



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

ESQUEMA DE MONITOREO DE ANCHO DE BANDA Y DESEMPEÑO DE CELDAS TELEFÓNICAS IP

Luis Pedro de León Duran

Asesorado por la Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota

Guatemala, mayo de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESQUEMA DE MONITOREO DE ANCHO DE BANDA Y DESEMPEÑO DE
CELDA TELEFÓNICAS IP**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LUIS PEDRO DE LEÓN DURAN

ASESORADO POR LA INGA. INGRID SALOMÉ RODRÍGUEZ DE LOUKOTA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, MAYO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	BR. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	P.A. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Byron Odilio Arrivillaga Méndez
EXAMINADOR	Ing. Luis Fernando García Cienfuegos
EXAMINADOR	Ing. Julio Rolando Barrios Archila
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**ESQUEMA DE MONITOREO DE ANCHO DE BANDA Y DESEMPEÑO DE
CELDAS TELEFÓNICAS IP**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 20 de julio de 2010.



Luis Pedro de León Duran

Guatemala 21 de octubre del 2010

Ingeniero
Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador del Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Estimado Ingeniero Guzmán.

Me permito dar aprobación al trabajo de graduación titulado: **“ESQUEMA DE MONITOREO DE ANCHO DE BANDA Y DESEMPEÑO DE CELDAS TELEFÓNICAS IP”**, del señor Luis Pedro De León Durán, por considerar que cumple con los requisitos establecidos.

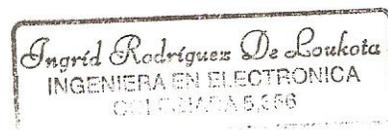
Por tanto, el autor de este trabajo de graduación y, yo, como su asesora, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, me es grato saludarle.

Atentamente,



Inga. Ingrid Rodríguez de Loukota
Colegiada 5,356
Asesora





Ref. EIME 02. 2010

Guatemala, 20 de enero 2011.

Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
"ESQUEMA DE MONITOREO DE ANCHO DE BANDA Y
DESEMPEÑO DE CELDAS TELEFÓNICAS IP", del estudiante,
LUIS PEDRO DE LEÓN DURÁN, que cumple con los requisitos
establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador de Electrónica



CEGS/sro



REF. EIME 07. 2011.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; LUIS PEDRO DE LEÓN DURÁN titulado: "ESQUEMA DE MONITOREO DE ANCHO DE BANDA Y DESEMPEÑO DE CELDAS TELEFÓNICAS IP", procede a la autorización del mismo.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 20 DE ENERO 2,011.



DTG. 120.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **ESQUEMA DE MONITOREO DE ANCHO DE BANDA Y DESEMPEÑO DE CELDAS TELEFÓNICAS IP**, presentado por el estudiante universitario **Luis Pedro de León Durán**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 2 de mayo de 2011.



/gdech

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por su bondad y misericordia
Mi familia en general	Por su confianza en mí
Mis amigos	Por sus incansables bromas
Mi asesora Inga. Ingrid Rodríguez	Por su gran ayuda
Navega.com	Por darme la oportunidad de pertenecer a un gran equipo de trabajo

ACTO QUE DEDICO A:

Mi madre Lisseth Duran

Quien siempre me impulsó a dar un poco más de lo que yo era capaz

Mi abuela Amalia Maldonado

Que esto sea una muestra de que sus oraciones fueron escuchadas

Mi hermana Lisseth de León

Que tus días de universidad sean grandes aventuras como lo fueron para mí

1.3.2.1.	Conexión en ramal para celda telefónica a través de estándar eléctrico	17
1.3.2.2.	Conexión en ramal para celda telefónica a través de estándar óptico	17
1.4.	Monitoreo de redes de transmisión <i>SDH</i>	18
1.4.1.	Procedimiento de enrutamiento de tráfico	19
1.4.2.	Eficacia del modelo convencional de monitoreo	22
2.	MARCO CONCEPTUAL	23
2.1.	Protocolos de transmisión <i>IP</i>	23
2.1.1.	Dirección <i>IP</i>	23
2.1.2.	Agotamiento de dirección <i>IP</i>	24
2.1.3.	Protocolo <i>IPv6</i> como solución al agotamiento de direcciones	24
2.2.	Gestión de red de telecomunicaciones	26
2.2.1.	Protocolo <i>SNMP</i>	26
2.2.2.	Utilización de <i>VLAN</i> 's para gestión de redes	28
2.2.2.1.	Protocolo <i>IEEE 802.1Q</i>	28
2.3.	Gestión de equipos de transmisión para celdas telefónicas	29
2.3.1.	Gestión de un nodo de transmisión	29
2.3.2.	Gestión de equipos de última milla	30
2.4.	Cambio de tecnología E1 a <i>IP</i>	32
2.5.	Equipos convertidores de medio	34
2.5.1.	Conexión de convertidores de medio en ramal	35
2.5.2.	Conexión de convertidores de medio en anillo	35
2.6.	Monitoreo de equipos	36
2.6.1.	Revisión de chasis	36
2.6.2.	Revisión de equipos de última milla	37
2.6.3.	Monitoreo general de E1's para celdas telefónicas	38

2.6.3.1.	Monitoreo por <i>SNMP</i>	39
2.6.3.2.	Monitoreo por gestor de equipos <i>IP</i>	40
2.7.	Revisión de gráficas de tráfico	43
3.	IMPLEMENTACIÓN	47
3.1.	Monitoreo de circuitos <i>IP</i> para celdas telefónicas	47
3.1.1.	Monitoreo <i>SDH</i>	47
3.1.2.	Monitoreo <i>IP</i>	47
3.2.	Migración de equipos	48
3.3.	Circuitos híbridos, <i>IP</i> y <i>SDH</i>	51
3.3.1.	Descripción de un circuito <i>IP</i>	51
3.3.2.	Descripción de un circuito <i>SDH</i>	51
3.3.3.	Descripción de un circuito híbrido	52
3.4.	Esquema de monitoreo de celdas telefónicas <i>IP</i>	52
3.4.1.	Revisión de los equipos de última milla	56
3.4.2.	Utilización de la plataforma <i>PRTG</i> para gráficas de tráfico	62
4.	APLICACIÓN	65
4.1.	Monitoreo de celdas 3G y <i>GSM</i>	65
4.2.	Implementación en telefonías fijas	66
4.2.1.	Telefonía fija <i>IP</i>	67
4.2.2.	Implementación con tecnología <i>IMS</i>	67
4.3.	Aplicación para televisión <i>IP</i> y otros servicios	70
	CONCLUSIONES	73
	RECOMENDACIONES	75
	BIBLIOGRAFÍA	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de una red de transporte	2
2.	Estructura de la trama <i>STM-1</i>	4
3.	Esquema gráfico de la trama E1	5
4.	Topología de bus	6
5.	Topología en estrella	7
6.	Topología de árbol	7
7.	Topología en malla	8
8.	Topología en anillo	8
9.	Esquema de una red de transmisión <i>TDM</i> de gran envergadura	11
10.	Ruta de transmisión principal y de protección	14
11.	Conexión de celdas por puerto eléctrico en enlace anillado	15
12.	Conexión de celdas por puerto óptico en enlace anillado	16
13.	Ruta de transmisión en ramal para celdas telefónicas	16
14.	Esquema de ramal de transmisión de alta capacidad	18
15.	Diagrama de solución de problemas en rutas de transmisión	20
16.	Esquema de una conexión <i>IP</i> punto a punto	24
17.	Descripción de una dirección <i>IPv4</i> actualmente utilizada	25
18.	Descripción de una dirección <i>IPv6</i>	25
19.	Componentes de <i>SNMP</i>	27
20.	Uso de <i>VLAN</i> 's en las redes de gestión	28
21.	Gestión de algunas tecnologías	29
22.	Tecnologías que utilizan una red de gestión ajena	30
23.	Últimas millas	32

24.	Monitoreo convencional de un <i>carrier</i>	33
25.	Equipo convertidor de señales	34
26.	Esquema de un chasis convertidor de medio en un nodo	35
27.	Esquema de plataforma para verificación de chasises	36
28.	Esquema de equipos de última milla por plataforma de gestión	37
29.	Acceso a equipo de última milla por medio de consola	38
30.	Esquema de puertos en chasises y equipos finales	38
31.	Representación gráfica de enlaces en <i>SNMP</i>	40
32.	Esquema de la plataforma <i>Cacti</i>	42
33.	Gráficas de tráfico real <i>Cacti</i>	42
34.	Gráfica <i>PRTG</i> con tiempos muertos de transmisión	45
35.	Gráfica <i>PRTG</i> con inestabilidad	45
36.	Gráfica <i>PRTG</i> en inicio de saturación	45
37.	Gráfica <i>PRTG</i> aún en estado estable	46
38.	Gráfica <i>PRTG</i> en estado normal de transmisión	46
39.	Migración de equipos	48
40.	Diagrama para revisión <i>IP</i>	49
41.	Diagrama para revisión <i>SDH</i>	50
42.	Plataforma <i>Cacti</i>	53
43.	Elemento alarmado en plataforma <i>Cacti</i>	54
44.	Gráfica de tráfico generada	55
45.	Chasis <i>IMC</i>	57
46.	Representación de una tarjeta de telefonía en <i>IMC</i>	58
47.	Representación de una tarjeta de datos en <i>IMC</i>	59
48.	Representación de una tarjeta de datos de equipo final <i>IMC</i>	60
49.	Esquema de chasises <i>IMC</i> y sus equipos finales respectivos	61
50.	Acceso a equipo <i>IMC</i> por medio de consola	62
51.	Plataforma <i>PRTG</i>	63
52.	Gráficas de consumo de ancho de banda	64

53.	Medio de transporte de datos para una celda telefónica	67
54.	Implementación <i>IMS</i>	69

TABLAS

I.	Esquema de una matriz de alarmas de una red de transporte	19
II.	Alarmas más comunes en circuitos de transmisión <i>SDH</i>	21

GLOSARIO

- 3G** Es la abreviación de, tercera generación de transmisión de voz y datos a través de telefonía móvil.
- 3GPP** Es un acuerdo de colaboración en tecnología de telefonía móvil, entre las grandes corporaciones que establecen los estándares de transmisión de esta tecnología, y que se busca en principio el aumento de velocidad para el transporte de datos.
- BTS** *Base Transceiver Station* por sus siglas en inglés, es una instalación fija de radio para la comunicación bidireccional, se usa para comunicar una o más radios móviles o portátiles.
- Carrier** En telecomunicaciones un *carrier* es un proveedor de canales de transmisión de datos. Provee el medio por el cual un cliente puede compartir sus datos e información a cualquier punto que desee.
- E1** En telecomunicaciones un E1 es un canal de datos que posee 32 canales de comunicación, para voz y en general se conoce como un canal de 2,048 Mb de ancho de banda.
- GSM** *Global System for Mobile* por sus siglas en inglés, es un estándar para la comunicación mediante teléfonos móviles que incorporan tecnología digital.

- IAD** *Internet Access Device* por sus siglas en inglés, es un equipo de comunicación que permite la conexión de cualquier dispositivo con capacidad *IP* a una red amplia de transmisión de datos.
- IP** *Internet Protocol* por sus siglas en inglés, es el protocolo principal utilizado para la entrega de paquetes de datos a través de una red de comunicación.
- ISP** *Internet Service Provider* por sus siglas en inglés, es una empresa que brinda conexión a internet a sus clientes.
- MSC** *Mobile Switching Center*, es una instalación de comunicación fija que transmite de forma ordenada los datos de varios teléfonos móviles que estén dentro del área efectiva de una radio base.
- PCM** *Pulse Code Modulation* es un procedimiento de modulación mediante el cual, una señal analógica es transformada en una señal digital, conformada por una serie de bits que representan los niveles de amplitud de la señal analógica original.
- PDH** Es una tecnología usada en telecomunicaciones principalmente para telefonía, que permite enviar varios canales telefónicos sobre un mismo medio, utilizando *TDM* y equipos digitales de transmisión.
- SDH** Es la tecnología utilizada en telecomunicaciones para la transmisión de gran cantidad de datos a gran velocidad, utilizando fibra óptica como medio de transmisión.

- SIP** *Session Initiation Protocol* por sus siglas en inglés, es un protocolo desarrollado con la intención de ser el estándar para la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas de usuario donde intervienen elementos multimedia.
- TDM** *Time Division Multiplexing*, es un método de multiplexación muy utilizado en telecomunicaciones para la transmisión de datos de distintas fuentes a través de un mismo canal, utilizando muestras de cada señal para ser enviadas por el medio de transporte.
- Time Slot** Es un intervalo de tiempo continuamente repetido o período de tiempo en el que dos dispositivos son capaces de interconectarse.
- VLAN** *Virtual Local Area Network*, es un método para la creación de redes lógicamente independientes dentro de una misma red física.

RESUMEN

La transmisión de datos de los sistemas de telefonía móvil, utilizan canales de transporte que son proveídos por un *carrier* o empresa que brinda transporte de datos a nivel digital, el principio para la transmisión de datos como éstos es la jerarquía *SDH*, que permite transmitir grandes cantidades de información a grandes velocidades y debido a la gran expansión de las redes telefónicas hace necesario que las redes de transporte aumenten su capacidad y tamaño.

Comúnmente los circuitos de transmisión de datos de celdas telefónicas son los denominados E1, éstos son circuitos de transporte digital que funcionan de una forma transparente, es decir, que transmiten cualquier información que una celda envíe. En cuanto al desempeño de este canal, el *carrier* o proveedor del medio de transporte se encarga del buen funcionamiento del mismo, y que a pesar de fallas en la transmisión, el tráfico de datos de la celda no se vea jamás afectado.

Las plataformas de gestión de transporte por *SDH* permiten el monitoreo, control y manipulación de los circuitos; sin embargo, no permiten visualizar de alguna forma el desempeño y consumo del ancho de banda. Mediante implementaciones de equipos gestionados a nivel *IP*, es posible la creación circuitos *TDM* que permitan el transporte de datos de forma convencional y a la vez se cuente con la ventaja del monitoreo del desempeño del tráfico en el canal a través de gráficas de consumo que facilitan el diagnóstico de problemas como inestabilidad o lentitud en la transmisión.

OBJETIVOS

GENERAL

Establecer los conceptos básicos, que permiten la implementación de nuevas tecnologías sobre circuitos de transporte convencionales, para el transporte de datos digitales de nuevas tendencias en las telecomunicaciones.

ESPECÍFICOS

1. Crear un procedimiento que sirva como herramienta para el diagnóstico de problemas de transmisión sobre circuitos de comunicación para celdas telefónicas *IP*.
2. Proporcionar información acerca de la implementación de tecnología *IP* para circuitos de transporte *TDM*.
3. Crear una base para la creación de redes de transporte digital que permitan ampliar los sistemas de comunicación actuales.

INTRODUCCIÓN

En un principio, la creación de las redes de telefonía móvil se basó en el transporte de la voz digitalizada a través de una red *SDH*; sin embargo, el avance de las tecnologías y servicios celulares ha obligado a la constante modificación de las redes de transporte y a la implementación de nuevos sistemas que permitan la transmisión de distintos tipos de información.

Con la evolución de los sistemas digitales, y el envío no sólo de voz, sino de texto e imágenes a través de teléfonos celulares, los equipos de sistemas de transporte de datos experimentan gran demanda en los anchos de banda, es así como los canales de transmisión para celdas telefónicas muestran diferentes anchos de banda, siempre tomando como referencia el común E1 que es la base con la cual se crearon las redes de transporte celular primarias.

El desarrollo de las tecnologías digitales va de la mano con el desarrollo de protocolos de transmisión, que en su gran mayoría manejan principios *IP*, y debido al aumento de tráfico digital en los canales de comunicación, se hace necesario un mejor monitoreo de los mismos.

Los sistemas de gestión para redes de transporte *TDM* con jerarquía *SDH* convencionales, no permiten visualizar el comportamiento del tráfico de información por un canal.

Sin embargo, con la utilización de tecnología *IP* y la implementación de ésta a las redes *TDM*, se hace posible un mejor procedimiento de monitoreo y revisión de enlaces para celdas telefónicas, que permite diagnosticar problemas

como micro caídas de comunicación que son imperceptibles para las plataformas convencionales de las redes *SDH*, además permite un mejor análisis para ampliaciones en los anchos de banda de canales de transmisión para celdas telefónicas.

La unión de tecnologías *IP* y *TDM* permite que las redes actuales de transporte de datos, puedan ser adaptadas a nuevas tendencias en las comunicaciones y sean controladas y manipuladas de forma sencilla.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Circuitos de transmisión para servicios de telefonía

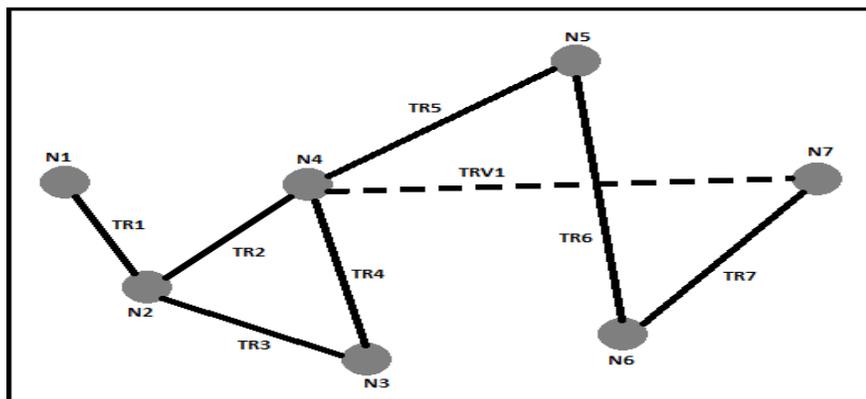
Al desarrollarse la voz digitalizada y el *TDM*, se ha cambiado la filosofía que se había desarrollado en la era analógica. Los sistemas digitales actuales, se basan en el control inteligente de elementos de división en el espacio y de división en el tiempo. Casi todos los conmutadores actuales, emplean *TDM* para el establecimiento y el mantenimiento de los circuitos. La telefonía móvil actual, está edificada sobre circuitos puramente *TDM* llamados generalmente E1's, que son canales de datos de 2 048 Kb de ancho de banda, a través de los cuales se transmite la información. Estos canales funcionan por medio de equipos digitales de comunicación, diseñados para el transporte de datos por medio de líneas de cobre o fibra óptica.

1.1.1. Descripción de un circuito *TDM*

Los circuitos de transmisión *TDM*, generalmente basados en la jerarquía *SDH*, se conforman en una red básicamente por nodos y troncales como si fueran circuitos eléctricos. Estos nodos son puntos de ramificación por donde una o más troncales coinciden y se transmiten datos, es en estos puntos donde se encuentran los equipos de comunicación, que son programados y gestionados para el buen funcionamiento y control de la red de transporte. Las troncales pueden definirse de dos formas:

- a. Troncal física: medio palpable a través del cual se comunican dos nodos y trasporta la información. Puede ser un medio de par de cobre, fibra óptica o enlace microonda;
- b. Troncal virtual: que puede representar la trayectoria directa entre dos nodos, los cuales se conectan entre sí por varias troncales físicas o bien una configuración lógica, creada para el transporte de datos entre nodos.

Figura 1. Esquema de una red de transporte



Fuente: elaboración propia

1.1.2. Jerarquía SDH

La jerarquía digital síncrona, es el modelo general que actualmente se utiliza para la transmisión a grandes velocidades de gran cantidad de información. Uno de los objetivos de esta jerarquía es en el proceso de adaptación del sistema *PDH*. La trama básica de *SDH* es el *STM-1*, con una velocidad de 155 Mbps. Cada trama va encapsulada en un tipo especial de estructura denominado, contenedor. Una vez encapsulados se añaden cabeceras de control, que identifican el contenido de la estructura y el conjunto, después de un proceso de multiplexación. Algunas ventajas del *SDH* son las siguientes:

- El proceso de multiplexación, es mucho más directo. La utilización de punteros permite una localización sencilla y rápida de las señales tributarias de la información;
- El procesamiento de la señal se lleva a cabo a nivel de *STM-1*. Las señales de velocidades superiores son síncronas entre sí y están en fase por ser generadas localmente por cada nodo de la red;
- Las tramas tributarias de las señales de línea pueden ser subdivididas para acomodar cargas plesiócronas, tráfico *ATM* o unidades de menor orden. Esto supone mezclar tráfico de distinto tipo, dando lugar a redes flexibles.
- Compatibilidad eléctrica y óptica, entre los equipos de los distintos proveedores, gracias a los estándares internacionales sobre interfaces eléctricos y ópticos.

1.1.2.1. Trama *STM-1*

Las tramas contienen información de cada uno de los componentes de la red, trayecto, línea y sección; además de la información de usuario. Los datos son encapsulados en contenedores específicos para cada tipo de señal tributaria. A estos contenedores se les añade una información adicional denominada "tara de trayecto", que consiste en una serie de bytes utilizados con fines de mantenimiento de red, y que dan lugar a la formación de los denominados contenedores virtuales. El resultado de la multiplexación es una trama formada por 9 filas de 270 octetos cada una. La transmisión se realiza bit a bit en el sentido de izquierda a derecha y de arriba abajo. La trama se transmite a razón de 8 000 veces por segundo.

$STM-1 = 8\ 000 * (270 \text{ octetos} * 9 \text{ filas} * 8 \text{ bits}) = 155 \text{ Mbps}$

$STM-4 = 4 * 8\ 000 * (270 \text{ octetos} * 9 \text{ filas} * 8 \text{ bits}) = 622 \text{ Mbps}$

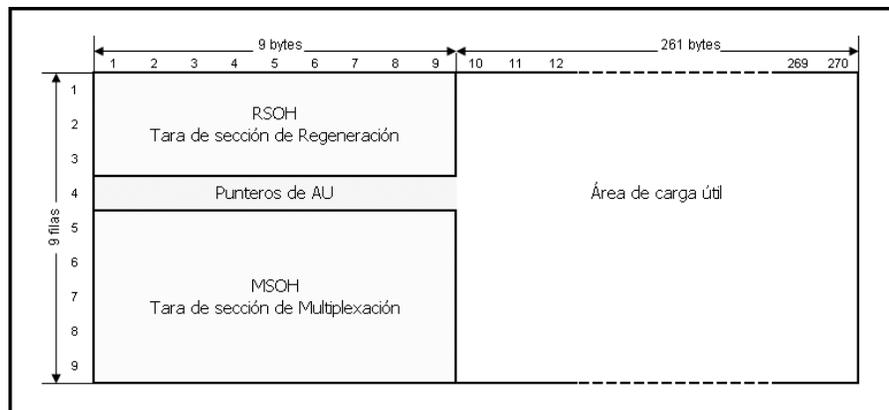
$STM-16 = 16 * 8\ 000 * (270 \text{ octetos} * 9 \text{ filas} * 8 \text{ bits}) = 2,5 \text{ Gbps}$

$STM-64 = 64 * 8\ 000 * (270 \text{ octetos} * 9 \text{ filas} * 8 \text{ bits}) = 10 \text{ Gbps}$

$STM-256 = 256 * 8\ 000 * (270 \text{ octetos} * 9 \text{ filas} * 8 \text{ bits}) = 40 \text{ Gbps}$

De las 270 columnas que forman la trama *STM-1*, las 9 primeras forman la denominada "tara", independiente de la tara de trayecto de los contenedores virtuales antes mencionados, mientras que las 261 restantes, constituyen la carga útil. En la tara están contenidos bytes para alineamiento de trama, control de errores, canales de operación y mantenimiento de la red y los punteros, que indican el comienzo del primer octeto de cada contenedor virtual.

Figura 2. Estructura de la trama *STM-1*



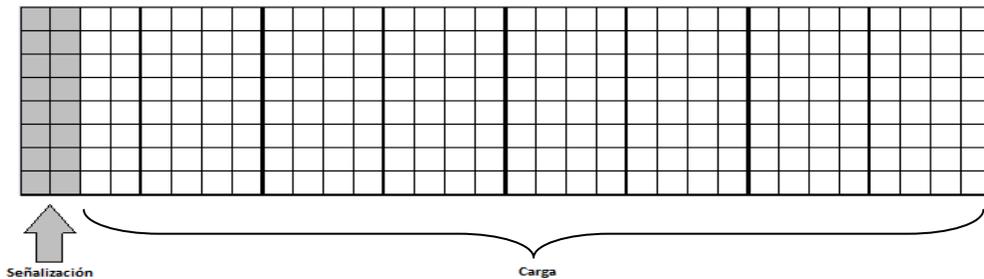
Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Stm1.PNG>

1.1.3. Descripción de la trama E1

La trama E1 consta en 32 divisiones *PCM* conocidas como, *Time Slots*, de 64 Kb cada una, lo cual hace un total de 30 líneas de teléfono normales más 2 canales de señalización.

$$\text{canales} * (\text{ancho por canal}) = 32 \text{ canales} * 64\text{Kb} = 2\ 048\text{Kb} \quad (1.1)$$

Figura 3. Esquema gráfico de la trama E1



Fuente: elaboración propia

El esquema de la trama E1, para tener una mejor idea de lo que representa, es mostrado en la figura 3. Cada cuadro representa 8 Kb de información, por lo tanto cada columna posee un ancho de 64 Kb, que son la representación digital de la voz muestreada para ser transmitida por una línea telefónica. Los primeros dos *Time Slots* representan bits de direccionamiento, mientras que los restantes 30 *Time Slots* representan la información que se está transmitiendo.

Actualmente, con el aumento de los servicios y las capacidades IP, los enlaces E1 ya no se refieren sólo a transmisión de voz, sino a transmisión de datos en general, sin importar su fuente de origen. En este primer capítulo, se explicará el método convencional de monitoreo de transmisiones E1, en el siguiente se dará a conocer la manera de gestionar y mantener una red de

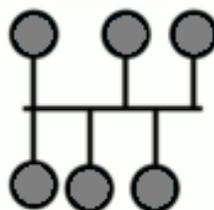
transmisión de E1's con base a protocolos de transmisión *IP*, formalizando así la transmisión de datos como un todo, de información puramente digital y ya no de voz simplemente a través medios transparentes de comunicación en base a *SDH*.

1.1.4. Topologías de transmisión *TDM*

Las topologías utilizadas para la transmisión de datos, pueden variar dependiendo de la importancia de la red de comunicación, así como la cantidad de enlaces tributarios y costo de la red. A continuación se exponen los tipos de topologías utilizados en las redes de transmisión *TDM*; estas topologías son los diseños básicos para la conexión de nodos; sin embargo, hay que recordar que pueden representar o constituir una parte de una topología diferente y de dimensiones más grandes.

- Topología de bus: consiste en la conexión de una determinada serie de nodos, a través de sus ramales tributarios a un ramal general, que la mayoría de veces representa una troncal de gran capacidad que permite la comunicación entre nodos. La desventaja principal de esta topología, es que si ocurre un corte en algún tributario, el nodo queda completamente aislado, y si ocurre un corte en la troncal mayor, se pierde comunicación hacia algunos nodos;

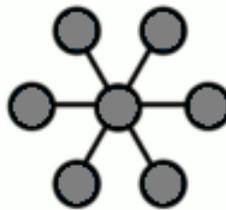
Figura 4. Topología de bus



Fuente: elaboración propia

- Topología en estrella: también conocida como topología centralizada, es poco utilizada en redes de transmisión *TDM* de alta capacidad; sin embargo, pueden representar o constituir parte de un diseño más complejo, el cual posee un nodo de convergencia; si por alguna causa queda aislado, se pierde la comunicación hacia todos los nodos. Al igual que el bus, si un ramal tributario se corta, el nodo final queda fuera;

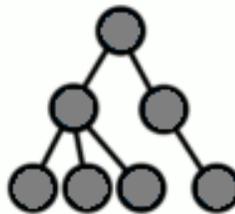
Figura 5. **Topología en estrella**



Fuente: elaboración propia

- Topología de árbol: que representa un nivel de comunicación jerárquico, es probablemente el diseño de red *TDM* menos aconsejable, debido a que si algún ramal de jerarquía elevada llegara a presentar algún corte, se perdería comunicación a varios nodos que son conectados a este ramal. Sin embargo se pudiera dar el caso que se construya alguna red de este tipo;

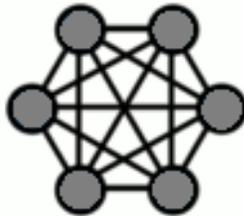
Figura 6. **Topología de árbol**



Fuente: elaboración propia

- Topología de malla: esta topología, se considera como la mejor y más segura topología de transmisión, ya que la caída de uno o varios ramales no afecta la comunicación entre los nodos. Es utilizada en redes geográficamente pequeñas ya que el costo es muy elevado y la carga de transmisión muy compleja lo cual resulta a veces en disminución de la velocidad de transmisión;

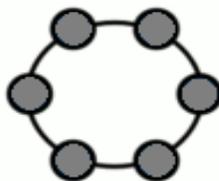
Figura 7. **Topología en malla**



Fuente: elaboración propia

- Topología en anillo: este diseño, es sin duda el más utilizado en redes de transmisión *TDM* y bajo ciertas circunstancias el más seguro. El costo es relativamente bajo comparado con otras topologías, y además proporciona seguridad a la red, cuando ocurre un corte en algún ramal; sin embargo, al detectarse dos o más cortes, el tráfico queda afectado.

Figura 8. **Topología en anillo**



Fuente: elaboración propia

1.1.4.1. Optimización de la topología de red TDM

El uso simple de alguna de las topologías anteriormente mencionadas para redes de transporte TDM no es recomendable y poco fiable. La construcción de una red de transporte de datos, debe basarse en la combinación de varias topologías.

Para empezar, la topología básica debería ser la de anillo y para garantizar que no existan cortes de comunicación, se puede agregar un anillo creando así la topología de anillo doble, que reduce la probabilidad de que el tráfico sea afectado si existen cortes físicos de la red. Además, ya que las redes de comunicación TDM son bastante grandes y crecen a cada momento, es necesario crear diseños que permitan la libre circulación de información, a pesar de problemas en la red.

En la figura 9, se muestra el esquema de una red de transmisión TDM completa, que muestra la generalidad de la topología de anillo. En general se utiliza este diseño para mantener funcional siempre la red.

Para mayor seguridad, se crean diseños de doble anillo, lo que reduce la probabilidad de afectar el tráfico cuando ocurre una falla. Si se analiza con detalle, la línea que une los nodos en anillo 10 (A10) de los cuales salen unos ramales, se puede apreciar que es un segmento basado en una topología de bus.

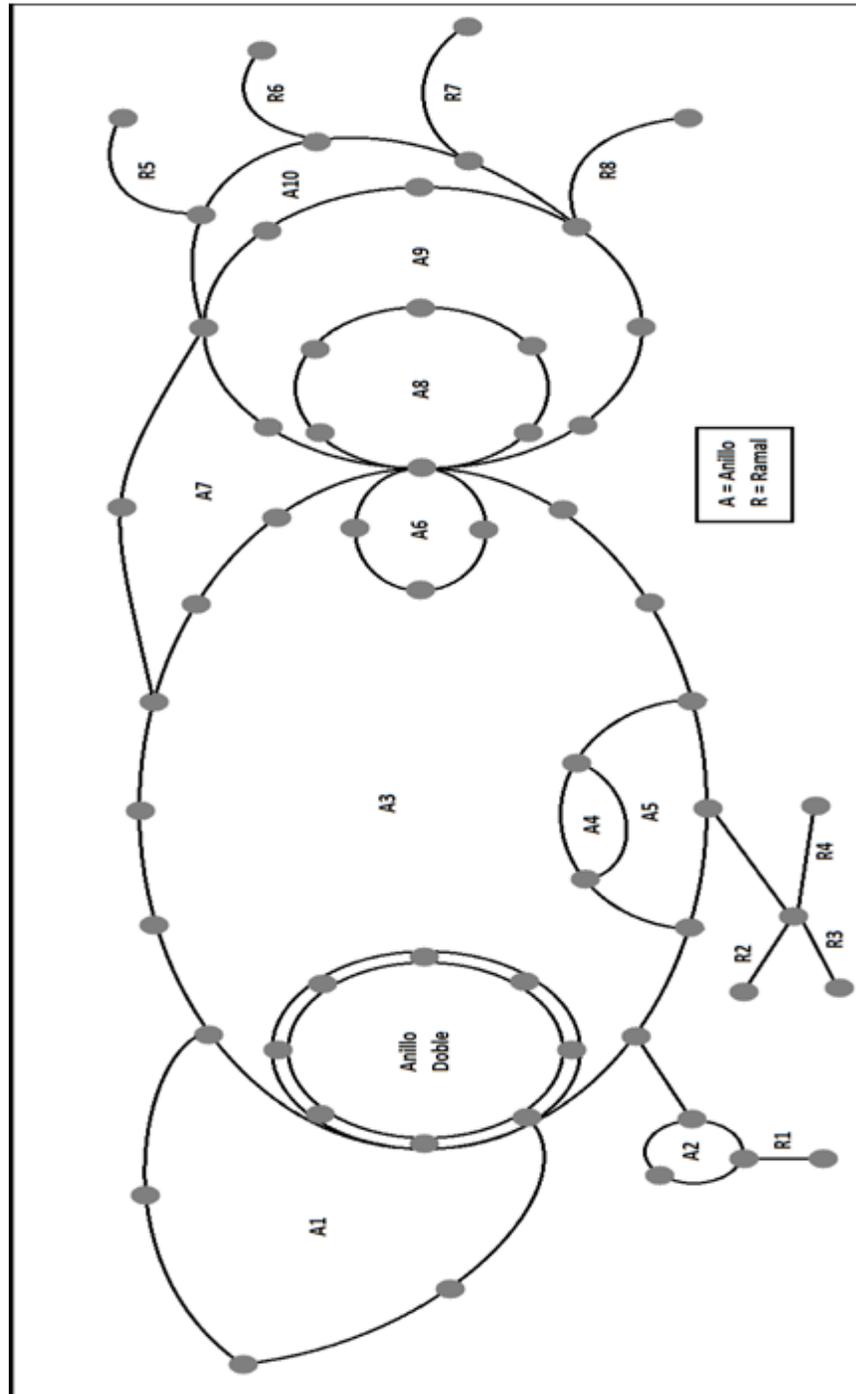
Por otro lado, si se identifica el nodo que une a los anillo A6 y A8 se puede ver que es parte de una topología en estrella, que al final forma parte de la conexión de varios anillos. Una característica importante es la configuración de anillos pequeños dentro de otros más grandes, en cuestiones de monitoreo,

cuando se detectan alarmas en anillo de orden superior, el procedimiento de diagnóstico lleva a la solución de que el problema está en el anillo más interior. Se puede notar, por ejemplo en el A10, que a pesar de no presentar una forma parecida a la de un anillo, en términos de transmisión y configuración, funciona como uno, ya que sus nodos extremos se conectan entre sí a través de dos rutas distintas.

Entre el A6 y A8 se aprecia un único nodo que sirve de convergencia para todos los nodos de esa sección, si este nodo quedara aislado por alguna razón, A6, A8 y posiblemente A9 quedarían fuera de servicio, pero el anillo A7 podría ser utilizado para evitar esta situación, siempre y cuando su capacidad de transporte sea capaz de soportar el tráfico de los nodos afectados; sin embargo, los anillos A6 y A8 quedarían aislados, ya que el nodo de convergencia es su única conexión hacia el resto de la red.

Es por esa razón que los nodos de convergencia se evitan, colocando más nodos compartidos entre anillo, como en el anillo doble y A1 o el A9 y A10 que poseen más de un nodo de convergencia.

Figura 9. Esquema de una red de transmisión *TDM* de gran envergadura



Fuente: elaboración propia

1.2. Estándares de transmisión de E1 para telefonías

Los enlaces E1, se conforman dentro de una red *TDM* de diferentes formas, y la manera en que se conectan a los equipos de telefonía (*BTS*'s, *MSC*'s, etc.) van conforme a estándares ya establecidos.

1.2.1. Algunos estándares ópticos

En el diseño e instalación de un sistema para transporte de información se deben manejar formatos ya establecidos, para el buen funcionamiento de una red. Los conectores por ejemplo, constituyen uno de los elementos fundamentales para el desempeño; confiable y apegado a estándares, dentro de éstos podemos mencionar a los más importantes como: *ISO 11801*, *ANSI/TIA/EIA 568B.3* y *NMX-I-NYCE-248-2005* entre otros, los cuales marcan estrictas especificaciones de desempeño óptico y mecánico que deben reunir estos dispositivos. Algunos ejemplos de conectores son:

- Conector *Hot Melt*
- Conector Epóxico
- Conector *Crimplok*

1.2.2. Algunos estándares eléctricos

En cuanto a conexiones eléctricas, el estándar G.703 es uno de los más utilizados, emitido de la *UIT-T* que define las características físicas y eléctricas de la interfaz, para transmitir voz o datos sobre canales digitales tales como; los E1 o T1. Las interfaces G.703 son utilizadas, por ejemplo, para la interconexión de *routers* y multiplexores. G.703 también especifica E0.

Generalmente, las interconexiones para servicios de telefonía se hacen a través de cables coaxiales o micro coaxiales en las platinas de los equipos de transmisión; sin embargo, hay casos, dependiendo de la tecnología de la celda, *GSM* por ejemplo, en el que se utiliza interface *RJ-45*. Y en equipos especiales de transmisión como se verá en el capítulo 2, esta interface es la más utilizada y conveniente para un mejor monitoreo de enlace.

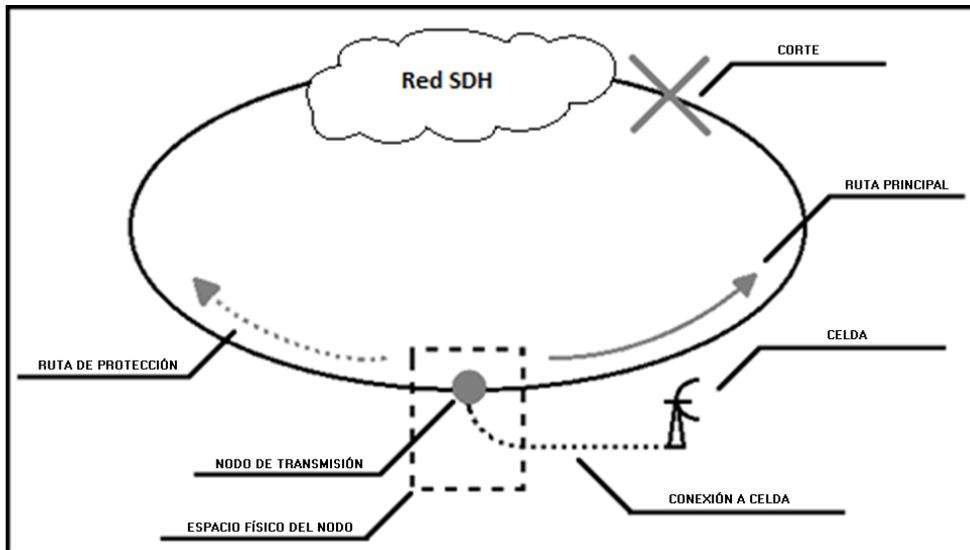
1.3. Conexión de celdas a una red de transmisión

De acuerdo a los estándares y topologías de transmisión de E1's, las celdas telefónicas pueden interconectarse a una red de dos formas básicas, por medio de ramales, bajo un estándar eléctrico u óptico y por medio de rutas protegidas, como las de un anillo, de igual forma bajo un estándar eléctrico u óptico.

1.3.1. Conexión anillada para celdas

En la gran mayoría de casos, el transporte de datos de las celdas telefónicas se hace por medio de rutas de transmisión protegidas, es decir, que una celda posee dos canales E1, por los cuales transmiten información, esto no implica que la información se transfiere por ambos canales a la vez, sino que se transmiten sólo por uno y al momento de presentarse un problema en el canal de transmisión, el tráfico de información se conmuta al otro canal, de tal manera que la información que una celda emite, nunca se vea afectada y el servicio de telefonía siga funcionando sin problemas.

Figura 10. Ruta de transmisión principal y de protección

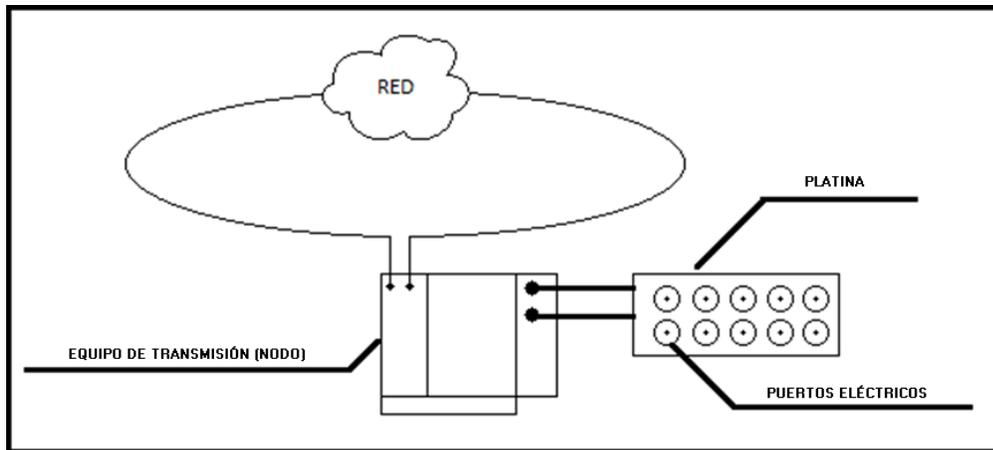


Fuente: elaboración propia

1.3.1.1. Conexión anillada para celda telefónica a través de estándar eléctrico

Una forma de conectar las celdas telefónicas a la red de transmisión es por medio de estándares eléctricos, en este caso para la interconexión de las *BTS*'s, se conecta a una platina donde están los puertos físicos que transportan la información de cada E1. La transmisión a través de la red continúa bajo parámetros *STM-1* y utiliza KLM's, ya que todos los E1's se entregan en el mismo nodo, la diferencia es que se separan ya en bajadas eléctricas para la conexión individual de cada celda, por lo general no se encuentran 63 puertos eléctricos en un nodo, sino que se entregan los E1's en distintos nodos a lo largo de la trayectoria del anillo.

Figura 11. **Conexión de celdas por puerto eléctrico en enlace anillado**

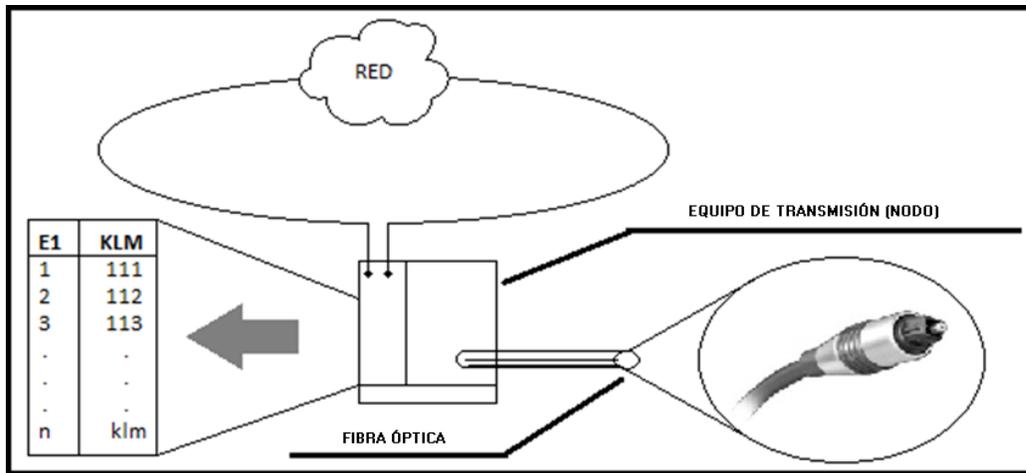


Fuente: elaboración propia

1.3.1.2. **Conexión anillada para celda telefónica a través de estándar óptico**

Con base a una conexión anillada, una celda telefónica puede utilizar un estándar de interface óptica, en la mayoría de casos el transporte de datos de las celdas que manejan este estándar, se utiliza bajo transmisiones *STM-1* que equivale a 63 E1's. A nivel físico, estos 63 canales de transporte se conectan a la red *SDH* por medio de un único cable de fibra óptica, y la forma en que cada E1 se transmite, es de acuerdo al funcionamiento de la trama *STM-1* y con base a los parámetros de configuración de los equipos de transporte, conocidos como KLM's que representan puertos lógicos a donde se conectan los canales de transmisión.

Figura 12. **Conexión de celdas por puerto óptico en enlace anillado**

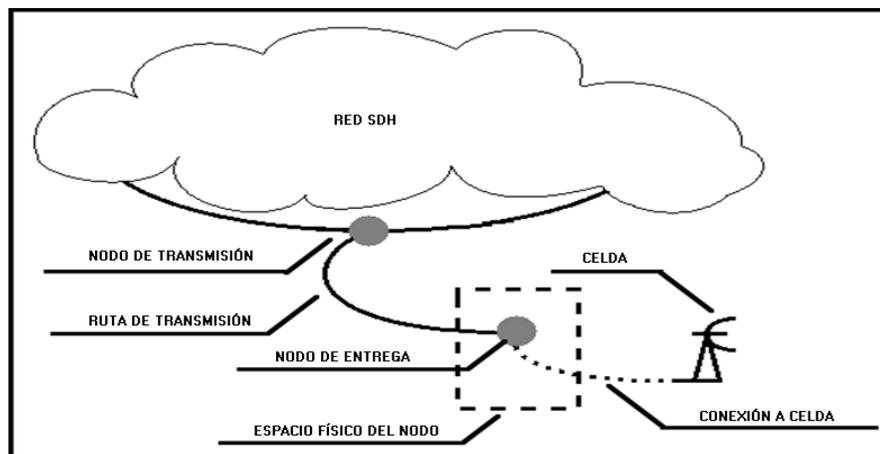


Fuente: elaboración propia

1.3.2. **Conexión en ramal para celdas**

En ocasiones, cuando la creación de rutas de protección no es posible, la conexión de celdas se realiza simplemente con ramales, por lo general la interface de conexión con la celda es en cobre, pero el medio de transmisión del ramal puede variar, dependiendo de las circunstancias.

Figura 13. **Ruta de transmisión en ramal para celdas telefónicas**



Fuente: elaboración propia

1.3.2.1. Conexión en ramal para celda telefónica a través de estándar eléctrico

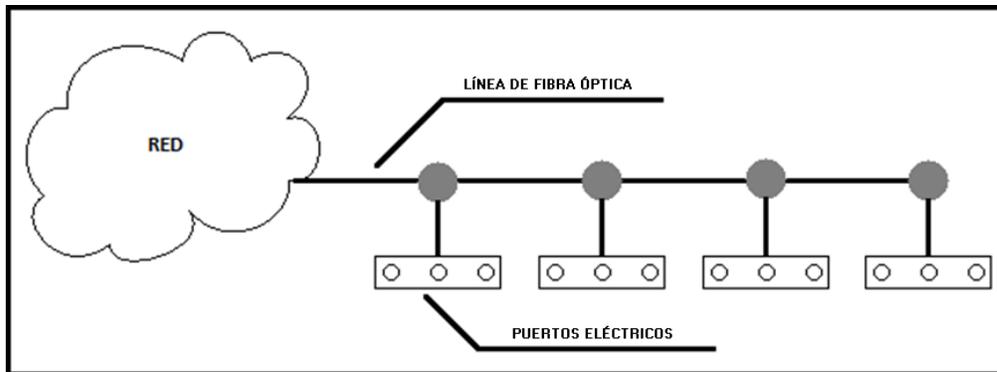
Actualmente, en Guatemala enlaces de comunicación a través de ramales para celdas telefónicas son por medio de líneas de cobre, el uso de esta tecnología depende de los costos de instalación y requerimientos de las celdas telefónicas. Generalmente los enlaces en cobre corresponden a circuitos *PDH*, que entran en sincronía con la red *SDH* por medio de los nodos de transmisión. Un enlace en cobre no se utiliza para el transporte de grandes capacidades, debido a limitaciones físicas del material.

1.3.2.2. Conexión en ramal para celda telefónica a través de estándar óptico

Para ramales de transmisión se debe ser cuidadoso en indicar si es un ramal E1 o de mayor capacidad. Generalmente los ramales en fibra óptica se utilizan para conectar varios nodos en serie, a los cuales se conectan por medio eléctrico una o varias celdas telefónicas.

Por otro lado, existen ramales de fibra óptica que son utilizados exclusivamente para el transporte de un único E1. La razón de estos enlaces es básicamente por dos situaciones, una podría ser debido al ruido electromagnético en el área metropolitana y el otro debido a la velocidad de transmisión que una celda pueda necesitar. Estos enlaces de fibra son de especial interés en este documento, ya que a través de algunas modificaciones se puede optimizar el sistema de monitoreo de los mismos.

Figura 14. **Esquema de ramal de transmisión de alta capacidad**



Fuente: elaboración propia

1.4. **Monitoreo de redes de transmisión *SDH***

Actualmente, los equipos de transporte de datos de gran capacidad cuentan con plataformas de gestión a través de las cuales es posible monitorear una red entera, y mantenerla en buen funcionamiento.

La forma básica del monitoreo de la red consiste en una matriz de alarmas que las plataformas de gestión poseen. Esta matriz puede mostrar la identificación de un nodo o troncal con su respectiva alarma y el estado de ésta, así como del momento en que sucedió.

En general, el monitoreo de redes *TDM* se basa en el diagnóstico del problema, cuando se da una falla en determinado sector o segmento de transmisión en base a las alarmas que las plataformas de gestión proveen, y de acuerdo a las topologías de conexión y capacidades de transporte, es así como se soluciona un problema de manera remota, el apoyo de trabajos de campo siempre es indispensable, ya que se normaliza la red para que continúe con su funcionamiento convencional.

Tabla 1. **Esquema de una matriz de alarmas de una red de transporte**

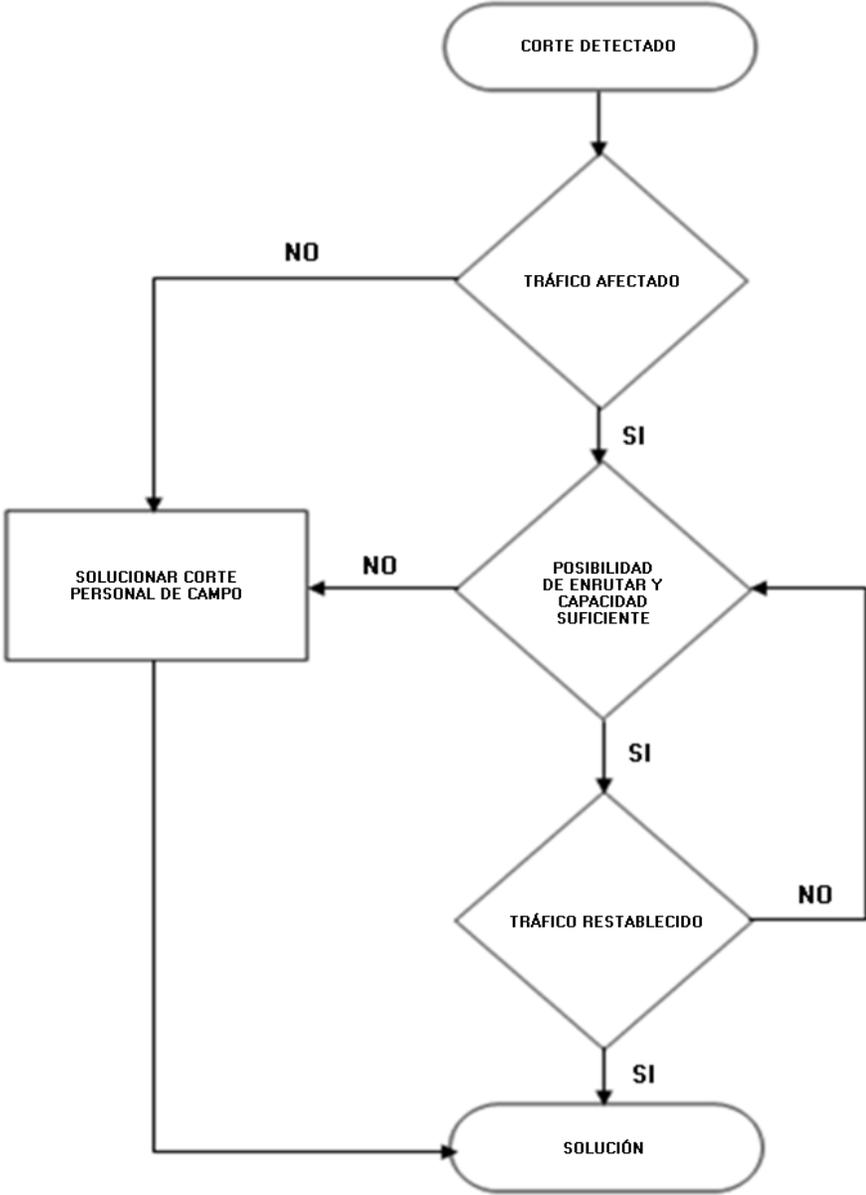
No.	Nodo	Interface	Alarma	Fecha	Hora	Sector	Troncal	Extras
50	Alfa	U5	LOS	10/07/2010	17:23:17	Central	2358	Física
50	Alfa	U4	SSF	10/07/2010	17:23:17	Central	4286	Virtual
115	Gamma	IF3	Rx	14/05/2010	09:18:55	Norte2	123	Planeado
23	MAX10	IF1	AIS	23/08/2010	01:00:00	Sur	258	Reservado
3 484	RED123	U1/IF5	UNEQ	01/08/2010	18:30:14	Interno	4981	Segmento
1 039	Final_9	U15	UNEQ	28/08/2010	23:44:00	Primario	115	Transparente
.
.
.

Fuente: elaboración propia

1.4.1. Procedimiento de enrutamiento de tráfico

Dependiendo de la magnitud del problema y los manejos para el restablecimiento de servicios, en una red de transporte para datos de celdas telefónicas, se cuentan primeramente con el respaldo de las rutas de protección, que pueden conmutar el tráfico automáticamente. De no funcionar este sistema, se puede realizar el siguiente procedimiento, que básicamente es lo que una central de monitoreo de red realiza.

Figura 15. Diagrama de solución de problemas en rutas de transmisión



Fuente: elaboración propia

Tabla 2. **Alarmas más comunes en circuitos de transmisión SDH**

ALARMA	DESCRIPCIÓN
<i>Rx signal missing</i>	Se presenta si no se recibe señal alguna en la interface de transmisión del nodo
<i>BER</i>	Indica incremento de errores en la transmisión
<i>Frame far end alarm</i>	Indica configuraciones de trama distintas entre nodos que se comunican
<i>AIS</i>	Indica que se detecta alarma en el siguiente nodo de transmisión
<i>Frame alignment lost</i>	Problemas de configuración de trama
<i>Frequency difference</i>	Desincronía entre nodos de comunicación, a veces hace referencia a problemas físicos
<i>Unavailable state</i>	Indica que ha pasado cierto tiempo con excesivos errores en la transmisión
<i>SSF</i>	Indica que entre nodos hay comunicación, pero no se tiene transferencia de información
<i>Power off</i>	Nodo o equipo apagado
<i>DEG</i>	Indica exceso de errores en la transmisión, se debe a problemas físicos
<i>RDI</i>	Indica problemas en equipo final de transmisión
<i>LOF</i>	<i>Loss Of Frame</i> indica conexiones entre interfaces de distintas capacidades
<i>LOP</i>	<i>Loss Of Pointer</i> indica problemas de configuración de la trama <i>SDH</i>
<i>LOS</i>	<i>Loss Of Signal</i> , indicación de desconexión física de interfaces o puertos
<i>UNEQ</i>	Indica desconexión de quipo en la interface de un nodo
<i>Control channel broken</i>	Implica pérdida de gestión y comunicación hacia un nodo

Fuente: elaboración propia

1.4.2. Eficacia del modelo convencional de monitoreo

La forma en la que las redes de transmisión *SDH* son monitoreadas en especial para transporte de datos de celdas telefónicas, es eficiente hasta el punto en que las tecnologías dan pauta para crear nuevas implementaciones y cuando se requiere de mejores servicios de telecomunicación.

Las ventajas de las plataformas de gestión y monitoreo usuales, es que son fáciles de manipular y proveen las herramientas necesarias para una buena comunicación de puntos remotos a centrales de conmutación, se tiene control total de toda la red de una región; sin embargo, con el avance de la tecnología y las nuevas tendencias en telecomunicaciones, el esquema tradicional de gestión de redes *SDH* y en especial de enlaces E1 de última milla para celdas telefónicas, presenta un desafío latente para la optimización de transporte y monitoreo de enlaces.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Protocolos de transmisión *IP*

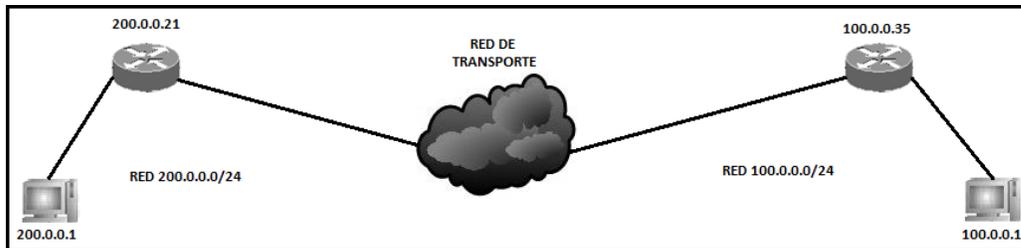
El protocolo de transmisión *IP* es utilizado para comunicación de equipos en una red, debe ser utilizado tanto en el equipo inicial como final. Este protocolo se encarga de que un equipo determinado pueda compartir información con una o varias redes, dependiendo de la configuración que se asigne.

En comunicaciones, el direccionamiento se refiere a la forma cómo se asigna una dirección *IP* y cómo se dividen y se agrupan subredes de equipos, por otro lado, el enrutamiento es el mecanismo por el que en una red los paquetes de información se hacen llegar desde su origen a su destino final, siguiendo un camino a través de la red.

2.1.1. Dirección *IP*

Una dirección *IP* es un número que identifica de manera lógica y jerárquicamente un dispositivo dentro de una red que utiliza protocolo *IP*. Esta dirección autentifica que determinado dispositivo pertenece a una red y puede compartir información.

Figura 16. **Esquema de una conexión IP punto a punto**



Fuente: elaboración propia

2.1.2. **Agotamiento de dirección IP**

El crecimiento exponencial de Internet, está llevando hacia el agotamiento de direcciones *IP*, que desde sus comienzos están basadas en el estándar *IPv4*, que se refiere al uso de direcciones de 32 *bits*. Éste es un tema que desde los inicios de internet se ha venido tratando, ya que países, *carriers* y grandes corporaciones han venido adquiriendo rangos de direcciones. A raíz de esto, se han venido desarrollando nuevos protocolos, que permitirán el continuo crecimiento de la red mundial.

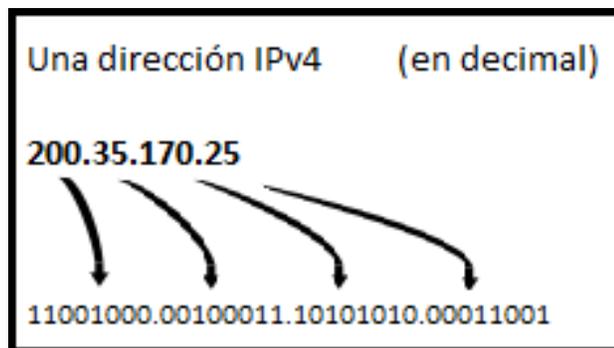
2.1.3. **Protocolo IPv6 como solución al agotamiento de direcciones**

El *IPv6* es una nueva versión de *IP*, definida en el *RFC 2460* y diseñada para reemplazar al *IPv4*, cuyo límite en el número de direcciones de red admisibles está empezando a restringir el crecimiento de Internet y su uso, especialmente en países asiáticos densamente poblados.

IPv4 posibilita 2^{32} direcciones de red diferentes, que equivale a 4 294 967 296, un número inadecuado para cada persona del planeta y mucho menos para cada dispositivo eléctrico con capacidad de conexión a una red. Sin

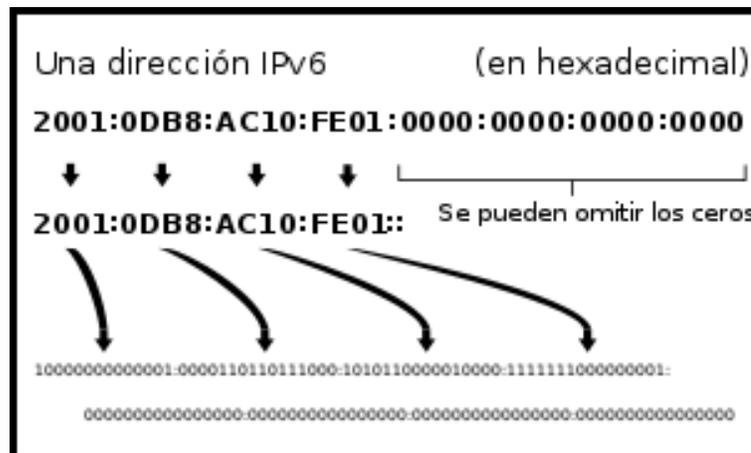
embargo, *IPv6*, permite 2^{128} direcciones, que para mayor claridad vendría significando alrededor de 670 mil billones de direcciones por milímetro cuadrado de la superficie del planeta. Este nuevo protocolo mejorará el servicio globalmente, se podría proporcionar a futuras celdas telefónicas y dispositivos móviles sus propias y permanentes direcciones.

Figura 17. Descripción de una dirección *IPv4* actualmente utilizada



Fuente: elaboración propia

Figura 18. Descripción de una dirección *IPv6*



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Ipv6_address-es.svg

2.2. Gestión de red de telecomunicaciones

La gestión de redes incluye el despliegue, integración y coordinación del *hardware*, *software* y los elementos humanos para monitorear, probar, sondear, configurar, analizar, evaluar y controlar los recursos de la red; para conseguir los requerimientos de tiempo real, desempeño y calidad de servicio a un precio razonable. De acuerdo a la *ISO*, una gestión de red debe tener los siguientes componentes:

- Gestión de configuración / cambios
- Gestión de desempeño / contabilidad
- Gestión de fallas
- Gestión de seguridad

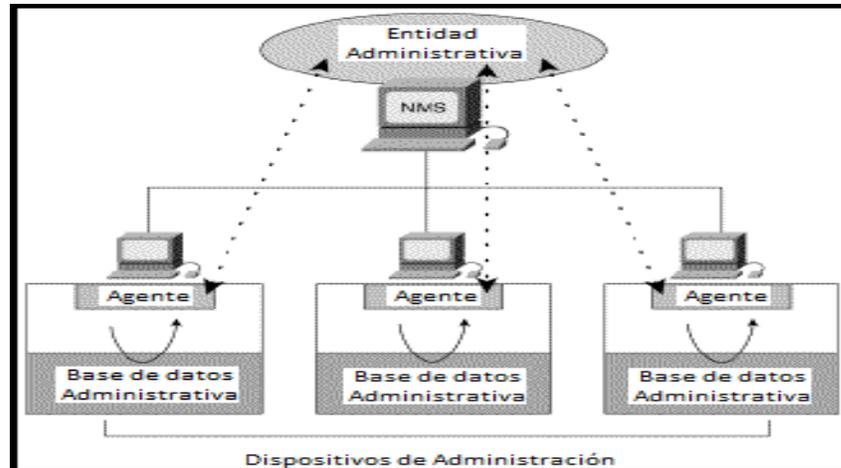
Los componentes de la red de gestión, hacen posible que un centro de monitoreo tenga al alcance todas las herramientas, para el buen monitoreo y control de una red.

El uso de una red de gestión *SNMP* y las herramientas de control de redes de comunicación *SDH* mejoran el desempeño del transporte de datos y la garantía de no ser afectados frente a la gran mayoría de fallas.

2.2.1. Protocolo *SNMP*

El Protocolo Simple de Administración de Red; es un protocolo de la capa de aplicación, que facilita el intercambio de información de administración entre dispositivos de red.

Figura 19. Componentes de *SNMP*



Fuente: Vicente, Carlos / Domínguez José. Presentación, “Introducción a la Gestión de Redes”

Una red administrativa por medio de *SNMP* se compone básicamente de los siguientes elementos:

- a. Dispositivos administrativos: también conocidos como elementos de red; son nodos de la red que contienen un agente *SNMP* y se encuentra en una red administrada, escogen y almacenan información de administración, la cual es puesta a disposición de *NMS*’s usando *SNMP*;
- b. Agentes: son módulos de *software* de administración de red, que se ubican en un dispositivo administrado, poseen conocimiento local de información de administración, la cual es traducida a un formato compatible con *SNMP* y organizada en jerarquías;
- c. *NMS*: ejecutan aplicaciones que supervisan y controlan a los dispositivos administrados, proporcionan el volumen de recursos de procesamiento y memoria requeridos para la administración de la red.

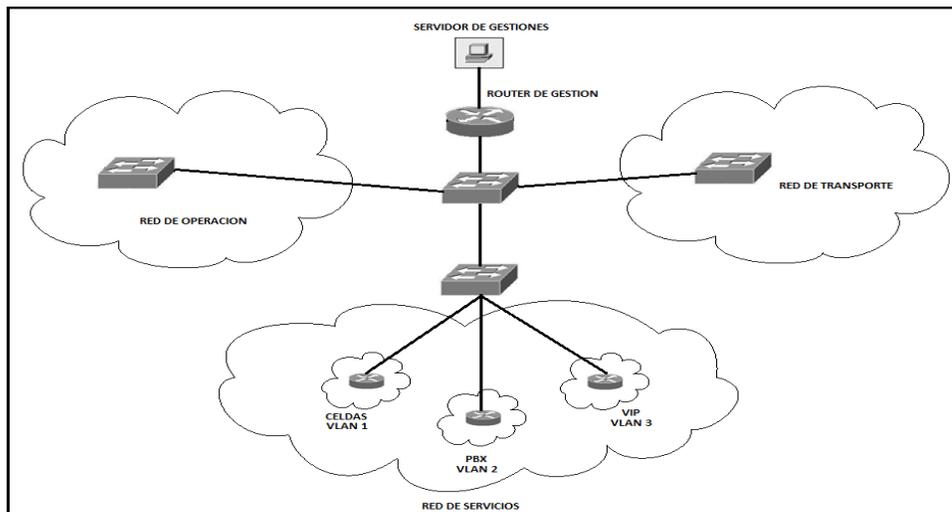
2.2.2. Utilización de VLAN's para gestión de redes

Una *VLAN* es una red lógica creada dentro de una red física de comunicación, el propósito de una *VLAN* es la de crear varias redes lógicas sin necesidad de aumentar los dispositivos físicos de la red, de tal manera que ciertos equipos se comuniquen entre sí, sin interferir la comunicación de otros que están conectados físicamente a la misma red.

2.2.2.1. Protocolo *IEEE 802.1Q*

Este protocolo es un mecanismo que permite a múltiples redes compartir de forma transparente el mismo medio físico, sin problemas de interferencia entre ellas, es bajo este protocolo que se manejan las *VLAN*'s.

Figura 20. **Uso de *VLAN*'s en las redes de gestión**



Fuente: elaboración propia

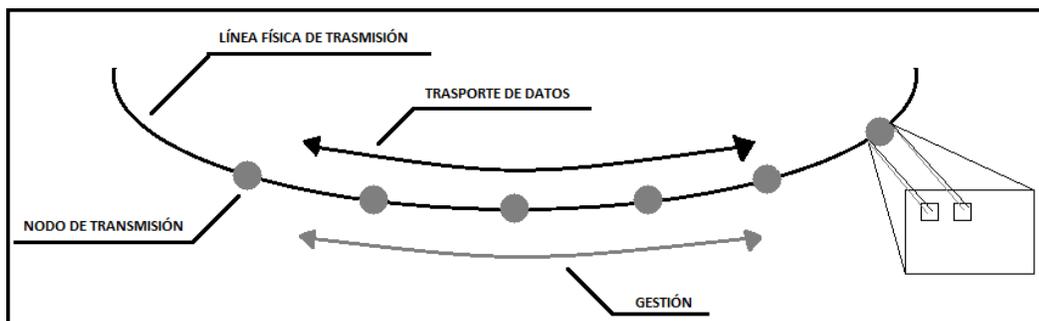
2.3. Gestión de equipos de transmisión para celdas telefónicas

Los equipos de transporte de datos para celdas telefónicas poseen su propia plataforma de gestión y forma de ser gestionados; sin embargo, la forma de ser controlados los equipos de un nodo de transmisión y de última milla son los mismos.

2.3.1. Gestión de un nodo de transmisión

Existen tecnologías que permiten administrar un nodo de transmisión o equipo de transmisión, utilizando la misma línea de transporte de datos, estas plataformas de gestión poseen una desventaja, que si se produce un corte en la línea de transmisión, se afecta el transporte de datos y la vía de gestión, este problema puede prevenirse si el nodo pertenece a un anillo de transmisión, de esa manera se reduce la probabilidad de verse afectados el transporte y la gestión de los equipos.

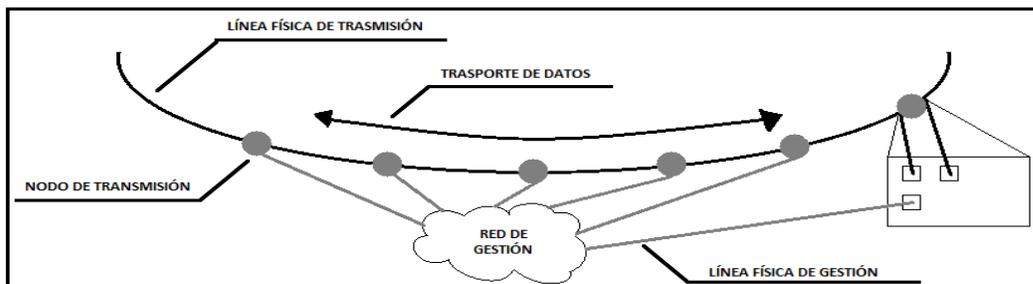
Figura 21. **Gestión de algunas tecnologías, el transporte y la gestión viajan por la misma línea física que conecta los nodos**



Fuente: elaboración propia

Existen otras tecnologías, que son más confiables, debido a que el canal de gestión es diferente al de transporte, es decir, que utiliza su propia línea física de comunicación, de tal manera que al haber un corte en la transmisión de datos no se pierda la capacidad de controlar los equipos y así poder realizar conmutaciones de tráfico o cambiar parámetros de transporte, si son necesarias tales acciones.

Figura 22. **Gestión de tecnologías que utilizan una red de gestión ajena a la red de transporte de datos**



Fuente: elaboración propia

En ocasiones las líneas físicas de gestión están instaladas, separadas de las líneas físicas de transporte de datos, esto permite que en determinadas fallas de comunicación como un corte físico de la línea, la gestión de los equipos, no se vea afectada.

2.3.2. Gestión de equipos de última milla

Cuando los equipos de interface con celdas se encuentran dentro del mismo nodo de transmisión, la gestión se hace posible mediante las formas anteriormente presentadas; sin embargo, cuando la conexión a una red de transporte se hace a través de última milla o ramal, el sistema de gestión por lo general se hace por medio de la misma línea de transporte de datos.

Aunque se expuso que no es conveniente esta forma de control, en estos casos no presenta mucho problema. Generalmente, la entrega de servicios E1 para celdas telefónicas por medio de ramales, es mayoritaria en las ciudades y se conectan a una red de transporte de un E1 a cinco en promedio.

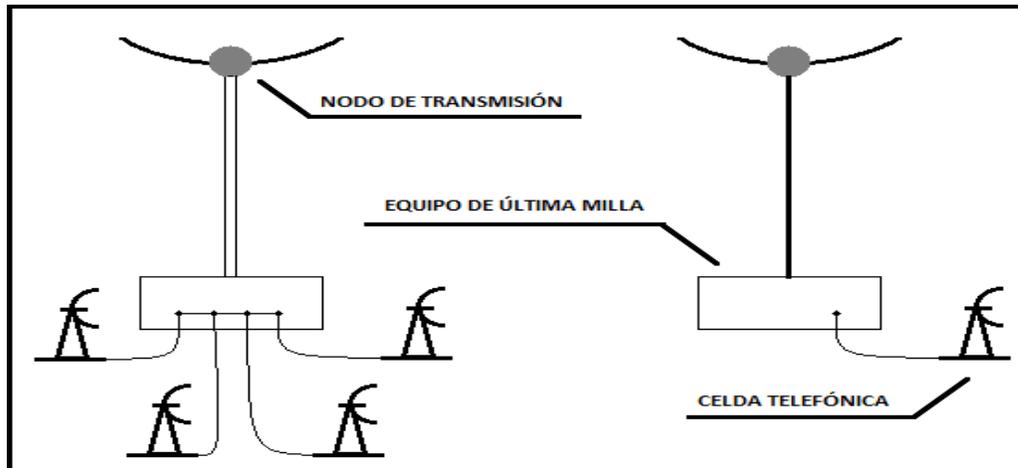
La gestión de los equipos de última milla viaja en conjunto con la trama de datos hacia el nodo de transmisión bajo los parámetros de la trama *STM-1*, es así como se puede controlar el equipo, si un corte ocurriese, de nada serviría tener gestión del equipo de última milla, pues no sería posible conmutar el tráfico a otra ruta ya que la única ruta de comunicación está afectada.

A veces cuando se necesita interconectar una celda a una red de transporte, se puede utilizar una línea de cobre y utilizar estándares eléctricos, eso claro, si la interferencia electromagnética no afectará de forma grave la transmisión.

En ocasiones, dependiendo de los análisis de uso de servicio de telefonía celular y sus aplicaciones modernas, se ve la necesidad de instalar nuevas celdas telefónicas, como los arreglos *GSM* y *3G*. Si la forma de interconectar éstas a la red de transporte es por medio de un ramal, generalmente se utiliza fibra óptica, debido al ancho de banda que se necesita y a que por medio de una sola línea de fibra se pueden transmitir los datos y la gestión.

La forma en que se tiene control del equipo de última milla, es bajo los estándares de comunicación *STM-1*, sin importar cuál sea la tecnología; cobre o fibra.

Figura 23. **Últimas millas, la gestión y los datos viajan por la misma línea. Una línea de fibra soportar más de un E1**



Fuente: elaboración propia

2.4. Cambio de tecnología E1 a *IP*

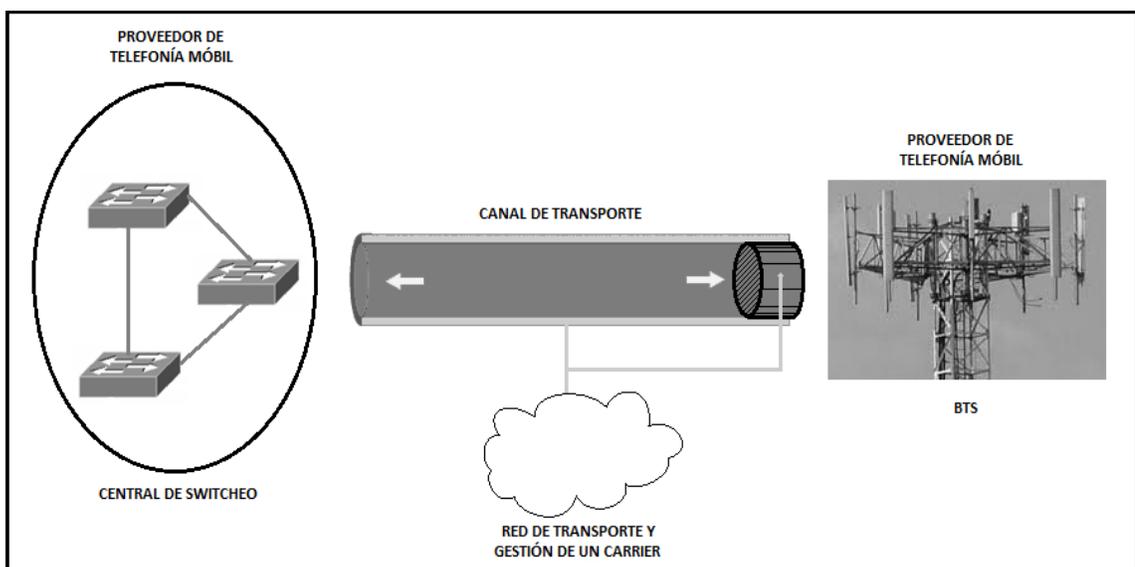
Al cambio de tecnología de E1 a *IP* para celdas telefónicas se refiere a la nueva forma en que las celdas telefónicas son conectadas a la red de transmisión para comunicarse con las centrales de conmutación de datos. El E1 al que se hace referencia, se refiere a la manera tradicional en que las celdas se conectan, por medio de un equipo de transmisión que actúa como canal de forma transparente, sin incurrir en la información que las celdas transmiten. Este canal es monitoreado y controlado con base a parámetros técnicos propios de los equipos de comunicación y sus plataformas de gestión.

Por otro lado, el transporte ya a nivel *IP*, viene representando la misma capacidad de E1, para cada celda telefónica, sólo que ahora la interface de conexión hacia la misma no se haría de forma como un medio propiamente transparente, sino como un medio con la capacidad de verificar el desempeño y uso del ancho de banda de cada celda telefónica, lo que proporciona una herramienta para un mejor desempeño de la transmisión de datos.

La analogía para este traslado de tecnología es el siguiente: imaginen que un proveedor de telefonía posee su central de conmutación y sus celdas telefónicas, pero no tiene la capacidad de conectarlas y transmitir información, es ahí donde entra en juego el papel de un *carrier* que es un proveedor de transporte de datos. Este *carrier* instala el canal por medio del cual se lograrán comunicar las celdas a la central de comunicación, y así poner en funcionamiento el servicio de telefonía móvil.

Ahora, convencionalmente el *carrier* provee el canal que actúa de forma transparente, es decir; que no interfiere con la información transmitida, sólo se encarga de gestionar y mantener el canal activo. Pero con la implementación *IP*, no sólo se mantiene en monitoreo el canal, sino también la cantidad y desempeño de la información transmitida a través del mismo, mejorando así el método de solución de fallas y creando un mejor apoyo al proveedor de telefonía en el análisis de capacidad de transmisión y demanda de servicio.

Figura 24. **Monitoreo convencional de un *carrier*. Con tecnología *IP* se puede monitorear la cantidad información que en el canal**



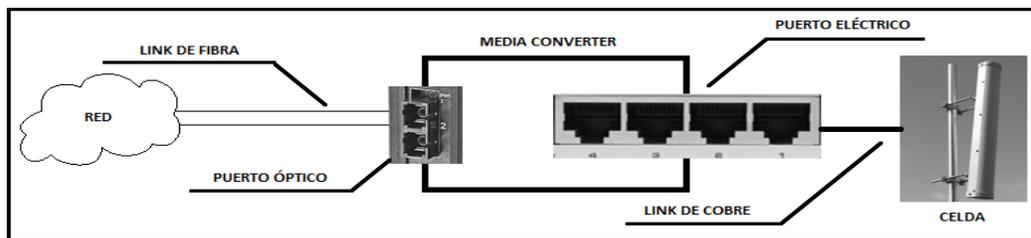
Fuente: elaboración propia

2.5. Equipos convertidores de medio

Actualmente en el mercado de las telecomunicaciones existen equipos de transmisión con interfaces de cobre y fibra, que son capaces de convertir una señal en formato eléctrico a óptico y viceversa, es esta tecnología la que tiene cabida en la implementación *IP* para celdas telefónicas. Y al hablar ya de convertidores de medio, se hace obvio que la forma de transmisión de datos de las celdas debe ser a través de fibra óptica, los enlaces por medio de cobre serían anulados.

Estos equipos convertidores tienen la capacidad de convertir señales y permiten utilizar el mismo medio de transporte, para la gestión y datos; provee también sensores de tráfico para poder generar gráficas del consumo de ancho de banda, sin afectar el desempeño de la transmisión de información de las celdas. El transceptor de cobre que utiliza un convertidor de cobre a fibra transforma la señal de un enlace *Ethernet UTP/RJ-45* a un enlace que puede utilizar un transceptor de fibra óptica. Los convertidores de medio pueden conectarse con diversos cables de fibra, ya sea multimodal, sencillo o de una sola línea. Existen opciones para diversas distancias que se adaptan a las necesidades de cada aplicación de conversión de *Ethernet* a fibra. Así mismo, los conectores de interfaz de fibra pueden ser de tipo *ST* dual, *SC* dual, *LD* dual o *SC* sencillo.

Figura 25. **Equipo convertidor de señales**



Fuente: elaboración propia

2.5.1. Conexión de convertidores de medio en ramal

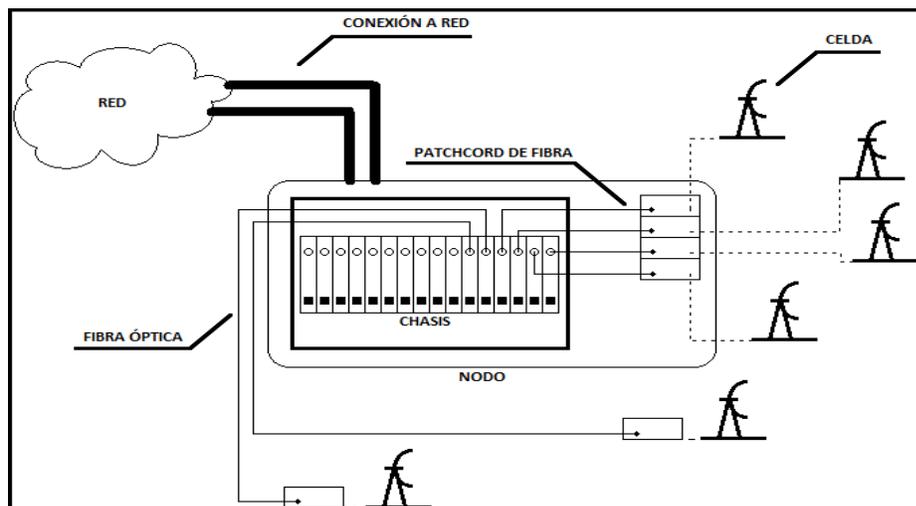
Para las celdas que se encuentran conectadas por medio de ramales de transmisión, a través de cobre, es necesario hacer el cambio a transmisión de fibra y cambio de equipos de comunicación. Los convertidores de medio poseen al igual que cualquier otro equipo de transporte de datos, un equipo de última milla y otro para al el nodo de transmisión que es más conocido como chasis, el cual posee varias interfaces de fibras que son utilizadas para varios enlaces.

2.5.2. Conexión de convertidores de medio en anillo

Para conexión de celdas que se encuentran en topologías de anillo, la ventaja es que a través de un *patchcord* de fibra normal, se puede transmitir la información de varias celdas o dentro del mismo nodo de transmisión instalar los equipos de última milla, la diferencia con la conexión en ramal sería la cantidad de fibra óptica y el tipo utilizada para los enlaces.

Figura 26. Esquema de un chasis convertidor de medio en un nodo.

Equipos de última milla tanto en el nodo como en última milla



Fuente: elaboración propia

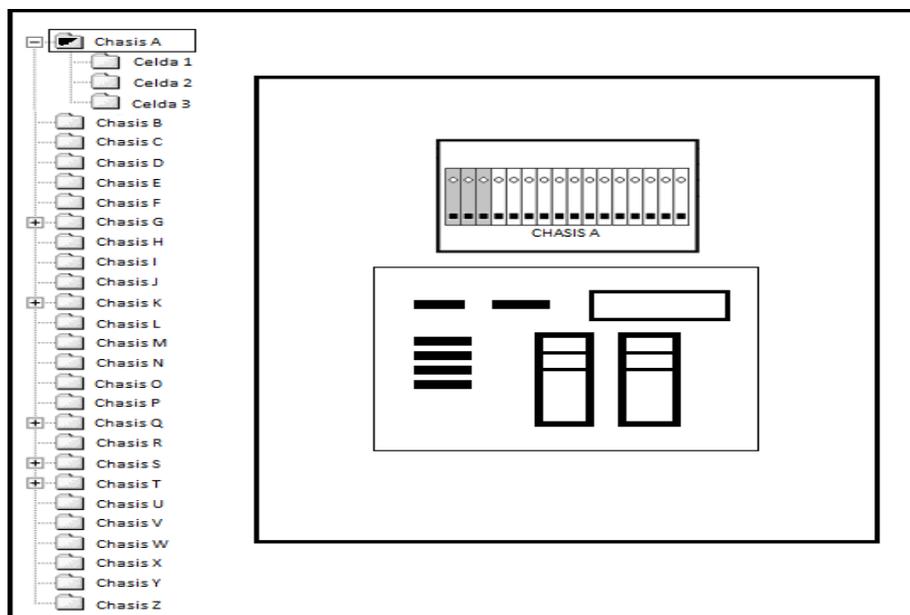
2.6. Monitoreo de equipos

Como se ha mencionado, cada equipo de transporte de datos posee su propia plataforma de gestión y control, en caso de los convertidores de medio, las plataformas de monitoreo permiten verificar el estado del equipo de nodo, así como el estado de la línea de fibra y el equipo de última milla, así también la capacidad de verificar su estado simplemente haciendo ping a la dirección *IP* del equipo desde cualquier máquina conectada a la red de gestión.

2.6.1. Revisión de chasis

Generalmente, los chasis se encuentran ubicados como un árbol de archivos, donde se puede ver gráficamente el esquema de un chasis real y seleccionar cualquiera de sus tarjetas, para verificar el estado del equipo de última milla.

Figura 27. Esquema de plataforma para verificación de chasis



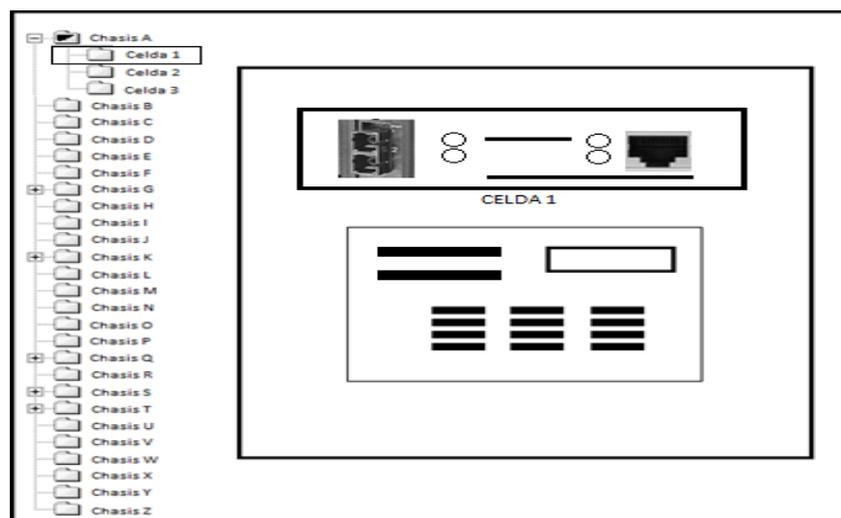
Fuente: elaboración propia

2.6.2. Revisión de equipos de última milla

Como en la figura 27, la revisión de los convertidores de medio de última milla, se puede realizar de forma gráfica a través de la plataforma de gestión propia de los equipos o por medio de consola, haciendo *telnet* a la dirección *IP* del equipo final. Generalmente, las plataformas de gestión de los equipos convertidores de medio, muestran los estados de los puertos de comunicación; tanto de fibra como *Ethernet*. Cuando el puerto de fibra está desconectado ya sea del lado del chasis o del equipo final, se alarma y no se tiene acceso al equipo final, si se le tratara de dar *telnet* desde consola no se lograría ingresar al equipo, puede implicar que el equipo de última milla se encuentre apagado o hay un corte de la línea de fibra.

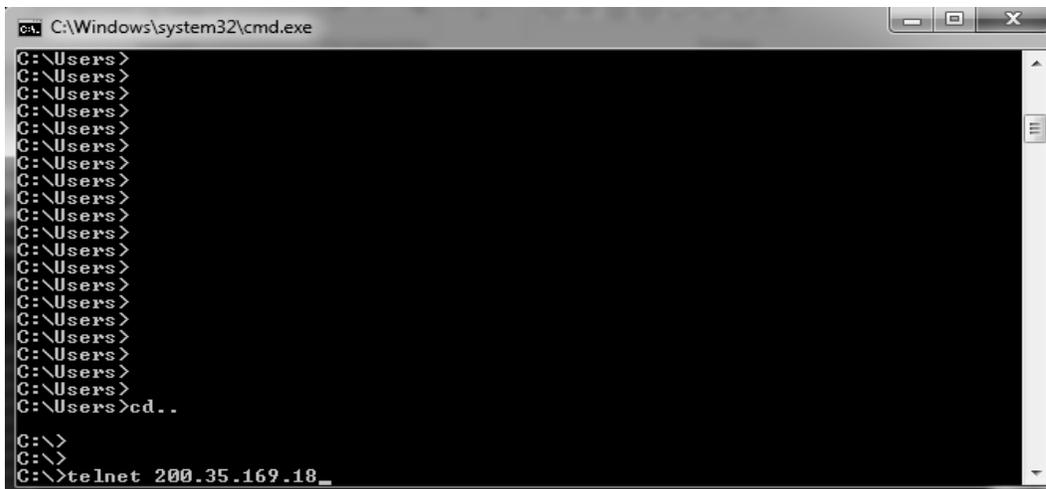
Por otro lado, el puerto eléctrico de la tarjeta del chasis podría alarmarse, indicando una desconexión hacia el equipo de transporte de datos hacia la red. De igual forma, cuando el puerto *Ethernet* del equipo final se alarma, indica entonces que se ha desconectado de la celda o la celda se ha apagado.

Figura 28. Esquema de equipos de última milla por plataforma de gestión



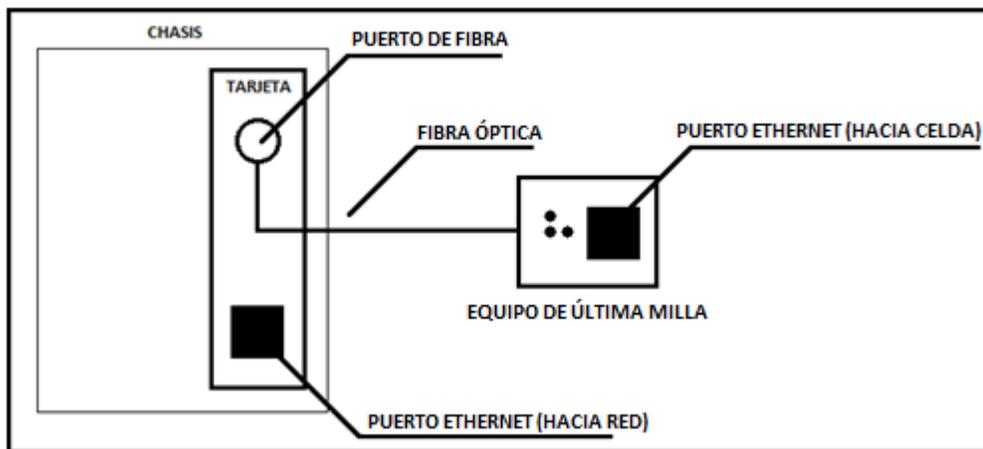
Fuente: elaboración propia

Figura 29. Acceso a equipo de última milla por medio de consola



Fuente: elaboración propia

Figura 30. Esquema de puertos en chasis y equipos finales. Puerto de fibra y puertos eléctricos



Fuente: elaboración propia

2.6.3. Monitoreo general de E1's para celdas telefónicas

La forma de revisión de los equipos de tecnología *IP* para celdas telefónicas no es eficiente para su monitoreo, ya que de ninguna forma el operador puede darse cuenta de cuándo un enlace está fallando, por lo general

a nivel físico; para solucionar este problema y crear un monitoreo más eficiente y proactivo, se puede proceder de varias formas, una de ellas sería a través del manejo de *SNMP* y el otro a través de un gestor de elementos *IP* que además provee las herramientas para graficar el tráfico de cada enlace. Aunque actualmente, para mayor seguridad en el monitoreo se utilizan ambas herramientas.

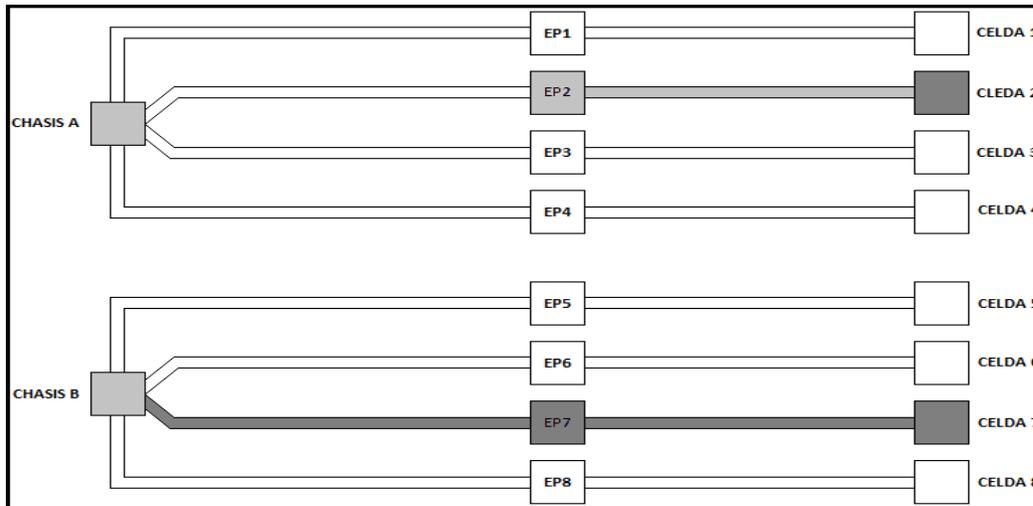
2.6.3.1. Monitoreo por *SNMP*

Debido a que el *SNMP* utiliza comunicación *IP* no es posible monitorear enlaces puramente *TDM* a menos que éstos sean conectados a equipos *IP* como *routers* o *switches* y se les configure interfaces especiales para que puedan tener gestión a través de una dirección *IP* y así en la plataforma *SNMP* poder direccionar los elementos gráficos a esta dirección y poder monitorear el enlace.

Con los equipos convertidores de medio que funcionan con gestión *IP*, la plataforma de *SNMP* permite mantener en monitoreo constante cada elemento de transmisión e informar cuándo se tiene alguna falla, de tal manera que se pueda acudir a la plataforma correspondiente de los equipos y revisarlos ya detenidamente.

El *SNMP* al ser una plataforma gráfica facilita la verificación de enlaces, a través de simples cambios de color en los elementos; el operador puede darse cuenta del estado de un servicio y verificando si efectivamente está presentando problemas, haciendo *ping* a la dirección *IP* correspondiente a un elemento gráfico, que es la *IP*, también del equipo de transporte de datos, además desde la misma plataforma se puede hacer telnet a un equipo y poder verificar su configuración interna.

Figura 31. **Representación gráfica de enlaces en SNMP. Una celda desconectada alarma el final, un corte alarma todo el ramal**



Fuente: elaboración propia

La dirección *IP* a la que se asocia el elemento gráfico de un chasis corresponde a la misma dirección *IP* del equipo en el nodo. La *IP* del elemento gráfico del equipo final (EP), corresponde a la *IP* del equipo físico al cual se conecta la celda telefónica. En cuanto a los elementos de unión que representa la línea de fibra óptica y la conexión del EP a la celda, se les asigna la *IP* del EP, además cuando el EP no detecta tráfico en su puerto de conexión a la celda, éste automáticamente se alarma y con él también el *link* de conexión. Es así como funciona la gestión del *SNMP* para los equipos *IP* convertidores de medio y facilita el monitoreo de los enlaces, a través de una sola pantalla.

2.6.3.2. Monitoreo por gestor de equipos *IP*

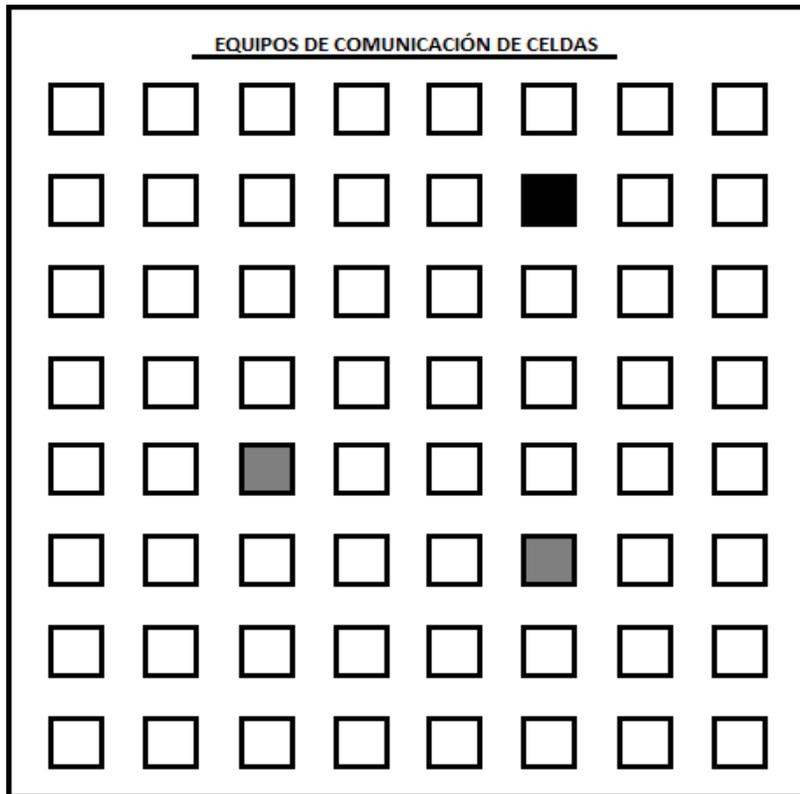
Una forma más eficiente de monitorear varios enlaces y que sirve también de complemento a una plataforma *SNMP*, es por medio de un gestor de equipos *IP*, que no es más que una plataforma que se encarga

constantemente de verificar la conexión hacia un equipo que tiene asignada una dirección *IP* y que al momento de perder esta comunicación informa inmediatamente mediante una alarma. La forma en que funcionan estas plataformas es con un *RRDtool*, es una forma de verificar información de una base de datos y compararla con la información actual de un dispositivo gestionado. *Cacti*, por ejemplo es una plataforma que utiliza este método de control.

La forma en que el operador puede verificar si un equipo de última milla, en este caso un convertidor de medio, está activo o no, es mediante una pantalla donde se muestran íconos que representan cada equipo de comunicación. En adición a la facilidad de utilizar estas plataformas tomando como ejemplo *Cacti*, provee la capacidad de graficar el tráfico de un enlace, así como la utilización del ancho de banda, disponibilidad del enlace, porcentaje de caídas, etc.

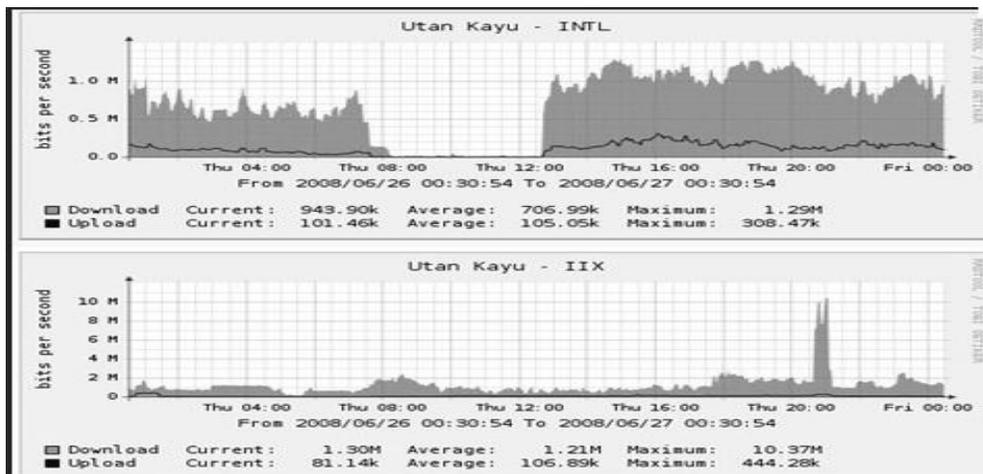
Es esta ventaja lo que ayuda en gran medida al monitoreo de E1's para celdas telefónicas; en un enlace puramente *SDH* no es posible determinar el comportamiento del tráfico de datos a través de un canal de transmisión, no sin afectar el ancho de banda del enlace. Sin embargo, por medio de equipos IP como los convertidores de medio y esta herramienta de gestión, es posible verificar el consumo de ancho de banda y determinar problemas imperceptibles para las plataformas de transmisión convencionales.

Figura 32. Esquema de la plataforma **Cacti**. Cada elemento representa un equipo final y su estado



Fuente: elaboración propia

Figura 33. Gráficas de tráfico real **Cacti**



Fuente: impresión de gráfica generada por plataforma **Cacti**

2.7. Revisión de gráficas de tráfico

A parte de las herramientas de monitoreo como *Cacti*, existen otras plataformas exclusivas para generar gráficas de consumo, conocidas como graficadores de tráfico de datos. Son programas sencillos que utilizan una dirección *IP* y una comunidad, para poder generar gráficas en tiempo real del tráfico de datos de un enlace, a través de la dirección *IP* y comunidad de un equipo de comunicación. Estos programas reciben información de los equipos convertidores de medio, y generan un estadístico del consumo de ancho de banda, lo que hace interesante a estas plataformas es que permiten visualizar caídas de transmisión que no son posibles detectarlas con pruebas de ping o mediante simple gestión de enlaces. Estas gráficas ayudan a que un operador verifique la transmisión y el incremento de errores en interfaces.

Generalmente, cuando un enlace presenta inestabilidad, que no es reflejada en una plataforma de gestión *TDM*, la gráfica de consumo de ancho de banda puede mostrar caídas de transmisión, si al hacer pruebas de ping en el enlace la gráfica muestra un consumo estable, indica entonces que el canal de transmisión no presenta problemas, sino la celda telefónica o los datos que son transmitidos, por el contrario si al realizar pruebas la gráfica presenta la misma inestabilidad, generalmente se debe a un problema físico en la transmisión.

En ocasiones, los enlaces presentan “lentitud” en la transmisión, esto puede ser debido, por ejemplo a problemas en el propio equipo de la celda telefónica o al comportamiento en el consumo del ancho de banda. A veces la lentitud en la transmisión se debe a inestabilidad en la comunicación, ya que esta inestabilidad genera incremento de errores, lo cual ocasiona que los protocolos de verificación de datos y redundancia, les tome más tiempo procesar la información.

Por otro lado, la lentitud se debe a que el canal de transmisión está siendo saturado, esto quiere decir que el consumo de ancho de banda está llegando a su límite, lo que eventualmente genera incremento de errores y tiempos elevados para el procesamiento de datos.

Este fenómeno tiene su explicación en la teoría de la comunicación, se describe a través de la fórmula de capacidad de canal.

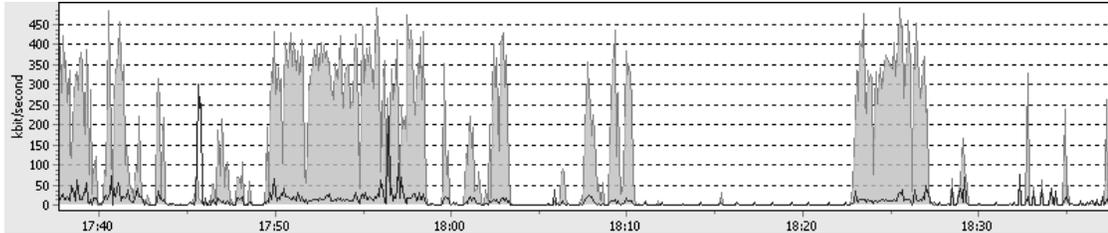
$$C = B \log(1 + S/N) \quad (2.1)$$

$$S/N = \frac{s}{\eta B} \quad (2.2)$$

Donde **C**, representa la capacidad del canal de transmisión, **B** el ancho de banda del canal y **S/N** la relación de señal a ruido del canal.

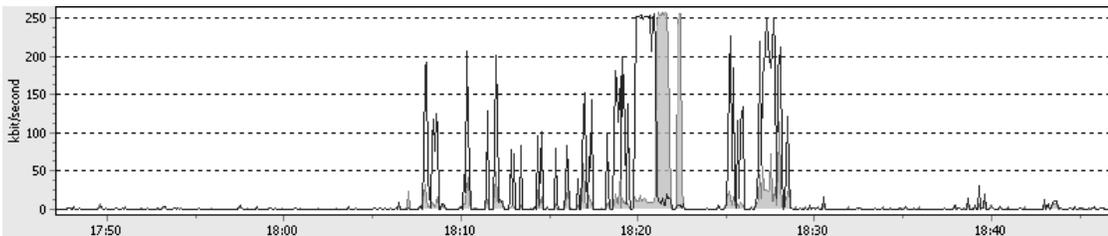
La relación señal a ruido tiene una relación inversamente proporcional al ancho de banda, por lo que al saturar un enlace, esta relación se hace más pequeña y la capacidad de transporte del canal, por lo tanto disminuye, generándose así incremento de errores y tiempos elevados de procesamiento de datos. Es así como las gráficas de tráfico de datos de un canal, ayudan al diagnóstico de problemas en enlaces de transmisión.

Figura 34. **Gráfica *PRTG* con tiempos muertos de transmisión**



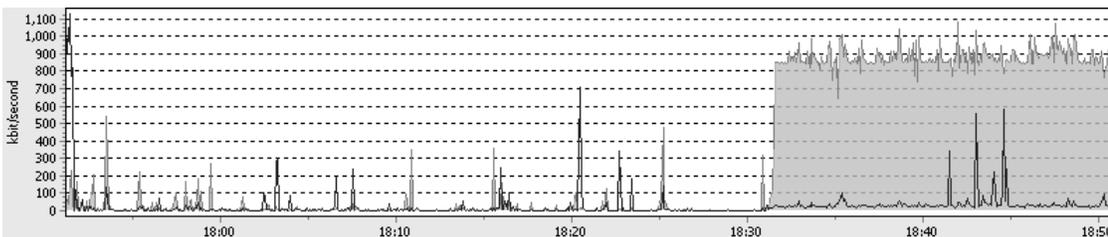
Fuente: impresión de gráfica generada por plataforma *PRTG*. (NAVEGA.COM Guatemala)

Figura 35. **Gráfica *PRTG* con inestabilidad, se ve que tiene un par de picos de saturación**



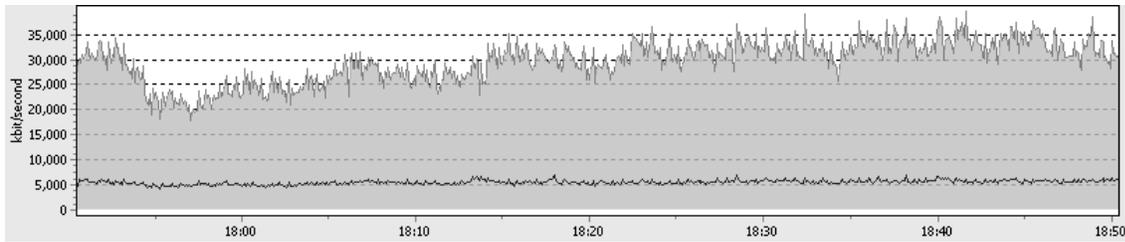
Fuente: impresión de gráfica generada por plataforma *PRTG*. (NAVEGA.COM Guatemala)

Figura 36. **Gráfica *PRTG* en inicio de saturación. Se puede ver la inestabilidad que genera al llegar al límite del ancho de banda**



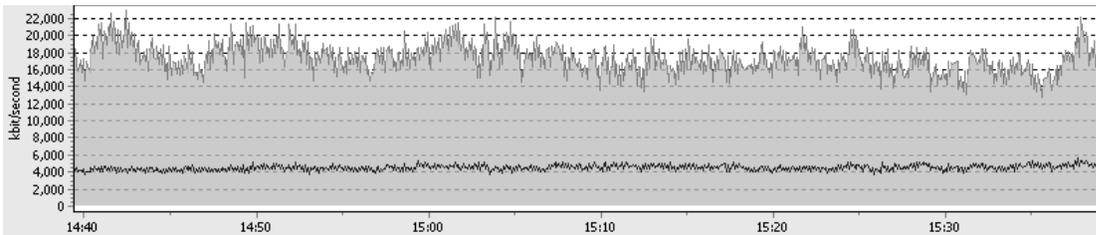
Fuente: impresión de gráfica generada por plataforma *PRTG* para un enlace de 900 Kb de ancho de banda. (NAVEGA.COM Guatemala)

Figura 37. Gráfica *PRTG* aún en estado estable



Fuente: impresión de gráfica generada por plataforma *PRTG* para un enlace de 35 Mb de ancho de banda. (NAVEGA.COM Guatemala)

Figura 38. Gráfica *PRTG* en estado normal de transmisión



Fuente: impresión de gráfica generada por plataforma *PRTG* para un enlace de 22 Mb de ancho de banda. (NAVEGA.COM Guatemala)

3. IMPLEMENTACIÓN

3.1. Monitoreo de circuitos *IP* para celdas telefónicas

El monitoreo de un circuito *IP* para celdas telefónicas vendría siendo una especie de gestión híbrida, conformada por una parte a nivel *SDH* y otra a nivel *IP*. El monitoreo y gestión *SDH*, vendría refiriéndose a todas las rutas de transmisión de gran capacidad y el monitoreo y gestión *IP* al tramo de última milla y punto de entrega de transporte de datos. La posibilidad de gestionar dos equipos de transmisión distintos, permite tener un mejor control sobre el transporte de datos y optimizar el diagnóstico de falla que se pueda presentar en un determinado enlace.

3.1.1. Monitoreo *SDH*

El monitoreo *SDH* se encargaría entonces de las transmisiones a nivel general, es decir; las de gran capacidad, donde se transmiten en conjunto datos de distintas áreas y enlaces a través de toda la red de transporte. La gestión *SDH* brinda la capacidad de controlar el flujo de tráfico de varias troncales y nodos frente a eventos que puedan afectar los servicios de comunicación, para así evitar pérdida de transmisión.

3.1.2. Monitoreo *IP*

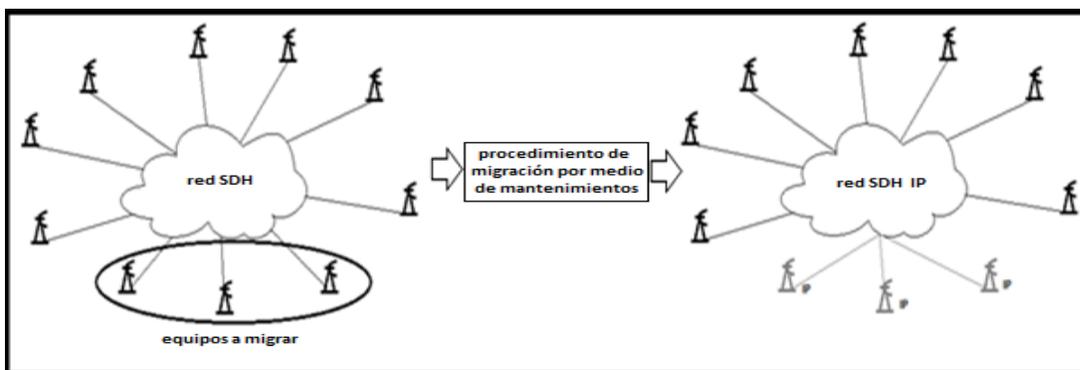
El monitoreo *IP* se encargaría por otro lado, específicamente de los puntos de entrega de servicio para las celdas, desde la conexión con la celda hasta la interconexión con la red de transporte. La gestión *IP* permitiría la

manipulación y control de los parámetros de ancho de banda y negociación con equipo *IP* que puedan ser implementados en celdas telefónicas.

3.2. Migración de equipos

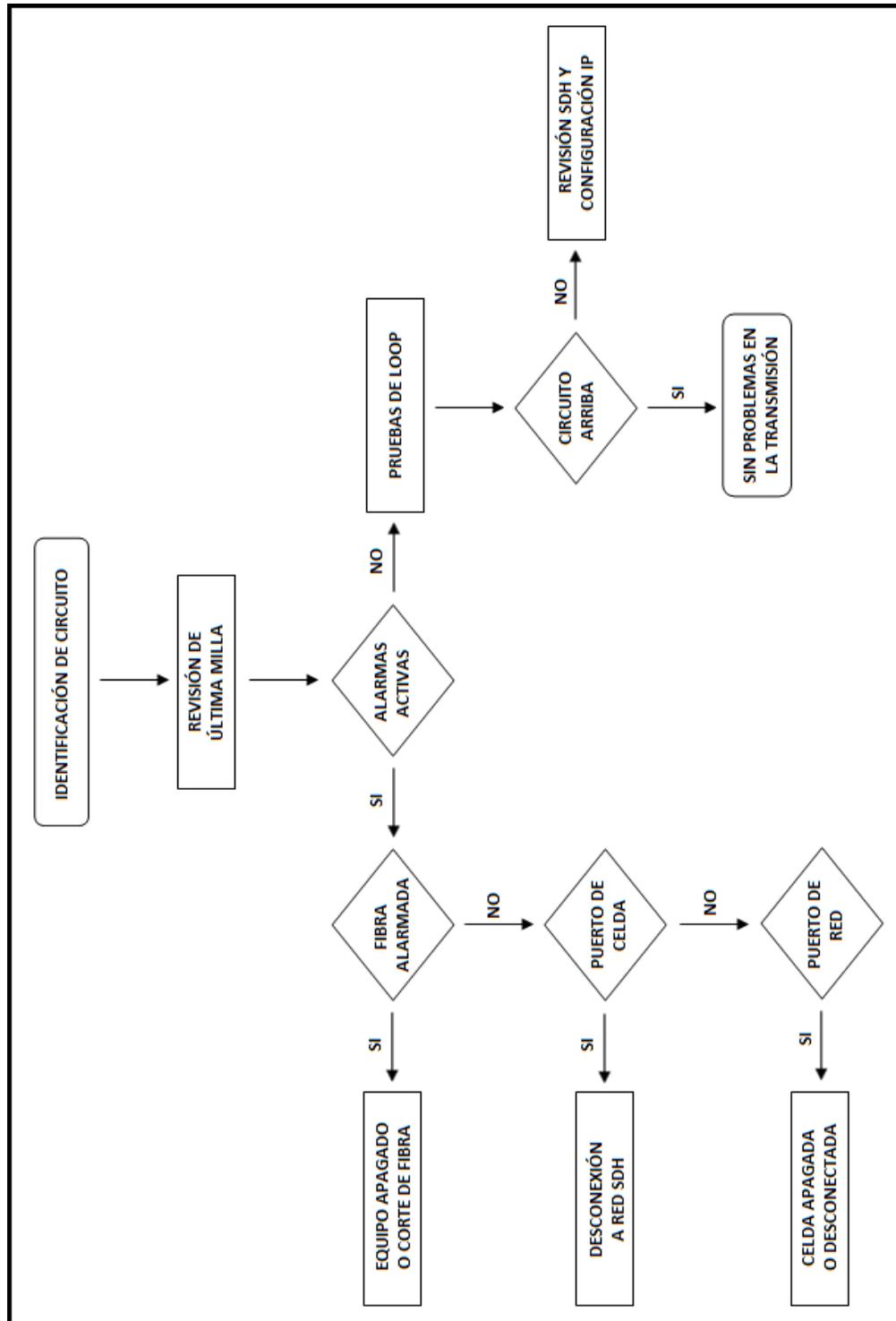
El cambio de tecnología para transporte de datos E1 para celdas telefónicas a transporte de datos *IP*, se llama migración. Esta migración es un proceso que debe ser bien estructurado, el procedimiento de migración de equipos debe cumplir con instrucciones previamente creadas como cantidad de E1's a modificar, tiempo de modificación, pruebas de conectividad, etc. Estos procedimientos se realizan después que la entidad encargada de monitorear las celdas telefónicas, ha sido notificada del cambio, de tal manera que no se confunda una falla de comunicación con una migración de equipos. Por otro lado, la entidad encargada de monitorear el transporte de datos de las celdas, es quien debe verificar que se cumple con el procedimiento, es decir; corroborar que el canal a cambiar sea el correcto y que el tiempo estimado de cambio no sea alterado, también se debe encargarse del correcto funcionamiento del canal luego de la migración.

Figura 39. **Migración de equipos realizada por fases**



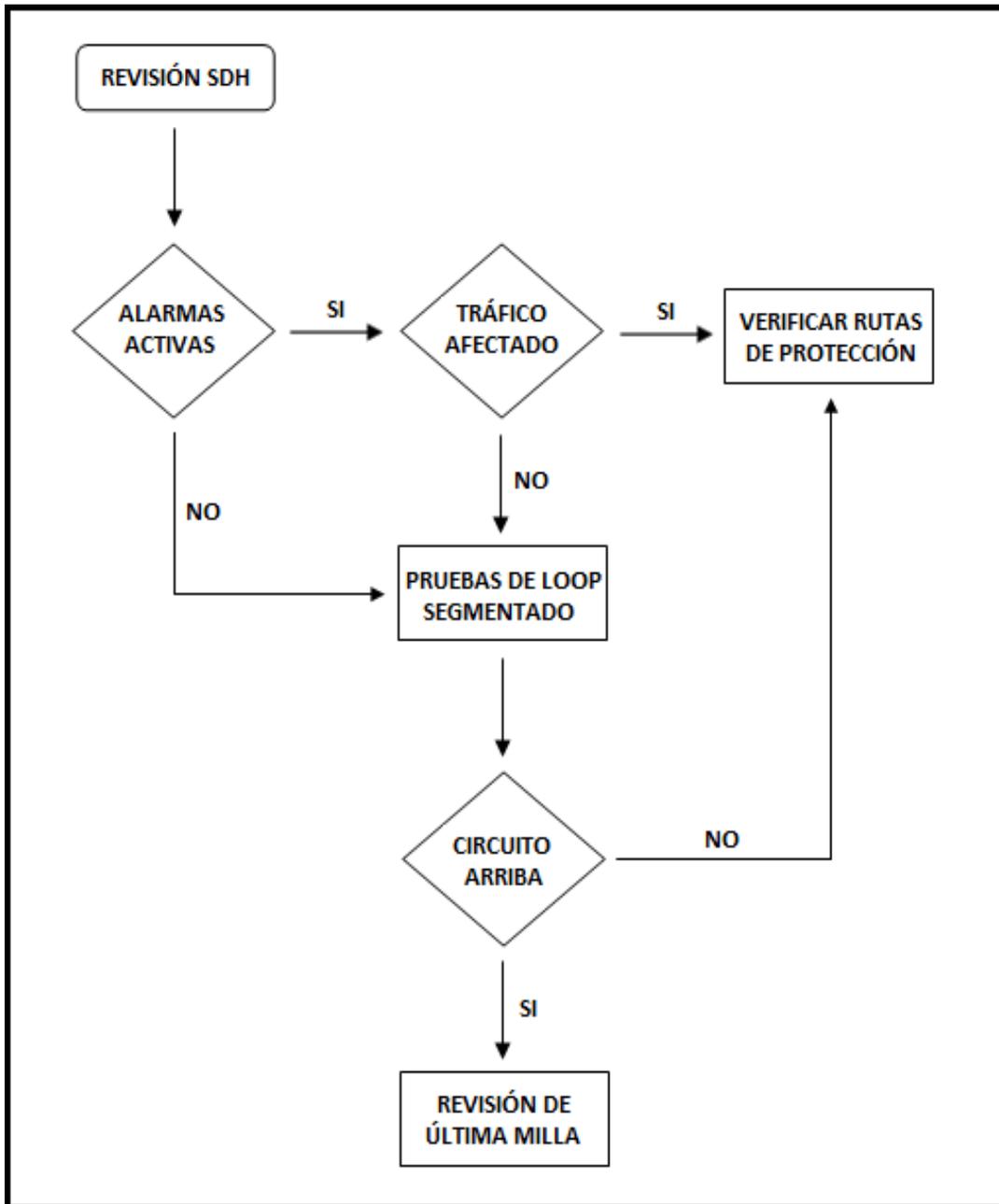
Fuente: elaboración propia

Figura 40. Diagrama para revisión IP



Fuente: elaboración propia

Figura 41. Diagrama para revisión SDH. Que se refiere a las rutas de transmisión de la red



Fuente: elaboración propia

Generalmente, las rutas de comunicación *SDH* están anilladas, lo que implica una baja probabilidad de tráfico afectado cuando ocurre una falla; sin embargo, puede suceder un problema en la configuración de las mismas que ocasionaría inconvenientes en la transmisión.

3.3. Circuitos híbridos, *IP* y *SDH*

A simple vista un circuito como los que se han descrito, dan la impresión de ser híbridos, entre *IP* y *SDH*. Sin embargo, existen diferencias sustanciales entre éstos, las cuales se exponen a continuación.

3.3.1. Descripción de un circuito *IP*

Un circuito *IP* viene siendo conformado por una red de equipos de transmisión de datos conectados física y lógicamente a base de números digitales denominados direcciones, que permiten el envío de paquetes entre equipos, de acuerdo a determinada configuración.

3.3.2. Descripción de un circuito *SDH*

Un circuito *SDH* es una red de transmisión de datos de mucha más capacidad que una red *IP* y más amplia en términos físicos. Se maneja con base a niveles jerárquicos y configuraciones lógicas, propias de cada equipo de transmisión.

3.3.3. Descripción de un circuito híbrido

Un circuito híbrido es aquel que maneja protocolos de comunicación *IP* para el transporte de datos a velocidades y capacidades, como los circuitos *SDH*, a base de túneles lógicos que permiten la comunicación entre equipos.

Los circuitos de comunicación *IP* para celdas telefónicas vienen siendo circuitos híbridos solamente en el segmento de última milla. En principio el transporte de datos de estos equipos es siempre a nivel *SDH*, pero son gestionados y funcionan a nivel *IP*, lo cual da la ventaja y abre ventanas de cambio a la transmisión de diferentes formatos de información a velocidades y capacidades elevadas.

3.4. Esquema de monitoreo de celdas telefónicas *IP*

Para dar un mejor entendimiento de lo que será un monitoreo de celdas telefónicas *IP*, se da a continuación lo que será un procedimiento formal para el monitoreo de alarmas y revisión de enlaces por medio de plataformas *Cacti*, *IMC* y *PRTG*.

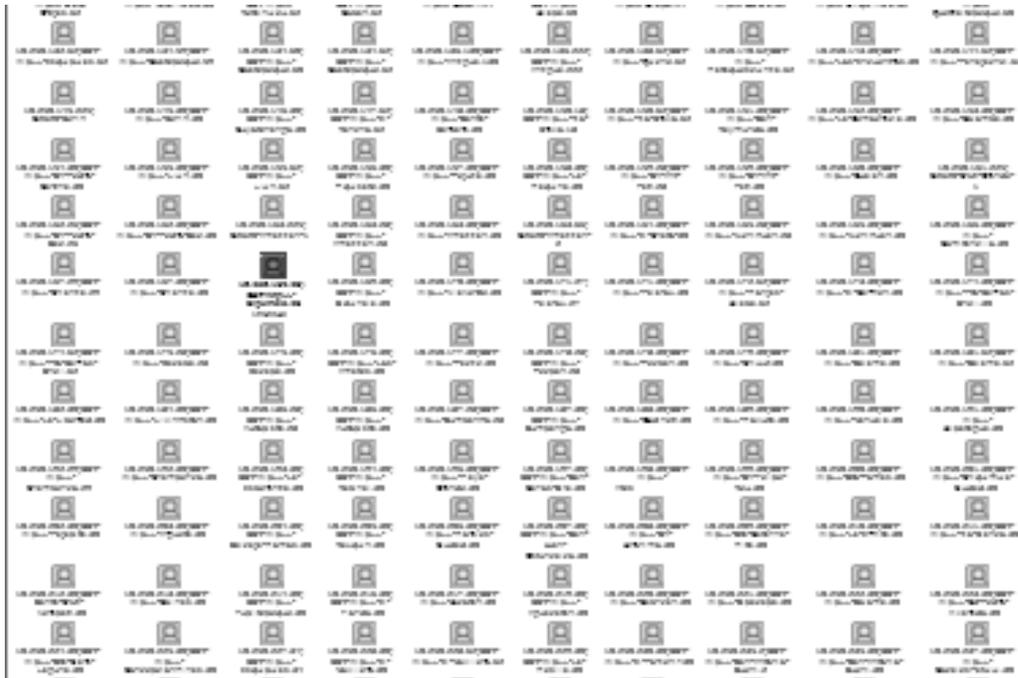
Figura 42. **Plataforma *Cacti*, con varios equipos de última milla dibujados que representan diferentes enlaces**



Fuente: impresión de ventana de monitoreo de plataforma *Cacti*. (NAVEGA.COM Guatemala)

En la figura 42 se puede ver la pantalla mostrada por la plataforma *Cacti*, cuando se le han dibujado varios equipos de última milla para enlaces de telefonía *IP*. Estos equipos de última milla, para este caso, son equipos *IMC* convertidores de medio, cada ícono de la imagen representa un equipo y por ende el equipo de última milla. En la imagen superior ningún elemento se encuentra alarmado, por lo tanto todos los enlaces están activos.

Figura 43. Elemento alarmado en plataforma **Cacti**, el color del elemento cambia cuando se ha perdido comunicación con un equipo



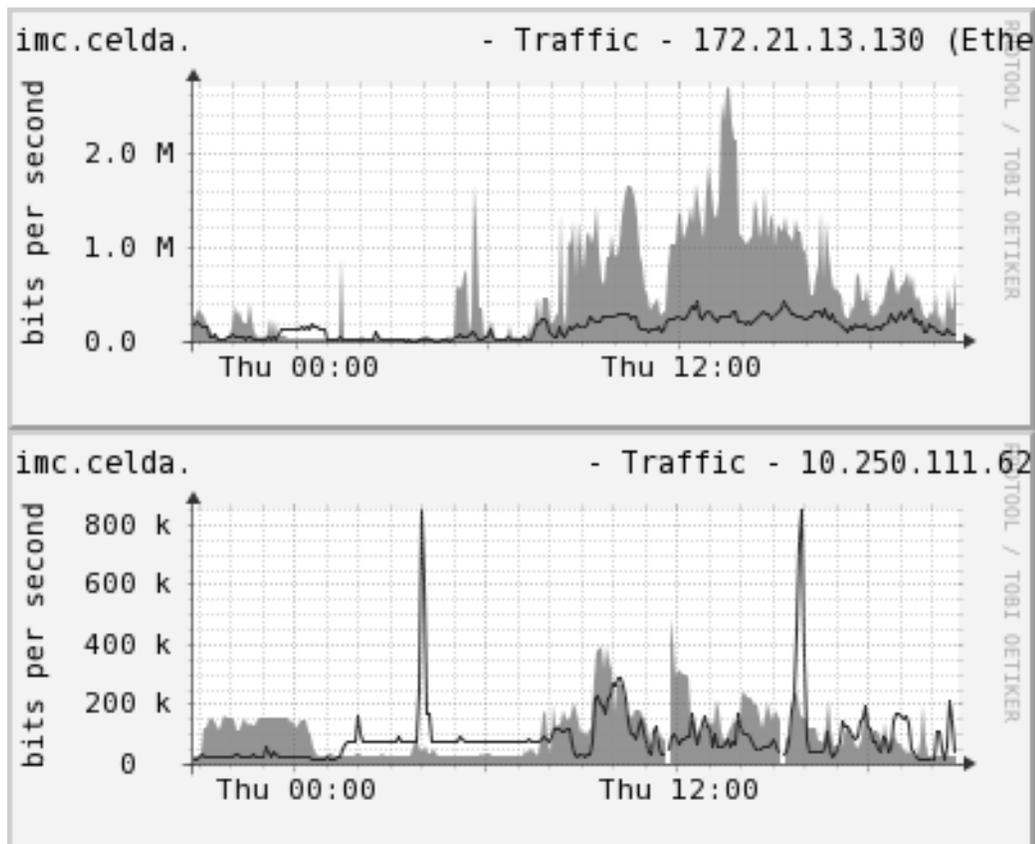
Fuente: impresión de ventana de monitoreo de plataforma **Cacti**. (NAVEGA.COM Guatemala)

En la figura 43 se puede ver un elemento de la plataforma en distinta tonalidad, esto indica que el elemento está alarmado e implica que se ha perdido comunicación hacia el equipo de última milla, por lo cual se procede a revisar si efectivamente el enlace está teniendo problemas.

Debido a que la gestión del equipo viaja a través de la misma línea de fibra por donde se transmiten los datos, en ocasiones se alarma algún elemento, dependiendo del tiempo que pierda comunicación con el equipo; sin embargo, sólo representa un momento de pérdida de gestión, pero la comunicación sigue activa, sin afectar el tráfico de datos, la forma de verificar esto es simple.

Primero, el elemento dejará de alarmarse y si no lo hace se puede presionar el elemento alarmado y automáticamente aparecerá una ventana donde se grafica en tiempo real, el desempeño del tráfico y consumo de ancho de banda, si el consumo sigue activo, implica entonces que no se ha perdido comunicación, sólo gestión por unos instantes. Si la gráfica dejara de generar consumo implicaría entonces una posible falla de comunicación.

Figura 44. **Gráfica de tráfico generada al oprimir un elemento en la plataforma *Cacti***



Fuente: Impresión de ventana de gráfica *Cacti*

Las gráficas de tráfico pueden generarse por hora, día, mes y año, se genera con base a un tiempo determinado de muestreo, que por lo general es de segundos. Las gráficas de tráfico son una herramienta importante, pues pueden mostrar intermitencias en la transmisión que implican micro desconexiones que afectan fuertemente el transporte de datos, además se proporcionan una idea clara del consumo del ancho de banda y si este está llegando a su límite.

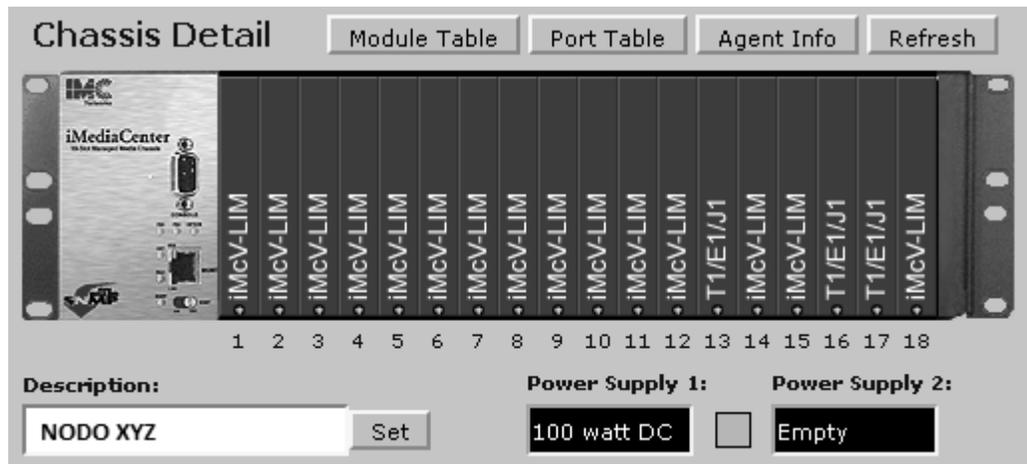
Otras herramientas básicas y de gran ayuda de la plataforma *Cacti*, es la generación de gráficas y estadísticas de errores y otros factores de importancia para la transmisión de datos.

3.4.1. Revisión de los equipos de última milla

Al revisar un circuito de comunicación determinado se debe verificar que toda la parte de transmisión no tenga problemas, en este caso debido a que las celdas son ahora a nivel *IP*, se debe verificar la parte *SDH* y última milla, que es la que se ejemplifica ahora, con el uso de equipos *IMC*.

Para la revisión del equipo de última milla se debe ingresar a la plataforma del equipo, ubicar el nodo de transmisión y escoger el chasis correcto.

Figura 45. Chasis *IMC*, mostrado en la plataforma de gestión de estos equipos

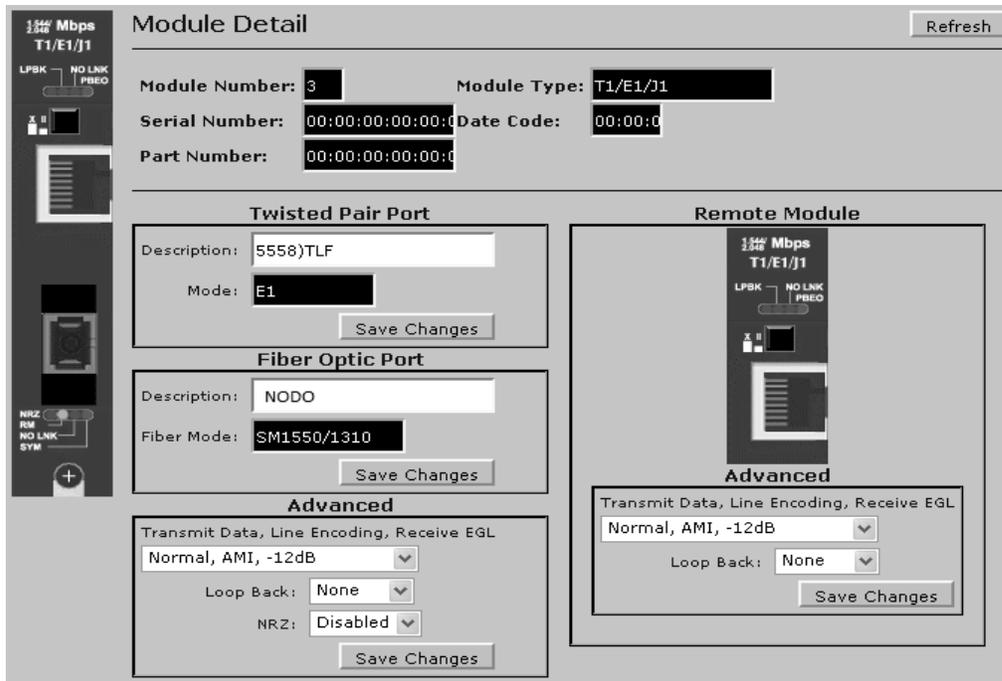


Fuente: impresión de un chasis de la plataforma *Iview* para *IMC*. (NAVEGA.COM Guatemala)

En los chasis se pueden observar varios *slots*, que representan tarjetas de interface y cada una es para un determinado enlace. Existen dos tipos básicos de tarjetas, que son fácilmente identificados en el chasis, puede ser descrita como *iMcV-LIM* o como *T1/E1/J1*.

La primera es utilizada para enlaces de datos y la segunda para enlaces de telefonía, ya sea telefonía fija o celda telefónica. Una gran ventaja de los equipos *IMC* es que el ancho de banda es muy fácil de manipular, basta con ingresar el ancho de banda deseado en la tarjeta del *IMC* y listo.

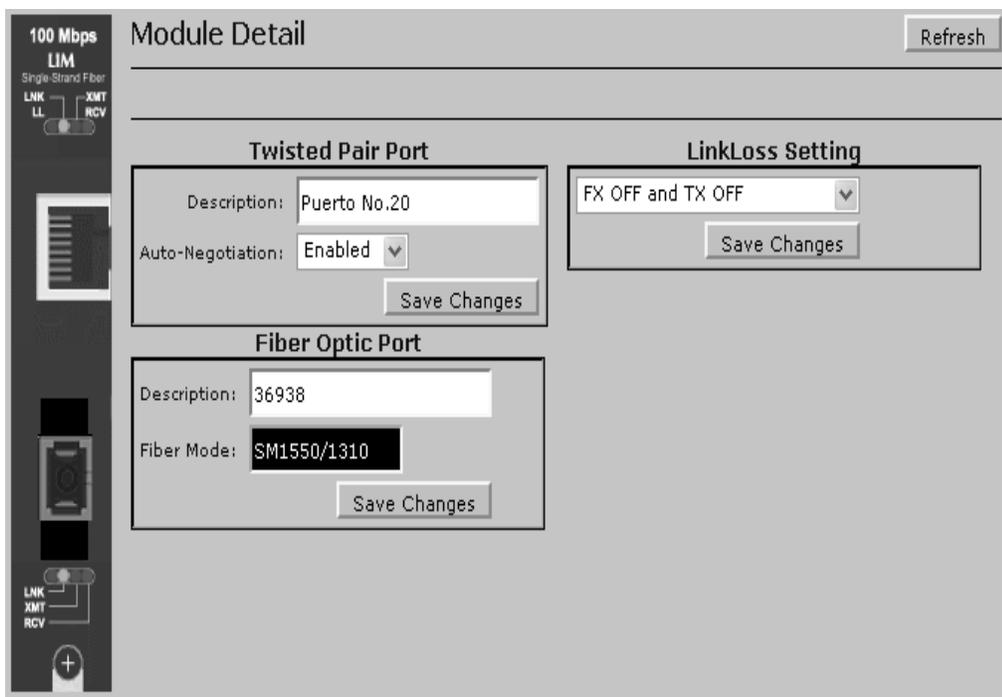
Figura 46. Representación de una tarjeta de telefonía en *IMC*



Fuente: impresión de una tarjeta para telefonía de la plataforma *Iview* para *IMC*.
(NAVEGA.COM Guatemala)

Al oprimir una tarjeta de telefonía en el chasis se despliega una ventana donde se pueden apreciar gráficamente tanto la tarjeta del chasis como del equipo final. Cuando el puerto *RJ-45* de la tarjeta del chasis aparece como *NO LINK*, implica que se ha desconectado del equipo de transmisión *SDH*, perdiendo total comunicación del tramo de última milla. Por otro lado, si el puerto de fibra se mostrara alarmado, implicaría que el equipo final está apagado o la fibra óptica ha sufrido un corte o atenuación. Del lado del equipo final se puede ver otro puerto *RJ-45* que representa la conexión hacia la celda telefónica, si éste se alarmara implicaría una desconexión de la celda o que el propio equipo de la celda se haya apagado. En las tarjetas de telefonía el ancho de banda está configurado por *default*, esto implica un E1 exacto, por lo tanto no es posible modificarlo.

Figura 47. Representación de una tarjeta de datos en *IMC*



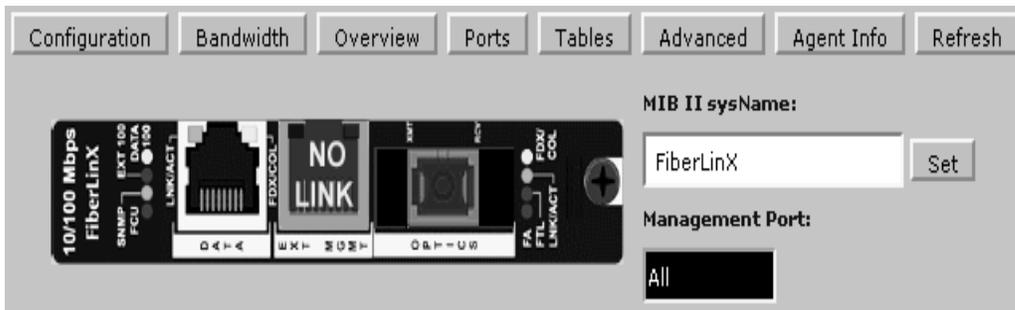
Fuente: impresión de una tarjeta para datos en chasis de la plataforma *Iview* para *IMC*.
(NAVEGA.COM Guatemala)

Al oprimir una tarjeta de datos la representación es como la mostrada en la figura 47. En este caso no se visualiza la tarjeta del equipo final como en el caso de las tarjetas de telefonía, sólo la tarjeta del chasis es visualizada y la revisión de los puertos es la misma que el caso anterior.

Para poder tener una imagen de la tarjeta del equipo final, lo que se debe hacer es agregar la *IP* del equipo final y su comunidad al chasis correspondiente en el árbol de carpetas de los chasis, de esta forma se puede visualizar la tarjeta *IMC* y tener acceso gráfico a las opciones de configuración, como se muestra en la figura 48.

Hay que recordar que también se puede tener acceso en forma de consola y que si la fibra se corta o el equipo se apaga, no se podría visualizar el equipo.

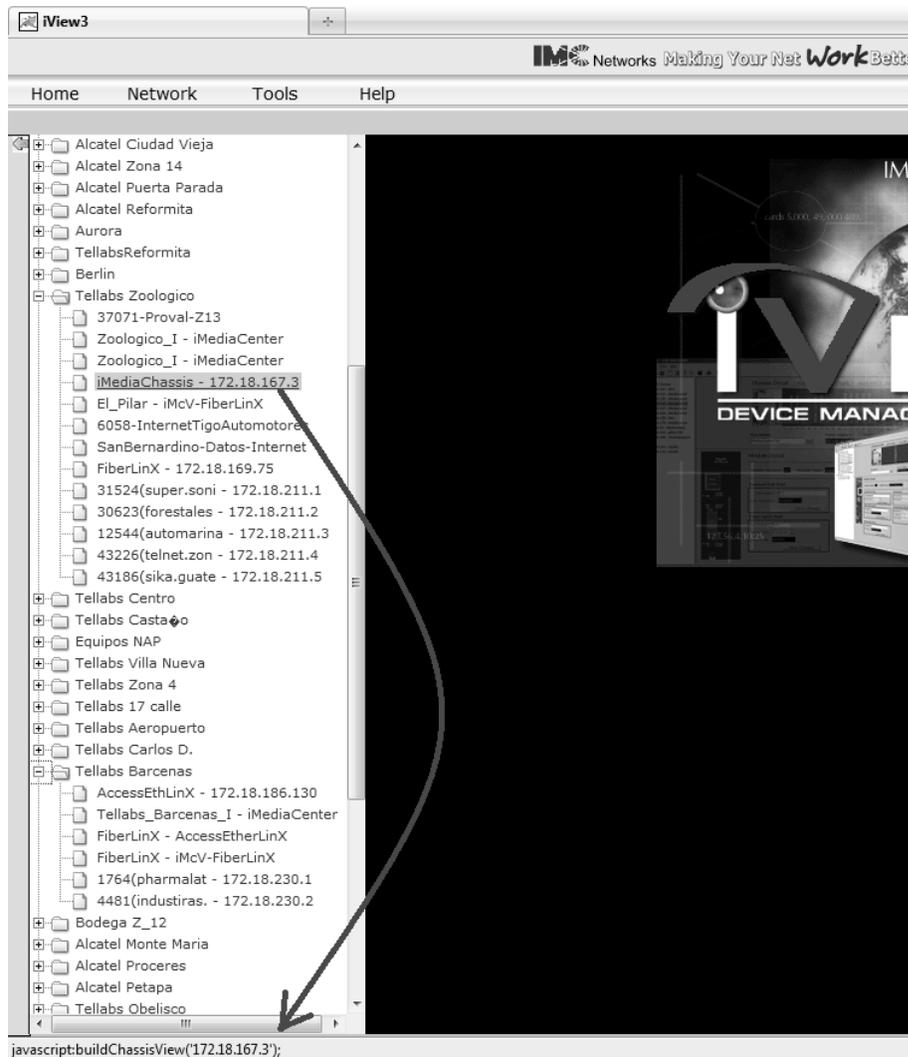
Figura 48. **Representación de una tarjeta de datos de equipo final *IMC***



Fuente: impresión de una tarjeta para datos de la plataforma *Iview* para *IMC*. (NAVEGA.COM Guatemala)

En la tarjeta del equipo final *IMC* se podría verificar si el puerto de datos está o no alarmado, de estarlo implicaría que la celda telefónica se ha apagado o desconectado. En esta ventana se puede modificar el ancho de banda de una forma muy sencilla, lo que permitiría ampliar los niveles de transferencia de datos, pero hay que tomar en cuenta que las limitaciones podrían estar configuradas en los equipos de transporte *SDH*.

Figura 49. Esquema de chasises *IMC* y sus equipos finales respectivos



Fuente: impresión de ventana principal de la plataforma *Iview* para *IMC*. (NAVEGA.COM Guatemala)

En la figura 49 se puede ver el esquema de la plataforma de gestión de los equipos *IMC*. Se observan los diferentes chasises representados como un árbol de carpetas pueden contener gestionados sus respectivos equipos finales, los cuales al presionar generan la imagen de la tarjeta del equipo mostrada en la figura 48, cuando ésta es de datos.

Además, al seleccionar un equipo final determinado, la dirección *IP* correspondiente a este equipo se genera en la parte inferior de la ventana como lo muestra la flecha en la figura 49. Esta dirección *IP* puede utilizarse para ingresar al equipo en forma de consola y para poder generar gráficas de tráfico de datos en la plataforma *Cacti* o en alguna otra plataforma de generación de gráficas en tiempo real.

Figura 50. Acceso a equipo *IMC* por medio de consola



```

c:\ Telnet 172.17.12.186
Command      Description
-----
ifstats      Display Port Statistics
rmstats      Display Port RMON Statistics
cleandb      Reboot With Clean Database
download     File Download
version      Show Firmware Version
vlan         Display And Change VLAN Settings
reboot       Reboot Unit
security     Configure Non-Standard Network Settings
accounts     Add or Delete Username/Password Accounts
unit         Display And Change Unit Settings
port         Display And Change Port Settings
bw           Display And Change Bandwidth Settings
dlsecure     Change Product: Downlinks should be secure
dl_open     Change Product: Downlinks should not be secure
bpdu        Forward/drop BPDU packets
sysdescr     Change System Descriptions

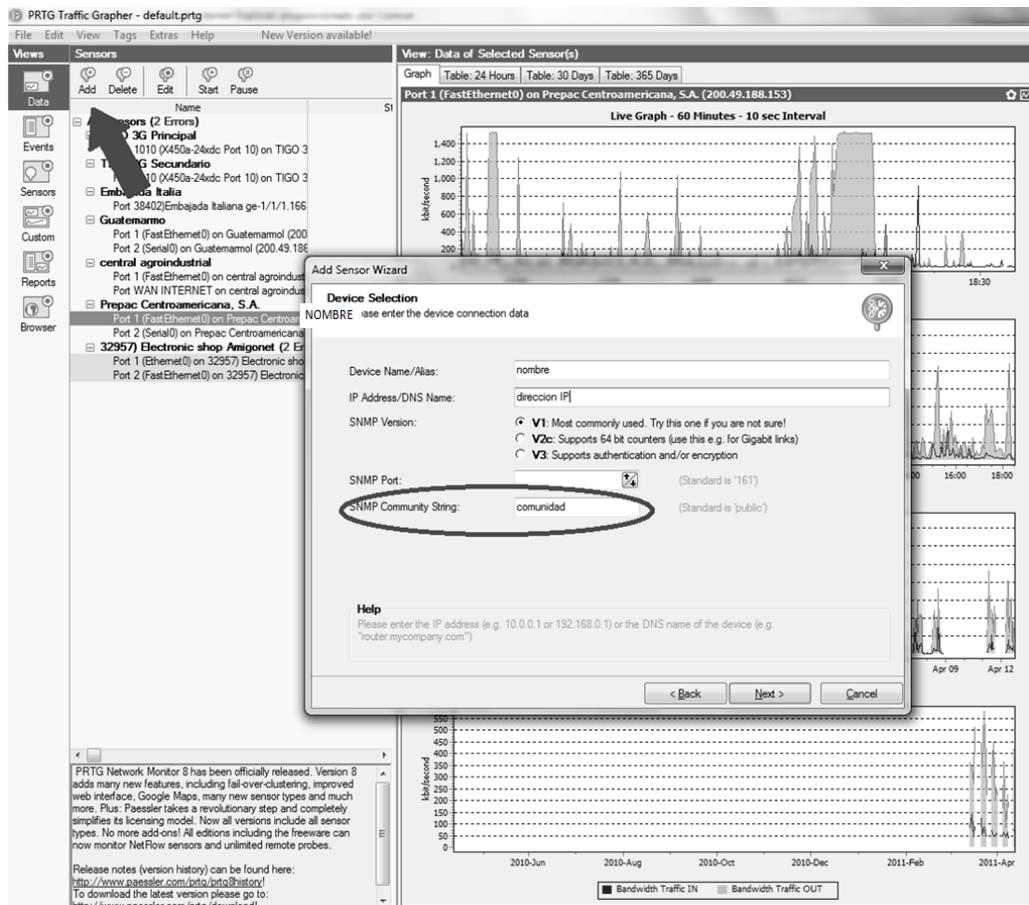
->_
Press RETURN To Go Back To Main Screen.
```

Fuente: impresión de ventana de consola. (NAVEGA.COM Guatemala)

3.4.2. Utilización de la plataforma *PRTG* para gráficas de tráfico

Otra plataforma que puede ser utilizada para la generación de gráficas en tiempo real es *PRTG*, que es un programa muy sencillo y fácil de conseguir y posee varias herramientas para la visualización de tráfico de datos.

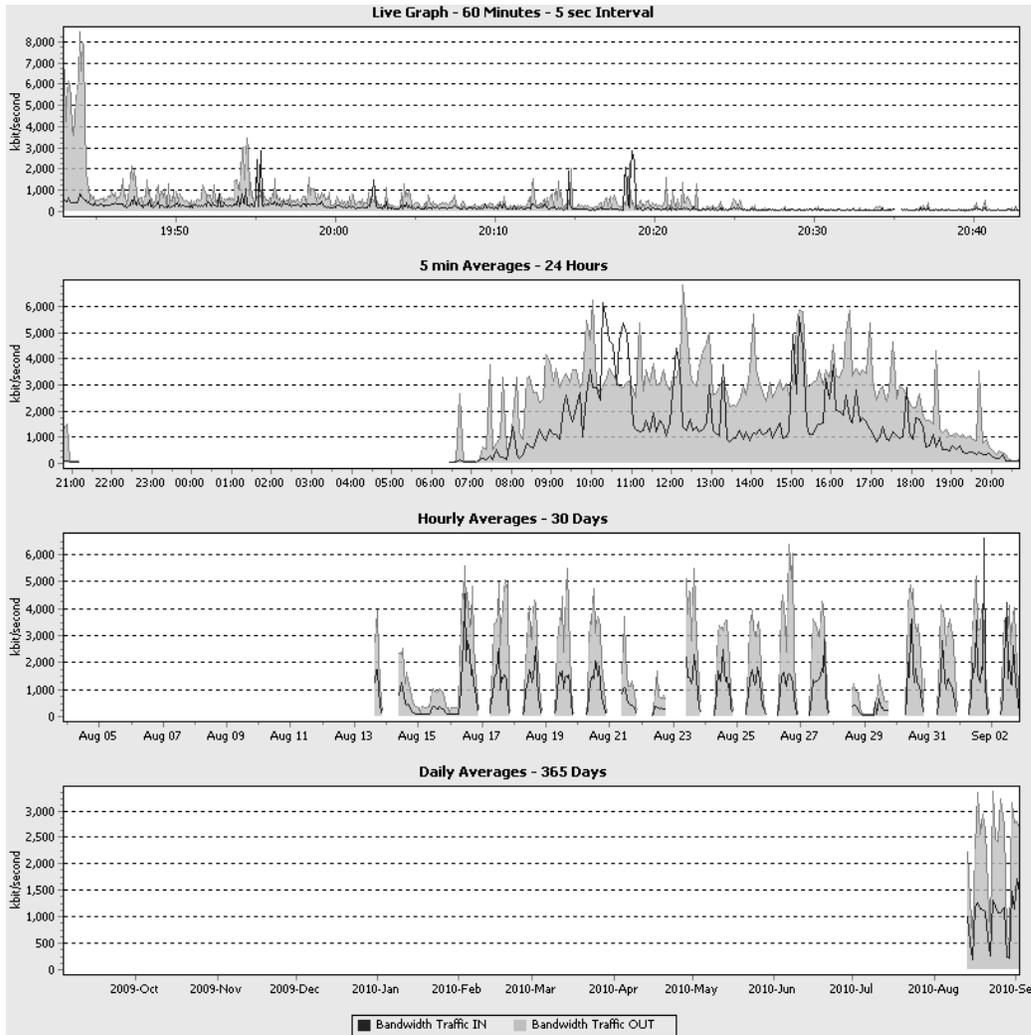
Figura 51. Plataforma **PRTG** para generación de gráficas de tráfico



Fuente: impresión de ventana de plataforma **PRTG**. (NAVEGA.COM Guatemala)

En la plataforma **PRTG** para generar gráficas de tráfico, se debe añadir un nuevo enlace e introducir la dirección **IP** correspondiente al equipo **IMC** de última milla, así como su comunidad para poder generar las gráficas. Al finalizar el procedimiento, automáticamente se empieza a generar cuatro gráficas que muestran el consumo del ancho de banda para determinado enlace, en horas, días, meses y años.

Figura 52. Gráficas de consumo de ancho de banda en distintos valores de tiempo



Fuente: impresión de ventana de consola. (NAVEGA.COM Guatemala)

4. APLICACIÓN

4.1. Monitoreo de celdas 3G y GSM

El cambio de tecnología para el transporte de datos de celdas telefónicas, no es algo que pueda o deba hacerse de un día para otro. De acuerdo a las tendencias de la informática y la necesidad de conexión y transmisión de información, la aplicación de direcciones *IP* a los dispositivos digitales de comunicación, llevan a que la transmisión inalámbrica sea más viable, lo cual implica un cambio de la red de telefonía móvil y en este caso el cambio a tecnología *IP* para las celdas telefónicas 3G, que es hasta ahora la tecnología más utilizada para envío de voz y datos. Además *GSM* continúa siendo utilizada en gran medida, por lo que también es aplicable a este caso.

Ya que la necesidad de envío de datos por medios telefónicos va en gran aumento, y que los fabricantes de teléfonos celulares amplían las funciones de estos dispositivos, la red de telefonía se ve obligada a poder transportar más información sin afectar la transmisión; de la mano con estos avances, crecen también los sistemas de transporte de gran capacidad, y recordando los equipos que se han mencionado, capaces de soportar anchos de banda elevados y su versatilidad para ser adaptados a equipos E1 y ser transformados en canales de datos y ya no de voz, se afirma entonces que es posible crear un nuevo sistema de transporte de voz y datos que facilitaría a cualquier usuario telefónico a realizar cambios de información de cualquier tipo.

En cuanto al monitoreo es lo más interesante, pues la forma que una red de datos es monitoreada, no difiere de una red E1 para canales de voz, transformados en canales *IP*, pues la gestión de los equipos corresponde a la misma que aquéllos propios de un enlace de datos de cualquier capacidad y la forma en que los equipos y enlaces son revisados no difieren, pues siempre se maneja lo que es transmisión *SDH* como al principio y conceptos de red y gestión *IP*, el procedimiento necesario será la migración de los equipos de cada enlace para celdas telefónicas.

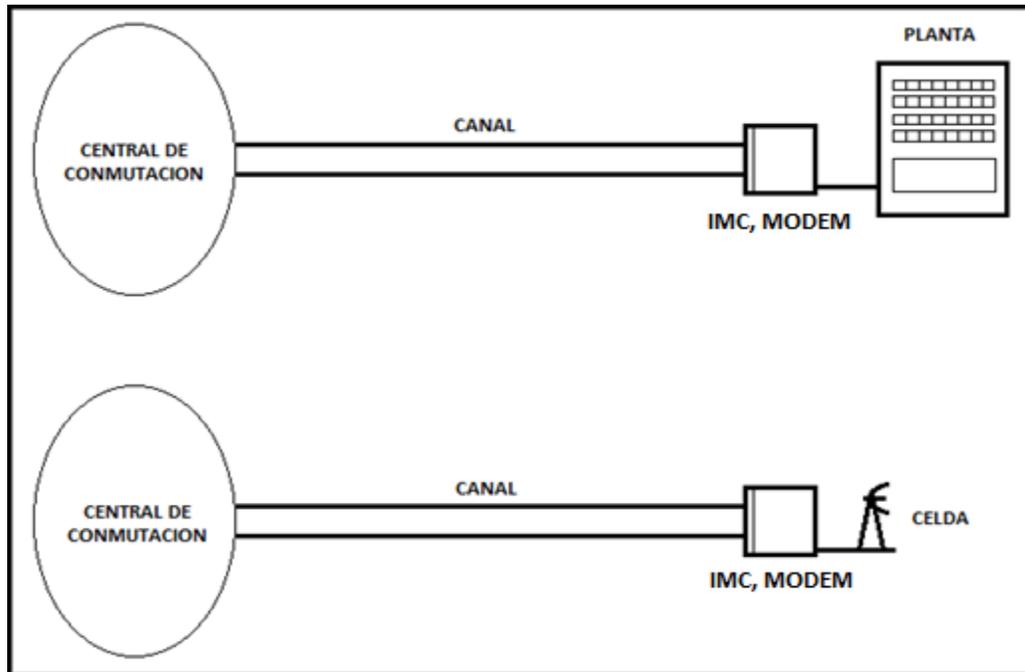
4.2. Implementación en telefonías fijas

Al igual que la aplicación de transporte *IP* para celdas telefónicas, los servicios de telefonía fija pueden ser adaptados de la misma forma. En principio, la base sobre la que crean circuitos de transmisión de voz para una telefonía fija es la misma que para una celda.

Ambos servicios necesitan de un canal de transmisión, el cual conduzca la voz multiplexada a la central de conmutación y *modem* con interface específica para conectarse al equipo.

- Un servicio de telefonía fija utiliza una planta telefónica, la cual posee un determinado rango de números para que sean asignados a cada línea telefónica que un usuario posea;
- Una celda telefónica utiliza su propio equipo de transmisión inalámbrica y multiplexora para la transmisión de datos a través del canal.

Figura 53. **Medio de transporte de datos para una celda telefónica. Puede ser utilizado también para una planta telefónica**



Fuente: elaboración propia

4.2.1. Telefonía fija *IP*

La aplicación de telefonía fija *IP* es posible también, y la forma de monitorear los circuitos de transporte es la misma, de hecho si los enlaces de transmisión de celdas telefónicas y plantas telefónicas se migran a tecnología *IP* tanto por parte del proveedor de telefonía como del proveedor de transporte, la única diferencia en gestión sería la descripción de cada enlace.

4.2.2. Implementación con tecnología *IMS*

El Subsistema Multimedia *IP* (o *IP Multimedia Subsystem*) forma parte del núcleo de la arquitectura de las redes de siguiente generación, estas redes son capaces de proporcionar servicios multimedia fijos y móviles. En lo relativo

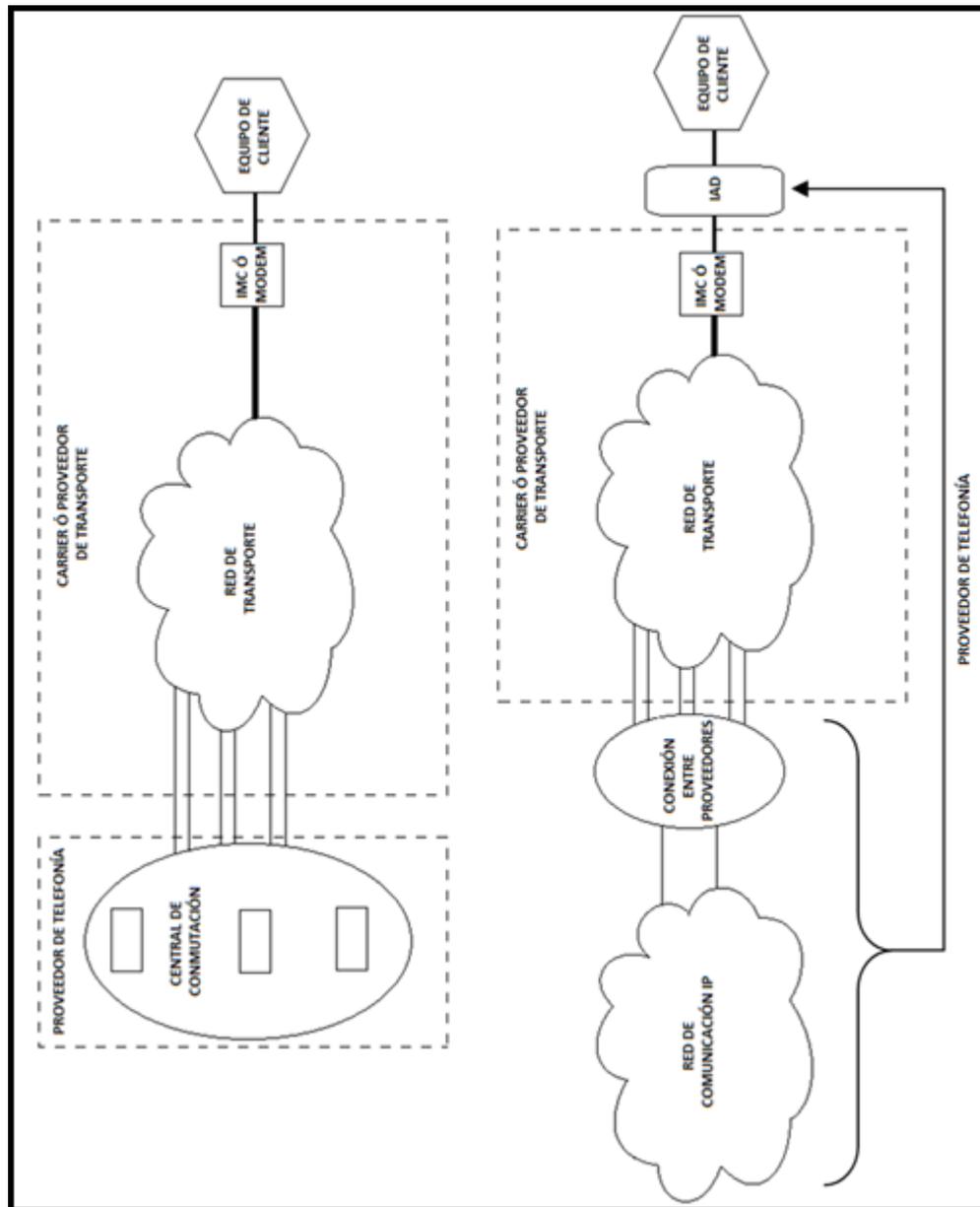
a telefonía, para establecer la comunicación de voz, emplean una variante de voz sobre *IP*, basada a su vez en una variante de *Session Initiation Protocol* que fue normalizada por el *3GPP*. Estas redes pueden establecer llamadas con la Red Telefónica Conmutada actual, tanto si es de conmutación de circuitos como de conmutación de paquetes.

IMS no solamente sirve para proporcionar nuevos servicios, lo que realmente pretende es servir para todo tipo de servicios, tanto actuales como futuros, que se puedan prestar por Internet. *IMS* permitirá que los operadores de *ISP* puedan controlar y facturar cada uno de los servicios, y cuando los usuarios se desplacen, puedan utilizar todos los servicios que disponen cuando están en ubicaciones fijas.

Para conseguirlo utiliza protocolos estándar, de modo que una sesión multimedia entre dos usuarios *IMS*, un usuario *IMS* y otro que esté en Internet, o entre dos usuarios que estén en internet se efectúa usando los mismos protocolos. Además, los que desarrollen aplicaciones o servicios, también lo harán sobre el protocolo *IP*. De este modo *IMS* realmente hace que el mundo *IP* de Internet converja con la telefonía móvil celular; porque emplea dos técnicas de acceso a radio.

Para la implementación de esta tecnología se utiliza un dispositivo de acceso integrado *IAD*, que es un equipo de interconexión a una red amplia de comunicación.

Figura 54. Implementación IMS. Hace que la voz sea transmitida en forma de paquetes a través de redes IP, no por una central de conmutación



Fuente: elaboración propia

4.3. Aplicación para televisión *IP* y otros servicios

La capacidad de crear canales de transmisión para nuevas tecnologías de comunicación *IP*, permite a la telefonía móvil así como a la telefonía fija transmitir datos de cualquier tipo, no sólo voz sino texto, audio y video. Esto hace pensar que las señales analógicas convertidas a señales digitales pueden ser transmitidas por un medio con la capacidad adecuada para soportar el tamaño en *bits* de la información, sin importar de qué tipo sea, es así como surge la idea de la transmisión de televisión *IP*.

La televisión sobre el protocolo *IP*, ha sido desarrollada basándose en el *video-streaming*. Esta tecnología evolucionará en un futuro próximo, la televisión actual, aunque para ello son necesarias unas redes mucho más rápidas que las actuales, para poder garantizar la calidad en el servicio. A diferencia de la situación actual, el proveedor no emitirá sus contenidos esperando que el espectador se conecte, sino que los contenidos llegarán solo cuando el cliente los solicite. La clave está en la personalización del contenido para cada cliente de manera individual. Esto permite el desarrollo del *Pay per view* o pago por evento o el video bajo demanda.

El usuario dispondrá de un aparato receptor conectado a su ordenador o a su televisión y a través de una guía podrá seleccionar los contenidos que desea ver o descargar para almacenar en el receptor y de esta manera poder visualizarlos tantas veces como desee.

Entonces, conforme la tecnología en teléfonos celulares avanza, podemos imaginar teléfonos con televisión integrada que puedan tener acceso a servidores de televisión en cualquier momento, donde se cuente con la cobertura necesaria. Así mismo ya sea en dispositivos móviles o fijos el usuario

podría tener una cantidad ilimitada de opciones para la comunicación, transferencia y adquisición de información de forma gráfica y sencilla.

Las ventajas que estas implementaciones podrían ocasionar serían, por ejemplo, enterarse las noticias en cualquier momento ya que no depende del tiempo en el que una noticia se transmite, pues la información puede quedar guardada en un servidor; pago de servicios a través de dispositivos *IP*, compra de artículos por medio de la TV o teléfono celular. Transmisión de video vigilancia, control remoto de dispositivos electrónicos, control de sistemas de seguridad de una casa o empresa, etc.

Para que la *IPTV* pueda desarrollarse de una manera completa, es necesario aumentar la velocidad de las conexiones actuales. Podemos diferenciar dos tipos de canal: de definición estándar *SDTV* o de alta definición *HDTV*. Para un canal del primer tipo sería necesario tener una conexión de 1,5 Mbps y para un canal del segundo tipo 8 Mbps, si tenemos varios canales distintos en forma simultánea (por tener varios receptores de televisión por ejemplo) necesitaremos más ancho de banda, a este ancho de banda hay que sumar el necesario para la conexión a internet. Se está hablando de 4,5 Mbps para tres canales de *SDTV* u 11 Mbps para un canal *HDTV* y dos *SDTV*. Estos cálculos son usando *MPEG-4* para la compresión/codificación del vídeo.

La capacidad de transmitir señales de TV *IP* dependen básicamente de la capacidad de la red de transmisión, actualmente las redes *SDH* en Guatemala cuentan con capacidades *STM-1* hasta *STM-64* y más, por lo que no presenta un gran inconveniente; en cuanto a los equipos de última milla para telefonías fijas a nivel *IP*, los cuales pueden ser *IMC's*, la capacidad de transmisión de éstos puede ser de hasta 50 Mb. más que suficiente para un solo usuario que cuente con servicio de telefonía, internet y TV *IP*.

CONCLUSIONES

1. Con la implementación de tecnología *IP* a los circuitos *TDM*; el monitoreo y control de la red de transporte se realizaría siempre con base a las plataformas *SDH*, mientras que las últimas millas se realizaría con plataformas *IP*.
2. La migración de enlaces de comunicación de celdas telefónicas, implica el cambio obligatorio a tecnología de fibra óptica, debido a la implementación de equipos convertidores de medio.
3. Las gráficas de consumo de ancho de banda generadas para enlaces de comunicación de celdas telefónicas, funcionan como una herramienta de diagnóstico para determinar la causa de errores en la transmisión y como índice de control para la creación de estadística de utilización de servicios en determinadas zonas geográficas.
4. Un gestor general permite que el monitoreo de últimas millas y de red en general se realice por separado, segmentando así las ubicaciones de posibles fallas de comunicación.
5. La modificación de enlaces *TDM* con tecnología *IP*, permiten a largo plazo el soporte de transmisión de datos de cualquier tipo y de cualquier fuente sin que la red de transporte necesite cambios significativos.

RECOMENDACIONES

1. Optimizar los enlaces de transmisión de celdas, asegurando que posean rutas de protección eficientes como rutas anilladas, para así garantizar que el tráfico de datos de una celda esté en la medida de lo posible, todo el tiempo.
2. Utilizar un gestor de equipos convertidores de medio, como plataforma de monitoreo exclusivo para circuitos de última milla, para así determinar más rápido la ubicación de alguna posible falla de comunicación.
3. Utilizar un gestor dedicado a enlaces de celdas telefónicas y otro para enlaces de telefonías fijas, para un mayor control y orden de los enlaces de telefonía
4. Utilizar las herramientas de la plataforma *Cacti* de generación de gráficas de consumo, tasa de errores, nivel de señal, etc., para la realización y análisis de estadísticas que sirvan como medidor del desempeño de los enlaces de celdas en un período de tiempo determinado.
5. Continuar con el desarrollo y ampliación de las redes de transmisión *SDH* por medio de tecnología *IP* tomando como referencia el crecimiento de *IMS* para la convergencia de distintos medios de comunicación.

BIBLIOGRAFÍA

1. CONTRERAS F. Claudia C. *Análisis de Sensibilidad de una Red Telefónica Utilizando una Interface Inteligente*. Trabajo de graduación. EIME. USAC, Guatemala, 1997. 94 p.
2. HAYKIN, Simon. *Sistemas de Comunicación*. Nagore, Gabriel (trad.); Rodríguez, Francisco (rev.). México: Noriega Limusa, 2002. 816 p. ISBN: 968-18-6307-0.
3. ITC REGIONAL SEMINAR. *Teletraffic Challenges for Developing Countries*. Telebrás, 1993. 189 p.
4. NAVEGA.COM. *Procedimientos de verificación de transmisión*. 1ra. Rev. Documento de instrucción. Departamento NOC. Guatemala, noviembre 2 009.
5. SAYDAM, Tuncay. *From Networks and Network Management Into Service and Service Management*. Magendanz, Thomas (rev.). Vol. 4. U.S.A.: Plenum, 1996. p. 345 – 400. ISBN: 0-470-01575-6