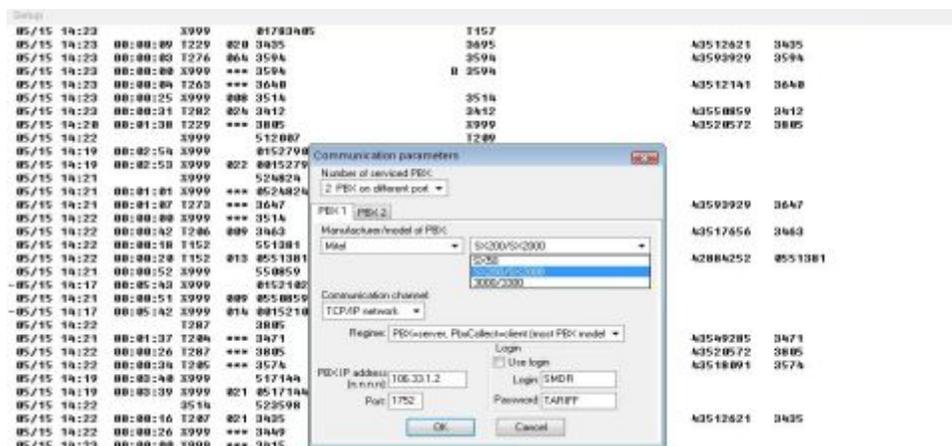


Figura 3.8: Configuración del modelo PBX en el módulo PBXCollect.

Para que el SMDR de la 3300 ICP tenga el mismo formato del SMDR SX-2000 la tabla de opciones de SMDR debe presentar una configuración básica lo cual se logra deshabilitando los reportes extendidos de nivel 1 y 2 en la tabla de opciones SMDR. Con esta configuración el reporte SMDR de una llamada solo presenta los campos de duración de llamada, extensión llamante y número llamado. Es importante la habilitación del reporte de los códigos de cuenta para el monitoreo de los mismos y de los accesos DISA los cuales se producen a través de códigos de acceso.

### ***3.7 Conclusiones del capítulo.***

Al finalizar el análisis de los resultados se puede llegar a la conclusión de que la red puede disminuir los costos de operación y ofrecer un mejor servicio. La configuración propuesta permite disminuir los gastos anuales por concepto del pago de los enlaces en 3600 CUP, pero también conlleva a un cambio en el tratamiento de la llamada en ETECSA y en los controladores de la red. Además se demuestra que existe la capacidad de utilizar el enlace con la red nacional para la conducción de tráfico de llamadas que en este momento se cursa por la red de ETECSA, disminuyendo así el costo de las mismas. Con respecto al tráfico interno se observa que el enlace a 100 Mbps con el controlador ubicado en las oficinas de ETECSA se encuentra subutilizado pues solo se necesitan 3 Mbps para la conducción del tráfico telefónico con un GoS apropiado.

Los servicios DISA y las cuentas independientes permitirán a los usuarios de la red acceder a los servicios de la red desde cualquier estación con permisos propios, facilitando así las operaciones de los oficiales de la institución. Estos servicios propuestos significan una mayor necesidad de monitoreo por lo que es necesario la instauración de un sistema de tarificación, como el descrito en el capítulo, a partir de la configuración de la facilidad SMDR de los sistemas de la red y el software Wintariff.

## *CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES*

### *Conclusiones*

A partir de la realización de las tareas técnicas y el cumplimiento de los objetivos específicos de la presente investigación concluimos que:

- La red está usando los troncos de acceso a la PSTN ineficientemente. Solo se necesitan dos enlaces E1 para satisfacer el tráfico ofrecido por la red con un GoS menor 0.01 si la red es de pleno acceso, soportando una sobrecarga de tráfico de hasta un 50% con un GoS de 0.02.
- Para la implementación del pleno acceso, que garantice un uso eficiente de los troncos de acceso a la PSTN, es necesario realizar cambios en las tablas de manejo de llamada en los sistemas de la red y en la central de ETECSA.
- Existen en la red suficientes puertos E2T para la implementación, de una red virtualmente sin bloqueo y la introducción de telefonía IP.
- El ancho de banda máximo a reservar para el tráfico de voz por la red de sistemas PBX, manteniendo un GoS menor de 0.001, es de 3 Mbps por lo que, implementando políticas de control de admisión, se puede utilizar la red para el tráfico de otros tipos de datos entre el nodo de ETECSA y la delegación.
- La configuración de red propuesta con dos enlaces E1 con la red de ETECSA disminuye los costos de operación de la red en 3600 pesos MN anuales sin gastos en su implementación.
- La configuración de troncos IP que permitan la comunicación directa entre los controladores AX I y AX II da mayor robustez a la red, pues mejora la respuesta de la red ante fallas del controlador principal.
- Con la implementación del pleno acceso es necesaria la configuración de la funcionalidad TCM de la señalización MSDN/DPNSS, esto facilita la introducción de servicios de accesibilidad a la red como cuentas independientes y DISA manteniendo los valores de restricción de la llamada.

- Para el monitoreo de los usuarios y cuentas independientes a través de la red se propone el uso del software Wintariff32 con un configuración previa del monitoreo SMDR.

### ***Recomendaciones***

- Valorar e implementar, en la red telefónica del MININT, las propuestas realizadas.
- Profundizar en el estudio de las facilidades y recursos de los controladores 3300 ICP, para la configuración de nuevas aplicaciones.
- Utilizar los datos históricos generados por el software de tarificación para la obtención de estadísticas de tráfico de los usuarios, separándolos por departamento, nivel de restricción y tipo de extensión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberto, C., Chiesa, L. & Manterola, M., 2007. Centrales Privadas - PBX.
- Bear, D., 1980. *Principies of Telecommunication - Traffic Engineering.*, Londres: Peter Peregrinus Ltd.
- Campanioni, M.A., 2008. *Optimización de la Configuración del Sistema Telefónico Privado Alcatel OmniPCX 4400.* Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
- Cardozo, J., 2007. Sistema de Telecomunicaciones. Concepto de IP en las nuevas tecnologías. Disponible en:  
<http://www.monografias.com/trabajos33/telecomunicaciones.shtml> [Accedido Marzo 15, 2011].
- Cruz, E.R.L., 2001. *Sistemas de señalización de Red Telefónica,*
- Delgado, M., 2005. Plataforma Telefónica Código Abierto Asterisk.
- Gala, A.C., 2000. *Fundamentos básicos de las telecomunicaciones,* Centro Nacional del Servicio de Operaciones (CNSO).
- James, P. & Davidson, J., 2006. *Fundamentos de voz sobre IP,* Madrid, España: Pearson Educación S.A.
- Martínez, J., 2003. *Breve aproximación histórica a las redes de Comunicaciones,*
- Mathew, H., 2004. Comparative analysis of traditional telephone and Voice-over-Internet protocol (VoIP). Disponible en:  
<http://www.ieeexplore.ieee.org/iel5/9100/28876/01299697.pdf> [Accedido Abril 11, 2011].
- McGraw-Hill Company ed., 2004. *PBX Systems for IP Telephony,* Disponible en:  
<http://www.digitalengineeringlibrary.com>.
- Moreno, D.V., Fuentes, A.R. & Moreno, M.R., 2011. Solución para el análisis detallado del

tráfico telefónico.

Moya, H. & M, J., 2006. *Sistemas de telefonía*, Madrid, España: Paraninfo.

Mitel., 2009. 3300 Call Flow Diagram. Mitel Communications Director for 3300

ICP Rls 4.0 Technical Training Resource CD-ROM (4.0.1): pág 59-66.

Mitel, 2009. Clustering for Multi-Node Management

Mitel Communications Director Release 4.0. Disponible en: <http://edocs.mitel.com>

[Accedido Enero 2, 2012].

Mitel, 2008 Hardware Technical Reference Manual. Release 9.0. Disponible en:

<http://edocs.mitel.com> [Accedido Enero 2, 2012].

Mitel, 2006. Mitel 3300 ICP Engineering Guidelines. Disponible en: <http://edocs.mitel.com>

[Accedido Enero 5, 2012].

Mitel., 2004. Soluciones de telefonía IP. Disponible en: <http://www.switch.cl/telco.htm>

[Accedido Abril 20, 2010].

Pérez, M., 2010. *Propuesta de aplicación del Controlador 3300 MXe en la Delegación del*

*MININT en Villa Clara*. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

Pozo, C. & Damián, J., 2007. *Sistemas de telefonía. Sistemas de telecomunicaciones e*

*Informáticos*, Madrid, España.

Stalling, W., 1998. *ISDN and Broadband ISDN with Frame Relay and ATM.*,

Wallingford, T., 2005. *Switching to VoIP*, O'Reilly Media. Disponible en:

<http://www.safari.oreilly.com/> [Accedido Marzo 5, 2010].

## ANEXOS

### *Anexo I Módulos de expansión del controlador 3300 ICP.*



La función básica de esta tarjeta es convertir la señal óptica recibida sobre el cable de fibra a una señal eléctrica y viceversa. Permite la conexión de NSU y de gabinetes periféricos al Controlador 3300 Mxe.



El módulo Dual T1/E1 mostrado en la Figura, es una interfaz de tronco digital que soporta conexión directa al controlador. Este módulo tiene dos puertos y soporta dos enlaces digitales, donde cada puerto puede soportar un protocolo diferente.



Al controlador se le agregaron recursos de DSP (*Digital Signal Processor*) adicional insertando un módulo Quad DSP. Los módulos DSP realizan telefonía básica e incluyen funciones de compresión.

*Anexo II Ejemplo de un reporte de tráfico del controlador Mxe.*

```

SYSTEM      : CF-I-MXe
PRINTER     : LPR1
FILE NAME   : *.TRAFFIC.2012MAR080800
COPIES      : 1

PRINT PLANE : A (ACTIVE)
FILE PLANE  : A 23

```

SX-2000FD TRAFFIC REPORT

CF-I-MXe

2012-MAR-08  
08:00 TO 09:00

TRUNKS

---

Route List

Routes

Route Number	Peg	Usage (Erlangs)	Busy Peg	Overflow	Busy Peg	Hour Time
1	2	0.04	0	0	2	09:00
5	325	14.94	0	0	325	09:00
7	22	0.72	0	0	22	09:00
8	2	0.03	0	0	2	09:00
10	9	0.09	0	0	9	09:00
11	119	2.83	0	0	119	09:00
15	2	1.02	0	0	2	09:00
32	57	0.23	0	0	57	09:00
33	35	1.77	0	0	35	09:00
2	0	0.00	0	0		
3	0	0.00	0	0		
4	0	0.00	0	0		
6	0	0.00	0	0		
9	0	0.00	0	0		
12	0	0.00	0	0		
13	0	0.00	0	0		
14	0	0.00	0	0		
		-----	-----	-----	-----	
	573	21.71	0	0	573	

Group Of Links

Grp of Links No.	Name Of Group	Peg	Usage (Erlangs)	Max. Chann Used/Avail.
1	PER	608	1.78	16/7360
2	PER	1492	1032.48	1056/ 256
3	PER	606	866.49	878/ 256
4	PER	212	3.47	14/ 256
75	R2	1604	28.44	52/ 128
77	UNE1	454	12.67	22/ 64

PRINTSYS JOB : 729

2012-MAR-08 10:00:06 THU

**Anexo III Tabla de uso de ancho de banda histórico.**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Zone ID	Parent Zone	Zone Access	Sequence Number	Recorded Date/Time	CAC Admissions	CAC Rejections	CAC Rejection Ratio	Average Bandwidth Used	Peak Bandwidth Used	Average Available	Recorded Bandwidth Limit (kBits/s)	Peak Bandwidth Ratio	Peak Bandwidth Above Limit
2	1	1	1	2012- 3-22,12	0	0	0	163	440	99837	100000	0	0
2	1	1	2	2012- 3-22,13	0	0	0	84	352	99916	100000	0	0
2	1	1	3	2012- 3-22,14	0	0	0	201	616	99799	100000	0	0
2	1	1	4	2012- 3-22,15	0	0	0	113	440	99887	100000	0	0
2	1	1	5	2012- 3-22,16	0	0	0	110	352	99890	100000	0	0
2	1	1	6	2012- 3-22,17	0	0	0	122	792	99878	100000	0	0
2	1	1	7	2012- 3-22,18	0	0	0	109	352	99891	100000	0	0
2	1	1	8	2012- 3-22,19	0	0	0	127	440	99873	100000	0	0
2	1	1	9	2012- 3-22,20	0	0	0	170	352	99830	100000	0	0
2	1	1	10	2012- 3-22,21	0	0	0	154	352	99846	100000	0	0
2	1	1	11	2012- 3-22,22	0	0	0	59	176	99941	100000	0	0
2	1	1	12	2012- 3-22,23	0	0	0	50	176	99950	100000	0	0
2	1	1	13	2012- 3-23, 0:	0	0	0	78	88	99922	100000	0	0
2	1	1	14	2012- 3-23, 1:	0	0	0	49	88	99951	100000	0	0
2	1	1	15	2012- 3-23, 2:	0	0	0	2	88	99998	100000	0	0
2	1	1	16	2012- 3-23, 3:	0	0	0	0	0	100000	100000	0	0
2	1	1	17	2012- 3-23, 4:	0	0	0	2	88	99998	100000	0	0
2	1	1	18	2012- 3-23, 5:	0	0	0	0	88	100000	100000	0	0

**Anexo IV Algunos resultados de las mediciones de tráfico.**

Día\Hora	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	Total
3/1/2012	889	954	1387	1036	684	1269	658	823	659	8359
15/01/2012	785	1002	1523	963	523	1258	741	639	523	7957
28/01/2012	1254	869	1254	892	704	1452	652	829	365	8271
6/2/2012	653	526	1658	523	1009	963	658	758	589	7337
7/2/2012	639	896	1798	692	856	935	568	896	269	7549
15/02/2012	758	895	1456	859	654	895	635	758	524	7434
9/3/2012	586	569	1547	653	741	802	547	856	652	6953
13/03/2012	625	639	1253	692	652	820	623	845	563	6712
18/03/2012	426	586	1758	956	865	956	562	892	623	7624
20/03/2012	652	562	1586	968	896	1036	826	896	653	8075
Promedio	726.7	749.8	1522	823.4	758.4	1038.6	647	819.2	542	7627.1

*Tabla A.IV1 Arribo de llamadas hacia la PSTN en los 10 días más activos del trimestre.*

Día\Hora	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	Total
03/01/2012	82	93	132	102	67	102	95	91	61	825
15/01/2012	81	92	125	96	56	121	92	86	91	840
19/01/2012	65	85	139	85	32	113	85	82	68	754
06/02/2012	45	73	128	86	54	93	87	97	53	716
07/02/2012	59	86	141	81	65	95	94	79	64	764
15/02/2012	68	92	136	75	47	131	97	86	81	813
09/03/2012	91	91	125	84	49	112	101	95	64	812
13/03/2012	75	73	133	91	68	139	92	92	63	826
17/03/2012	65	86	136	83	65	121	93	94	52	795
22/03/2012	81	82	127	71	62	141	68	78	48	758
Promedio	71.2	85.3	132.2	85.4	56.5	116.8	90.4	88	64.5	790.3

*Tabla A.IV2 Arribo de llamadas hacia la red nacional en los 10 días más activos del trimestre.*

Día	BW promedio (Kbps)
02/01/2012	603.25
27/01/2012	703.25
28/01/2012	689.23
30/01/2012	605.36
07/02/2012	729.11
18/02/2012	782.32
09/03/2012	653.3
17/03/2012	802.36
18/03/2012	856.23
20/03/2012	811.96

Tabla A.IV3 Los 10 días más activos en cuanto a tráfico interno y el ancho de banda promedio consumido.

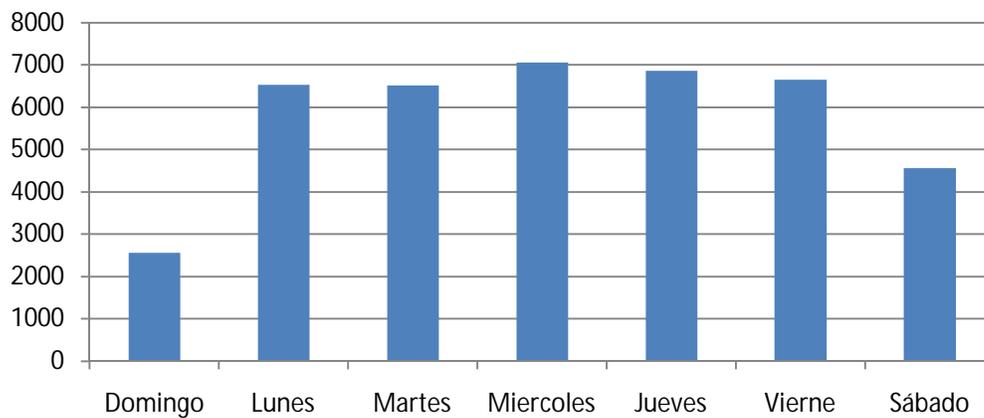


Figura A.VII Gráfica del comportamiento medio de los arribos de llamadas de la PSTN según los días de la semana.

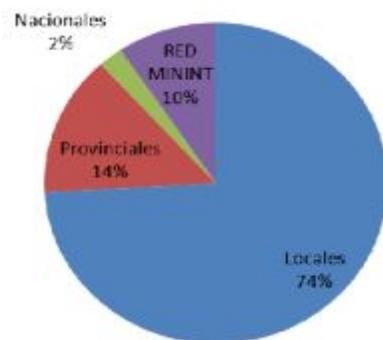


Figura A.VI2 Distribución de las llamadas procesadas en la hora activa.