

# **UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**Facultad de Ciencias de la Administración  
Escuela de Ingeniería de Sistemas**

**Monografía Previa la  
obtención del título de  
Ingeniero de Sistemas**

**TEMA:**

Fundamentos teóricos de las tecnologías de transporte  
PDH(Jerarquia Digital Plesiocrona) y SDH (Jerarquía Digital Síncrona)

**AUTOR:**

Walter Ortiz Alvarez

**Cuenca, 2004**

## **RESPONSABILIDAD**

Las ideas y opiniones vertidas en la presente son de exclusiva  
responsabilidad de su autor

Walter Ortiz Alvarez

## DEDICATORIA

*Dedico esta monografía a mis padres quienes con su ejemplo de constancia y sacrificio, me han enseñado que todo lo que se gana con esfuerzo y trabajo es mucho más satisfactorio, de igual manera a mi esposa y mi hijo quienes han sabido soportar cada una de las adversidades que me a conllevado llegar hasta la culminación total de mi carrera.*

*Gracias por su paciencia y apoyo.*

## AGRADECIMIENTO

*Principalmente agradezco a Dios quien me guía e ilumine cada día.  
A mi familia, por ayudarme a lo largo de toda mi carrera, por estar  
siempre en los momentos en que más los necesitaba.*

*Mi Madre: Livia Alvarez*

*Padre: Luis Ortiz*

*Hermano: Jhoffre Ortiz A.*

*Mi esposa: Ma. Isabel Calle*

*Mi hijo: Josué Sebastián Ortiz Calle*

*A cada uno de mis profesores que con sus enseñanzas y constancia  
supieron inculcarme cada uno de sus conocimientos para que de esta  
manera se pueda llegar hasta estas instancias.*

*A todos y cada uno de ellos miles de gracias.*

# INDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
INDICE	III

## CAPITULO I

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE PDH

1.1. Introducción a PDH	1
1.2. Jerarquías de Multiplexación(Europea y Americana)	1
1.3. Orden Jerárquico	3
1.3.2. Composición de las tramas	4
1.3.1.1. Trama digital de 2048 kb/s.	4
1.3.1.2. Trama digital de 8448 kb/s.	6
1.4. Señalización del canal telefónico.	7
1.5. Bit de Alarma y Señalización	8
1.6. Equipos multiplexores.	

## CAPITULO II

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE SDH

2.1 Origen DE SDH	11
2.2 Conceptos básicos	12
2.3 El módulo de transporte síncrono	13

2.4 La estructura de multiplexación SDH	18
2.5 La trama STM-1	22
2.6 Estructura del contenedor	27
2.7 Funciones de un sistema de transmisión síncrona	29
2.8 Esquemas de protección	32
2.9 Estructura de alto orden	41
2.9.1 Ejercicios con el uso de los contenedores	42

### **CAPITULO III**

#### **COMPARACIONES DE PDH, SDH Y APLICACIONES HECHAS EN EL ECUADOR CON ESTAS TECNOLOGÍAS**

3.1. Comparación de las ventajas y desventajas de PDH y SDH	46
3.2. Empresas que utilizan estas tecnologías en el Ecuador	47

### **CAPITULO IV**

4.1 Conclusiones	49
4.2 Recomendaciones	50
BIBLIOGRAFÍA	51

# CAPITULO I

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE PDH

### 1.1. Introducción a PDH

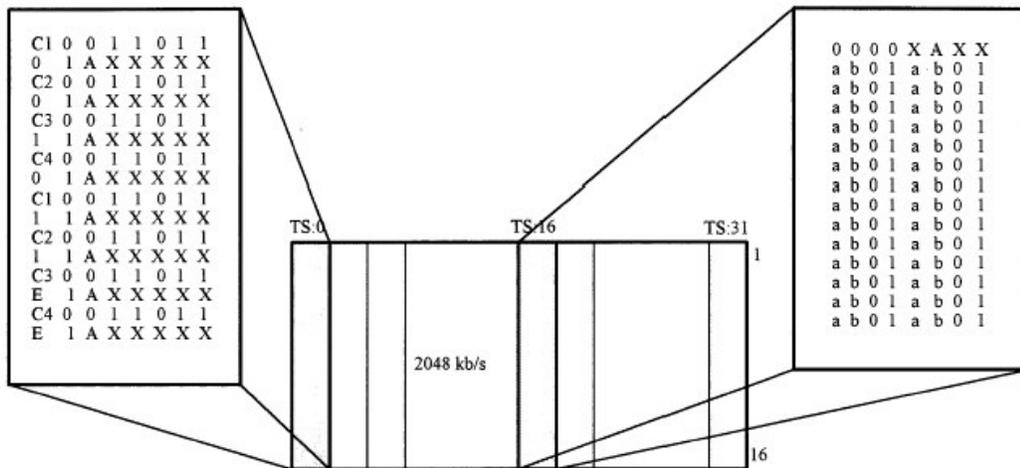
A PDH (**Jerarquía Digital Plesiocrona**) lo define como un conjunto de sistemas de transmisión que utiliza dos pares de alambres y un técnica de multicanalización por división de tiempo (TDM) para intercalar múltiples canales de voz y datos digitales.

El termino Plesiocrono significa el uso de dos relojes que están cercanos el uno del otro en un tiempo, pero no exactamente el mismo.

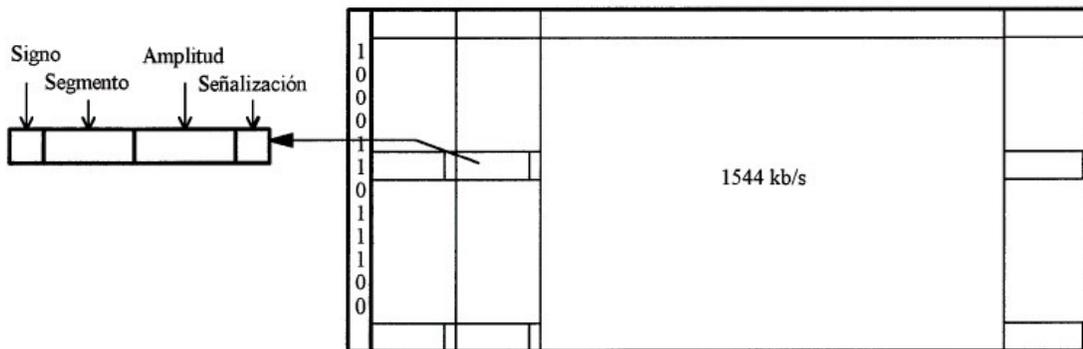
### 1.2. Jerarquías de Multiplexación (Europea y Americana)

Para la transmisión de señales digitales se recurre a la multiplexación con el fin de agrupar varios canales en un mismo vínculo. Si bien la velocidad básica usada en las redes digital se encuentra estandarizada en 64 kb/s, las velocidades de los órdenes de multiplexación en cambio forman varias jerarquías de las cuales las estandarizadas son las siguientes:

- **La jerarquía europea**, la cual se usa en toda Latinoamérica, agrupa 30+2 canales de 64 kb/s para obtener 2.048 kb/s. Luego, por multiplexado de 4 tributarios sucesivamente, se obtiene las velocidades de 8.448 kb/s; 34.368 kb/s y 139.264 kb/s lo podemos ver en el grafico número 1.



- **La jerarquía norteamericana** agrupa en cambio 24 canales a una velocidad de 1.544 kb/s. Posteriormente genera 2 ordenes superiores (x4) a 6.312 kb/s y (x7) a 44.736 kb/s.



Las velocidades de cada orden es levemente superior al producto de la velocidad de tributario por el número de entradas, debido al agregado a la información adicional que este tiene que agregar como es el (*OverHead*). A las jerarquías mencionadas se las denomina **Plesiócronicas PDH** porque el reloj usado en cada nivel de multiplexación es independiente de los otros niveles.

La jerarquía de 1544 y 2048 kb/s se diferencian tanto en la codificación como en la trama. La norma de facto de 24 canales que da origen a 1544 kb/s se deriva del hecho que la Bell Labs (1960) pretendió mantener la compatibilidad con el sistema de 24 canales FDM. El origen de los 24 canales FDM se remonta al momento que se disponía de un tubo de vacío con un ancho de banda de 96 kHz (equivalente a 24 canales de 4 kHz de ancho de banda). En su lugar Europa, algunos años más tarde (1965), cambió la codificación e incorporó la velocidad de 2048 kb/s para adoptar una potencia de 2.

### 1.3. Orden Jerárquico

El primer orden jerárquico se multiplexa sucesivamente para obtener mayores velocidades y una multiplicación de la capacidad. La jerarquía plesiócrona correspondiente a 2048 kb/s multiplexa en pasos de 4 entradas (**tributarios** de nivel inferior) para obtener la jerarquía superior.

Al hablar de una jerarquía superior esta hace referencia a multiplicar 4 tributarios de un nivel anterior.

En el gráfico número 1 lo ilustraremos más adecuadamente.

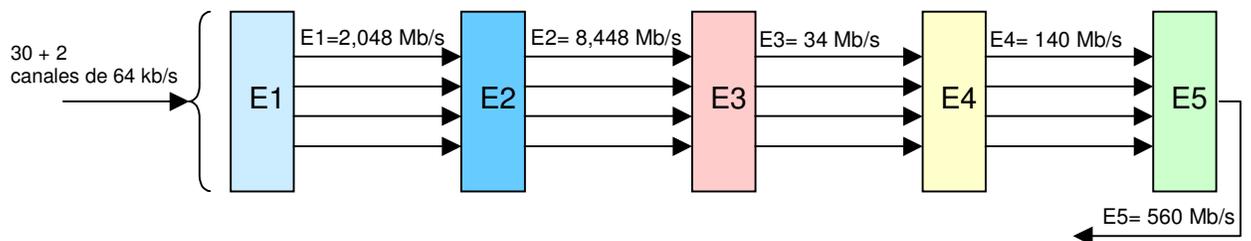


Gráfico número 1

## CARACTERÍSTICAS DE LA JERARQUÍA DIGITAL PLESIÓCRONA.

Jerarquía Europea		Velocidad	Canales
Primera	E1	2.048 kb/s	30
Segunda	E2	8.448 kb/s	120
Tercera	E3	34.368 kb/s	480
Cuarta	E4	139.268 kb/s	1920
Quinta	E5	564.992 kb/s	7680

### Jerarquía USA

Primera	DS1	1.544 kb/s	24
Segunda	DS2	6.312 kb/s	96
Tercera	DS3	44.736 kb/s	674

### 1.3.1. Composición de las tramas

#### 1.3.1.1. Trama digital de 2048 kb/s.

La organización temporal de los canales digitales se realiza mediante la Multitrama **MFR** (*MultiFrame*) consistente en 16 Tramas **FR** (*Frame*) numeradas desde fila 0 a 15. Cada trama tiene 32 columnas o Intervalos de Tiempo **TS** (*Time Slot*), numerados de 0 a 31. Cada intervalo de tiempo lleva un **Octeto** o **Byte** de un canal de 64 kb/s. En lo que respecta a los tiempos la trama tiene una duración de 125  $\mu$ seg, correspondiente al período de muestreo de una señal telefónica (8 kHz). Cada uno de los 32 intervalos de tiempo dura entonces 3,9  $\mu$ seg y cada bit tiene una duración de 488 nseg. Una multitrama ocupa un tiempo de 2 mseg .

El intervalo de tiempo TS:0 se utiliza para enviar el **alineamiento** de trama e información de supervisión del enlace. El intervalo de tiempo TS:16 se usa para **Señalización Asociada al Canal**. Los intervalos TS:1 a TS:15 y TS:17 a TS:31 llevan los canales de telefonía digital o datos a 64 kb/s. El conjunto de 32 canales (intervalos de tiempo) de 64 kb/s constituyen los 2048 kb/s lo podemos observar de mejor manera en el gráfico número 2 que se ilustra a continuación.

## COMPOSICIÓN DE LA TRAMA E1

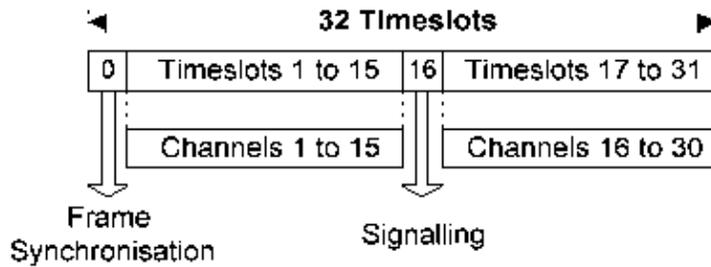
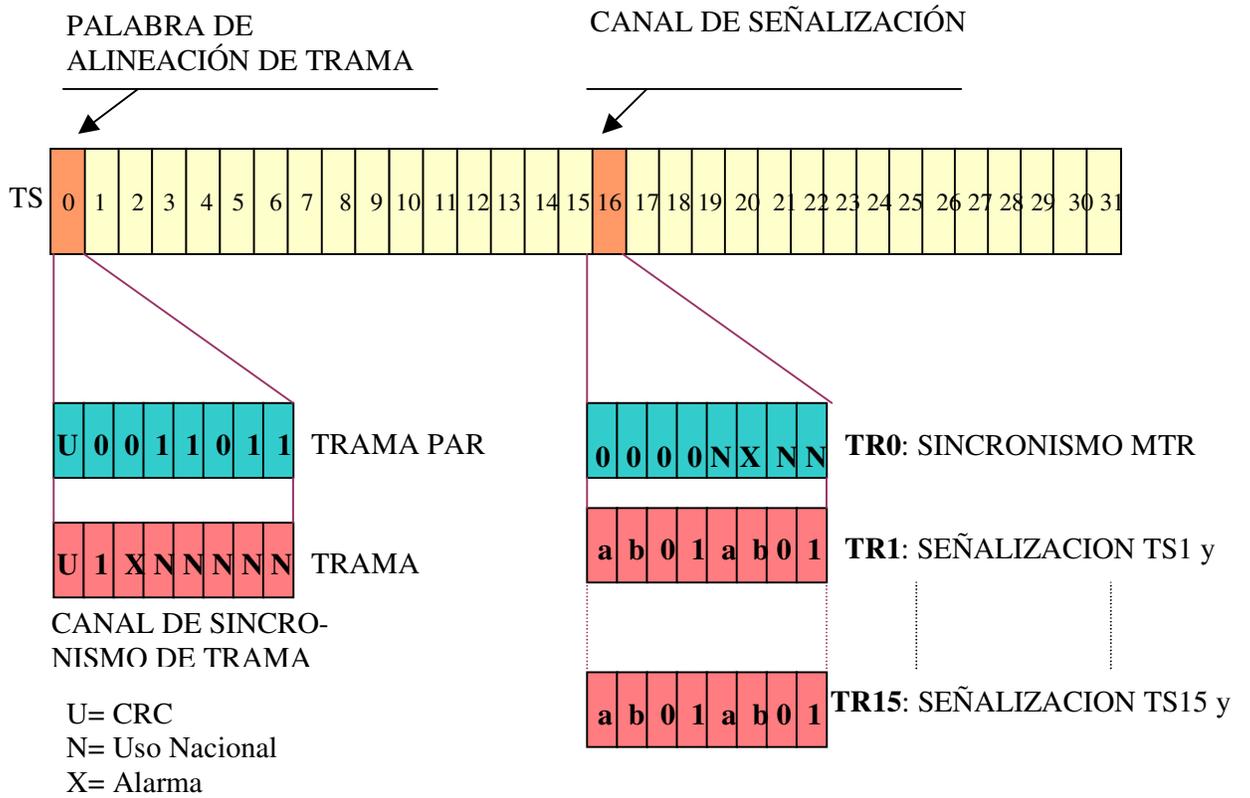


Gráfico número 2

### 1.3.1.2. Trama digital de 8448 kb/s.

Al multiplexor de segundo orden ingresan 4 tributarios de 2048 kb/s cada uno, cuya velocidad tiene una tolerancia de  $\pm 50$  ppm (equivalente a  $\pm 102,4$  b/s). La trama consiste en 848 bit/trama y se encuentra dividida en 4 subtramas de 212 bit; cada una se divide en 53 grupos de 4 bits como se pudo ver en el grafico número 1, la división de este. Al inicio de la trama se tiene un encabezado (*overhead*) con información de alineamiento de trama, alarma, bits de justificación positiva (*Stuffing*) y bits de control de justificación.

La **justificación positiva** permite entrelazar 4 entradas denominadas tributarios de distinta velocidad dentro de la tolerancia de 50 ppm.

La **palabra de alineamiento de trama** consiste de 10 bits (1111 0100 00AN) y permite el sincronismo del receptor. La pérdida de alineamiento de trama LOF se produce cuando se detectan con error 4 palabras consecutivas. Para la recuperación del alineamiento se deben leer correctamente 3 palabras consecutivas. Mientras dura la falta de alineamiento, la señal de los tributarios se reemplaza por una señal de indicación de alarma **AIS** consistente en una secuencia de bits 1.

**El bit N** de la palabra de alineamiento se encuentra reservado para uso nacional (si no se usa se coloca un bit 1);

**El bit A** Es el bit oficial de alarma distante al terminal remoto durante el tiempo de falta de alineamiento de la trama (A=1 para alarma y A=0 en estado normal). Los datos provenientes de los tributarios se entrelazan por bits en la zona denominada **carga útil** de la trama. Se observa que el proceso de multiplexación es transparente a la organización de la trama del orden jerárquico inferior. Es decir, la información del tributario de entrada solo debe cumplir con los requisitos de velocidad, nivel y código; sin importar la organización interna de los datos.

La velocidad de los tributarios de entrada es de 2048 kb/s como valor nominal y con tolerancia de  $\pm 50$  ppm ( $\pm 102$  b/s). El entrelazado de 4

afluentes de entrada cuya velocidad puede no ser exactamente igual (funcionamiento plesiócrono) requiere entonces de la aplicación del proceso de **Justificación Positiva**. El mismo consiste en asignar a cada afluente una capacidad levemente superior a la real y rellenar el exceso con bits de justificación (*stuffing*) que se eliminan en el proceso de demultiplexación.

#### 1.4. Señalización del canal telefónico.

Existen dos formas genéricas de enviar la señalización de los canales de telefonía en el multiplexor de 2048 kb/s:

- Señalización por Canal Asociado CAS o R2-digital.
- Señalización por Canal Común CCS o SSNo7.

El tipo de señalización asociada al canal **CAS** consiste en asignar en la trama el intervalo de tiempo TS:16 para el envío de la señalización.

Se trata entonces en un canal de 64 kb/s cuya organización interna contiene una palabra de alineamiento de multitrama de 8 bits (0000 NANN) y 15 octetos de información. La palabra de alineamiento de multitrama (0000) permite definir una lógica de ganancia y pérdida del alineamiento. La Pérdida de Multitrama **LOMF** (*Loss of MultiFrame*) se obtiene con 2 lecturas consecutivas con error. La recuperación del alineamiento ocurre a la primer lectura correcta.

Los bits N se encuentran reservados para uso nacional. El bit A se utiliza para el envío hacia el terminal remoto de una alarma que indica la acción LOMF local.

Los datos de señalización de los 30 canales se ubican en 15 Bytes asignando 4 bits (abcd) por canal. Para impedir la simulación de la palabra de alineamiento de multitrama (0000) se determina un valor fijo a los últimos bits de todos los Bytes restantes (ab01).

Para la señalización por canal común **CCS** se ha definido (**ITU-T Serie Q**) el protocolo de diálogo entre procesadores de los centros de conmutación extremos **SS7**. Se trata entonces de un canal de 64 kb/s donde la

ubicación de la información de señalización no se encuentra previa y rígidamente asignada.

Consiste en un protocolo de comunicación definido en 4 capas de acuerdo con el modelo de interconexión de sistemas abiertos de ISO.

### 1.5. Bit de Alarma y Señalización

Existen las siguientes alarmas generales:

- Pérdida de señal **LOS** (*Loss of Signal*);
- Pérdida de alineamiento de trama **LOF** (*Loss of Frame*) y multitrama **LOMF**; Alarma de tasa de error BER sobre la base de la paridad CRC-4 y Señal de indicación de alarma AIS.
- La pérdida de sincronismo LOF puede declararse mediante la lógica de detección de palabra de alineamiento o mediante el control CRC. Cuando un canal se encuentra cortado la información se reemplaza por la denominada **Señal de Indicación de Alarma AIS**. Esta señal consiste en una secuencia continua de bits 1 y permite tanto mantener la continuidad de datos como una señalización de corte.

El AIS se coloca en transmisión cuando el sistema carece de datos de usuario y en recepción cuando el enlace se encuentra cortado. El AIS se propaga entonces desde el punto de falla hacia adelante hasta el final de la red; indica que en algún punto de la misma se ha producido una falla a pesar que no identifica dicho punto. Un **sistema de telesupervisión** que permita la transmisión de alarmas a distancia informará sobre la causa de la falla.

Para reconocer una señal AIS se adoptan umbrales por exceso. Por ejemplo, para un sistema de 8 Mb/s la cantidad de bits 1 en la trama (cuya longitud es de 848 bits) debe ser superior a 844; debido a que la palabra de alineamiento de trama tienen asignados 5 bits 0. En otras palabras, se entiende por AIS la señal que tiene menos de 5 bits 0 en cada trama.

## 1.6. Equipos multiplexores.

Según la primera jerarquía digital se han diseñado una gran variedad de equipos multiplexores. Se mencionan algunos de ellos a continuación:

- Los **multiplexores de 2048 kb/s**, existen dos la versión central y abonado:

- En la **versión central** se unen centros de conmutación con señalización CAS o CCS. Para redes digitalizadas totalmente la señalización será CCS. En las centrales de conmutación digitales la operación de multiplexación se



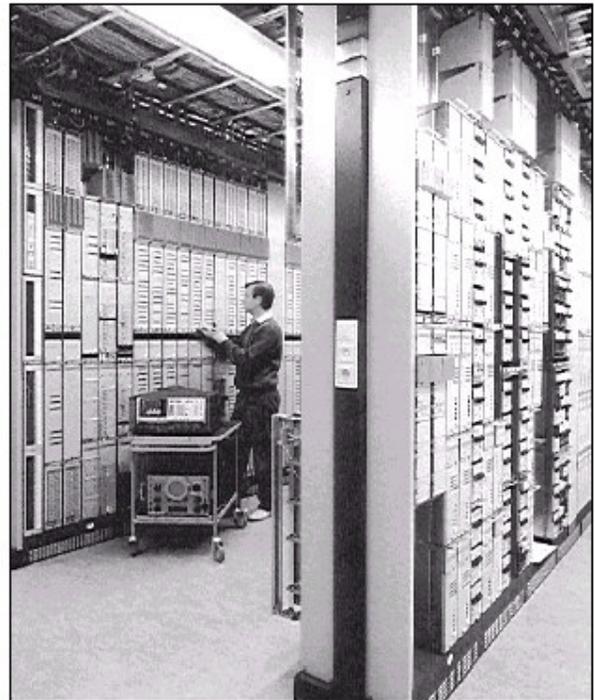
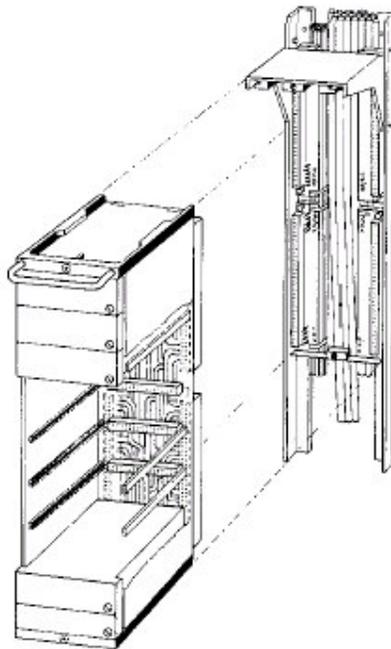
encuentra integrada a la conmutación temporal y por ello no se distingue un equipo multiplexor en forma individual.

- En el **multiplexor para abonado** se une un centro de conmutación con un grupo de abonados. En este caso es necesario suministrar una serie de servicios adicionales mediante el canal de señalización. Las facilidades son (conocidas como *BORSCHT*): alimentación de batería, protección contra sobrevoltajes, corriente de llamada supervisión codificación, circuito híbrido y acceso de pruebas.

- Una variedad de equipos **multiplexores estadísticos** trabajan sobre la base de la velocidad de 2048 kb/s para asignar velocidades por canal telefónico menores a 64 kb/s (32/24/16 kb/s). Mediante el uso de la codificación Diferencial Adaptativa (ADPCM) y la Interpolación de la Palabra (eliminando los tiempos de silencio) se logra una multiplicación del número de canales hasta de 8 veces. Son usados para multiplicar circuitos en enlaces digitales satelitales y para formar redes Cross-

Connect a nivel **E1** (2 Mb/s) con **administración del ancho de banda** (asignación parcial de los bits disponibles en la trama).

- Un equipo de actividad transitoria es el **transmultiplexor**. Se lo utiliza para aprovechar los multiplexores analógicos existentes. Convierte un grupo secundario de 60 canales multiplexados en FDM que ocupa la banda de 312 a 552 kHz (4 kHz por canal) en dos tramas de 2048 kb/s.



**FOTO DE EQUIPOS MULTIPLEXORES PDH.** Normalmente los equipos multiplexores PDH se desarrollaron bajo la técnica de instalación *Slim-rack*. Estos tienen una dimensión de 120x2200 mm de ancho y alto. Actualmente dicha técnica se reemplazó por **ETSI N3** de 600x2000 mm. En la fotografía anterior se muestra una sala de equipos de la década 80.

## **CAPITULO II**

### **FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE SDH**

#### **2.1 Origen de SDH**

El Origen de esta tecnología se la realiza, diseñado para sobrellevar las deficiencias de compatibilidad de los sistemas de transmisión PDH en vista de que se necesitaba de un estandar ya que tanto SONET como el estándar norteamericano (Estados Unidos/Canadá) de transmisión de fibra óptica, mientras que SDH es el estándar europeo

El motivo principal para el desarrollo del sistema de transmisión sincrónico es para que los operadores puedan desplegar redes flexibles y resistentes. Ya que de esta manera el insertar y extraer canales puede ser realizada en un simple multiplexor.

La posibilidad de definir este conjunto de estándares ha sido usado para dirigir una buena cantidad de otros problemas. Por ejemplo, la necesidad de definir interfaces estándar entre equipamientos de diferentes fabricantes y la necesidad de facilitar interconexión de redes entre jerarquías de transmisión de Norte América y de Europa.

Este estándar culminó en 1989 en las recomendaciones de la ITU-T G.707, G.708, y G.709 que definen la Jerarquía Digital Síncrona. En Norte América, ANSI publicó su estándar **SONET**, el cual es conocido a lo largo del resto del mundo como estándar **SDH**.

La **ITU-T** definen un número de tasas básicas de transmisión que se pueden emplear en **SDH**. La primera de estas tasas es 155.52 Mbps, normalmente referidas como un **STM-1** (Módulo de Transporte Síncrono). Mayores tasas de transmisión como el **STM-4**, el **STM-16**, y el **STM-64** (622.08 Mbps, 2488.32 Mbps y 9953.28 Mbps respectivamente) están también definidas.

Las recomendaciones también definen una estructura de multiplexación donde una señal **STM-1** puede portar un número de señales de menor tasa de transmisión formando parte de su carga útil. Las señales existentes como **PDH** pueden ser portadas sobre la red **SDH** como carga útil.

El nuevo estándar síncrono presentaba una serie de ventajas que lo hacían óptimo con respecto al anterior estándar pleusíncrono se lo muestra en los gráficos número 3 y 4.

## **2.2. Conceptos Básicos**

SDH es un protocolo de transporte (la primera capa en el modelo OSI) basado en la existencia de una referencia temporal común (Reloj primario), que multiplexa diferentes señales dentro de una jerarquía común flexible, y gestiona su transmisión de forma eficiente a través de fibra óptica.

Una red de transporte puede ser vista como los enlaces y equipos asociados que habilitan tráfico para ser portado entre dos clientes o nodos en una red.

Los componentes de red son equipos localizados en cada nodo de la red de transporte **SDH** , los cuales realizan funciones sobre el tráfico tales como multiplexión o routing.

Una (TU) unidad tributaria es un flujo de tráfico el cual es combinado con otros flujos tributarias mediante la función de multiplexación para dar lugar a un menor número de flujos de tráfico salientes.

Las unidades tributarias de un elemento de red **SDH** son los interfaces de tráfico en la red **SDH**. Estos elementos de red soportan diferentes tipos de tributarias no **SDH** permitiendo el transporte eficiente de tráficos de diverso origen. Por ejemplo en capas inferiores o de acceso a la red, un

elemento de red puede aceptar alguno de los siguientes tráficos tributarias para portarlos directamente en su estructura de trama:

- Interfaces de tráfico **PDH**, tales como 2 Mbps, 34 Mbps, y 140 Mbps.
- Interfaces de voz analógicos.
- Interfaces Ethernet que toman datos IP o datos provenientes de LAN.
- Interfaces RDSI/ADSL

### **2.3. El módulo de transporte síncrono**

A continuación mostraremos información que es empaquetada en un módulo de transporte síncrono de modo que esta pueda ser transportada y gestionado a través de la red.

El Contenedor Virtual es el componente básico de una señal **SDH**. Éste está formado por los bits de información de una señal **PDH** la cual será empaquetada dentro del contenedor. Existen varios tipos de contenedores, cada uno de los cuales corresponde con una señal **PDH** de diferente tasa de transmisión.

En cada Contenedor Virtual se tiene algún tipo de control sobre la información asociada a él. Esta información es generada en el nodo originario de la ruta y es terminada en el nodo final del camino. Esta información permite al operador etiquetar el tráfico así como trazar la señal a través de la red (envío de trazas) e identificarla para propósitos de protecciones y monitorización de cuentas de errores.

El Contenedor Virtual se refiere al conjunto de un contenedor más su cabecera de ruta asociada(Path Overhead). Volviendo a la analogía con una tubería, el contenedor virtual puede ser visto como el paquete de tráfico PDH el cual es portado a través de la tubería SDH.

Hay diferentes tipos de **contenedores virtuales** (VC). Un **VC-12** es construido de un contenedor **C-12**, el cual contiene una señal PDH de 2

Mbps. Un **VC-3** porta un contenedor **C-3** que contiene una señal PDH de 34 Mbps y un **VC-4** porta una señal PDH de 140 Mbps en un contenedor **C-4**. Un contenedor virtual puede contener otros contenedores virtuales, proceso que denotamos como anidamiento. Por ejemplo un **VC-4** puede ser conformado con 63 VC-12's. Esto simplifica el transporte y gestión de estas señales a través de la red.

Lo podemos distinguir de mejor manera en el grafico número. 3



El módulo de transporte síncrono: Una señal es introducida en un contenedor virtual. El contenedor virtual es portado sobre la red junto a algunos otros contenedores ubicados en un módulo de transporte síncrono o **STM** (Synchronous Transport Module).

El contenedor virtual está ubicado en el área de carga útil del **STM** (Payload Área). Volviendo atrás en la analogía inicial, los STM's pueden ser vistos como tuberías con las cuales se confecciona la red y el contenedor virtual como los paquetes que son portados a través de las tuberías.

La unidad básica de **SDH** es la estructura **STM-1**. Cuatro marcos **STM-1** son concatenados o multiplexados para dar un STM-4 el cual tiene una mayor tasa de transmisión. **STM -16** y **STM-64** ofrecen mayores tasas de transmisión y soportan un mayor numero de señales en su área de carga útil. Así, los **STM-4**, **STM-16** y **STM-64** pueden ser vistos como tuberías más gruesas.

En la Cabecera de Sección (**Section Overhead**): Los bytes de información son añadidos a la estructura **STM** provisionando un canal de comunicación entre nodos adyacentes habilitando el control de la transmisión sobre el enlace. Esto permite a los dos nodos **hablen** con el otro cuando aparece un evento de fallo en la sección, como por ejemplo, cuando ocurre una conmutación de protección.

Un camino o ruta es el término usado para referirnos a un circuito punto a punto para el tráfico, es decir, ésta es la trayectoria seguida por un contenedor virtual a través de la red. Una sección es definida como el enlace de transporte entre dos nodos adyacentes. Un camino está compuesto por un número concreto de secciones.

Volviendo a la analogía inicial de una tubería, la sección puede ser vista como la longitud de una tubería entre dos nodos de red y el camino como la ruta que toma los contenedores virtuales sobre esas secciones de tuberías.

El tráfico de los usuarios finales será transportado en contenedores virtuales por un determinado camino, sobre varias secciones. De hecho, caminos y secciones son diferentes capas de la red de transporte.

Un **STM** está dedicado a una única sección, de ahí que la cabecera de sección sea procesada en cada nodo y un nuevo **STM** con nuevas cabeceras es construido para la siguiente sección. El contenedor virtual, por el contrario, sigue un camino sobre diversas secciones, de modo que la cabecera de camino permanece con el contenedor de extremo a extremo del camino.

En contexto lo expuesto hasta ahora es que, la información entrará en la red **SDH** como un flujo digital de información. La información de estas señales es mapeada en un contenedor, y cada contenedor, por lo tanto, tiene algo de información de control añadida, conocida como cabecera. La combinación de estas señales y la cabecera es conocida como contenedor virtual. Los contenedores virtuales forman el área de carga útil del módulo de transporte síncrono (STM) el cual también tiene información de control llamada cabecera de sección.

La información entra en la red como flujos digitales de 2 Mbps que serán acomodados en contenedores virtuales VC-12. Un elemento de red SDH multiplexará esta señal junto con otras señales de tributario en una señal agregada de mayor tasa de transmisión. En el ejemplo, esto es una señal **STM -1** de 155 Mbps. Esto es en la red local SDH. Esta señal puede entonces ser de nuevo multiplexada para dar una señal **STM-4** a 622 Mbps en el siguiente nivel, llegando a alcanzar el **STM-64** cuando son portadas a 10 Gbps. En este flujo de mayor tasa de transmisión son transportadas en una única fibra, en lo que es conocido como red troncal o backbone de la red y transportará la información a un determinado punto geográfico.

La señal de 2 Mbps puede ser extraída y entregada en su destino o si su destino es un equipo terminal, la señal agregada es demultiplexada descendiendo hasta la señal de 2 Mbps. La estructura de multiplexión

SDH define el camino estándar para mapear las señales contenidas en un STM, cuya unidad básica es una estructura STM-1 (155 Mbps). El valor de otras tasas de transmisión básicas es definido mediante el uso de un factor de multiplicación de cuatro. Estos son los 622 Mbps conocido como STM-4, 2.5 Gbps conocidos como STM-16 y los 10 Gbps o STM -64.

## **2.4. La estructura de multiplexación SDH:**

Antes de indicar cual es la estructura de multiplexación cabe recalcar el significado de los siguientes términos y su función:

### **1. Contenedor (C-n):**

Estructura de información con capacidad de transmisión estándar para transportar señales PDH o B-ISDN. Este contiene tanto bits de información como de justificación para sincronizar la señal PDH al reloj de frecuencia SDH, al igual que otros bits con función de relleno.

### **2. Contenedor virtual (VC-n):**

Estructura de información con soporte para la interconexión en la capa de trayecto que consiste en carga útil de información y sección del trayecto (POH) para administrar el trayecto de VC. Por ejemplo, VC-2, VC-11 y VC-12 son contenedores virtuales de orden inferior con carga útil C-2, C-11 y C12 respectivamente. VC-3 y VC-4 son los de orden superior con carga útil C-3 y C-4 respectivamente o combinación de varias capas de orden inferior. A este proceso se le llama comúnmente “mapear”.

### **3. Unidad tributaria (TU-n):**

Estructura de información cuya función consiste en proveer adaptación entre un VC de orden inferior y uno de orden superior. Esta consiste en un VC de orden inferior y un puntero TU el cual se encarga de mostrar el desplazamiento entre el comienzo de la trama VC de orden inferior y el de la trama VC de orden superior. A esto también se le llama “alineamiento” (aligning).

### **4. Grupo de unidades tributarias (TUG-n):**

Se encarga de combinar una o varias unidades tributarias (TU). Por ejemplo, un TUG-2 puede combinar un solo TU-2 o un grupo homogéneo de TU-1s idénticos y un TUG-3 puede combinar un TU-3 o un grupo homogéneo de TUG-2.

### **5. Unidad administrativa (AU-n):**

Estructura de información cuya función consiste en proveer adaptación entre una carga útil de un VC de orden superior y un STM-N. Esta consiste de un VC de orden superior y un puntero AU el cual se encarga de mostrar el desplazamiento entre el comienzo de una trama VC de orden superior y el de una trama STM-N. Por ejemplo, AU-4 consiste de un VC-4 y un puntero AU, mientras que AU-3 consiste de un VC-3 y un puntero AU.

### **6. Grupo de unidad administrativa (AUG):**

Grupo homogéneo de un AU-4 o tres AU-3 combinados por multiplexión por intercalación de bytes.

### **7. Módulo de transporte síncrono (STM-N):**

Estructura de información con soporte para conexión de estrato de sección que consiste en carga útil de información y tara de sección (SOH) para gestión de sección. 155,52 Mb/s es lo definido como

un SM básico. En STM-N, la velocidad es determinada por N, donde este representa un múltiplo entero de 155,52 Mb/s.

Hay dos formas de formar una señal STM-N. Una es a través de AU-3, usada en Estados Unidos, Japón y algunos otros países, conocida en Norteamérica como SONET (red óptica síncrona). La otra es a través de AU-4, usada en todos los demás países. Para interconectar estos dos estándares, se utiliza normalmente un TUG-2.

Continuando con la multiplexación a una señal **STM-1** tenemos que esta se puede ser constituida de diferentes modos. Los **VC-4** que formarán la carga útil de la estructura **STM** pueden contener una señal **PDH** de 140 Mbps, tres señales **PDH** de 34 Mbps , sesenta y tres señales PDH de 2 Mbps o combinaciones de ellas, de modo que la capacidad total no sea excedida. Cuando son necesarias tasas de transmisión mayores que STM-1, éstas son obtenidas usando un simple esquema de concatenación de bytes, alcanzando tasas de 622 Mbps (STM-4), 2.5 Gbps (STM-16) y 10 Gbps (STM-64).

# ESTRUCTURA DE MULTIPLEXACIÓN SINCRONA versión G. 707 DE 1989/1990

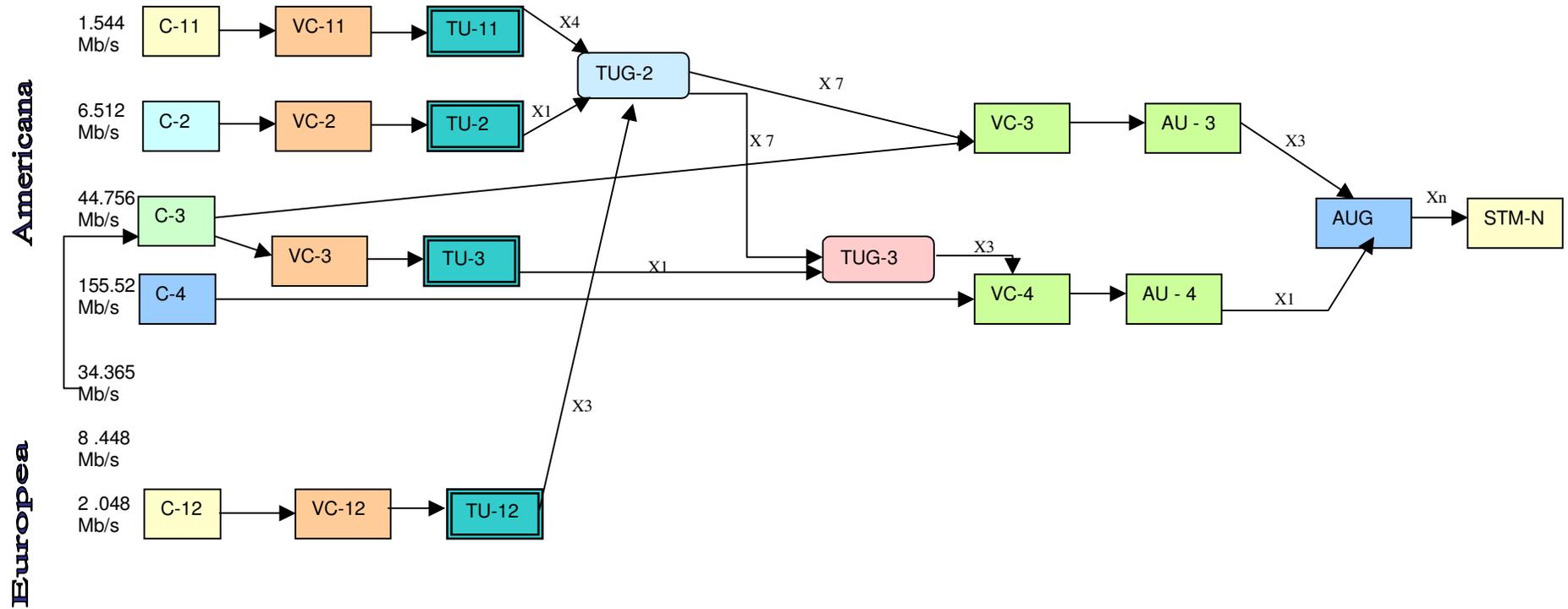


Gráfico número 4

## 2.5. La trama STM-1

La jerarquía STM-1 es la menor velocidad prevista para la transmisión a través de un enlace de SDH, es decir es la jerarquía básica. La STM-1 tiene una estructura de trama que se conforma de 2430 bytes en serie. Que por lo general se ilustra en forma de matriz para hacer más cómoda su representación, quedando entonces una estructura bidimensional de 9 filas, con 270 bytes por fila. Esta matriz debe ser recorrida en izquierda a derecha, y en sentido descendente, para así ir siguiendo la secuencia en serie.

La duración de una trama STM-1 es de 125 microsegundos. Se transmiten a 155.520 Kbps mediante interfaz eléctrico u óptico.

La división de la trama STM-1 es la siguiente:

- Área de payload (2349 bytes).
- Área de puntero de Unidad Administrativa (9 bytes).
- Área de cabecera de sección (72 bytes).

En el gráfico número 5 se lo ilustra de mejor manera

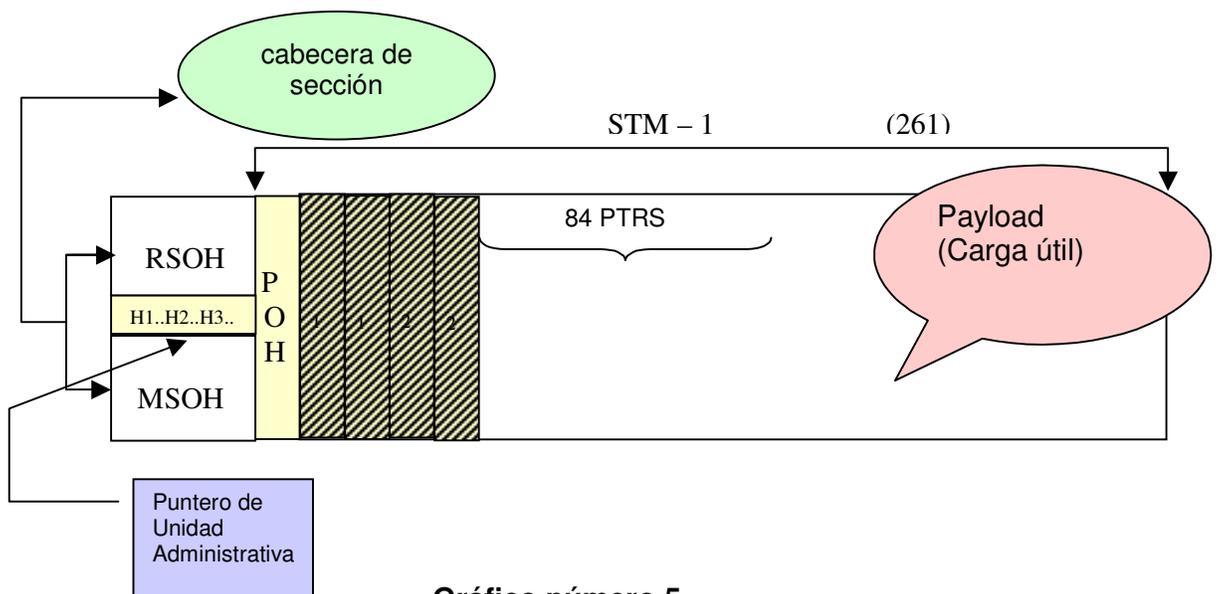


Gráfico número 5

## Área de Payload:

Las columnas (10-270) contienen en payload (carga útil). Normalmente, se trata de un contenedor virtual de nivel 4 (VC-4) o de tres contenedores virtuales de nivel 3 (VC-3). No obstante, en Europa sólo se utilizan VC-4.

Un contenedor virtual VC-4 y el puntero de la unidad administrativa conforman una unidad administrativa de nivel 4 (AU-4). Por lo tanto, se genera una trama STM-1 añadiendo a una AU-4 las taras RSOH y MSOH que le correspondan.

En esta área podemos acomodar todos los niveles de **PDH** dentro de SDH empaquetándolos juntos en el área de carga útil de la trama STM-1. El proceso de empaquetado de señales PSH es un proceso multipaso que involucra un número de diferentes estructuras.

- Los tributarios pleusíncronos están mapeados en un contenedor de tamaño apropiado, y un número de bytes conocido como cabecera de camino (Path Overhead o POH) es añadido al mismo para formar el contenedor virtual (VC) en el que se basa esta trama. La cabecera de camino proporciona información para su uso en la gestión extremo a extremo de un camino síncrono. La información de la cabecera de camino asociado con un VC-1/VC-2 difiere a la recogida en la cabecera asociada a los VC-3/VC-4.

El POH o cabecera de camino para contenedores VC-4 está ubicada en la primera columna de las nueve filas por las 261 columnas de la estructura VC-4, como se ve en el gráfico número 5. Para los VC-3, la cabecera de camino está colocada en la primera columna de las nueve filas para la estructura de 85 columnas. La descripción de cada byte del POH de alto orden (VC-4, VC-3) la detallamos a continuación:

J1	B3	C2	G1	F2	H4	F3	K3	N1
----	----	----	----	----	----	----	----	----

J1: Traza de ruta: Este byte verifica la conexión del camino VC-3/VC-4.

B3: Este byte proporciona monitorización de bits con error sobre la ruta, usando un código de paridad par BIP-8.

C2: Etiqueta de señal: Este byte indica la composición de la carga VC3/VC-4.

G1: Estatus del camino: Este byte permite que el estatus de la señal recibida sea enviada de vuelta al extremo transmisor del camino desde el extremo receptor.

F2, F3: Canales de usuario: Estos bytes proporcionan un canal de comunicación para el usuario.

H4: Indicador de posición: Este byte proporciona un indicador de posición generalizado de payload y puede ser usado como un indicador de posición de multitrama para VC-2/VC-1.

K3 (bits 1 - 4): APS: Estos bits son empleados para la conmutación automática de protección (APS) para la protección a nivel de camino de alto nivel.

K3 (bits 5 - 8): Estos bits están reservados para uso futuro.

N1: Operador nacional: Este byte está empleado para propósitos de gestión específica así como mantenimiento de conexión red.

**El Puntero de Unidad Administrativa:** Esta se encuentra en la fila 4 consta de 9 bytes. Una vez añadida la cabecera de camino(POH) al contenedor virtual, se le posiciona en una unidad tributaria (TU) o una unidad administrativa (AU) con un puntero indicando al comienzo del contenedor virtual relativo al TU o al AU, según sea el caso. Los VC-1s y VC-2s son posicionados en TU mientras que los VC-4 son posicionados en un AU. En Europa, los VC-3 son posicionados en TU-3 mientras que en SONET son posicionados en AU-3. Los AU's y los TU's son empaquetados en sus respectivos grupos; grupos de unidades tributarias (TUG's) para unidades tributarias y grupos de unidades administrativas

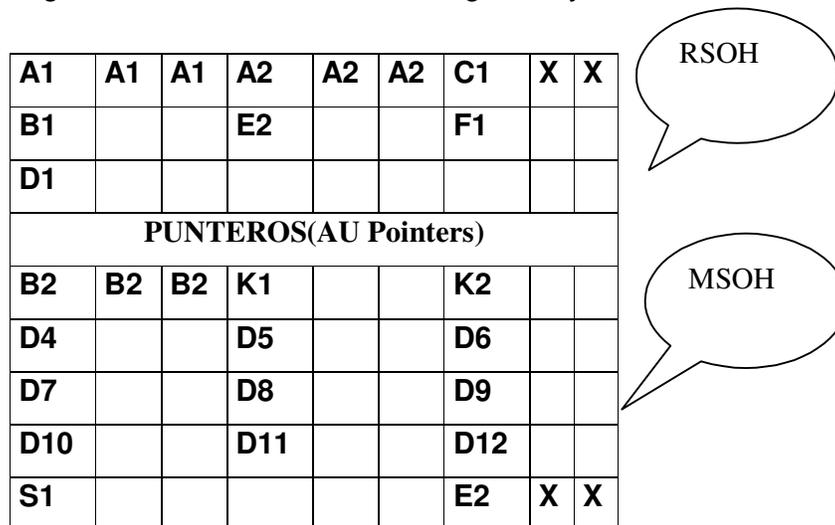
para AU's. Los TUG's son multiplexados en contenedores virtuales de alto nivel. Los cuales, en su turno, son posicionados en AU's con un puntero indicando al inicio del contenedor virtual relativo al AU. Es el puntero AU el cual indica la posición del AU con relación a la trama STM-1 y forma parte del área de cabecera de sección de la trama.

El área de payload de la trama STM-1 contiene un VC-4 o tres VC-3 con la posición del primer byte siendo indicada por el respectivo puntero AU. El uso de punteros en la trama STM-1 significa que las señales pleusíncronas pueden ser acomodadas en el seno de la red síncrona sin necesidad de emplear buffers.

El resultado de esto es que, para cualquier flujo de datos, es posible identificar sus canales tributarios individuales, e insertar o extraer información, y de este modo superar uno de los principales inconvenientes del PDH.

**La Cabecera de Sección(RSOH, MSOH):** Están localizadas en las filas 1-3 la cual consta de 27 bytes y las filas 5-9 la cual consta de 36 bytes respectivamente.

Los bytes de la cabecera de sección (RSOH) son usados para la comunicación entre elementos adyacentes de equipos síncronos. De este modo, además de ser utilizados para la sincronización de trama, también realizan una gran variedad de facilidades de gestión y administración.



Esta estructura de cabecera de sección STM-1 se detalla a continuación:

**A1, A2:** Enganche de trama.

**J0:** Traza de la sección de regeneración.

**D1 a D12:** Los bytes D1 a D3 forman un canal de comunicación de datos de 192 Kbps para la sección de regeneración. Los bytes D4 a D12 forman un canal de comunicación de datos para la sección de multiplexación. El uso de ambos canales de comunicación es para gestión de red.

**E1, E2:** Canales de instaladores. Empleado para comunicaciones directas entre nodos de equipos.

**F1:** Canales para usuario.

**B1, B2:** Estos bytes son comprobaciones de paridad simple para detección de errores.

**K1, K2 (bit1 a bit5):** Canal dedicado a la conmutación de protección automática.

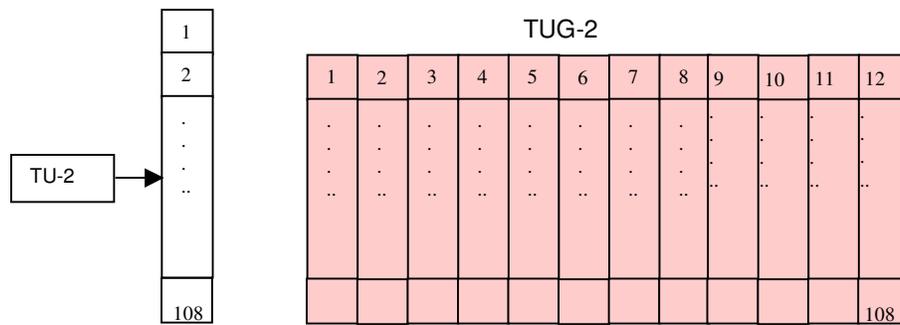
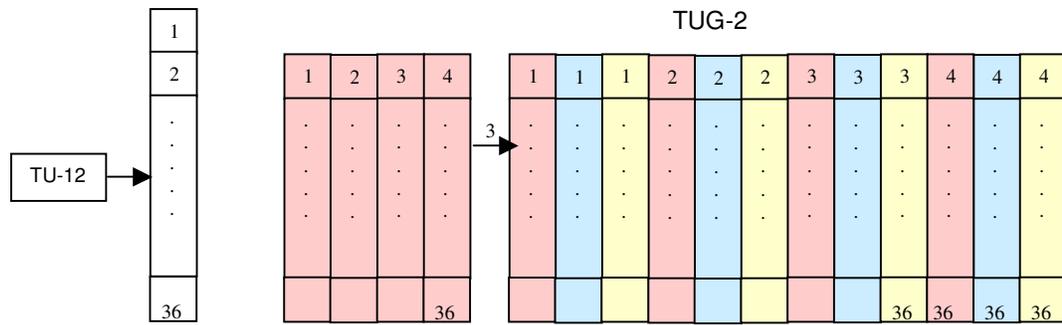
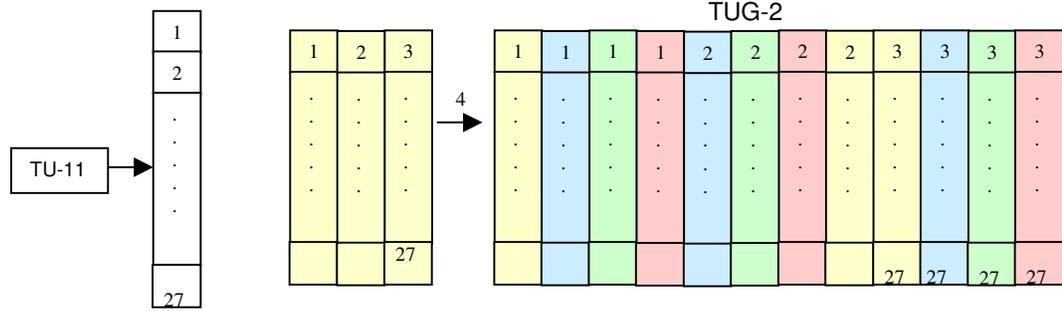
**K2 (bit6 s bit8):** Indicador de RDI para la sección de multiplexación.

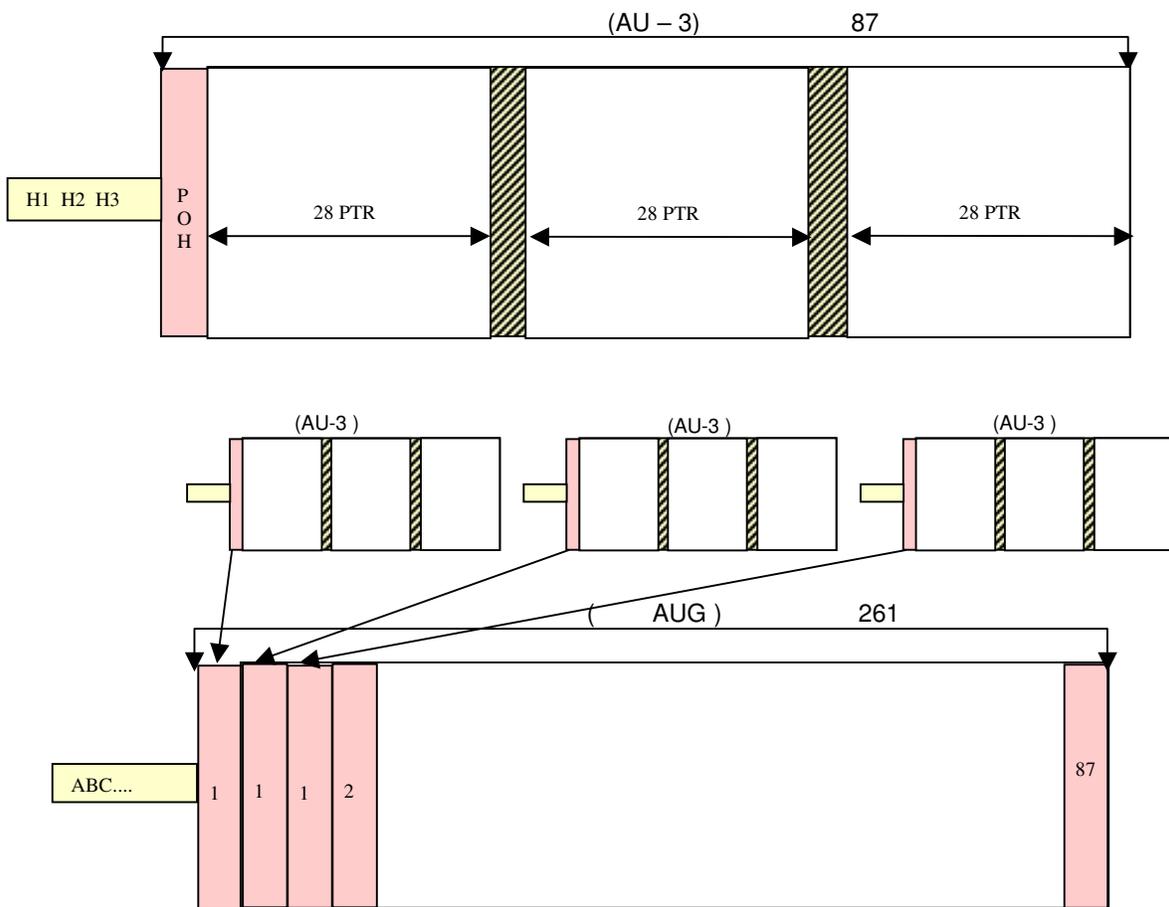
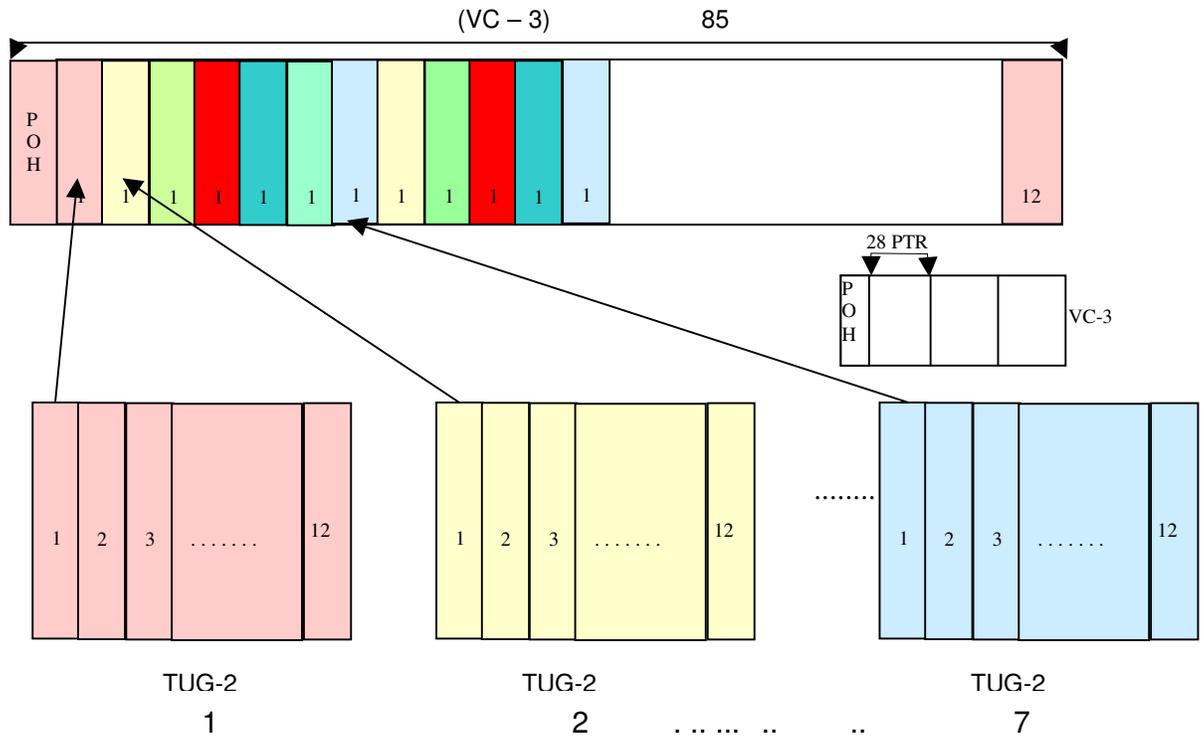
**S1 (bit5 a bit8):** Indicador de estatus de sincronización.

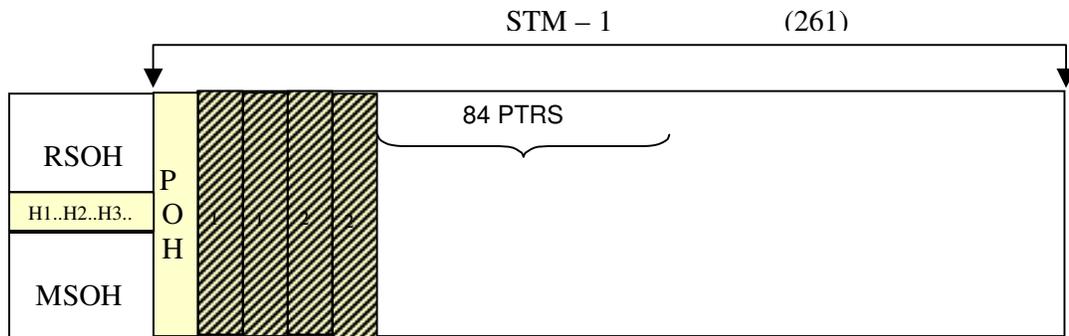
**M1:** Indicador de REI para la sección de multiplexación.

**Z1, Z2:** Aún por definir, sin uso.

## 2.6. Estructura del contenedor







## 2.7. Funciones de un sistema de transmisión síncrona

Con la introducción de **SDH** se hizo posible combinar las tres funciones en un simple elemento de red las cuales són:

### a. Funcionalidad de un Elemento de Red:

**Multiplexión:** Es la combinación de diversas señales de baja velocidad en una única señal de alta velocidad, con lo cual se consigue una máxima utilización de la infraestructura física. Los sistemas de transmisión síncronos emplean la Multiplexión por División en el Tiempo (TDM).

### b. Terminación de línea/Transmisión:

En una dirección la señal digital tributaria es terminada, multiplexada y transmitida en una señal de mayor velocidad. En la dirección opuesta, la señal de mayor tasa de transmisión es terminada, demultiplexada y reconstruida la señal digital de tributario. Esta es la tarea de terminales de línea. Las redes de transmisión síncrona usan típicamente fibra óptica como enlaces de transporte físico así que esto requiere la terminación y transmisión de señales ópticas.

En sistemas PDH las tareas de terminación, multiplexión y transmisión requieren diferentes módulos independientes de equipamiento, pero en SDH estas funciones pueden ser combinadas en un único elemento de red.

### c. Cross-Conexiones:

Un sistema Cross-Connect constituye un Nodo de Red SDH similar a una central de conmutación (de tributarios en lugar de canales, según el gráfico número 6. Originalmente, la forma de distribuir los tributarios de 2 Mb/s en una trama se efectuaba en forma rígida mediante el cableado (operación hard). Los sistemas Cross-Connect DXC permiten realizarlo mediante software de acuerdo a las necesidades del tráfico en cada momento; se trata de un distribuidor electrónico (digital). Por lo tanto, la conmutación está gobernada por el personal de Operaciones del Cross-Connect (la selección en una central local de conmutación la gobierna la señalización de usuario).

En una central tandem de la red PDH las entradas son a 2 Mb/s mientras que en Cross-Connect las entradas son a 2-34-140 Mb/s de la jerarquía PDH y 155 Mb/s de la SDH. Incluso puede integrarse en una red totalmente PDH previamente a la conexión de canales SDH. Se disponen de las siguientes operaciones Cross-Connect:

-DXC 4/3/1 (entradas a 2, 34, 45, 140 Mb/s y STM-1) y

-DXC 4/4 (entradas a 140 Mb/s y STM-1)

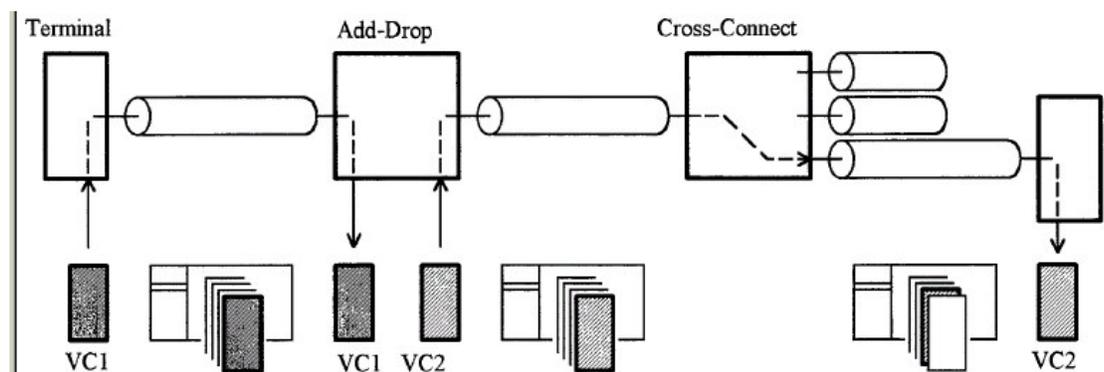


Grafico número 6

## CARACTERÍSTICAS DE LA CROSS-CONNECT

GRANULARIDAD (mínimo nivel de conmutación). En una central de usuario es 64 kb/s, en Cross-Connect es de 2 Mb/s.

ACCESIBILIDAD (completa 100%). Cualquier entrada puede alcanzar cualquier salida. No existe concentración de líneas.

Permite el CONSOLIDAMIENTO de la carga útil al optimizar la ocupación de aquellas tramas que se encuentran parcialmente usadas.

Otros términos empleados en las funcionalidades de los elementos de red SDH son la consolidación y la agregación.

La consolidación se produce cuando tráfico en rutas parcialmente ocupadas puede ser reorganizado en un simple camino con mayor carga de densidad de tráfico.

El grooming se produce cuando el tráfico incidente, el cual es dirigido hacia diversos destinos es reorganizado. El tráfico para destinos específicos es reordenado en caminos junto con otro tráfico para ese destino. Por ejemplo, el tráfico de un tipo específico como el ATM o tráfico de datos con diferentes destinos puede ser separado del tráfico PSTN (Public Switching Telephone Network o red telefónica conmutada) y ser transportado por una ruta diferente.

### Sistemas de conexiones:

En SDH podemos establecer diferentes tipos de conexiones, como son las siguientes:

- **Unidireccional** es una conexión de una vía a través de los elementos de red SDH, por ejemplo enviar tráfico únicamente.

- **Bidireccional** es una conexión de dos vías a través de los elementos de red, teniendo funciones de envío y de recepción de información.
  
- **Extrae y continúa (Drop & Continue)** es una conexión donde la señal es bajada a un tributario del elemento de red pero ésta también continúa por la señal de agregado hacia otro elemento de red. Este tipo de conexiones puede ser usado para difusiones y mecanismos de protección.
  
- **Difusión (Broadcast)** es una conexión donde un contenedor virtual entrante es llevado a más de un contenedor virtual de salida. En esencia, una señal entrante al elemento de red puede ser transmitida a varios lugares desde el contenedor virtual. Este tipo de conexión puede ser empleado para difusiones de vídeo por ejemplo.

## 2.8. Esquemas de protección

Debido a la gran capacidad de los enlaces SDH hace que un simple fallo de enlace pueda tener un impacto nocivo en los servicios proporcionados por la red si no se dispone de una protección adecuada. Una red resistente que asegure el tráfico que porta y que puede restaurarlo automáticamente ante cualquier evento de fallo es de vital importancia. Los sistemas de transmisión SDH permiten desplegar esquemas de protección estándar de esta mera es importante tener en cuenta las protecciones que se deben tener en los diferentes esquemas como son:

**Disponibilidad:** Es la medida de la proporción de tiempo que la red está disponible para proporcionar servicios al cliente final. Indica con que frecuencia o consistencia la red puede proporcionar funciones de transporte en los cuales el servicio requerido es perfectamente empleable por el cliente final. Como esto es importante para el cliente, este factor

contribuirá a la definición de nivel de servicio garantizado (SLA). El SLA es típicamente medido como un porcentaje de tiempo de una conexión en funcionamiento. Esto da cuenta de la supervivencia de una red, de la tasa de fallos de sus componentes y de los tiempos de reparación. Este término refleja la calidad de servicio promedio que un cliente final puede esperar de un operador.

Para conseguir esta disponibilidad podemos tomar alguno de los siguientes caminos:

- **Protección de equipamiento:** La disponibilidad del equipamiento puede ser implementada mediante aplicación de protecciones locales en el propio elemento de red. Por ejemplo, las alimentaciones, sistemas de reloj, o unidades tributarias pueden ser duplicadas. Una tarjeta en fallo será reemplazada por su protección automáticamente donde este esquema de protección esté presente.

- **Resistencia de red:** Para incrementar la supervivencia de la red y por tanto la disponibilidad, los enlaces de red pueden ser protegidos. Procedimientos son aplicados para asegurar que el fallo de un enlace de transporte sea reemplazado por otro enlace en producción y que hay un camino alternativo ante la existencia de un fallo total de un nodo. Hay dos tipos de mecanismos utilizados para asegurar que el servicio pueda ser recuperado de esta manera:

- **Restauración:** Esto es un proceso lento automático o manual la cual emplea capacidad extra libre entre nodos finales para recuperar tráfico después de la pérdida de servicio. Al detectarse el fallo, el tráfico es reenrutado por un camino alternativo. El camino alternativo se encuentra de acuerdo con algoritmos predefinidos y generalmente emplea cross-conexiones digitales. Este proceso puede tomar algunos minutos.

- **Protección:** En contraste, la protección abarca mecanismos automáticos con elementos de red, los cuales aseguran que los fallos sean detectados y compensados antes de que ocurra una pérdida de servicios. La protección hace uso de capacidad pre-asignada entre nodos

y es preferible a la restauración porque la capacidad de reserva siempre estará disponible pudiendo ser accesible mucho más rápido.

**Causas de Fallo:** Las fuentes físicas de fallo en redes de transmisiones SDH pueden ser clasificadas en las siguientes categorías:

- Fibras y cables: La principal causa de fallo de fibras y cables es el daño causado por agentes externos como los trabajos de ingeniería civil y los efectos del entorno como rayos o terremotos.

- Equipamiento puede fallar debido a efectos del envejecimiento, forzado de componentes o la aparición de humedad. Rigurosos test son, de todos modos, realizados normalmente para eliminar fallos en la juventud de los equipamientos.

- Fallos de alimentación apagan el nodo cuando aparecen y que están fuera del control del operador. Los sistemas principales son provistos de reservas mediante sistemas de alimentación secundarios, pero los efectos transitorios en la señal pueden ocurrir mientras se conmuta al sistema de back-up.

- Mantenimientos: Mantenimientos no programados y errores realizados durante el mantenimiento pueden afectar a la disponibilidad del servicio.

- Desastres causados por la acción del entorno o humana, generalmente de gran alcance y con severos efectos, tales como la destrucción de componentes principales de la red.

### **Protección de Equipamiento:**

Los objetivos de calidad son establecidos para los elementos en una red SDH y esto afecta a la medida de disponibilidad de la red. Para alcanzar los requerimientos de disponibilidad es necesario en ocasiones duplicar módulos en los elementos de red.

Cada componente de los elementos de red tiene asociado una tasa de fallo con él. Esto es usado junto con la información contemplada de

interacción de componentes para calcular la tasa de fallos para tarjetas de circuitos.

La disponibilidad puede ser mejorada provisionando un componente en stand-by que emplear en caso de fallo. Esta protección local es comúnmente aplicada en algunas unidades como son las de alimentación, generación de reloj, matriz de cross-conexión y tarjetas tributarias.

Así, una tarjeta tributaria puede ser provisionada en stand-by en un elemento de red. Ante un evento de fallo de la tarjeta tributaria que se encuentra trabajando, el tráfico es automáticamente conmutado a la tarjeta de reserva de modo que no haya una interrupción de servicio para el usuario final.

Fallos de tarjetas no son la única razón para protección de tributarios. Las tarjetas de reserva también pueden ser usadas durante rutinas de mantenimiento. El tráfico puede ser manualmente conmutado a la tarjeta de backup mientras la tarjeta primaria sigue funcionando. Esto también posibilita que la tarjeta en servicio sea actualizada mientras el elemento de red está en servicio sin interrupción de servicio al usuario final.

Hay diferentes esquemas estándar para protecciones de equipamiento. Por ejemplo, si una tarjeta en stand-by se incluye por cada tarjeta en funcionamiento, estas tarjetas tienen protecciones 1+1.

Es también común provisionar una tarjeta de protección para diversas tarjetas operativas. Ante un evento de fallo en alguna de las tarjetas en producción, el tráfico es normalmente conmutado hacia la tarjeta de protección. A este sistema se le denomina protección **1:n**.

Por ejemplo, en un multiplexor STM16, la protección 1:16 podría ser implementada en tarjetas tributarias STM1. Dieciséis tarjetas STM1 eléctricas podrían ser instaladas en el armario para soportar a los dieciséis tributarios STM1. Una decimoséptima tarjeta podría ser instalada como tarjeta en stand-by. Ante un evento de fallo en una de las

tarjetas STM1e, el tráfico puede ser conmutado a la tarjeta en stand-by de protección.

La protección de equipamiento incrementa la disponibilidad de los elementos de red individuales pero no protege el sistema contra pérdidas de elementos de red enteros. Para asegurarse que el tráfico puede ser reenrutado si un elemento de red es perdido, los esquemas de protección han de implementarse para incrementar la supervivencia de la red. La resistencia de la red frente a la protección local de equipamiento es requerida para proteger contra fallos de un nodo o pérdida de un enlace.

### **Restauración:**

La restauración concierne a la disponibilidad de rutas de servicio extremo a extremo. Trabaja a través de la red entera y reenruta tráfico para mantener el servicio. Un porcentaje de la capacidad de la red es asignado para la restauración. Después de la detección de una pérdida de señal, el tráfico es reenrutado.

Ya que los algoritmos de reenrutamiento son programados en el software de los elementos de red. El camino alternativo puede ser buscado descartando tráfico de menor prioridad o usando capacidad extra entre nodos.

Así, esta estrategia ofrece gran flexibilidad, presentándose un considerable número de opciones de reenrutamiento, por lo que los algoritmos son relativamente complejos. El tiempo de procesamiento necesario para encontrar una ruta de tráfico alternativo se presenta como una dificultad para la rápida restauración del tráfico afectado. También se ha de tener en cuenta que la restauración es iniciada únicamente tras la detección de pérdida de señal por parte del sistema de gestión de red, no cuando el fallo ocurre. Esto lleva a que los tiempos de restauración sean relativamente lentos, del orden de segundos o minutos hasta horas. Este proceso se relata a continuación:

Se detectan alarmas de la red por medio del sistema de gestión  
Se analizan las alarmas para determinar su causa.  
Conexión de la subred alternativa para restaurar el camino  
Camino implementado por cambio de conexiones.  
Camino validado.

En una red protegida, los elementos detectan un fallo tan pronto como ocurre y toma acciones correctivas de acuerdo con los procedimientos predefinidos, sin instrucciones del sistema de gestión de red. Restauración es un proceso lento y hace que la interrupción de servicio experimentada por el cliente final sea grande. Por el contrario, en un esquema de protección automática como es la Protección de la Sección de multiplexación (MSP) o MS-SPRing, el tráfico es reenrutado en menos de 50 ms, así que el cliente final no detecta interrupción de servicios.

La restauración no ha sido estandarizada aún. Los diferentes productos que han sido desarrollados presentan las especificaciones internas de varios operadores.

### **Protección de Red:**

Los procedimientos de protección de red son empleados para auto-recuperarse de fallos de red del estilo de un fallo de enlace o elemento de red. Lo que efectivamente ocurre es que un elemento de red detectará un fallo o una pérdida de tráfico e iniciará acciones correctivas sin involucrar al sistema de gestión de red.

Hay muchos mecanismos de protección definidos por los organismos de estandarización. Estos esquemas pueden ser subdivididos en aquellos que protegen la capa de sección y en aquellos que protegen la capa de camino o subred:

- La protección de la capa de sección involucra la conmutación de todo el tráfico de una sección a otra sección de fibra alternativa.

- La protección de la capa de camino involucra la protección de un contenedor virtual de un extremo a otro del camino en la subred. Ante un evento de fallo, únicamente el contenedor virtual en cuestión es conmutado a un camino alternativo.

El tipo de esquema de protección empleado viene usualmente dictado por la arquitectura de red.

### **Protección Camino / Ruta VC Dedicada:**

Este tipo de protección implica duplicar el tráfico en forma de contenedores virtuales los cuales son introducidos en la red y transmitiendo esta señal simultáneamente en dos direcciones a través de la red.

Un camino de protección dedicado porta el tráfico en una dirección y el camino operativo porta la señal a través de otra ruta diferente. El elemento de red que recibe las señales compara la calidad de los dos caminos y la señal de mayor calidad es seleccionada. Ésta será nombrada como la ruta activa. Ante un evento de fallo en la ruta activa el extremo receptor conmutará al otro camino, a la ruta de protección.

Esto protegerá a los mismos enlaces por sí mismos, pero también protegerá contra fallos de un nodo intermedio. Un ejemplo especial de este tipo de mecanismo es el anillo de camino de protección. Según el tráfico que entra al anillo es transmitido simultáneamente en ambas direcciones en torno al anillo. La selección es hecha por el nodo de salida de la mejor de las dos conexiones.

El mecanismo puede ser aplicado a anillos y también circuitos punto a punto a través de redes malladas o mixtas mediante muchos elementos de red y subredes intermedias.

**SNCP** es similar a camino de protección, pero en el cual, el camino de protección dedicado involucra conmutación en ambos extremos del camino, mientras que la conmutación **SNCP** puede ser iniciada en un

extremo de la ruta y llegar hasta un nodo intermedio. La red puede ser descompuesta con un número de subredes interconectadas. Con cada protección de subred se proporciona un nivel de ruta y la conmutación automática de protección entre dos caminos es proporcionada en las fronteras de la subred.

**MSP** protegen tráfico entre dos elementos de red adyacentes, pero únicamente el enlace entre esos dos nodos, no aportando protección ante un fallo total de un elemento de red. Otra limitación es que requiere de diversos caminos físicos para fibra activa y de protección. Si ambas fibras se encuentran en la misma conducción y ésta es dañada, los dos caminos, el operativo y el de protección, se perderían.

Dos rutas alternativas deben ser dispuestas entre dos nodos adyacentes. Estas consideraciones se han de tener en cuenta cuando desplegamos este tipo de esquema de protección.

La protección lineal de la sección de multiplexación es típicamente usada para redes lineales malladas. Los diversos caminos físicos son, sin embargo, requeridos haciendo que la malla sea incrementalmente más compleja a medida que crece. Ante la escasez de fibra convertida en una situación crítica muchos operadores han optado por el despliegue de anillos. Los anillos aseguran que entre cada par de nodos hay un camino físico diferente que puede ser usado como ruta de protección.

#### **Anillos Auto-Recuperables:**

Los procedimientos de protección de anillos auto-recuperables se están convirtiendo rápidamente en comunes, porque proporcionan diversos rutas de protección y por tanto, se da un uso eficiente de la fibra. Hay diferentes tipos de esquemas de anillos de protección. Estos pueden ser divididos en los que protegen la capa de sección y los que protegen la capa de camino. A su vez, estos pueden ser subdivididos en esquemas Uni-direccionales y Bi-direccionales.

- Anillos bidireccionales de protección de camino (anillos de protección dedicada o anillos de protección de caminos).

- Anillos bidireccionales de protección compartida (SPRings).

Los anillos de protección dedicada son un tipo de protección de camino dedicado, aplicado a un anillo. Al entrar el tráfico al anillo por un nodo A es enviado simultáneamente por ambas direcciones en torno al anillo. Una dirección puede ser considerada como camino de trabajo "w" y la otra dirección el camino de protección "p".

El nodo receptor seleccionara la señal de mayor calidad. Por ejemplo asumimos que la mejor calidad es la de la señal "w"; ante un evento de rotura de fibra óptica entre A y B en "w", B seleccionará el tráfico del camino "p".

Anillos de Protección Compartida de la Sección de Multiplexación:

Los anillos de protección compartida de la sección de multiplexación, comúnmente llamados "MS-SPRing" son unos mecanismos de protección de anillo. A diferencia del anillo de protección dedicado, el tráfico es enviado solo por una ruta en torno al anillo. No existe un camino de protección dedicado por cada ruta en producción, en cambio esta reservada capacidad del anillo para protecciones y esta puede ser compartida para la protección de diversos circuitos en producción. La conmutación de protección es iniciada a nivel de sección de modo similar a la protección lineal para de la sección de multiplexación; ante un evento de fallo, todo el tráfico de la sección es conmutado. Este mecanismo se puede llevar a cabo salvando una importante cantidad de capacidad frente al mecanismo de anillo de protección dedicado, permitiendo al operador incrementar el número de circuitos activos en el anillo.

La ventaja en capacidad que se puede conseguir con **MS-SPRing** con respecto a un anillo con protección de ruta dedicada no es obvia hasta que no se analiza un ejemplo simple con diferentes caminos de tráfico sobre el anillo, como se va a indicar. Tomaremos como ejemplo un anillo

con seis nodos con una capacidad STM-16, equivalente a 16 STM-1. Considerando un patrón de tráfico uniforme en el cual el tráfico entrante sale del anillo en el nodo adyacente.

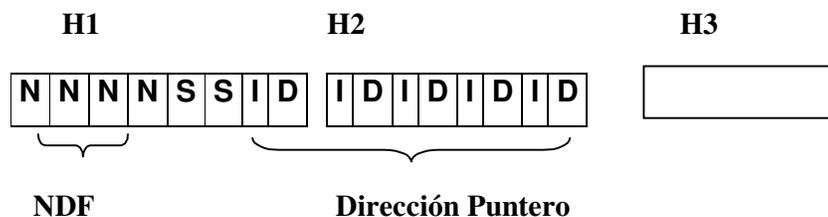
Si todo el tráfico existente y entrante a los nodos es posible que disponga de rutas activas entre todos los nodos adyacentes, esto es, ocho STM-1s son usados para tráfico activo girando en torno a todo el anillo y en cada sección otros ocho STM1 estarán aun disponibles para la protección compartida para estas rutas de trabajo.

Así, es posible tener rutas activas en cada una de las secciones (w1-w6) y que existan ocho canales STM-1 para cada sección, consiguiendo un total de 48 rutas (ocho canales por seis secciones) a establecer, comparados con los dieciséis que obteníamos con el anillo de protección dedicada.

Este patrón de tráfico no es típico, pero si los cálculos son realizados para un patrón de tráfico uniforme, el cual es típico para circuitos entre grandes ciudades o redes de datos metropolitanas, entonces SPRings puede doblar la capacidad con respecto a un anillo de protección dedicada.

### 2.9. Estructura de alto orden

A continuación se va describir la estructura que tiene H1 y H2 de alto orden.



### **NDF (New DATA Flag)**

Estos bits nos sirven para un Nuevo dato a señalar

### **NNNN**

Llevan información fija

### **Usos del NDF**

- El NDF esta apagado (OFF) en caso de que este con los siguientes bits 0110
- Esta encendido(ON) cuando tiene los siguientes valores (1001)
- En el caso de concatenación este apunta al POH

**I** significa incremento del puntero este lo utilizamos para la justificación positiva

**D** Significa decremento del puntero y este se utiliza en la justificación negativa

### **Nota:**

(Se invierten los **D** Cuando H3 tiene datos

Se invierten los **I** Cuando a H3 se le hace justificación positiva, ósea lleva relleno)

Cuando hay justificación negativa los 3 H3 llevan información

Cuando hay justificación positiva los 3 H3 llevan relleno.

**H3** Sirve para la oportunidad de justificación negativa y positiva

## **2.9.1. Ejercicios con el uso de los contenedores**

### **¿Cómo saber si la velocidad de un E1 es de 2048kbps?**

Un E1 contiene 32 canales por el cual se trasmite 8 bits por el lapso de 125  $\mu$ s

$$E1 = (32 * 8 \text{ bits}) / 125$$

$$E1 = 2048 \text{ kbps}$$

### Cuadro informativo DE PDH

Nombre	Vel. Nominal	Cantidad de Canales Telefónicos	Tolerancia	Código de Línea
E1	2048	30	+ - 50 PPM	HDB3/AMI
E2	8448	120	+ - 30 PPM	HDB3
E3	34368	480	+ - 20 PPM	HDB3
E4	139264	1920	+ - 15 PPM	CMJ

**¿Cómo saber cual es la velocidad máxima de un VC-4 (contenedor virtual)?**

Para un VC – 4 podemos calcular la velocidad máxima a la cual le podemos hacer referencia las velocidades nominal y mínima.

Tamaño del contenedor es de  $261 * 9$

La cantidad de bits que lleva cada uno es de 8

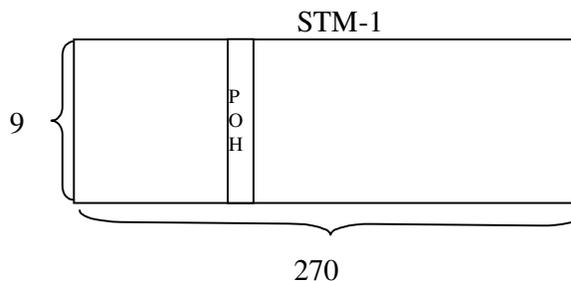
Y la velocidad a la que se trasmite cada contenedor es de 125µs

$$V_{no} = (261 * 9 * 8) / 125 = 150.34$$

$$V_{max} = (261 * 9 * 8 + 24) / 125 = 150.52$$

$$V_{min} = (261 * 9 * 8 - 24) / 125 = 150.14$$

**Demostración de que la velocidad de la trama STM – 1 es de 155.52 mbps.**



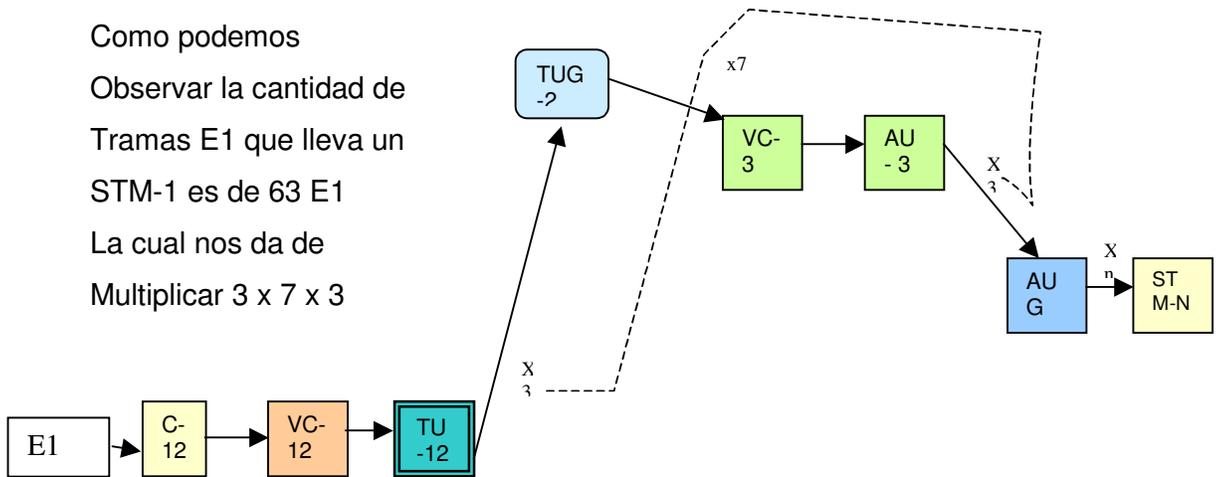
$$\text{VSTM-1} = (270 \times 9 \times 8) / 125 = 155.5 \text{ mbps}$$

**En la versión 1988 ¿cuántos punteros se deben leer para realizar un add/ drop en el peor de los casos y cuántos en la versión de 1989/1990?**

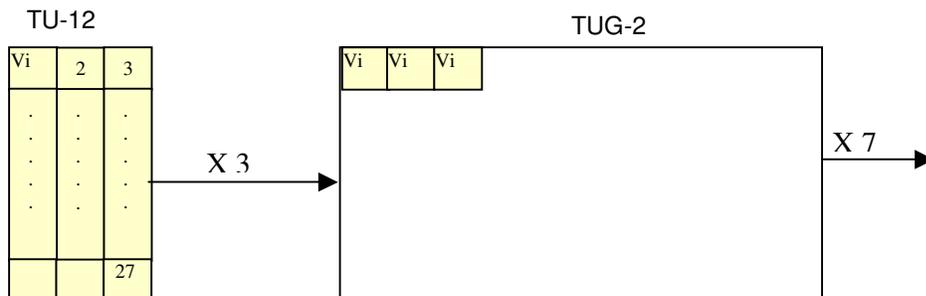
En la versión de 1988 si tomamos el camino mas largo pasamos por 3 punteros mientras que la versión de 1989/1990 pasamos por 2 en el peor de los casos resultando este mucho mas eficiente que el anterior.

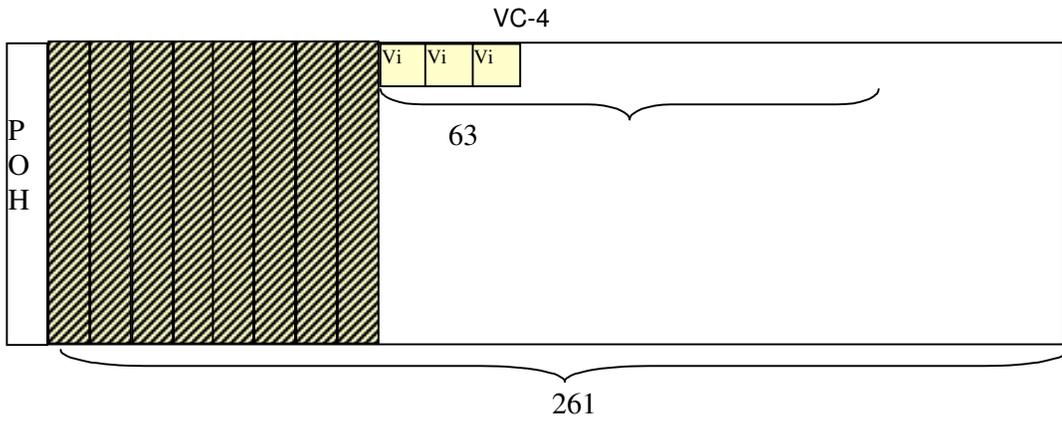
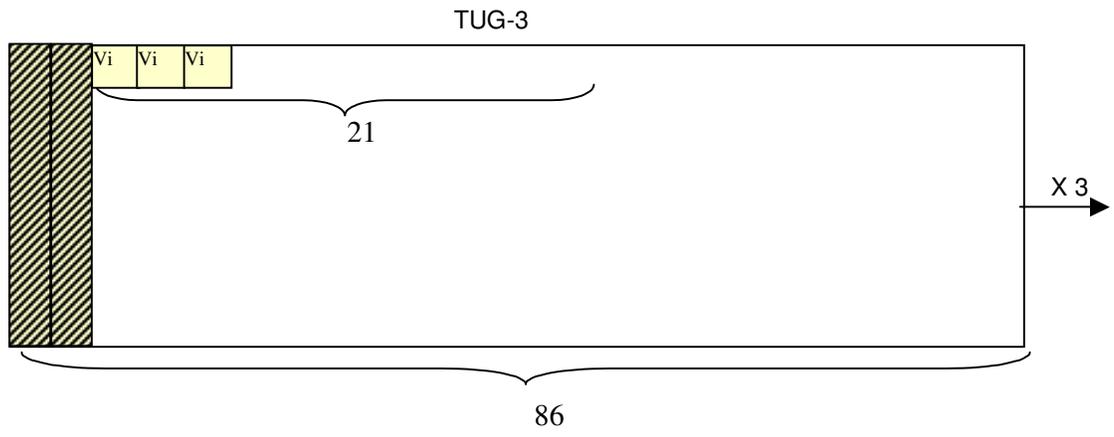
**En la versión G.707 de 1989/1990 cuantas tramas E1 se pueden transportar como máximo.**

Como podemos  
 Observar la cantidad de  
 Tramas E1 que lleva un  
 STM-1 es de 63 E1  
 La cual nos da de  
 Multiplicar  $3 \times 7 \times 3$



**El grafico que se va a realizar a continuación va a indicar como aparecen los punteros de bajo orden hasta llegar a un VC4.**





**CAPITULO III**  
**COMPARACIONES DE PDH, SDH Y APLICACIONES ECHAS**  
**EN EL ECUADOR CON ESTAS TECNOLOGÍAS**

**3.1. Comparación de las ventajas, desventajas de PDH y SDH**

**Desventajas de PDH**

- No existe un estándar mundial en el formato digital, existen tres estándares incompatibles entre sí, el europeo, el estadounidense y el japonés.
- No existe un estándar mundial para las interfaces ópticas. La interconexión es imposible a nivel óptico.
- La estructura asíncrona de multicanalización es muy rígida
- Capacidad limitada de administración

**Ventajas de SDH con respecto a PDH son las siguientes:**

- Primer estándar mundial en formato digital
- Primer interface óptica
- La compatibilidad transversal reduce el costo de la red
- Estructura de multicanalización síncrona flexible
- Técnicas de multiplexado y demultiplexado simplificadas.
- La multiplexación se realiza byte a byte. La estructura de multiplexación es única.
- Acceso directo a tributarias de baja tasa sin la necesidad de multiplexación/demultiplexación todas las señales intermedias, simplemente evaluando los punteros.
- Alineación de tiempo byte a byte con justificación de puntero negativa/nulo/positiva.
- Capacidad poderosa de administración
- Compatibilidad hacia adelante y hacia atrás

- Las redes de transporte basadas en SONET/SDH pueden reemplazar a las líneas dedicadas digitales E1 y E3 o T1 y T3. Un E1/T1 puede ser fácilmente transportado sobre una tributaria VT2/VT1.5 (VT, virtual tributaries) y un E3/T3 puede ser transportado sobre un STS-1.
- Puede soportar ancho de banda en demanda
- Operaciones de multiplexión y demultiplexión más sencillas y flexibles, permitiendo extraer e insertar circuitos sin tener que desmontar la señal.
- Fácil de migrar hacia órdenes superiores de multiplexación, ya que emplean la misma filosofía de trabajo.
- Las cabeceras permiten mejorar los procedimientos de operación, administración y mantenimiento de la red (**OAM**).
- Pueden transportar señales PDH, ATM, etc.
- Cuenta con mecanismos integrados de protección.
- Define un interfaz óptico abierto para permitir la interconexión con otros equipos.

### **Desventajas de SDH**

- La red debe ser sincrónica, los relojes internos de cada nodo se deben sincronizar con una referencia de reloj externa.
- El jitter de tiempo de espera de la justificación de puntero (byte a byte) es mayor que para la justificación bit a bit.

### **3.2. Empresas que utilizan estas tecnologías en el Ecuador**

Las empresas más conocidas en nuestro medio de servicios de comunicaciones de telefonía pública Pacifictel, Andinatel, y etapa.

Manejan ya servicios de transmisión de datos a nivel de PDH, las cuales se están manejando independientemente en cada ciudad la ciudad de Guayaquil es la que está implementando ya el sistema

de anillo de fibra óptica en enlaces de amplitud como con su **proyecto** ‘ ‘ Anillos SDH de la ciudad de Guayaquil’ ‘ ; a cargo de la compañía Huawei Technologies. El tendido del Triducto por donde pasaran los cables de fibra óptica está casi terminado.

Los anillos de fibra óptica y tecnología SDH que se están instalando, enlazarán las centrales telefónicas de la ciudad ampliando de manera considerable la capacidad de transmisión actualmente existente, lo que reanudará en una mejora en la calidad de servicio hoy ofrecido.

En cuenca se tiene un sistema de anillo de fibra óptica uniendo las centrales de totoracocha, el vergel y el centro la cual maneja grandes cantidades de información y así brinda un servicio de calidad.

## CAPITULO IV

### 4.1 Conclusiones

Al finalizar este proyecto investigativo sobre la tecnologías de trasporte he sacado como conclusión la importancia que esta a tenido en el desarrollo de nuestro mundo ya que podemos darnos cuenta claramente la facilidad que hoy se tiene al poderse comunicar de un lugar a otro y por lo general, no nos ponemos a pensar como es que viaja esta información, y si no se hubiera dado este desarrollo de tecnologías tanto de PDH en sus inicios con el medio de trasporte que hasta ese momento existe y SDH exclusivamente sobre fibra óptica que es el adelanto ideal para una demanda creciente no tendríamos la facilidad de circular información como la tenemos hoy en día.

Podemos darnos cuenta claramente que los gerentes de diferentes redes necesitan perfeccionar sus redes para las aplicaciones dominantes en el futuro y así dar una mejor calida de servicio; por ejemplo (multimedia en tiempo real).

## 4.2 Recomendaciones

- Después de haber desarrollado este tema de gran importancia en el adelanto de las comunicaciones, mi recomendación principal es que aquellas personas que estamos involucrados en el mundo tecnológico no nos quedemos en el aspecto útil de una tecnología sino que tratemos cada vez de profundizar y tratar de escarbar, cada vez más, para de esta manera saber escoger bien una tecnología ya que como se veía al inicio de este proyecto solo parecía que se enviaba la información o una comunicación de un lugar a otro sin importar como. Pero poco a poco nos fuimos adentrando en como es que esta información es transmitida dándonos cuenta de que cada vez se necesitaba un camino mas amplio para que se transmitiera, un mayor cantidad de información.
- De aquí que recomiendo que tanto como estudiantes, maestros y profesionales no nos quedemos en el uso que tiene sino en como se consiguió ese uso dependiendo en el ámbito de trabajo en el cual nos encontremos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Material de ayuda por el Profesor Dr. Ing. Gustavo Hirchoren, e-mail ghircho@hotmail.com.
- Principios básicos, protocolos y arquitectura, 3ª edición. Ed. Prentice-Hall, 1996.
- [http://www.-g.eng.cam.ac.uk/photonic\\_comms/pages/People/Students/jbr28/personal/SDHspanish.pdf](http://www.-g.eng.cam.ac.uk/photonic_comms/pages/People/Students/jbr28/personal/SDHspanish.pdf)
- <http://www.geocities.com/SiliconValley/Circuit/3779/documentos/sdh/muxdig.html>
- <http://www.mailxmail.com/curso/informatica/sdh/>
- Transmission Networking. Sonet y SDH. Sexton & Reid, Sec. Edition, Artech House, 1997. Disponible en biblioteca de la Escuela de Ingeniería Electrónica.
- INTRODUCCION A LA TECNOLOGIA y DISEÑO DE SISTEMAS DE COMUNICACIONES y REDES DE ORDENADORES Anaya Multimedia, 1990.
- COMUNICACIONES y REDES DE PROCESAMIENTO DE DATOS Gonzalez, Nestor. McGraw Hill.
- ESTRUCTURAS DE REDES y COMUNICACIONES I. Notas de Clase. Pachón, Alvaro.