

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**ANILLO RADIAL SDH**  
**INFORME DE SUFICIENCIA**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:**

**ANGEL ATUNCAR GONZALES**

**PROMOCIÓN**  
**1980 – I**

**LIMA-PERÚ**

**2002**

**A Dios por darme todo,  
a mis Padres por su amor y  
comprensión y a mi Esposa e Hijos  
por darme Felicidad e Inspiración**

**ANILLO RADIAL SDH**

## **SUMARIO**

El presente trabajo de suficiencia profesional consiste en el diseño de un sistema radial SDH que permite la interconexión de dos nodos importantes y estratégicos de un operador celular, hacia la central de conmutación. Dado la importancia de estos nodos, la configuración planteada es en anillo, asegurando de esta manera con las protecciones de equipo y de ruta toda la confiabilidad requerida para el sistema. Para ello se usarán tres enlaces de microondas en las bandas de 6 Ghz y 11 Ghz.

En el capítulo I se describe la topología actual de la red, verificándose la necesidad de implementar sistemas de transportes de alta capacidad a la vez que altamente confiables, el esquema de la red muestra el crecimiento acelerado de la planta por lo que las proyecciones de futuras expansiones requieren un medio de transporte de mayor capacidad.

En el capítulo II se describen las diferentes alternativas de solución, es decir compara los sistemas físicos (fibra óptica) con los sistemas radiales (microondas) proponiéndose la más adecuada.

En el capítulo III se expone la teoría de los sistemas SDH, seleccionado como la más adecuada para el proyecto.

En el capítulo IV se desarrolla la ingeniería del proyecto, se definen todos los parámetros requeridos para los enlaces así como las configuraciones en que serán instalados.

Los capítulos V y VI se refieren a la infraestructura necesaria para la implementación del sistema así la selección de los equipos de medición y el plan de mantenimiento.

El capítulo VII cuantifica el costo de inversión, ello fue el resultado de una evaluación técnico-económico.

Finalmente para el mejor entendimiento del sistema se anexan especificaciones de los equipos a adquirir así como un compendio técnico de la terminología empleada.

Con los procedimientos aquí indicados esperamos haber contribuido con una herramienta muy útil para los profesionales que se dediquen al diseño y la implementación de sistemas radiales, el uso de la tecnología SDH y la moderna concepción de configuración en anillo, supervisados y administrados desde un centro gestor de avanzada concepción.

## ÍNDICE

<b>PRÓLOGO</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>RED DE TRANSMISIONES ACTUAL</b>	<b>2</b>
1.1 Topología de la red	2
1.2 Nodos principales	3
1.3 Sistemas alternativos	3
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>APLICACIONES DE CAPACIDAD Y PROTECCIÓN</b>	<b>6</b>
2.1 Requerimientos de ampliación	6
2.2 Sistemas propuestos	7
2.3 Enlaces SDH por Fibras Ópticas	8
2.4 Enlaces SDH por Microondas	8
2.5 Sistemas protegidos en anillo	9

## **CAPÍTULO III**

<b>SISTEMAS SDH</b>	<b>11</b>
3.1 Técnicas de transmisión digital	11
3.2 Modulación de impulsos codificados, sistemas MIC	11
3.2.1 Muestreo	12
3.2.2 Cuantificación	13
3.2.3 Codificación	15
3.2.4 La multiplexación por división en el tiempo (MDT)	16
3.3 La Jerarquía Digital Plesiócrona (J. D. P.)	18
3.3.1 Limitaciones de la J.D.P.	20
3.4 Jerarquías de multiplexación digital	21
3.4.1 Orígenes de la Jerarquía Digital Sincrónica	22
3.4.2 Descripción general de la Jerarquía Digital Sincrónica	23
3.4.3 Ventajas de la Jerarquía Digital Sincrónica frente a la Jerarquía Digital Plesiócrona	25
3.5 Multiplexación Jerárquica Sincrónica SDH	27
3.6 Multiplexores y equipos de línea SDH	28
3.7 Equipos sobre radio	30
3.7.1 Sistemas radioeléctricos síncronos para aplicaciones punto a punto de capacidad STM-1	30
3.7.2 Sistemas radioeléctricos síncronos para aplicaciones punto a punto de capacidad STM-1	31

	<b>Punto de capacidad STM-1</b>	
3.7.3	Sistemas radioeléctricos síncronos para cierre de anillos STM-1	31
3.8	Sincronismo de redes digitales	32
3.8.1	Métodos de sincronización	32
3.8.2	Deslizamientos	33
3.9	Sistemas de gestión de redes	34
3.9.1	Arquitectura de red de gestión	35
3.9.2	Arquitectura de software	36
3.9.3	Funciones de la estación de trabajo (TMN)	36

## **CAPITULO IV**

	<b>DISEÑO DEL PROYECTO</b>	<b>37</b>
4.1	Configuración de la Red	37
4.1.1	Características de la red de radio	38
4.1.2	Sistema de supervisión y gestión	39
4.2	Plan de enrutamiento	40
4.3	Plan de frecuencias y cálculo de enlaces	41
4.3.1	Resultados de confiabilidad de los enlaces	43
4.3.2	Consideraciones de cálculo	43
4.3.3	Resultados de cálculo	43



4.3.4	Antenas	46
4.4	Sincronismo	47
4.5	Sistema de Gestión	48
4.5.1	Descripción del sistema de gestión	48
4.5.2	Sistema de gestión requerido	50
4.5.3	Requerimientos del operador	51
4.6	Equipamiento	51
4.6.1	Sistema multiplex	51
4.7	Infraestructura	53

## **CAPÍTULO V**

<b>EQUIPOS DE MEDICIÓN Y PLAN DE MANTENIMIENTO</b>	<b>54</b>	
5.1	Consideraciones generales	54
5.1.1	Instrumentación y accesorios	54
5.2	Mantenimiento rutinario	54
5.2.1	Normas de seguridad	55
5.3	Mantenimiento correctivo (localización de averías)	55

## **CAPÍTULO VI**

<b>INVERSIÓN</b>	<b>57</b>	
6.1	Presupuesto de inversión proyectado	57

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	59
<b>ANEXO A : ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>	61
<b>ANEXO B : GLOSARIO</b>	78
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	82

## **PRÓLOGO**

El presente informe de suficiencia trata sobre el diseño y la implementación de un sistema de transporte radial de alta capacidad, para la interconexión de tres nodos estratégicos de un operador celular. La ubicación del proyecto es en la ciudad de Lima. Se estudiaron y compararon diversos medios de transporte para decidir el tipo a implementar, los criterios fueron técnico – económico.

La tecnología a usar es el sistema SDH (Synchronous Digital Hierarchy) y el medio seleccionado es el sistema radial (microondas), la capacidad es de 2XSTM-1 y se configuran en anillo, es decir que adicional a que los enlaces tienen protección de equipo la configuración en anillo les da la redundancia de ruta. Esta configuración se decidió por el hecho de que a través de uno de los nodos se ingresa el tráfico de todo el norte y sur del país.

Con la topología planteada se está considerando la contingencia ante eventos catastróficos, es decir que si por efectos de lluvias, tempestad, incendio, inundaciones, terrorismo, etc, es destruido totalmente un enlace, por la configuración en anillo el tráfico no se verá afectado ya que es direccionado automáticamente por la otra ruta.

Así entonces, se trata de un sistema de muy alta confiabilidad.

# **CAPÍTULO I**

## **RED DE TRANSMISIONES ACTUAL**

### **1.1 Topología de la red**

Dado que el operador celular considerado en el presente estudio ingresó al mercado después de establecerse la libre competencia de empresas, aún no dispone un medios físicos de transporte por lo que tuvo que implementar sistemas de transmisión radiales. Según la topología del sistema celular, es decir de acuerdo a la distribución de las diferentes estaciones bases y la necesidad de interconectarlas a la central de conmutación se decidieron las bandas de frecuencias a solicitar al MTC, así según las distancias de los diferentes saltos se solicitaron frecuencias en las bandas de 18 Ghz, 23 Ghz y 38 Ghz. Teniendo en cuenta que a través de 1E1 pueden interconectarse hasta tres estaciones bases se decide que la capacidad básica de los enlaces sea de 4E1. En el caso de los nodos la capacidad podrá ser de 8E1 y 16E1.

El hecho de que el operador no disponga de planta externa hace que todos los sistemas de transporte sean radiales, por ende los nodos principales, es decir aquellos en que se concentran la mayor cantidad de enlaces serán críticos ya que gran cantidad de estaciones bases se interconectan a la central a través de ellos, por tanto es menester asegurar la mayor confiabilidad de transmisión para aquellos nodos.

El análisis de la topología actual indica que son tres los nodos más críticos y son por tanto los que deben ser totalmente protegidos, con una alta confiabilidad y seguridad.

A la vez se plantea dotarle del plan de contingencia ante catástrofes, lo que sería *disaster recovery*. Por ello se decidió un sistema radial 2+1 pero a la vez con una configuración en anillo, asegurando con ello todas las posibilidades contra eventos de falla.

La capacidad del sistema se decidió de acuerdo a los requerimientos de circuitos, siendo la necesidad de 84 E1 en un nodo y 42 E1 en otro nodo entonces el anillo radial debe ser de capacidad 126E1, es decir de 2 X STM-1.

## **1.2 Nodos principales**

En las figuras 1, 2 y 3 se muestran los tres nodos principales de la red, a través de estos nodos se interconectan a la central la mayor cantidad de sites (celdas) de la ciudad de Lima, por ello la necesidad de dotarles de un medio de transmisión muy confiable y seguro.

Con estos tres nodos se cubre en un 85% las áreas norte, sur y centro de la ciudad de Lima, asimismo por los nodos Co. Marcavilca y Co. San Martín ingresan las estaciones del sur y norte del país respectivamente. Por ello una indisponibilidad del medio de transmisión interrumpe el servicio no solo en la mayor parte de la ciudad de Lima sino también en el sur y norte del país respectivamente. Es decir que el servicio se ve afectado a nivel nacional.

## **1.3 Sistemas alternativos**

Existen varias alternativas de contar con un medio de transporte de alta capacidad para interconectar estos nodos principales a la central de conmutación, adquiriendo un sistema propio o alquilando circuitos a otro operador.

La alternativa de alquilar circuitos resulta muy caro en el tiempo, con el agravante de que de requerir circuitos adicionales el alquiler aumenta aún, así es preferible adquirir un sistema propio.

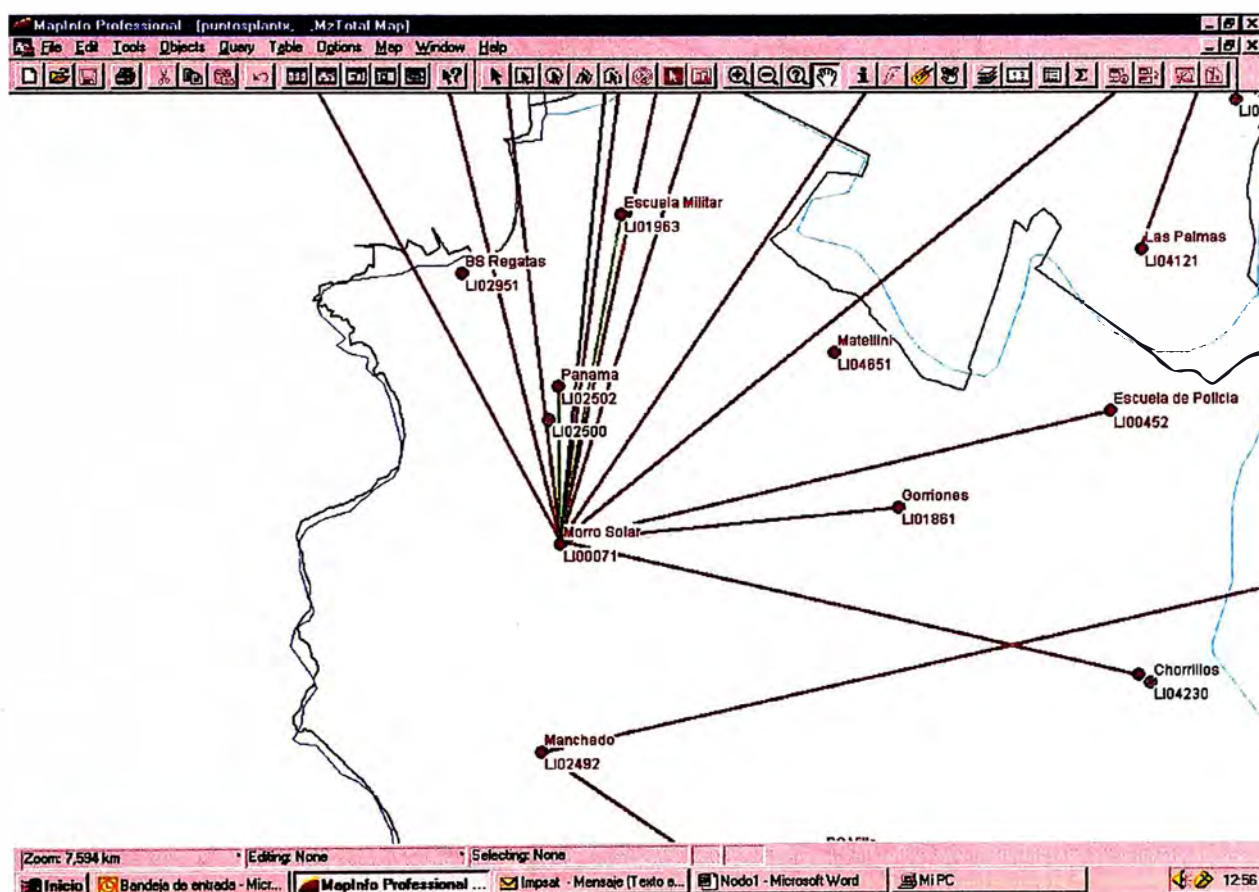


Fig. 1. ↓ NODO Co. MARCAVILCA



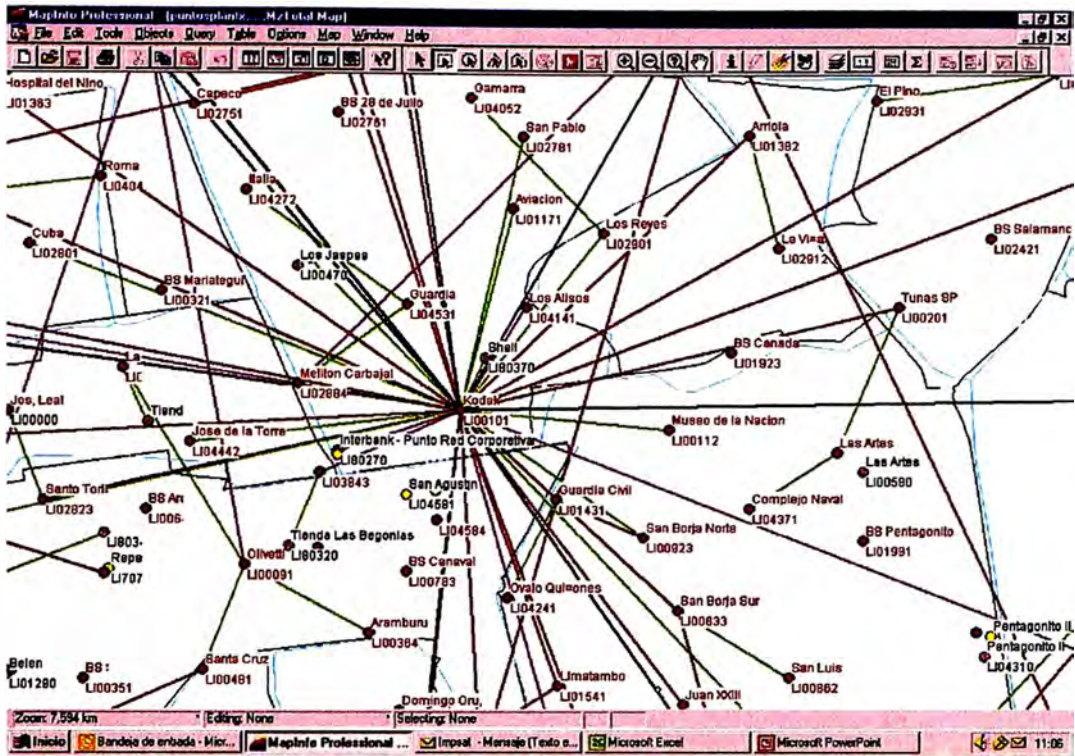


Fig 1.2 NODO MSC  
fig 1.2

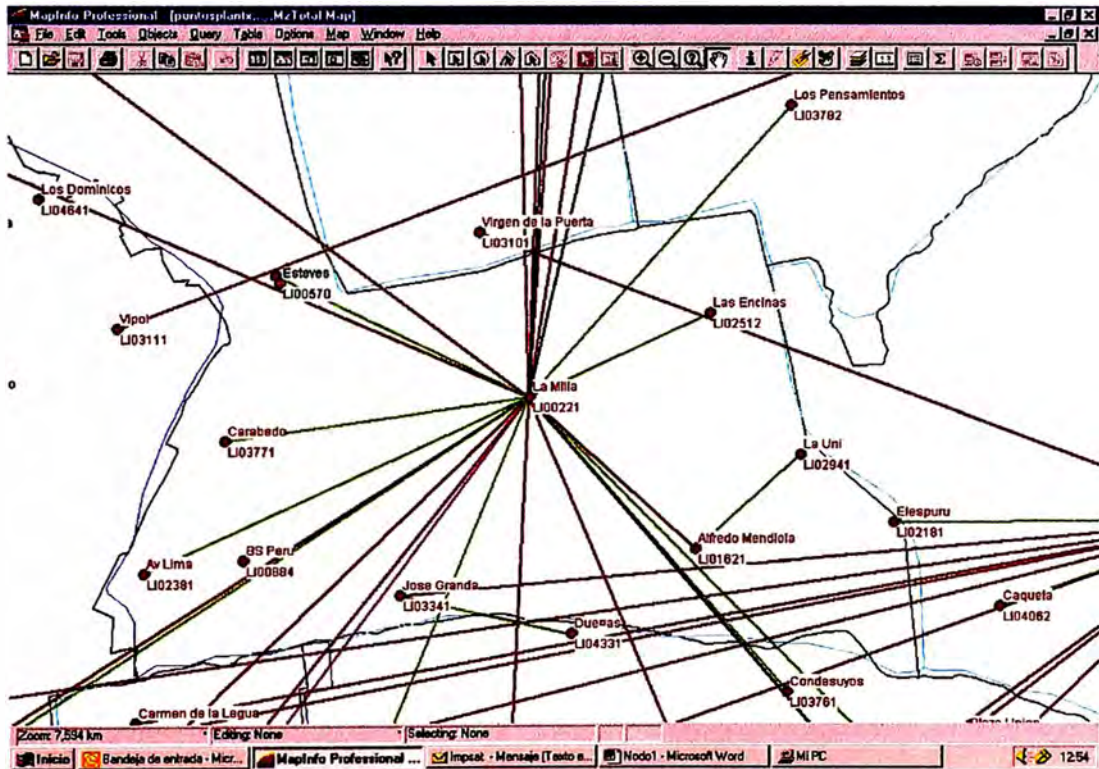


Fig. 1.3 NODO Co. SAN MARTIN

## **CAPITULO II**

### **APLICACIONES DE CAPACIDAD Y PROTECCIÓN**

#### **2.1 Requerimientos de ampliación**

El plan de expansión de la red celular supera la capacidad instalada en los principales nodos de Transmisiones, por ello la necesidad de aumentar la capacidad o cambiar de sistema. Los sistemas existentes son enlaces PDH de capacidad máxima de 16E1 y en los nodos principales Co San Martín y Co Marcavilca los dos enlaces paralelos de 16E1 en cada nodo ya están totalmente ocupados, sin embargo la proyección indica que se requerirán igual capacidad para el crecimiento futuro.

Estos nodos presentan las siguientes características:

##### *Co San Martín*

Ubicado en la zona norte de Lima, interconecta la mayoría de las estaciones de la zona centro-norte de Lima hasta Ancón, igualmente por aquí ingresan los circuitos del norte chico (Chancay, Huaral, Huacho, Barranca).

Asimismo por este nodo ingresan los circuitos de la zona norte del país (Chimbote, Trujillo, Chiclayo, Piura y Tumbes).

##### *Co Marcavilca*



Ubicado en la zona sur de Lima, interconecta la mayoría de las estaciones de la zona Centro-sur de Lima hasta Pucusana, igualmente por aquí ingresan los circuitos del sur chico (Playas del sur, Mala, Cerro Azul, Cañete Chíncha, Pisco)

Asimismo por este nodo ingresan los circuitos de la zona sur del país (Ica, Nazca, Arequipa, Moquegua, Tacna).

## **2.2 Sistemas propuestos**

Teniendo en cuenta los requerimientos indicados en 2.1 se evalúan las diferentes alternativas del sistema a elegir.

En primer lugar se descarta seguir instalando sistemas PDH en paralelo ya que a más enlaces es más probable la interferencia de frecuencias, se requiere más infraestructura para la instalación, el mantenimiento se hace más complicado y resulta más caro. Por otro lado hay que pagar más canon al MTC. La confiabilidad se reduce.

Por otro lado, como se ha visto anteriormente los nodos indicados son muy importantes y estratégicos por lo que su interconexión a la central de conmutación debe tener una muy alta confiabilidad y de ser posible deberá disponer de un buen sistema de protección (redundancia).

Por ello se plantea usar los sistemas SDH, cuya capacidad estándar es de 1 STM-1 (63 E1).

Los sistemas SDH permiten la supervisión y gestión total de los circuitos a la vez que es muy flexible la operación. El mantenimiento se simplifica con las facilidades de *performance* desde el centro de gestión.

### **2.3 Enlaces SDH por Fibras Opticas**

La primera alternativa es interconectar estos dos nodos principales a la central de conmutación a través de fibra óptica, para ello se evaluó el costo que irrogaría hacer la planta externa. Con un estimado de 8 Km de planta externa para llegar al Co San Martín y 6 Km de canalizado para llegar al Co, Marcavilca, los costos se hacen prohibitivos ya que considerando \$ 40 el metro lineal de canalización, tendríamos una inversión de \$ 320,000 y \$ 240,000, esto además de los problemas de licencia municipal para la construcción de las canalizaciones y posterías.

Además del inconveniente económico es poco probable que se consiga la licencia municipal para realizar la planta externa hacia el nodo Co. San Martín, que tiene que cruzar el centro de Lima, es decir se debe obtener el permiso de varios municipios y sabemos que las obras en el centro de Lima están muy restringidas.

De esta manera se consideró que solo se podía instalar medios radiales.

### **2.4 Enlaces SDH por Microondas**

Dado que se decidió por la solución radial, se hizo un estudio por ver cual es la banda de frecuencias más conveniente para cada uno de los enlaces.

Para ello se tomaron en cuenta varios criterios de selección, así tenemos:

- a) **Sistemas Indoor**, es decir que se prefiere que los equipos sean totalmente montados dentro de las casetas, siendo externo solamente las antenas. Esto en razón de que tener una unidad de RF outdoor implicaría estar expuesto a las condiciones climatológicas y de corrosión del medio, más aún cuando los enlaces están ubicados en la cercanía del mar (Co. Marcavilca). Se recomienda que los equipos de mediana y alta capacidad sean totalmente

Indoor. En estos sistemas la labor de mantenimiento son menos complicados.

- b) Proveedores, en el caso de sistemas indoor la mayoría de los proveedores ofrecen sistemas en las bandas de 6 Ghz, 11 Ghz y 13 Ghz. Por ello se usarán cualquiera de estas bandas.
- c) Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), visto la disponibilidad de frecuencias en el MTC y teniendo en cuenta las distancias de los saltos y considerando además que se requiere que las antenas a usar sean a lo más de 1.2 m (por limitaciones de espacio y de carga en las torres), se decide que las bandas a usar sean de 6 Ghz (enlace Co. Marcavilca – Co. San Martín) y 11 Ghz (Co. Marcavilca – MSC y Co. San Martín – MSC).

## **2.5 Sistemas protegidos en anillo**

Hemos indicado que los nodos a interconectar son sumamente importantes, muy estratégicos ya que por ellos ingresan todo el tráfico a nivel nacional y más de la tercera parte de la ciudad de Lima, por tanto es conveniente que se le dé toda la confiabilidad posible al sistema radial a implementar.

Por ello se pensó no solamente en un sistema redundante en equipo (2+1) sino que además se decidió configurar la redundancia de ruta, es decir configurar un anillo radial. Es decir que si por fallas o accidente un enlace o un nodo es puesto fuera de servicio, el tráfico es automáticamente reencaminado y el servicio continúa sin interrupción. Esto es posible debido a la protección ofrecida por las configuraciones en anillo.

En otras palabras, los fallos de tarjetas, nodos o enlaces no suspenderán el servicio, posibilitando al operador el compromiso de poder ofrecer servicios de alta calidad y fiabilidad.

## **CAPÍTULO III**

### **SISTEMAS SDH**

#### **3.1 Técnicas de Transmisión digital**

El objetivo de este tema es ofrecer una breve visión histórica de la Transmisión Digital, así como describir las redes de transmisión actuales.

Se describirán los fundamentos de la técnica MIC (PCM), así como los principios en que se basan las redes de transmisión plesiócronicas existentes hoy en día. Se resaltarán asimismo las limitaciones que presenta esta técnica de transmisión, para que se comprenda la necesidad de una nueva tecnología de transmisión: la Jerarquía Digital Síncrona.

Se presentará además la red de transmisión, como una infraestructura básica soporte de todos los servicios, conmutados y no conmutados.

Se tratará por último, de analizar la influencia que puede tener una red de transmisión adecuada (potente, bien gestionada, etc.) en el desarrollo de la autopista de la información, de las que tanto se habla en la actualidad.

#### **3.2 Modulación de impulsos codificados, sistemas MIC**

Sobre un medio de transmisión digital es posible transmitir señales tanto de naturaleza analógica como digital.

Las señales de naturaleza digital, por ejemplo los datos que se intercambian los ordenadores entre sí, no requieren una especial adaptación al medio de transmisión digital.

Sin embargo, a las señales de naturaleza analógica (voz, video, etc.) es necesario convertirlas en digitales en el lado emisor y transformarlas de nuevo en analógicas en el extremo receptor. A este respecto, para las señales de voz se viene aplicando un método conocido como Modulación de Impulsos Codificados (MIC), que es un procedimiento que permite convertir una señal analógica en digital y viceversa. Una vez efectuada esta conversión, se aplica el principio de Multiplexación por División en el Tiempo para poder transmitir varios canales telefónicos por el mismo medio.

Aunque la técnica MIC fue propuesta por Alec Reeves en 1937, su utilización generalizada no se produjo hasta principios de los años 70, coincidiendo con un adecuado desarrollo de la tecnología de componentes electrónicos de estado sólido.

La Modulación de Impulsos Codificados (MIC) se basa en tres principios: muestreo, cuantificación y codificación.

### **3.2.1 Muestreo**

El muestreo consiste en tomar valores instantáneos (muestras) de la señal analógica. En los sistemas MIC, el muestreo es periódico o uniforme, es decir el período de muestreo es constante.

Por el teorema del muestreo de Shannon sabemos que si una señal contiene únicamente frecuencias inferiores a  $f$ , quedará completamente determinada si se muestrea a una frecuencia igual o superior a  $2f$ .

Las señales de frecuencia vocal se encuentran en la banda comprendida entre 300 y 3400 Hz, habiéndose recomendado por el UIT para este tipo de señales, una frecuencia de muestreo de 8000 Hz.

### 3.2.2 Cuantificación

La cuantificación consiste en asignar un valor concreto dentro de una escala a la amplitud de cada una de las muestras que genera el proceso de muestreo.

Una muestra puede tomar infinitos valores dentro de una gama de amplitudes (gama de funcionamiento). En la práctica, la gama de funcionamiento se divide en un número intervalos (**intervalos de cuantificación**), de forma que a todas las muestras cuya amplitud cae dentro de un mismo intervalo se les asigna el mismo valor.

De esta manera, el proceso de cuantificación consigue representar la amplitud de las muestras, de forma aproximada, mediante un número finito de valores. El proceso de cuantificación introduce necesariamente un error, ya que se sustituye la amplitud real de la muestra por un valor aproximado. A este error se le llama **error de cuantificación** y da lugar a una deformación de la señal reconstruida en recepción que se denomina **distorsión o ruido de cuantificación**.

Una cuantificación se llama uniforme si los intervalos de cuantificación son iguales. En este tipo de proceso, el ruido de cuantificación aumenta considerablemente para las señales débiles.

Si en una cuantificación uniforme se quiere mantener una relación señal/ruido aceptable para las señales de nivel bajo, es necesario dividir la gama de

funcionamiento de las señales de frecuencia vocal en unos 4000 intervalos de cuantificación, lo cual resulta excesivo.

Es necesario por tanto, buscar un procedimiento que consiga una relación señal/ruido aceptable y se mantenga prácticamente constante para todos los niveles de señal de un canal telefónico.

En los sistemas MIC, el problema se resuelve utilizando una cuantificación no uniforme, en la cual se toma un número determinado de intervalos y se distribuyen de forma que se aproximan en los niveles bajos de señal y se separan en los niveles altos. Así el error de cuantificación es tanto menor cuanto más pequeña es la amplitud de la muestra. En la cuantificación no uniforme, para las señales débiles es como si se utilizase un número muy elevado de niveles de cuantificación, con lo que se produce una disminución de la distorsión de cuantificación y la consiguiente mejora de la relación señal/ruido. Sin embargo, para las señales fuertes se tendrá una situación menos favorable que la correspondiente a una cuantificación uniforme, pero todavía suficientemente buena.

Para la cuantificación no uniforme de señales vocales, la UIT ha recomendado la utilización de 256 intervalos de cuantificación.

La cuantificación no uniforme consta en la práctica de dos procesos diferentes: el primero de ellos consiste en hacer pasar las muestras por un compresor, que amplifica las señales débiles y atenúa las fuertes. El segundo proceso consiste en realizar una cuantificación uniforme.

Lógicamente en el extremo receptor debe haber otro dispositivo que corrija el efecto del compresor y asigne a las muestras su valor original. Tal dispositivo se llama



expansor y su característica se ha de complementar con la del compresor para reducir al mínimo la distorsión de la señal.

El proceso de cuantificación no uniforme responde a una característica determinada que se denomina ley de compresión o de codificación.

La UIT recomienda dos leyes de compresión diferentes: la Ley A, utilizada por los sistemas MIC europeos y la Ley  $\mu$  utilizada por los sistemas MIC norteamericanos.

La Ley A está formada por 16 segmentos de recta, cada uno de los cuales está a su vez dividido en 16 intervalos iguales. El número total de intervalos es, por tanto,  $16 \times 16 = 256$ .

A pesar de que la ley A está formada por 16 segmentos de recta, se la llama ley de 13 segmentos, debido a que los cuatro segmentos centrales tienen la misma pendiente y se cuentan como uno solo.

### **3.2.3 Codificación**

La codificación es el proceso mediante el cual se representa el valor de una muestra cuantificada por un número binario.

Ya se ha visto que en telefonía se utilizan 256 intervalos de cuantificación para representar todas las muestras posibles. Se necesitan por tanto números binarios de 8 bits ( $2^{**8} = 256$ ) para representar los 256 posibles valores que puede tomar cada muestra.

A la palabra de 8 bits se le suele llamar byte. Los bits de la palabra MIC tienen el siguiente significado:

En resumen, aplicando los tres procesos descritos anteriormente a una señal de frecuencia vocal, obtenemos una señal digital a 64 kbit/s (8000 muestras/segundo por 8 bits/muestra), o lo que es lo mismo, un canal telefónico digital tienen una velocidad binaria de 64 kbit/s.

### **3.2.4 La multiplexación por división en el tiempo (MDT)**

Con el objetivo fundamental de reducir el coste de los sistemas de transmisión, varios canales de 64 kbit/s se combinan para obtener una señal de velocidad binaria superior, utilizando así todos ellos el mismo medio de transmisión. Este proceso se conoce como Multiplexación por División en el Tiempo (MDT)

Básicamente el proceso consiste en tomar de forma secuencial un byte de cada señal tributaria y colocarlo en la señal agregada; es lo que se denomina entrelazado de bytes.

En el sistema MIC utilizado en Norteamérica se multiplexan 24 canales de 64 kbit/s, siendo la velocidad de línea 1544 kbit/s.

En el sistema MIC utilizado en Europa se multiplexan 30 canales de 64 kbit/s más dos canales de servicio: el cero y el dieciseis. El canal cero se utiliza para funciones como alineamiento de trama, mantenimiento, monitorización de la calidad de funcionamiento, etc., mientras que el canal 16 se utiliza para señalización. La señal resultante tiene una velocidad binaria de 2048 kbit/s

Al equipo que realiza la función de multiplexar 30 canales de voz (a 64 kbit/s) para obtener una señal a 2 Mbit/s se le suele denominar multiplexor primario de 30 canales.

Con el fin, entre otros, de poder dotar a la señal de monitorización de la calidad extremo a extremo, varias tramas consecutivas se tratan de forma conjunta, constituyendo lo que se denomina multitrama. De esta forma, cuando se precisa contar con una capacidad mejorada de monitorización de errores, se utiliza el procedimiento CRC-4 (Chequeo por Redundancia Cíclica-4). Una multitrama CRC-4 se compone de 16 tramas consecutivas numeradas del 0 al 15.

También se forma una estructura de multitrama en el intervalo de tiempo de canal 16, cuando se utiliza Señalización por Canal Asociado (CAS). Al igual que en el caso anterior, la multitrama comprende 16 tramas consecutivas numeradas del 0 al 15.

Si nos ceñimos al caso europeo, la trama a 2 Mbit/s va a ser la señal elemental de una red digital de transmisión. Sus características físicas deben responder a lo especificado en la Recomendación G.703 del UIT.

La trama a 2 Mbit/s a su vez, puede ser soporte de diferentes circuitos y servicios, de los que se destacan los siguientes:

Soporte de circuitos telefónicos conmutados. Básicamente es el uso que hemos visto hasta ahora. La estructura de trama debe responder a lo especificado en la G.704

Soporte de circuitos alquilados digitales hasta Nx64 kbi/s. Es el caso de la Red Ibermic; la estructura de la señal responde a la G.704, pero el canal 16 puede utilizarse también para datos ya que no es necesario transmitir información de señalización, debido a que los circuitos están establecidos permanentemente .

Soporte de otros servicios: datos a alta velocidad, videoconferencia, canal de video comprimido, etc.

### 3.3 La Jerarquía Digital Plesiócrona (JDP)

Como hemos visto en el apartado anterior, la señal primaria (2 Mbit/s en Europa) se forma mediante el entrelazado síncrono de los octetos correspondientes a los canales básicos. Esto es posible debido a que tanto los canales tributarios como agregados se constituyen con una señal de sincronismo común, la que genera el propio reloj local.

Nuevamente, con el objetivo de reducir el coste de los sistemas de transmisión, se vio la necesidad de multiplexar varias señales primarias para obtener una señal de velocidad superior. Sin embargo, no fue posible utilizar el mismo procedimiento de entrelazado síncrono de los bytes, ya que esto hubiera requerido la sincronización universal de todas las fuentes de señales a 2 Mbit/s. De esta forma, se empleó una técnica de entrelazado de bits, en lugar de entrelazado de bytes, y un funcionamiento plesiócrono para dar lugar a lo que se denominó Jerarquía Digital Plesiócrona (JDP).

El término "plesiócrono" proviene del griego y significa "casi síncrono", y el UIT lo define como sigue:

*Dos señales son plesiócronas si sus instantes significativos correspondientes se presentan con la misma cadencia nominal, y cualquier variación de esta cadencia se mantiene dentro de unos límites especificados. De esta forma, dos señales que tengan la misma velocidad digital nominal y que no provengan del mismo reloj, serán generalmente plesiócronas.*

Vamos a describir a continuación, de una forma muy elemental, en qué consiste la transmisión plesiócrona:

Como ya se ha comentado, las señales tributarias se combinan por un procedimiento de entrelazado de bits. A cada señal tributaria se le añaden unos bits que se llaman de relleno o de justificación y unos bits que se llaman de control de justificación, para que el extremo receptor pueda distinguir los bits que son de información y los que son de relleno.

A este proceso se le conoce con el nombre de justificación (en este caso, justificación positiva) y tiene por objeto absorber las ligeras diferencias de frecuencia que pueden presentar los distintos tributarios, ya que pueden haberse constituido con fuentes de reloj diferentes. De esta forma, a los tributarios más "lentos" es necesario añadirles más bits de relleno que a los tributarios más "rápidos". En el extremo receptor, los bits de relleno son oportunamente reconocidos y cancelados gracias a la información que transportan consigo los bits de control de la justificación.

En consecuencia, la velocidad de la señal agregada es mayor que la suma de las velocidades de las señales tributarias.

La referencia de sincronización que se toma para realizar todo el proceso descrito anteriormente, es la de la señal agregada. Por lo tanto, cada etapa de multiplexación tiene su propia referencia de temporización, lo que da lugar a uno de los mayores inconvenientes de la multiplexación plesiócrona: una vez formada la señal múltiple, no es posible extraer un tributario concreto sin demultiplexar completamente la señal.

Existen tres jerarquías plesiócronas diferentes: europea, americana y japonesa. La europea se basa en la señal de 2 Mbit/s, mientras que la americana y japonesa se basan en la de 1,5 Mbit/s.

No obstante los equipamientos mux existentes pueden soportar todas las jerarquías indicadas, para ello se deberán proveer de las tarjetas correspondientes. En el Perú usamos el sistema europeo.

### **3.3.1 Limitaciones de la J.D.P.**

La reducción del coste de la electrónica y los avances en transmisión sobre fibra óptica han conducido a un desarrollo muy importante, a nivel mundial, de los sistemas de transmisión plesiócronicos. Esto ha dado lugar a redes que permiten el transporte de un gran número de circuitos, básicamente telefónicos, a un coste relativamente bajo.

Sin embargo, y debido a los principios en los que se basa la multiplexación plesiócrona descritos anteriormente, esta técnica de transmisión presenta importantes limitaciones y carencias, que enunciamos a continuación:

El proceso de justificación por una parte, y por otra el hecho de que la temporización vaya ligada a cada nivel jerárquico, hacen que en la práctica sea imposible identificar una señal de orden inferior dentro de un flujo de orden superior sin demultiplexar completamente la señal de línea.

Supongamos por ejemplo que tenemos un flujo a 140 Mbit/s, y que en un punto intermedio deseamos extraer un canal a 2 Mbit/s. Es necesario para ello recurrir a las voluminosas y rígidas cadenas de multiplexación.

Las tramas JDP disponen de muy poca capacidad adicional para el transporte de información de gestión, muy importante para conseguir una Operación y Mantenimiento eficientes.

La supervisión de la calidad es escasa.

En lo que se refiere a la seguridad de la red, la JDP no dispone de mecanismos eficaces para la protección de secciones de la red o de circuitos concretos, ni tampoco de la flexibilidad suficiente para realizar re-encaminamientos en caso de fallo.

Las diferentes jerarquías plesiócronas existentes: americana, europea y japonesa, hacen muy difícil el interfuncionamiento.

La escasa normalización ha conducido a que los códigos de línea, la modulación o las funciones de supervisión, sean específicas de cada suministrador, de forma que equipos de diferentes fabricantes son incompatibles entre sí.

Si los circuitos que transporta la red son puramente telefónicos estas carencias no resultan especialmente preocupantes. Hemos de tener en cuenta que la JDP se pensó para el transporte de este tipo de circuitos, ya que en la época que se originó prácticamente no existía otro circuito que no fuera el clásico circuito de voz.

Pero en la actualidad, las redes de transmisión soportan cada vez más circuitos de datos, punto a punto y alquilados, que requieren unas características que difícilmente les puede aportar la JDP: supervisión de la calidad, complejos procesos de gestión (altas y bajas dinámicas, por ejemplo), alta disponibilidad, etc.

Por este motivo se vio la necesidad de desarrollar una técnica de transmisión más avanzada que pudiera dar satisfacción a los estrictos requerimientos que presentan cierto tipo de circuitos. El resultado se conoce como Jerarquía Digital Síncrona.

### **3.4 Jerarquías de multiplexación digital**

El objetivo de este tema es mostrar los principios en los que se basa la Jerarquía Digital Sincrona, estándar mundial definido por la UIT para la red de transmisión.

Se resaltarán las diferencias con respecto a la Jerarquía Digital Plesiócrona y se indicarán las ventajas que la tecnología síncrona va a aportar a las redes de transporte.

Se describirán con cierto detalle los elementos con que cuenta la JDS. Así por ejemplo, veremos como las taras soportan básicamente Información destinada a la gestión del propio sistema.

Veremos también la utilidad de los punteros y cómo permiten asignar de forma flexible la carga útil dentro de la trama.

Se describirán los procesos fundamentales de que consta la JDS: mapeado, alineamiento y multiplexación.

#### **3.4.1 Orígenes de la Jerarquía Digital Sincrónica**

Como vimos anteriormente, la Jerarquía Digital Plesiócrona no es lo suficientemente eficiente para el transporte de circuitos que no sean los puramente telefónicos.

A mediados de los 80, a la vez que iban apareciendo nuevos servicios, crecían las redes privadas y se liberalizaban los mercados, de forma que los operadores de las redes de telecomunicación se enfrentaban a la necesidad de incrementar su eficiencia operativa.

La necesidad de mejorar dicha eficiencia dio lugar a la formulación de varias propuestas de sistemas de transmisión síncronos. Así, en Estados Unidos veía la luz **SONET** (Synchronous Optical Network), estándar norteamericano propuesto por ANSI (American National Standards Institute) en 1987.



El primer nivel jerárquico SONET tiene una velocidad de 51,840 Mbit/s y se llama STS-1 (Synchronous Transport Signal, nivel 1 ). La señal óptica equivalente se llama OC-1 (Optical Carrier, nivel 1 ).

Por su parte, la UIT-T (antes CCITT) culminaba una serie de recomendaciones, G.707, G.708 y G.709, en las que se venía a definir lo que se denominó **Jerarquía Digital Síncrona (JDS o SDH en inglés)**. Estas recomendaciones fueron publicadas en el Libro Azul del CCITT en 1989.

La velocidad básica JDS es 155,520 Mbit/s y la señal correspondiente se denomina STM-1 (Módulo de Transporte Síncrono de nivel 1 ). Como puede observarse la velocidad básica JDS es justamente tres veces la velocidad básica SONET.

En algunos casos SONET y JDS se consideran dos estándares diferentes, mientras que en otros casos SONET se considera como un subconjunto de la JDS. De cualquier forma, ambas jerarquías permiten el interfuncionamiento en algunas velocidades comunes.

### **3.4.2 Descripción general de la Jerarquía Digital Síncrona**

La Jerarquía Digital Síncrona es un estándar mundial definido por la UIT-T para la red de transmisión.

La especificación básica de este estándar viene recogido en las recomendaciones G.707, G.708 y G.709, que como ya se comentado, fueron publicadas en 1989.

Estas especificaciones han sufrido modificaciones a lo largo de los años y continúan en proceso de revisión dentro del seno de la UIT.

En febrero de 1995 se decidió reunir las tres recomendaciones en una sola, que tiene por título: INTERFAZ DE NODO DE RED PARA LA JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA (JDS). Provisionalmente esta Recomendación se conoce como G.70X.

La JDS define como primer escalón jerárquico la velocidad de 155 Mbit/s denominada STM-1 (Módulo de Transporte Síncrono, Nivel 1).

La Jerarquía Síncrona permite el transporte de la mayor parte de las velocidades definidas para la Jerarquía Digital Plesiócrona, mediante el empleo de contenedores. Permite también el transporte de células ATM y en el futuro podrá admitir otras señales como son las señales propias de las Redes de Area Metropolitana (MAN).

A partir de la señal básica de 155 Mb/s, se obtienen las señales de orden superior de la JDS mediante multiplexación síncrona por entrelazado de octetos, es decir, por un proceso similar a como se obtiene la señal básica de 2 Mbit/s a partir de los canales elementales de 64 kbit/s, Esto supone una diferencia fundamental con la JDP, que como ya sabemos se basa en la multiplexación plesiócrona por entrelazado de bits de los canales tributarios.

Las velocidades de los niveles superiores se obtienen multiplicando por números enteros la velocidad del primer nivel (STM-1). Actualmente se encuentran normalizadas tres señales: STM-1, STM-4 y STM-16.

La estructura de trama del Módulo de Transporte Síncrono (STM) contiene la carga útil para el transporte de las velocidades de la jerarquía plesiócrona en unos elementos llamados contenedores virtuales. La información relativa a la gestión de la carga útil se envía en la denominada tara de sección y dónde comienza exactamente cada contenedor virtual dentro de la carga útil se indica con los punteros.

Los contenedores virtuales, a su vez constan del contenedor correspondiente más la tara de trayecto, que es también una información relativa a la gestión y que acompaña al contenedor desde su origen hasta su destino.

La Jerarquía Digital Síncrona basa su multiplexación en el entrelazado síncrono de octetos.

Esto supone una diferencia fundamental con respecto a la Jerarquía Digital Plesiócrona.

### **3.4.3 Ventajas de la Jerarquía digital síncrona frente a la Jerarquía digital Plesiócrona**

La Jerarquía Digital Síncrona va a aportar notables ventajas tanto a los operadores de la red, como a los usuarios de los servicios de telecomunicación.

Las ventajas de la JDS desde el punto de vista de los operadores de red son las siguientes:

La estructura de multiplexación es más sencilla. Esto, además de abaratar el coste de los equipos hace que las funciones de multiplexación puedan estar mucho más integradas, de forma que se puedan eliminar las típicas cadenas multiplex. En la Fig. 4 se observa la diferencia entre ambos sistemas de multiplexación.

Es posible acceder a cualquier tributario de una señal STM en paso, sin necesidad de demultiplexar completamente la señal STM. Esto posibilita la realización de equipos Multiplexores con Extracción/Inserción de manera efectiva.

En la JDS se dispone de capacidad adicional de información suficiente para una eficiente explotación: mantenimiento centralizado, gestión dinámica de altas y bajas, reencaminamiento automático, monitorización permanente de la calidad de los circuitos, etc.

Del orden de un 15% de la información total que transporta una señal STM está destinada a tareas de gestión.

Se hace posible el interfuncionamiento, a nivel internacional, de las jerarquías basadas en 1,5 y 2 Mbit/s.

La mayor normalización de interfaces eléctricos y ópticos hará posible el interfuncionamiento entre equipos de diferente suministrador. Es lo que a veces se denomina compatibilidad transversal.

La JDS es muy eficaz para el transporte de las células en que se basa el Modo de Transferencia Asíncrono (ATM) de la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (RDSI-BA).

Se posibilita el empleo de diferentes estructuras de red: punto a punto, bus, anillo. Como ya veremos esta última estructura va a ser aplicable en prácticamente todos los niveles de la red.

Por su parte, el usuario también se beneficiará de las ventajas que va a aportar la tecnología JDS:

Se facilitará el desarrollo de nuevos servicios, sobre todo los basados en la banda ancha.

El usuario percibirá mejoras en todo lo relacionado con la disponibilidad, la fiabilidad, la provisión y el mantenimiento de los servicios.

- Se facilitará y se abaratará enormemente el alquiler de circuitos a 2 Mbit/s y velocidades superiores.
- Se facilitará la competencia dentro del mercado de las telecomunicaciones, lo cual desde el punto de vista del usuario siempre suele ser beneficioso.

En general, se percibirán todos los beneficios que se desprenden de un sistema de gestión global de toda la red de transmisión.

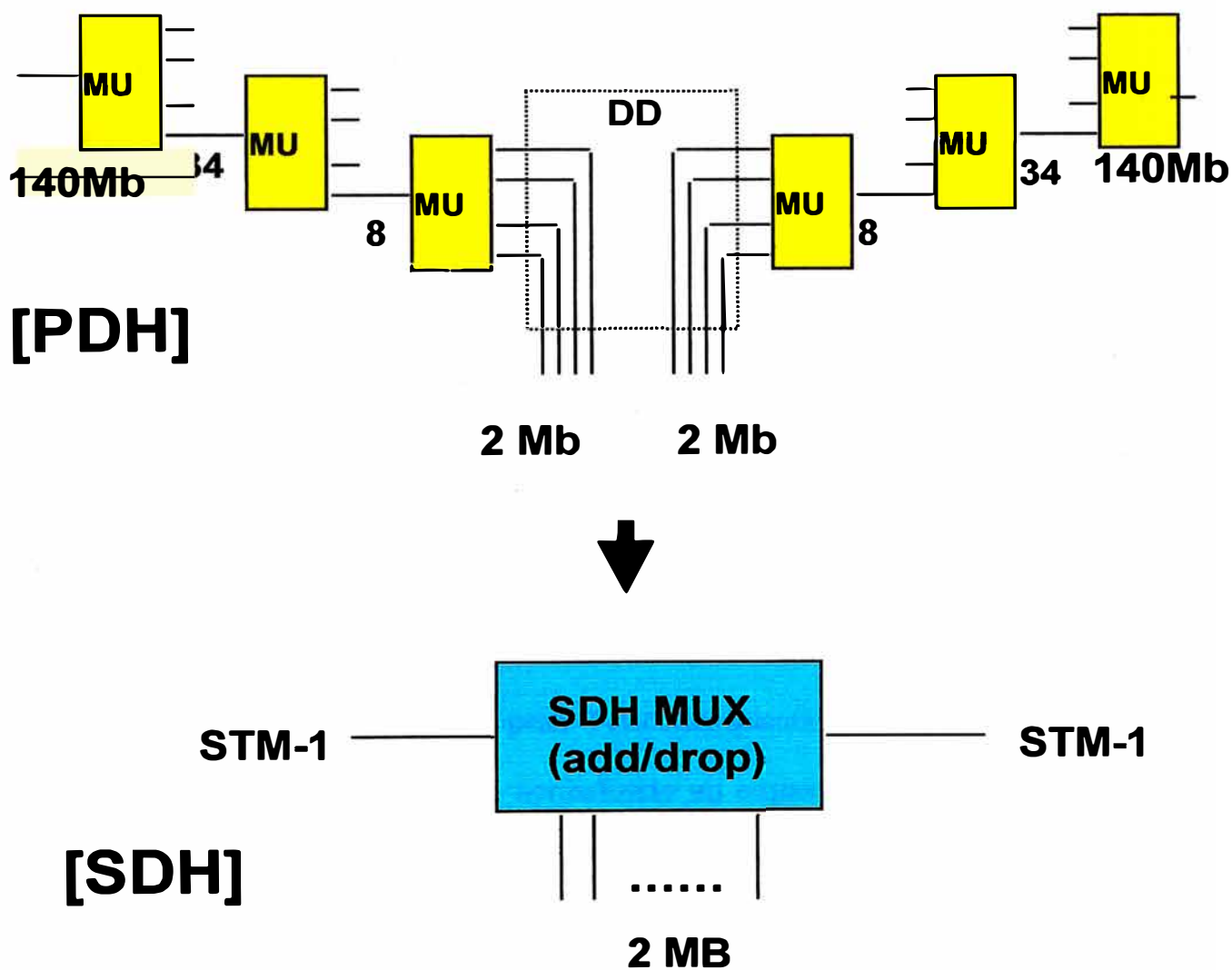


Fig. 4 MULTIPLEXAJE EN PDH y SDH

### 3.5 Multiplexación Jerárquica Sincrónica SDH

De la observación del esquema de multiplexación, podemos destacar los siguientes hechos como más significativos:

En una señal STM-1 (155 Mbit/s) se pueden multiplexar como máximo 63 grupos a 2 Mbit/s, mientras que en la señal plesiócrona equivalente (140 Mbit/s) se podían multiplexar 64 grupos a 2 Mbit/s. Esto es debido a la gran cantidad de información destinada a gestión que transporta la señal STM-1 (taras de sección y taras de trayecto).

El contenedor C-3 se usa tanto para la señal a 45 Mbit/s (americana) como para la señal a 34 Mbit/s (europea). Esto hace que en una señal STM-1 (155 Mbit/s) se puedan multiplexar como máximo 3 grupos a 34 Mbit/s, mientras que en la señal plesiócrona equivalente (140 Mbit/s) se podían multiplexar 4 grupos a 34 Mbit/s.

Es por tanto evidente que el STM-1 no está optimizado para el transporte de grupos a 34 Mbit/s, por lo que este empleo se deberá restringir a los casos estrictamente necesarios.

La señal a 8 Mbit/s de la JDP no tiene cabida en la estructura de multiplexación de la JDS.

Por su parte el ETSI (European Telecommunications Standards Institute) ha restringido algunas opciones y ha normalizado un esquema de multiplexación para Europa. Esto no significa incompatibilidad con el estándar de la UIT, sino que del conjunto total de posibilidades unas se definen como mandatorias y el resto como opcionales.

La principal diferencia con la estructura de la UIT es la siguiente:

En la estructura ETSI no se emplea la Unidad Administrativa de nivel 3 (AU-3), de esta forma, todos los grupos digitales (2, 34, 140 Mbit/s) pasan a formar un VC-4 y éste a su vez forma un AU-4.

Por otra parte, una estructura de multiplexación simplificada y limitada sería las velocidades que tienen más interés para nosotros: 2, 34 y 140 Mbit/s.

### **3.6 Multiplexores y equipos de línea SDH**

Se dispone de dos tipos de equipos multiplexores:

- Multiplexor con entradas PDH (63X2048, 3X34368 Kb/s o combinaciones de ambas) y salida STM-1 a 155 Mb/s; y
- Multiplexor con entradas SDH (STM-1 a 155 Mb/s) o PDH (140 Mb/s) y salidas SDH de orden superior (STM-4 o STM-16)

Las unidades funcionales que componen un multiplexor son:

- Multiplexor de tributarios de entrada,
- Demultiplexor de datos de línea recibidos,
- Unidad de sincronismo, servicio orderwire, conmutación y gestión de red

**MUI.TIPL.EXOR.**

- Interfaz eléctrica de entrada

adaptación de niveles, aislación eléctrica y adaptación de impedancias  
ecualización de la línea coaxial de acceso.

recuperación del reloj de la entrada de tributario,

detección de pérdida de señal (alarma LOS).

generación de señal de indicación de alarma AIS,

conversión desde el código HDB3 o CMI a NRZ , Clock

- Interfaz óptica de entrada (alternativa a la interfaz eléctrica)

conversión a nivel eléctrico, ecualización y recuperación de reloj

- Memoria elástica buffer

permite la justificación con entradas plesiócronicas (2 o 140 Mb/s).

permite el procesamiento de punteros de entradas sincrónicas STM-1,

permite la reducción de la fluctuación de fase de entrada y salida

- Acceso a la SOH/POH

accede a los canales de servicio orderwire,

accede a los canales de datos de gestión DCC,

permite la comunicación del sistema de conmutación

permite la evaluación de errores mediante los Bytes B 1 V5

- Multiplexor

arma sucesivamente los C-N, VC-N y STM-N,

calcula los Bytes de paridad,

agrega la palabra de alineamiento de trama,

identifica a cada STM-1 dentro del STM-N

- Aleatorizador

mantiene suficientes transiciones de datos y

facilita la recuperación del reloj

DEMULTIPLEXOR

- Demultiplexor

permite el alineamiento de la trama STM-1 o STM-N,

determina punteros para permitir la función Add-Drop

- Alarmística



entrega las alarmas de sincronismo OOF y LOF,

entrega la alarma de pérdida de trama LOF,

entrega la alarma de pérdida de puntero LOP,

entrega indicaciones de tasa de error VER,

- Interfaz de salida

conversión hacia el código HDB3 o CMI

adaptación de niveles e impedancias,

generación de AIS por falta de datos o sincronismo,

reduce el jitter de salida

#### **FUNCIONES DE SALIDA**

- Terminal de línea

- Fuente de temporización

- Canales de servicio

- Gestión de red SDH

- Protección de línea

### **3.7 Equipos sobre Radio**

Podrían ser de utilidad los siguientes desarrollos de sistemas radioeléctricos:

#### **3.7.1 Sistemas Radioeléctricos Síncronos para aplicaciones punto a punto de capacidad STM-1**

Estos sistemas están destinados a formar y/o transmitir N canales agregados STM-1 a partir de una señal plesiócrona de 140 Mbit/s o síncrona STM-1.

Un posible sistema podría trabajar en la banda de 6 GHz para vanos entre 30-50 Km y con posibilidad de configuración N+1. Otro podría trabajar en la banda de 13 GHz para vanos entre 20-30 Km y con posibilidad de configuración 1+1.

La aplicación típica de estos sistemas es en ciertas rutas de la red de transporte de larga distancia o de la red provincial.

### **3.7.2 Sistemas Radioeléctricos Síncronos para aplicaciones punto a punto de capacidad SubSTM-1**

Estos sistemas están destinados a formar y transmitir señales agregadas constituídas por un solo VC-3, a partir de una señal STM-1 incompleta o bien de señales plesiócronicas hasta  $21 \times 2$  Mbit/s o 34 Mbit/s.

Una posible aplicación de estos sistemas podría ser como versión radioeléctrica del Terminal Síncrono de Usuario (TSU), descrito anteriormente, para el acceso de grandes clientes. La banda más adecuada, tratándose de un entorno urbano será la de 23 GHz.

Otra posible aplicación puede ser en rutas de baja densidad de la red rural, por ejemplo para la conexión de unidades remotas con la central local. La configuración puede ser 1+0 ó 1+1.

### **3.7.3 Sistemas Radioeléctricos Síncronos para cierre de anillos STM-1**

Estos sistemas están destinados a transmitir un canal agregado STM-1 como cierre de un anillo STM-1.

Un posible sistema podría trabajar en la banda de 13 GHz para vanos entre 20-30 Km y con posibilidad de configuración 1+1. Otro podría trabajar en la banda de 18 GHz para vanos entre 10-20 Km 1 +0 y un tercero en 8 GHz para vanos mayores.

La aplicación típica es la de completar anillos en la red provincial/rural, en aquellos casos que el cierre por fibra óptica sea dificultoso o antieconómico.

También es posible usar equipos en la banda de 11 Ghz, en todos los casos se debe verificar las frecuencias asignadas por el MTC y también las reservadas por todos los demás operadores, esto en razón de que los sistemas de alta capacidad deben obligadamente tener una muy alta confiabilidad y la interferencia de frecuencias es un factor decisivo para ello.

#### *PRINCIPALES APLICACIONES DE LA RADIO JDS*

- Radioenlaces punto a punto de capacidad N x STM-1
- Radioenlaces SubSTM-1 para acceso de clientes o redes rurales
- Radioenlaces STM-1 para cierre de anillos

### **3.8 Sincronismo de redes digitales**

En 1959 la Bell Labs desarrolló el proyecto Essex (Experimental Solid State Exchange) consistente en una central de conmutación digital con concentradores PCM y transmisión digital. Uno de los problemas descubiertos desde aquella época es la sincronización de los centros de la red (pleiócronos mutuamente). Por sincronizar se entiende el proceso de hacer esclavo (slave) un reloj desde otra señal.

#### **3.8.1 Métodos de Sincronización**

En las redes digitales se mezclan áreas internamente sincrónicas conectadas con áreas pleiócronas. Una clasificación de las formas de operación es la siguiente:

Operación síncrona despótica subordinado, jerárquico o externo.

Operación síncrona mutua con control uniterminal o control biterminal.

La sincronización despótica ocurre cuando un reloj asume el poder sobre los otros en el método subordinado, conocido también como amo-esclavo, uno de los relojes actúa de maestro (master). En el método jerárquico existe un orden entre los relojes para ocupar la función de maestro en caso de falla. En el caso de reloj externo la sincronización se reduce desde afuera de la red.

La sincronización mutua permite eliminar el reloj maestro y hacer que cada uno de los relojes se sincronice con el valor promedio de todos los relojes entrantes al nodo. En el caso del control unilateral se toma el valor medio entre los relojes entrantes y el local. El problema de la sincronización mutua uniterminal es la imposibilidad de compensar los efectos de la fluctuación de fase lenta. El control biterminal en cambio, transmite la diferencia de fase medida en un nodo al otro, obteniéndose un control enlazado en ambos extremos.

Hoy día se piensa en una red sincronizada mediante una combinación compuesta por centros de conmutación internacionales que funcionan con sincronización plesiócrona entre sí con relojes de alta estabilidad y memorias buffer para reducir el número de deslizamientos: centros nacionales regionales con sincronización mutua jerarquizada y centros locales con sincronización despótica. Los relojes de estrato superior se sincronizarán mediante receptores GPS.

Se crea de esta manera una pirámide jerárquica de niveles de sincronización denominado Plan de Sincronización .

### **3.8.2 Deslizamientos**

El funcionamiento plesiócrono, donde los relojes de los distintos centros funcionan en forma independiente con un estrecho margen de estabilidad , produce Deslizamientos cada cierto tiempo. Un deslizamiento es la pérdida o repetición de bits, octetos o tramas. Los deslizamientos se producen en las memorias elásticas o buffer que se incorporan a la entrada de los centros o nodos de conmutación para compensar la diferencia entre el reloj de la señal entrante y el reloj local.

Los deslizamientos se clasifican en controlados e incontrolados. Los deslizamientos controlados se deben a diferencias entre los relojes y los incontrolados a variaciones en el tiempo de transmisión. Por ejemplo, la variación en la posición del satélite, cambios en la longitud de los conductores metálicos por variación de temperatura, variaciones del índice de refracción en la atmósfera para los enlaces radioeléctricos o cambios en la longitud de onda de los láser para fibras ópticas, producen variaciones en el tiempo de transmisión.

Los cambio de fase rápidos, por encima de los 10 Hz, se denominan jitter o fluctuación de fase rápida y son reducidos por las memorias elásticas. En cambio, los movimientos de fase lentos, denominados wander, no lo son y por ello debe preverse el uso de memorias buffer a la entrada de cada nodo. Cuanto mayor es la longitud del buffer mejor será el tiempo que transcurra hasta el deslizamiento.

### **3.9 Sistemas de gestión de redes**

La tercera de generación de sistemas de supervisión permite efectuar las operaciones de la segunda más otras adicionales (por ejemplo, re-configuración dentro de una red en anillo)

Posee una velocidad de comunicación y una capacidad de memoria sustancialmente mayor.

El sistema deberá proveer una visión gráfica de la red y además deberá contar con las siguientes facilidades:

Administración de fallas (alarmas)

Performance de la red

Configuración

Seguridad

### **3.9.1 Arquitectura de red de gestión**

La arquitectura típica de la TMN (Telecommunications Management Network) comprende los siguientes componentes:

**Elementos de Red NE.** En una red SDH es el multiplexor terminal o Add-Drop, el equipo terminal de línea o repetidor, los circuitos Cross-Connect, el equipo de radioenlace y la fuente de sincronismo. Los elementos de red poseen hacia el exterior las interfases F y Q.

**Adaptador de interfaz Q.** Permite adaptar un elemento de la red NE ya existente a la TMN que se introduce. Los elementos de red SDH ya disponen de las interfases Q y F. Téngase en cuenta que la interfaz Q3 es normalizada y la Qx es propietaria (interna de un fabricante).

**Elemento de Mediación.** Permite la conexión entre el elemento de red y el sistema de operaciones mediante un canal de comunicaciones de datos normalizado.

Sistema de operaciones. Se trata de componentes informáticos para el proceso y presentación de la información.

### 3.9.2 Arquitectura de software

Una comparación resumida entre los sistemas de telesupervisión para enlaces PDH y la TMN es la siguiente:

	Telesupervisión	Red Gestión TMN
<b>Funciones</b>		
Alarmas (Control) G.821	Si	Si
Configuración de red	No	Si
Protocolo de comunicación	Polling	HDLC
Velocidad de comunicación	64 Kb/s	192 y 576 Kb/s
Canal de comunicación	Independiente	SOH en STM-1
Unidad de supervisión	Separada	Integrada

### 3.9.3 Funciones de la TMN

Las funciones generales son:

Transporte de información entre distintos elementos,

Almacenamiento de la información

Seguridad para garantizar un control de acceso.

Consulta para permitir el acceso a la información

Tratamiento para permitir el análisis

Soporte para garantizar la entrada/salida de datos

## **CAPÍTULO IV**

### **DISEÑO DEL PROYECTO**

#### **4.1 Configuración de la Red**

Dado que son tres los nodos a interconectar entonces se desarrolla una Red Digital de Radio con la provisión de 3 enlaces SDH y diseño de un sistema de supervisión de red (centro de gestión).

Una descripción detallada de la red comprende:

Dos (02) radioenlaces de mediana capacidad en configuración 2+1 FD expandibles a N+1, con equipamiento en la banda de 11 Ghz.

Un (01) radioenlace de mediana capacidad en configuración 2+1 FD expandible a N+1, con equipamiento en la banda 6U Ghz.

Tres (03) equipos multiplexores SMA 16 equipados con 126 E1s en el nodo central (MSC) y 63 E1s en cada uno de los otros dos nodos.

Sistema de supervisión y gestión.

Repuestos y material para el centro de mantenimiento

Se considera en el proyecto igualmente los servicios de instalación, pruebas e integración al sistema de gestión.

Asimismo se debe incluir en el proyecto la capacitación.

Asimismo el equipamiento de las estaciones incluye:



Equipo presurizador, Antenas HP de polaridad simple de 1.2 m (de este tamaño como máximo debido a la limitación de espacio y estructural en las torres).

Guías de onda de longitud de 70m por dirección y material de instalación.

#### 4.1.1 Características de la red de Radio

La red de microondas SDH propuesta está formada por tres (3) radioenlaces

detallados así:

##### Anillo MSC – Co. San Martín – Co. Marcavilca

No.	Estación A	Estación B	Distancia (Km)	Banda de Frecuencia	Configuración	Capacidad	Antena Estación A	Antena Estación B
1	MSC	Co San Martín	9.33	11	2+1 FD	2 STM-1	HP4-107	HP4-107
2	Co San Martín	Co Marcavilca	18.54	6U	2+1 FD	2 STM-1	HP4-65	HP4-65
3	Co Marcavilca	MSC	10.77	11	2+1 FD	2 STM-1	HP4-107	HP4-107

De acuerdo a los requerimientos se requieren 3 equipos multiplexores SMA 4/16C, incluyendo repuestos y distribuidores digitales. Los equipos SMA 4/16C conforman un anillo virtual; el anillo físicamente se enlaza por medio de equipos de radio. La conexión entre los equipos multiplexores y los equipos de radio se realiza por medio de una conexión eléctrica STM-1, 75 ohmios. En cada nodo del anillo la capacidad de inserción y extracción es hasta 126 señales de 2 Mbps, 75 ohmios.

Con los equipos SMA 4/16C, y a partir de la configuración de red, se tiene la posibilidad de tener un crecimiento futuro mediante la inserción de tarjetas, bien sea a nivel de línea o de tributario a fin de migrar de una manera rápida hacia una red sobre fibra óptica hasta nivel STM-16 (2.5 Gbps de tráfico), con protección BSHR, y respaldo de la red de radio actual, como se aprecia en la Fig. 5.

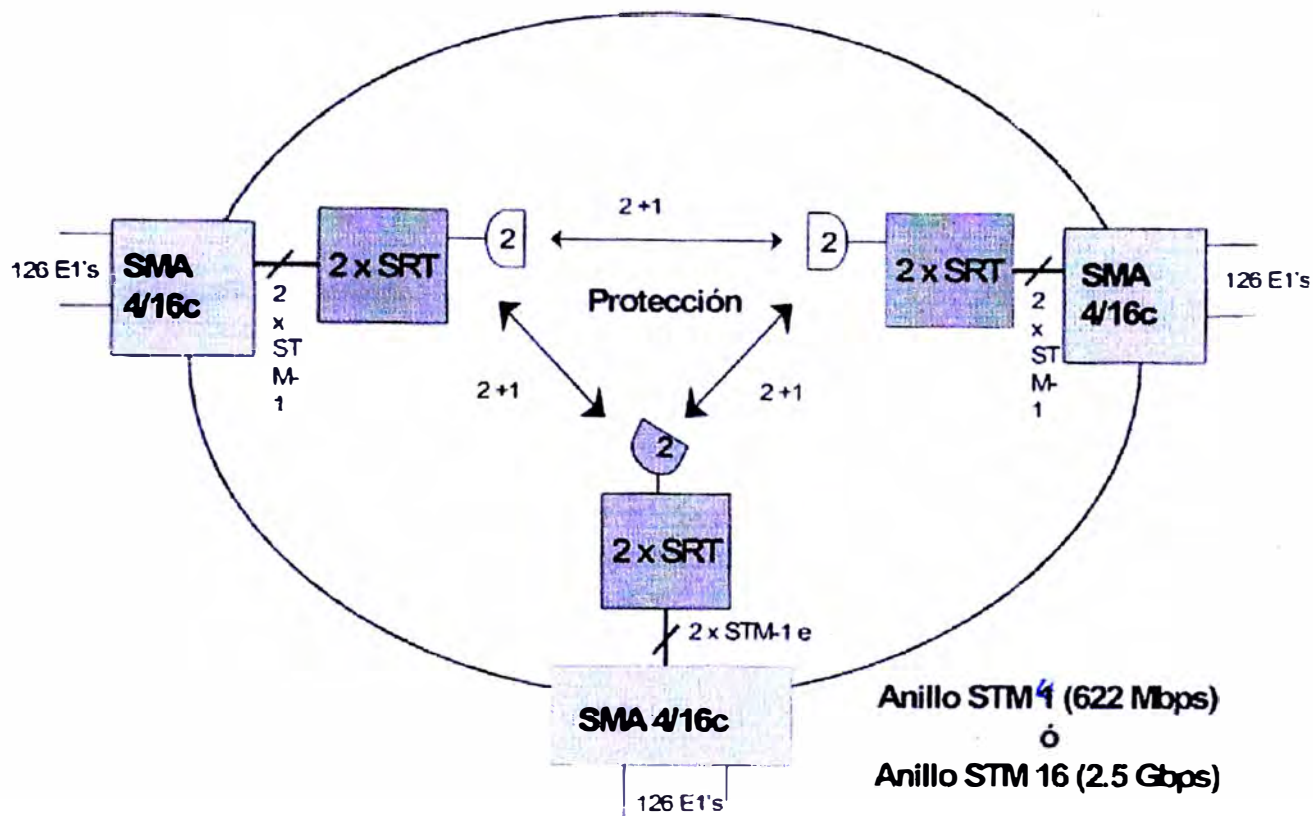


Fig 5 CONFIGURACION DEL ANILLO RADIAL SDH

fig 4.1

#### 4.1.2 Sistema de supervisión y gestión

De acuerdo a la topología del anillo SDH planteado y a los requerimientos del operador se considera un sistema de supervisión "TNMS-C/NETVIEWER FULL INTEGRATION", con las características de un sistema de supervisión y gestión-centralizado, así como el material de instalación necesario.

El sistema de gestión propuesto, provee la supervisión de:

Dos (2) enlaces SDH, SRT1F AP 2+1 FD 11 GHZ,

Un (1) enlace SDH, SRT1F AP 2+1 FD 6U GHZ,

Tres (3) multiplexores SMA 16.

Para el dimensionamiento de los servidores principales TNMS "Core-Server" y NETVIEWER, se consideró el número de SMA-1 y elementos de radio equivalentes que se van a gestionar en la red de transmisión, y de acuerdo con el resultado obtenido se analiza la tabla de dimensionamiento del TNMS y Netviewer para decidir el tamaño del mismo.

El sistema "NETVIEWER" trabaja en conjunto con el sistema de supervisión y gestión de los equipos ADM "TNMS" para integrar la supervisión tanto de los productos de radio como de los productos múltiplex haciendo un "FULL INTEGRATION" bajo una misma plataforma Windows NT.

## **4.2 Plan de Enrutamiento**

A continuación presentamos el plan de enrutamiento de la red, Fig. 6

El esquema indica las distancias de cada salto, de allí se seleccionaron las frecuencias según se indican.

Para determinar las frecuencias se tomaron en cuenta los sistemas de otros operadores así como también los sistemas propios del operador. La misma información se solicitó al Ministerio de Transportes y Comunicaciones a fin de no causar interferencias a sistemas existentes.

Otro concepto que se manejó es el de tener que superar la altura de los edificios en el trayecto, considerando además las posibilidades de crecimiento de dichos edificios. Para ello se debe tener en cuenta la zona del trayecto, por ejemplo si el trayecto de la señal cruza las zonas de San Isidro , San Borja o Miraflores, es bastante probable la

construcción de grandes edificios, por lo tanto en estas zonas el margen de claridad de la línea de vista debe ser mayor que en otras zonas de la ciudad.

### **4.3 Plan de frecuencias y cálculos de enlace**

Las bandas de operación de los equipos de radio SDH AP para los enlaces propuestos son: 11 GHZ (10.7 -11.7 GHz) y 6U GHZ (6.425- 7.125 GHz)

Los canales utilizados en el cálculo de interferencia en la banda de 11 GHZ son: F7, F9 y F11.

En la Fig 6 se muestra el plan de enrutamiento con las posible frecuencias a usar, también se muestran las frecuencias de un sistema existente de otro operador, esto ayuda más al análisis de interferencia.

Los canales utilizados en el cálculo de interferencia en la banda de 6U GHZ son: F2,F4,F6.

El anillo más pequeño es un sistema radial de otro operador y se ha tomado en cuenta las frecuencias usadas por ellos para el análisis de interferencia y selección de las frecuencias a usar.

A pesar de ello antes de decidir las frecuencias para el sistema se realizará un estudio de interferencia con equipos de prueba, de esta manera se podrá garantizar totalmente la confiabilidad ofrecida.

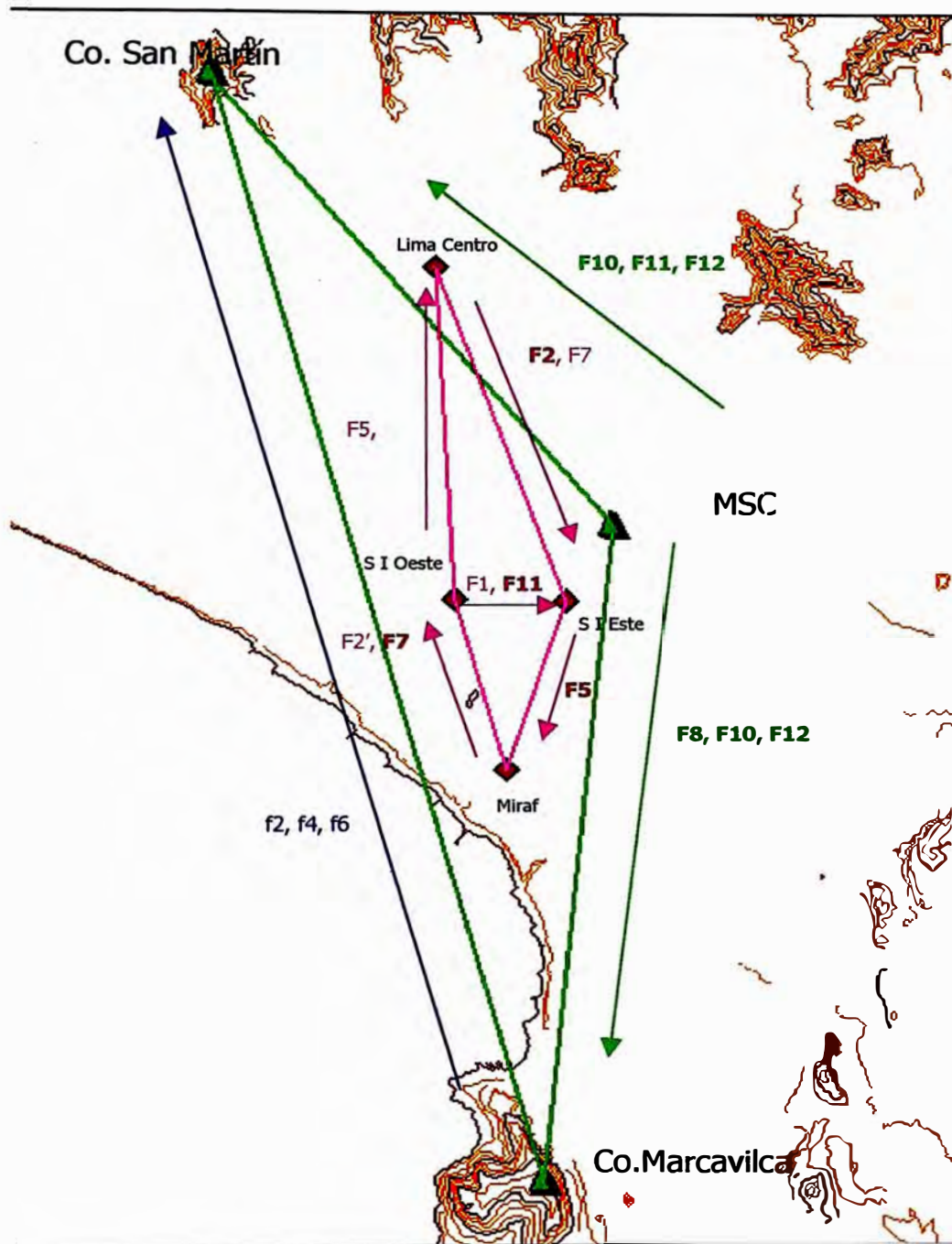


Fig. 6 PLAN DE ENRUTAMIENTO Y SISTEMAS EXTERNOS

#### **4.3.1 Resultados de confiabilidad de los enlaces**

A partir de los resultados de los cálculos de performance e interferencia de los enlaces, se han dimensionado las antenas en las tres estaciones. Estos cálculos están basados en los datos de configuración actual de equipos existentes, distancias, y capacidades requeridas, proporcionados por el operador. Los cálculos a partir de estos datos cumplen con las normas de confiabilidad recomendada por la ITU-T con las siguientes consideraciones de cálculo.

#### **4.3.2 Consideraciones de cálculo**

Los objetivos de calidad y confiabilidad de los enlaces están de acuerdo a la Rec. ITU-T G.826.

Se ha considerado objetivos de indisponibilidad por lluvia de acuerdo a la Rec. ITU-T G.826.

Se ha considerado que estos enlaces van a ser instalados en los sitios mencionados dentro de LIMA para las condiciones climáticas y de altitud sobre el nivel del mar correspondientes.

El operador garantiza que existe línea de vista entre las estaciones en cuestión.

De acuerdo a la configuración del sistema C. San Martín, MSC, C. Marcavilca se han equipado como estaciones terminales. A fin de evitar problemas con la red troncal existente en 11GHZ y 6L GHZ, se han realizado los respectivos cálculos de interferencia.

#### **4.3.3 Resultados de cálculo**

Los resultados de los cálculos se indican en las Tablas 1, 2 y 3

	Co.San Martín	MSC
Elevation (m)	171.00	140.00
Latitude	12 01 18.01 S	12 02 11.01 S
Longitude	077 04 10.01 W	077 00 53.01 W
True azimuth (°)	105.29	285.28
Vertical angle (°)	-0.31	0.27
Antenna model	HPX4-107	HPX4-107
Antenna height (m)	30.00	30.00
Antenna gain (dBi)	40.30	40.30
TX line type	EWP127A	EWP127A
TX line length (m)	30.00	30.00
TX line unit loss (dB /100 m)	11.38	11.38
TX line loss (dB)	3.41	3.41
Miscellaneous loss (dB)	4.05	4.05
Frequency (MHz)	11200.00	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	6.18	
Free space loss (dB)	129.27	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.10	
Net path loss (dB)	63.69	63.69
Radio model	SRT 1F-11 GHz CC	SRT 1F-11 GHz CC
TX power (watts)	0.79	0.79
TX power (dBm)	29.00	29.00
EIRP (dBm)	61.84	61.84
TX Channels	2h 11285.0000V	2l 10755.0000V
RX threshold criteria	5.90E-04 BERses	5.90E-04 BERses
RX threshold level (dBm)	-75.30	-75.30
RX signal (dBm)	-34.69	-34.69
Thermal fade margin (dB)	40.61	40.61
XPD fade margin - multipath (dB)	31.79	31.79
Flat fade margin - multipath (dB)	31.26	31.26
Geoclimatic factor	1.46E-05	
Path inclination (mr)	5.02	
Effective frequency spacing (MHz)	25.42	25.42
FD improvement factor	3.64	3.64
Worst month SESR	1.61E-08	1.61E-08
(seconds /month)	0.04	0.04
BBER - multipath	8.62E-09	8.62E-09
ESR - multipath	5.19E-05	5.19E-05
Rain region	ITU Region K	
0.01% rain rate (mm/hr)	42.00	
XPD fade margin - rain (dB)	50.71	50.71
Flat fade margin - rain (dB)	40.20	40.20
Rain rate (mm/hr)	426.58	426.58
Rain attenuation (dB)	40.20	40.20
Annual rain outage (min)	3.36e-05	3.36e-05
BBER - rain	7.24E-09	7.24E-09
ESR - rain	5.19E-05	5.19E-05
BBER - multipath + rain	9.37E-09	9.37E-09
ESR - multipath + rain	5.20E-05	5.20E-05
Annual unavailability	6.40E-11	6.40E-11
(minutes /year)	3.36e-05	3.36e-05

Tab. 1 ENLACE Co. SAN MARTÍN – MSC



	Co. San Martin	Co. Marcavilca
Elevation (m)	171.00	248.00
Latitude	12 01 18.00 S	12 10 58.00 S
Longitude	077 04 10.00 W	077 01 30.00 W
True azimuth (°)	164.82	344.81
Vertical angle (°)	0.12	-0.25
Antenna model	HP4-65	HP4-65
Antenna height (m)	30.00	12.00
Antenna gain (dBi)	36.00	36.00
TX line type	EWP77	EWP77
TX line length (m)	30.00	12.00
TX line unit loss (dB /100 m)	5.58	5.58
TX line loss (dB)	1.67	0.67
Miscellaneous loss (dB)	4.05	4.05
Frequency (MHz)	6900.00	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	18.47	
Free space loss (dB)	134.57	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.17	
Net path loss (dB)	73.19	73.19
Radio model	SRT 1F-6U GHz	SRT 1F-6U GHz
TX power (watts)	1.58	1.58
TX power (dBm)	32.00	32.00
EIRP (dBm)	62.28	63.28
TX Channels	2h 6840.0000V 4h 6920.0000V 6h 7000.0000V	2I 6500.0000V 4I 6580.0000V 6I 6660.0000V
RX threshold criteria	5.90E-04 BERses	5.90E-04 BERses
RX threshold level (dBm)	-76.30	-76.30
RX signal (dBm)	-41.19	-41.19
Thermal fade margin (dB)	35.11	35.11
Geoclimatic factor	1.46E-05	
Path inclination (mr)	3.19	
Effective frequency spacing (MHz)	64.00	64.00
FD improvement factor	21.77	21.77
Worst month SESR (seconds /month)	7.40E-08 0.19	7.40E-08 0.19
BBER - multipath	1.88E-08	1.88E-08
ESR - multipath	5.23E-05	5.23E-05
Rain region	ITU Region K	
0.01% rain rate (mm/hr)	42.00	
Flat fade margin - rain (dB)	35.11	35.11
Rain rate (mm/hr)	1805.77	1805.77
Rain attenuation (dB)	35.11	35.11
Annual rain outage (min)	3.91e-27	3.91e-27
BBER - rain	6.48E-09	6.48E-09
ESR - rain	5.18E-05	5.18E-05
BBER - multipath + rain	1.88E-08	1.88E-08
ESR - multipath + rain	5.23E-05	5.23E-05
Annual unavailability (minutes /year)	7.44E-33 3.91e-27	7.44E-33 3.91e-27

Tab. 2 ENLACE Co. SAN MARTÍN – Co. MARCAVILCA



	MSC	Co. MARCAVILCA
Elevation (m)	140.00	248.00
Latitude	12 02 11.00 S	12 10 58.00 S
Longitude	077 00 53.00 W	077 01 30.00 W
True azimuth (°)	183.95	3.95
Vertical angle (°)	0.44	-0.52
Antenna model	HP4-107	HP4-107
Antenna height (m)	30.00	12.00
Antenna gain (dBi)	40.40	40.40
TX line type	EWP127A	EWP127A
TX line length (m)	30.00	12.00
TX line unit loss (dB /100 m)	9.20	9.20
TX line loss (dB)	2.76	1.10
Miscellaneous loss (dB)	4.60	4.60
Frequency (MHz)	11200.00	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	10.77	
Free space loss (dB)	134.10	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.17	
Net path loss (dB)	66.53	66.53
Radio model	SRT 1F-11 GHz	SRT 1F-11 GHz
TX power (watts)	0.79	0.79
TX power (dBm)	29.00	29.00
EIRP (dBm)	62.04	63.70
TX Channels	7I 10955.0000V 9I 11035.0000V 11I 11115.0000V	7h 11485.0000V 9h 11565.0000V 11h 11645.0000V
RX threshold criteria	5.90E-04 BERses	5.90E-04 BERses
RX threshold level (dBm)	-75.30	-75.30
RX signal (dBm)	-37.53	-37.53
Thermal fade margin (dB)	37.77	37.77
Geoclimatic factor	1.46E-05	
Path inclination (mr)	8.36	
Effective frequency spacing (MHz)	64.00	64.00
FD improvement factor	29.16	29.16
Worst month SESR (seconds /month)	2.59E-09 6.82e-03	2.59E-09 6.82e-03
BBER - multipath	6.90E-09	6.90E-09
ESR - multipath	5.19E-05	5.19E-05
Rain region	ITU Region K	
0.01% rain rate (mm/hr)	42.00	
Flat fade margin - rain (dB)	37.77	37.77
Rain rate (mm/hr)	182.99	182.99
Rain attenuation (dB)	37.77	37.77
Annual rain outage (min)	0.25	0.25
BBER - rain	2.15E-07	2.15E-07
ESR - rain	6.02E-05	6.02E-05
BBER - multipath + rain	2.15E-07	2.15E-07
ESR - multipath + rain	6.02E-05	6.02E-05
Annual unavailability (minutes /year)	4.79E-07 0.25	4.79E-07 0.25

Tab. 3 ENLACE MSC – Co. MARCAVILCA

#### 4.3.4 Antenas

Las antenas propuestas para los radio enlaces considerados a 6U y 11 GHZ (ULTRA HIGH PERFORMANCE ANTENNAS HSX) doble polarizadas se caracterizan por la sobresaliente característica de altos valores de XPD dentro de un ángulo sólido centrado alrededor del eje de la antena, junto con un patrón de radiación ultradirectivo en las regiones laterales, espalda y de lóbulos secundarios. Este hecho impone la utilización de estas antenas en casos donde el reuso de frecuencias es necesarios.

- *Las características de las antenas requeridas se resumen en la siguiente tabla:*

Tipo de Antena	Diámetro (m)	Ganancia (dBi)	Rango de Frecuencia (MHz)	Polarización
HSX6-65	1.8	39,6	6425 – 7125	DUAL
HSX4-107	1.2	40,2	10500 - 11700	DUAL
HSX6-107	1.8	43,9	10500 - 11700	DUAL

#### 4.4 Sincronismo

La red de sincronismo presentada considera una configuración doblemente redundante en todos para cada unidad que provee señales de reloj. Se considera un nivel de reloj **Transit Nade** ( Stratum-2 ) para los anillos de SDH así como unidades GPS de Referencia Primaria de respaldo.

Cada distribuidor está en capacidad de soportar administración local así como a un sistema de gestión compatible con los estándares vigentes TMN.

Se considera sincronizar los cuatro anillos ópticos instalados con un distribuidor de reloj ( SSU ) independiente para cada uno, así como un receptor de referencia primaria GPS de respaldo en las centrales de Lima. Uno de los distribuidores se encargará de recibir la señal de referencia primaria principal ( Master Clock, 10 ó 5 MHz ) ya sea de una fuente externa ( Telefónica del Perú) o de un reloj de cesio propio y distribuir la señal a los demás, los cuales a su vez alimentarán a los nodos de cada anillo con hasta 16 señales protegidas 1: 1 de 2 MHz.

En el caso de Lima la jerarquía de reloj tomado para sincronización de la red se recomienda sea la siguiente :

1. Referencia Principal ( Master Clock de Telefónica del Perú )
2. Señal de sincronización de la red proveniente del Master Clock
3. Referencia Primaria del GPS
4. Holdover del GPS ( durante 24 horas )
5. Holdover del distribuidor de reloj ( durante tres días )

#### **4.5 Sistema de Gestión**

A continuación describimos el sistema de gestión más conveniente para la red:

##### **4.5.1 Descripción del sistema de gestión**

En este plan, la Gestión de los Equipos de Radio SDH, se implementa con el equipo NCT -3000S (Network Craft Terminal = NCT). El NCT -3000S se interconecta con la unidad OAM&P, que se instala en los equipos de Radio. La información de Gestión se transmite por todas las estaciones a través de los bytes 01-03 de la RSOH del OAM&P. La NCT -3000S permite las funciones de: Operación, Administración/Gestión, Mantenimiento y Aprovisionamiento/Configuración, para los Equipos del Sistema de Radio Digitales SOH, en forma continua.

## EQUIPO NCT – 3000S

Para realizar funciones básicas de Administración/Gestión de los Enlaces de Radio SDH , A NIVEL DE ELEMENTOS, esto es, OAM&P (Operación, Administración, Mantenimiento y Configuración), además de las funciones de Gestión, en línea y continuamente, de toda la Red del Sistema de Radio SDH, se plantea el equipo NCT -3000S (Network Craft Terminal = NCT). Este equipo es una versión económica y sofisticada de Gestión de Red, para Sistemas de Radio SDH 3000S. Hasta un máximo de sesenta y cuatro (64) estaciones terminales/repetidoras por sistema, es posible gestionar. Esta se implementa con una (1) Computadora de Escritorio, (PC = Computadora Personal), operando en el ambiente de MS-Windows NT. Esta permite a los operadores de la red, realizar la supervisión Sumaria de la Red, y además del Registro de los Eventos que están ocurriendo en el Sistema. Para conocer los detalles de cualquier estación, es necesario acceder a esta; a continuación se inicia la recolección de todas las alarmas y/o estados. Este tiempo es variable, según: condición del canal de datos (DCN), configuración de cada estación, tamaño de la red, etc. Esta función se conoce como verificación de confianza (Confidence Check). La NCT -3000S únicamente supervisa los Equipos NEC de Radio de la Serie 3000S, y los Equipos Múltiplex, a través de contactos secos (relevador), como alarmas de estación (housekeeping). Soporta una (1) Impresora solamente. Algunas de las características principales de la NCT se describen a continuación: *Supervisión Sumaria para todos los Equipos de la Red Gestión Sumario de Paneles de los Equipos*

Información de Inventario de cada Panel del Equipo de Radio Gestión de la Conmutación de los Canales de RF

Gestión de las Alarmas Externas DI/DO (Data Input/Data Output)

Gestión del Módulo M10 (Para Alarmas Externas Adicionales) (Opcional)

Configuración/Aprovisionamiento de Paneles del Equipo de Radio

Datos (Parámetros) de Comportamiento y Telemetría de los Enlaces del Sistema

Funciones de Mantenimiento (Bajada de Archivos, Ajuste de Tiempo, Ajuste de los tipos de sonidos del Zumbador, etc.)

Acceso Remoto a Cualquier Estación del Sistema Registro de Eventos del Sistema

NOTAS: 1. La distancia del cable de interconexión entre la NCT -30005 con el Equipo de Radio SDH (OAM&P) no debe ser mayor de ciento ochenta y cinco (185) metros. En caso de que la distancia sea mayor, se requiere de un par de Ruteadores y Convertidores de Interfaz; uno para el lado de la NCT -3000S y otro donde está instalado el equipo de radio (OAM&P).

2. El software de aplicación y la licencia respectiva, es únicamente para un (1) sólo hardware (Computadora Principal). En el caso de que esta se dañe, se podrán utilizar estos, en la Computadora de Repuesto. Adicionalmente, no se permite utilizar al mismo tiempo, el software de aplicación y la licencia en las Computadoras principal y de Repuesto, para las funciones de Gestión.

#### **4.5.2 Sistema de gestión requerido**

De acuerdo a lo solicitado por el operador en la Especificaciones Técnicas de los equipos requeridos, se plantea un Sistema de Gestión SDH a ubicarse en MSC u otra estación más adecuada.

El operador dispondría de un (1) NCT -3000S en el MSC, Lima. El NCT -3000S realizaría la Gestión del Sistema de Radio, a través de las unidades OAM&P ubicadas en los equipos de radio relacionados.

### **4.5.3 Requerimientos del operador**

Un (1) escritorio para la computadora personal (NCT -30008) y sus periféricos, así como una (1) silla para el operador.

Un (1) sistema de alimentación ininterrumpido (UPS) para la NCT –3000S.

## **4.6 Equipamiento**

La siguiente lista indica todo el equipamiento necesario del proyecto

### **4.6.1 Sistema multiplex**

03 ADM Con capacidad máxima de 2XSTM-1

03 Licencia software para cada ADM

El equipamiento de radio así como los materiales de instalación, guía de onda, antenas, presurizador, fuente de poder etc, se muestran en el siguiente cuadro

Descripción	Cant.
<b>EQUIPO SIEMENS , MODELO SRT 1F</b>	
<b>S R T 1 F</b>	
ETSI RACK	6
SUPERVISORY, CONTROL & SWITCHING SUB-RACK	6
MCF CONTROLLER UNIT FOR A.P. SYSTEM	6
BASE BAND BIPOLAR SWITCH	12
TIMINIG SOURCE UNIT	6
OCCASIONAL TRFFIC TRIBUTARY INTERFACE	6
HOUSEKEEPING UNIT	opt.
TELEPHONE HANDSET	opt.
EQUIPMENT ACCESSORIES (2+1 ELECTRICAL)	6
RACK INSTALLATION MATERIAL	6
TRANSCEIVER INSTALLATION MATERIAL	18
11 GHZ 2+1 AP MAIN BRANCHING SYSTEM	4
11 GHZ ALTERNATE PATTERN TRANSCEIVER	12
U6 GHZ 2+1 AP MAIN BRANCHING SYSTEM	2
U6 GHZ ALTERNATE PATTERN TRANSCEIVER	6
<b>GUIA DE ONDA ELIPTICA, CABLE COAXIAL Y MATERIAL DE INSTALACION</b>	
6U/7 GHZ WAVEGUIDE WITH CLAMPS (METER)	80
11 GHZ WAVEGUIDE WITH CLAMPS (METER)	160
PAIR OF CONNECTORS AND ACCESSORIES FOR 6U/7 GHZ ELLIPTICAL WAVEGUIDE	2
PAIR OF CONNECTORS AND ACCESSORIES FOR 11 GHZ ELLIPTICAL WAVEGUIDE	4
INSTALLATION MATERIAL TO MATCH 6L/6U GHZ ELLIPTICAL WAVEGUIDE TO BRANCHING	2
INSTALLATION MATERIAL TO MATCH 11 GHZ ELLIPTICAL WAVEGUIDE TO BRANCHING	4
CABLE LADDER (5 M)	3
<b>DISPOSITIVO PRESURIZADOR DE GUIA DE ONDA</b>	
MR-050 PRESSURIZING DEVICE 18-60 V DC OPERATING	3
<b>MATERIAL DE INSTALACION DE DISTRIBUIDOR DE ENERGIA</b>	
DC POWER DISTRIBUTION CABINET FOR WIDE SIZES STATION	3
<b>ANTENAS DE ALTA PERFORMANCE</b>	
4 FT 6.425-7.125 GHZ SINGLE POLARIZED WITH MOUNT AND RADOME (HP4-65)	2
4 FT 10.7-11.7 GHZ SINGLE POLARIZED WITH MOUNT AND RADOME (HP4-107)	4

#### **4.7 Infraestructura**

A continuación indicamos la infraestructura necesaria para la instalación de los equipos así como las actividades necesarias:

1. Torre
2. Pararrayos
3. Pozo de tierra
4. Cable de conexión a tierra
5. Escalerilla vertical de alimentador
6. Escalerilla horizontal de alimentador
7. Caseta para albergar los equipos
8. Ventana de alimentador
9. Escalerillas y ductos para cables
10. Banco de baterías
11. Rectificador/cargador
12. Tablero de energía DC con breaker disponible
13. Sistema de conexión a tierra de la estación
14. Regleta de conexión a tierra
15. Cables de energía



## **CAPÍTULO V**

### **EQUIPOS DE MEDICIÓN Y PLAN DE MANTENIMIENTO**

#### **5.1 Consideraciones generales**

El mantenimiento consiste en un conjunto de operaciones que mantienen o devuelven al conjunto a las condiciones óptimas de operación en un corto espacio de tiempo, con la intención de obtener la máxima disponibilidad operacional.

El mantenimiento se clasifica en:

Rutinario.

Correctivo.

##### **5.1.1 Instrumentación y accesorios**

Existe un terminal local (PC) que permite visualizar todas las alarmas y gestionar el equipo.

La forma de manejo se describe en el manual del operador.

Cuando está implementada la TMN, el Sistema de Operación se encargará también de las funciones anteriores.

#### **5.2 Mantenimiento rutinario**

El mantenimiento rutinario es un conjunto periódico de medidas y comprobaciones.

Este mantenimiento descubre los dispositivos cuya función se ha deteriorado con el tiempo y por tanto necesitan ajuste o sustitución.

### **5.2.1 Normas de seguridad**

Se sugiere realizar las siguientes operaciones:

Anualmente:

Comprobar que el cable (bastidor N3) está perfectamente conectado a tierra (FASTON, M 159).

Asegurarse que los tornillos ajustan perfectamente el armazón al bastidor, para así garantizar el contacto de tierra (el bastidor está conectado a la tierra de la estación).

Por lo general, el equipo digital no requiere ningún mantenimiento rutinario.

El equipo permite valorar la calidad de los enlaces de conexión para la SECCION y TRAYECTO en los tributarios y agregados, contando los eventos de errores y obteniendo datos de calidad.

La aplicación de Calidad del Tráfico, descrita en el Manual del Operador, permite esta función.

### **5.3 Mantenimiento correctivo (localización de averías)**

El mantenimiento correctivo incluye la detección, localización y corrección de los fallos que se producen en el equipo y la sustitución de las partes de él que fallan.

El proceso para el mantenimiento correctivo se lleva a cabo con la ayuda de los diagramas

de flujo. Los que se muestran después no consideran los siguientes aspectos:

Fallos electrónicos en los circuitos de indicación, procesado y detección de alarmas.

Fallos en el cableado.

El técnico de mantenimiento puede estar físicamente situado en un centro de supervisión en la propia estación.

En un centro de gestión de redes TMN.

En el primer caso, el técnico de mantenimiento puede analizar las alarmas remotas (extensiones de alarma) recibidas desde el equipo:

INT, URG, NURG, IND: alarmas remotas relativas al tipo de alarma (interna, urgente, no urgente, indicativa).

TORC, TANC: alarmas remotas relativas al mal funcionamiento de una o dos/todas las unidades de Alimentación.

TOR o TAND: alarmas remotas debidas, respectivamente, a la caída o pérdida de una o ambas tensiones de batería de estación.

TUP: alarma remota relativa al mal funcionamiento de la unidad Controladora de Equipo.

Salidas de contactos paralelos CPO 1-7: alarmas remotas configuradas por el cliente (no operativas en esta versión) . Además de la detección del equipo que se encuentra en alarma, es posible también detectar el tipo de fallo y la fuente que lo ha provocado.

En el segundo caso, la alarma producida se puede comprobar de forma inmediata.

En el tercer caso, el técnico de mantenimiento debe consultar las alarmas enviadas hacia los Centros de Gestión (Sistema de Operación de la TMN).

Después de que se haya detectado el equipo en alarma, ésta se puede atender mediante el pulsador (9) de la unidad Controladora de Equipo o mediante un comando SW enviado desde el Terminal Local o el Sistema de Operación.

En el bastidor esto originará el encendido de la lámpara amarilla y el apagado de la roja, así como el encendido del LED amarillo (4) y el apagado (disponible para otras alarmas) de los LED rojos (5) y (6) del frontal de la unidad Controladora de Equipo.

## **CAPÍTULO VI**

### **INVERSIÓN**

#### **6.1 Presupuesto de inversión proyectado**

La inversión del proyecto comprende la adquisición de los sistemas de radio (03 enlaces), sistema multiplex y sistema de gestión, además incluye los servicios de instalación y de capacitación.

Se evaluaron varias propuestas en los aspectos técnico-económico, y se llegó a la conclusión que era preferible mantener la misma plataforma de los sistemas de larga distancia nacional, es decir que el equipamiento debería ser de la misma marca que los usados en la red interurbana.

Ello obedece a que por tener necesidad de que el anillo radial debe integrarse al sistema existente entonces para lograr un 100% de compatibilidad debería usarse la misma plataforma en este proyecto.

Otro factor importante que se tomó en cuenta para decidir la marca del equipo es el sistema de gestión, se decide que es más conveniente tener un solo gestor para el control de la red, por tanto esto también decidió que el sistema fuera similar al existente, es decir que el equipamiento sería de la misma marca.

En la tabla 4 se resume el monto de la inversión en este proyecto.

<b>RED DIGITAL DE MICROONDAS</b>				
1	<b>EQUIPO DE RADIO DIGITAL</b>			
1.1	Co. San Martín – MSC			
	Configuración 2X(1+1), A.P.	STM-1	11 Ghz	\$ 139,321
1.2	MSC – Co. Marcavilca			
	Configuración 2X(1+1), A.P.	STM-1	11 Ghz	\$ 139,321
1.3	Co. San Martín – Co. Marcavilca			
	Configuración 2X(1+1), A.P.	STM-1	6 Ghz	\$ 126,960
2	<b>EQUIPO MULTIPLEXOR</b>			
2.1	Multiplex SMA 4/16 Series 4			\$ 67,520
2.2	Spare parts (Radio+Multiplex)			\$ 101,436
2.3	NETWORK MANAGEMENT SYSTEM			\$ 118,212
	<b>SUBTOTAL EQUIPOS FCA</b>			<b>\$ 692,770</b>
3	<b>SERVICIOS</b>			
	Radio + Mux + Gestión (Inst, y pruebas), Entrenamiento			\$ 133,000

**PRECIO TOTAL ANILLO Config (2+1)**

**\$ 825,770**

Tab. 4 PRESUPUESTO DE INVERSION

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El sistema SDH es el sistema más confiable como medio de transporte. Es muy flexible y puede ser implementado incluso en sistemas radiales.

Para aumentar aún más la confiabilidad se diseñó un sistema en anillo, que si bien es más costoso brinda la más alta confiabilidad y además protege contra situaciones de emergencias catastróficas, es decir que si un enlace es perjudicado se tiene la otra ruta y se mantiene el servicio.

El sistema permite el crecimiento sin ningún problema y puede llegar hasta 7+1, esta es una ventaja cuando se usan equipos todo indoor.

Asimismo nos permite el ahorro de infraestructura , es decir carga en la torre.

Además con este sistema se prepara al Ingeniero para migrar a los sistemas de muy alta capacidad por fibra óptica, sistemas que también trabajan en anillo.

Se prefiere un sistema indoor, es decir que todo el equipamiento (excepto la antena) sea instalado dentro de la caseta, esto con el fin de evitar la degradación por la corrosión y condiciones ambientales y también por facilidades para el mantenimiento.

Se han dado las indicaciones que se deben tener en cuenta para la selección de las frecuencias, teniendo en cuenta sobre todo las frecuencias en operación para el análisis de interferencia, ello garantizará la confiabilidad requerida y evitará impactar en los otros operadores.

En cuanto a las condiciones que se deben mantener para garantizar una línea de vista libre y una claridad asegurada, se debe tener en cuenta la construcción de edificios en la trayectoria, así también la posibilidad de instalación de paneles publicitarios o torres de diversos usos.

**ANEXO A**  
**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EQUIPO MULTIPLEXOR**

**Requisitos Generales de Diseño**

**a) Alimentación**

Los equipos deben operar con energía de -48 Voltios DC y deberán tener redundancia de alimentación.

Cualquier módulo que requiera -48 Voltios incluirá un disyuntor. Se debe tener protección contra sobre voltajes y sobrecorrientes.

**b) Ambiente**

Todos los equipos deben cumplir con los requisitos operativos de ambiente de ETSI, estándar ETS 300-019-1 a 3 como sigue:

Almacenamiento	Class 1.2
Transporte	Class 2.3
Operación	Class 3.1e y 3.2

La gama operativa de temperatura ambiente requerida es de +5°C a +40°C.



Los requisitos operativos de emergencia a corto plazo son para la operación en una gama de temperatura de -5°C a +45°C, la gama de humedad de 10 a 90%.

c) Seguridad

Todos los equipos deben cumplir con los requisitos de seguridad de ETSI.

d) Compatibilidad electromagnética - EMC

Todos los equipos deben cumplir con los requisitos de ETSI EMC para la compatibilidad electromagnética: ETS 300-386-1, -2, EN 55 022 Class B, EN 50 082-2, IEC 801.

e) Descarga electrostática - ESD

Todos los equipos deben cumplir con los requisitos de ETSI ESD para la descarga electrostática: ETS 300-386-1, IEC 801-2.

f) Mecánica

Los equipos se montarán en sub-bastidores que se puedan instalar en bastidores estándar ETSI ETS 300-119-3.

Se requiere acceso frontal del cableado tanto para los accesos de cable óptico, como eléctrico.

Los indicadores visuales, y cualquier ajuste se deben identificar claramente y deben estar ubicados al frente del equipo.

La expansión, o la adición de sub-bastidores o módulos, no debe causar interrupciones de servicio.

Es decir la mecánica debe ser expandible.

Se requiere una óptima disipación del calor generado en sus elementos, especialmente en las etapas de alimentación.

Se deberá indicar claramente los rangos superior e inferior de temperatura en los que trabaja el equipo

## EQUIPO DE MULTIPLEXACIÓN ADM-16

El objetivo de este apartado es el de especificar las mínimas características básicas de la Jerarquía Digital Sincrónica del equipo de Multiplexación ADM-16.

### Campo de Aplicación

El multiplexor ADM-16 tendrá obligatoriamente capacidad de conexión cruzada a los niveles VC-12, VC-3 y VC-4 y podrá multiplexar y demultiplexar señales de 2 Mbps, 34 Mbps, 45 Mbps, 140Mbps, STM-1 eléctrico y óptico, STM-4 óptico, en una multitrama SDH STM-16.

El equipo podrá funcionar en configuración terminal TM o de extracción/inserción ADM en conexiones lineales o como cross-conector local LXC.

Se requiere un equipo de última generación, con un alto nivel de integración, en definitiva un equipo que permita en un solo sub-bastidor cerrar anillos de distinta capacidad, por ejemplo cerrar un anillo STM-1 y un STM-4 y un anillo STM-16.

El multiplexor ADM-16 ofrecido operará en configuración lineal de nodos con arquitectura de protección MSP 1+1 (Multiplex Section Protection) y podrá ser

usado también en configuración de ADM en anillos para 2 o 4 fibras, de modo que se pueda implementar cuando se desee, protección MS SPRing de 2 ó 4 fibras y SNCP.

En todas las aplicaciones el ADM-16 podrá configurarse como crossconnect SDH del tipo 4-3-1 con capacidad de conexión cruzada a los niveles VC-12, VC-3 y VC-4 en una única matriz de transconexión, y con una capacidad de mínimo 64 STM-1 equivalentes.

### Principales Características

El multiplexor ADM-16 deberá estar dotado con ranuras (slots) que permitan instalar y operar interfaces de 2 Mbps, 34 Mbps, 45 Mbps, 140Mbps y STM-1 eléctrico y óptico, STM-4 óptico y STM-16 óptico.

Las interfaces de 2 Mbps son requeridas para las señales no-estructuradas (ITU G. 703) y para las estructuradas (ITU G. 703, 704).

El multiplexor ADM-16 tendrá una memoria no volátil para almacenar la configuración, asignaciones de transconexión, composición de los límites paramétricos de alarma, etc.

Implementará la arquitectura de protección MSP 1+1. Debe disponer de arquitectura de protección MS SPRing a 2 y 4 fibras y también SNCP a nivel VC-12, VC-3 y VC-4, de acuerdo con UIT-T G.841.

Posibilitará el acceso al trayecto VC-12, VC-3 y VC-4 para la monitorización del desempeño extremo-extremo de los circuitos que son terminados por el multiplexor ADM-16.

El equipo deberá realizar medidas de calidad (performance monitoring) y disponer de los datos de ES, SES, BBE, UAS, etc. tanto en el extremo cercano como en el extremo lejano de todos los VCs según la recomendación UIT-T G.826.

El equipo ADM-16 proporcionará la función de mediación de protocolos estándar Qx, de forma que facilite el transporte a través de la propia Red SDH hacia el centro de gestión centralizado.

El equipo ADM-16 será capaz de aceptar la telecarga de software sin afectar el tráfico.

El sub-bastidor del multiplexor tendrá una arquitectura robusta de alimentación de energía que no permitirá que la avería de una unidad de alimentación individual ni la de un módulo de distribución de energía individual pueda causar una interrupción de servicio del sub-bastidor entero. Se requiere que el bastidor y/o los sub-bastidores dispongan de entradas para fuentes de energía A y B.

## Interfases Externas

### a) General

Las interfaces del equipo ADM-16 cumplirán con todos los siguientes estándares pertinentes de SDH como es definido por la UIT-T:

UIT-T G.702

UIT-T G.703

UIT-T G.704

UIT-T G.705

UIT-T G.706

UIT-T G.707

UIT-T G.736

UIT-T G.751

UIT-T G.772; UIT-T G.773

UIT-T G.823; UIT-T G.825

UIT-T G.957; UIT-T G.958

#### b) Interfaz STM-16

La interfaz STM-16 operará a 2,5 Gbit/s según ITU G.957 con interfaces ópticas L 16.2 y/o de ingeniería conjunta (JE) y amplificadores ópticos si son requeridos. También podrá ofrecerse interfaces ópticas del tipo VHL (Very Long Distance) o UHL (Ultra Long Distance).

Es deseable que el mismo equipo permita ser equipado con interfaces STM-16, L/V/U 16.2 con Láser del tipo coloreado con diferentes longitudes de onda para en el futuro operar con sistemas “Dense Wavelength Division Multiplexing” (DWDM), de acuerdo a la recomendación UIT-T G.692.

Es deseable que el número de puertos ópticos de la tarjeta de interfaz STM-16 sea mayor que uno.

Las interfaces ópticas se proporcionarán con conectores ópticos FC/PC.

La tolerancia a la fluctuación de fase de la interfaz óptica deberá satisfacer los requisitos descritos en la recomendación UIT-T G. 958, Figura 6-3/G.958 y la Tabla 2/G.958.

La generación de fluctuación de fase y la desviación de la frecuencia de la interfaz STM-16 deberá satisfacer los requisitos de estabilidad a corto plazo de la recomendación UIT-T G.783.

El equipo multiplexor ADM-16 tendrá una capacidad de hasta 4 interfaces STM-16 ópticos.

Protección (1+1) de tipo MSP (Multiplex Section Protection).

Se requiere de protección MS SPRing de 2 ó 4 fibras.

#### c) Interfaz Optica STM-4

El equipo ADM-16 podrá equiparse con unidades de interfaz óptica STM-4 que operarán en 622 Mbps según la recomendación UIT-T G. 957 con interfaces del tipo I 4, S 4.x y L 4.x.

Las interfaces ópticas se proporcionarán con conectores ópticos FC/PC.

La tolerancia de la fluctuación de la interfaz óptica deberá satisfacer los requisitos descritos en la recomendación UIT-T G. 958, Figura 6-3/G.958 y la Tabla 2/G.958.

La generación de fluctuación de fase y la desviación de la frecuencia de la interfaz STM-4 deberá satisfacer los requisitos de estabilidad a corto plazo de la recomendación UIT-T G.783.

El equipo de multiplexación ADM-16 tendrá una capacidad de hasta ocho (8) interfaces STM-4 ópticos.

Se requiere de protección (1+1) de tipo MSP (Multiplex Section Protection).

#### d) Interfaz Optica STM-1

El equipo ADM-16 podrá equiparse con interfaces ópticas STM-1.

La interfaz óptica STM-1 operará en 155.520 Mbps según la recomendación UIT-T G. 957 con interfaces S 1.1, L 1.1, L 1.2.

Como se requieren equipos de última generación, el número de interfaces ópticas de la tarjeta STM-1 debe de ser mayor de una interfaz.

Las interfaces ópticas se proporcionarán con conectores ópticos FC/PC.

La tolerancia de la fluctuación de la interfaz óptica deberá satisfacer los requisitos descritos en la recomendación UIT-T G. 958, Figura 6-3/G.958 y la Tabla 2/G.958.

La generación de fluctuación de fase y la desviación de la frecuencia de la interfaz STM-1 deberá satisfacer los requisitos de estabilidad a corto plazo de la recomendación UIT-T G.783.

El equipo de multiplexación ADM-16 tendrá una capacidad de hasta treinta y dos (32) interfaces STM-1 ópticos.

Se requiere de protección (1+1) de tipo MSP (Multiplex Section Protection).

#### e) Interfaz Eléctrico STM-1

El multiplexor ADM-16 tendrá interfaz eléctrica STM-1 conforme a la recomendación UIT-T G. 703.

Las interfaces STM-1 eléctricas estarán disponibles con impedancia de 75 ohms desbalanceados.

El equipo de multiplexación ADM-16 tendrá una capacidad de hasta treinta y dos (32) interfaces STM-1 eléctricas.

Se requiere de protección 1 a N (1:N) de tarjeta.

#### f) Interfaz 2,048 Mbps

La interfaz 2 Mbps del multiplexor STM-16 operará a 2.048 Mbps según es descrito en las recomendaciones UIT-T G.703 y G.704.

Las interfaces de 2 Mbps estarán disponibles con impedancia de 75 ohms desbalanceados.

La tolerancia de fluctuación y desviación de fase los puertos de entrada, la generación de fluctuación intrínseca, y la transferencia de fluctuación y desviación estarán dentro de los límites de acuerdo con la recomendación UIT-G.823, Párrafo 3.

El equipo de multiplexación ADM-16 tendrá una capacidad **mínima** de doscientos cincuenta y dos (252) interfaces 2 Mbps, por configuración de elemento de red básico (sub-bastidor o shelf básico) cuando se lo equipa exclusivamente con tarjetas de tributarios 2 Mbps. La densidad de puertos por tarjeta no será inferior a 42 E1.

Se requiere de protección 1 a N (1:N) de tarjeta

#### g) Interfaz Eléctrica 34 Mbps

El equipo ADM-16 tendrá la posibilidad de disponer de interfaz de eléctrica 34 Mbps conforme a la recomendación UIT-T G. 703.

Las interfaces 34 Mbps estarán disponibles con impedancia de 75 ohms desbalanceados.

El equipo de multiplexación ADM-16 tendrá una capacidad **mínima** de dieciocho (18) interfaces 34 Mbps eléctricos.

Se requiere de protección (1+1) de tipo MSP (Multiplex Section Protection).

#### h) Interfaz Eléctrico 45 Mbps



El equipo ADM-16 tendrá la posibilidad de disponer de interfaz eléctrica 45 Mbps conforme a la recomendación UIT-T G. 703.

Las interfaces 45 Mbps estarán disponibles con impedancia de 75 ohms desbalanceados.

El equipo de multiplexación ADM-16 tendrá una capacidad mínima de dieciocho (18) interfaces 45 Mbps eléctricos.

Se requiere de protección (1+1) de tipo MSP (Multiplex Section Protection).

#### i) Interfaz Eléctrico 140 Mbps

El equipo ADM-16 tendrá la posibilidad de disponer de interfaz eléctrico 140 Mbps conforme a la recomendación UIT-T G. 703.

Los interfaces 140Mbps estarán disponibles con impedancia de 75 ohms desbalanceados.

El equipo ADM-16 tendrá una capacidad de hasta treinta y dos (32) interfaces de 140 Mbps eléctricos.

Se requiere de protección 1 a N (1:N) de tarjeta.

#### j) Canales de servicio (EOW) y auxiliares

El multiplexor ADM-16 tendrá la capacidad de transmitir un canal de servicio por los interfaces ópticas a través del bytes E1 y E2 de la SOH.

Deben ser realizables al menos los siguientes tipos de llamada:

llamada selectiva

llamada general

El equipo debe permitir extender el canal de servicio, por medio de una interfaz “4-hilos DTMF”, externo.

Además debe ser posible transmitir por las interfaces ópticas un canal auxiliar a 64Kbit/s de acuerdo a la recomendación UIT-T G.703 a través del byte F1 de la SOH. El canal auxiliar debe estar disponible externamente con interfaces G. 703 ó V11.

### Estructura de Multiplexación

Los formatos para la multiplexación y creación del STM-1 cumplirán con la recomendación UIT-T G. 707 y la recomendación ETS 300-147 de ETSI.

Los tipos de funciones del multiplexor ITU requeridos en este multiplexor ADM son del Tipo I, II, y III como describe la recomendación UIT-T G. 783.

En particular, para la unidad que implementa la funcionalidad de conexión cruzada (matriz de transconexión) se requiere una capacidad de conexión cruzada mínima de 64 STM-1 equivalentes en una única unidad y obligatoriamente con capacidad de manejo de VC-12, VC-3 y VC-4.

Se requiere la protección 1 más 1 (1+1) para la tarjeta que realiza la funcionalidad de conexión cruzada (matriz).

Se deberá poder realizar conexiones a nivel de VC-12, VC-3 y VC-4, con señales bidireccionales, punto a punto y señales unidireccionales, punto a punto y punto-multipunto, conexiones en bucle de señales en paso y la funcionalidad de Drop & Continue, según la Recomendación UIT-T G.842, para la protección de la interconexión de anillos a través de dos nodos.

## Sincronización

Las unidades de reloj del equipo ADM-16 cumplirán con el estándar G.813 definido por la UIT-T.

El equipo deberá procesar los mensajes de sincronización SSM (byte S1) según la recomendación UIT-T G.707.

En modo “holdover” el reloj interno del equipo garantizará una desviación de frecuencia menor de 1 ppm durante las primeras 24 horas, de acuerdo con la recomendación UIT-T G.813

El equipo ADM se sincronizará desde al menos con las siguientes fuentes:

Señal STM-N ( N= 1, 4 y 16);

Señal de 2 Mbps, conforme a lo descrito en la sección relativa.

Una señal externa de 2 MHz, 75 ohms desbalanceada.

Se deberá poder establecer una tabla de prioridades de las fuentes de sincronización.

Se requiere la protección 1 más 1 (1+1) para la tarjeta de reloj de equipo, excepto en el caso en que el reloj se encuentre incluido en una de las tarjetas que se solicitan duplicadas.

## Requisitos de Gestión

Esta sección describe las características principales que deben tener los equipos ADM-16 para su interconexión con el Sistema de Gestión y los diversos reportes,

controles, indicaciones y mensajes que se deberán generar o recibir de acuerdo con las diferentes funcionalidades de gestión requeridas.

En el texto se hace varias referencias al término, el "elemento de red" ó NE.

En ésta sección, un NE se refiere a un Multiplexor ADM como ha sido previamente definido.

#### Interfaces del Elemento de Red

##### a) Interfaz de gestión de red

Hacia el sistema de gestión.

Los elementos de red ADM-16 tendrán una interfaz, hacia el sistema de gestión de red de acuerdo a las recomendaciones del UIT-T del Modelo de información genérico de red:

G.774.x, Modelo de Información para el Elemento de Red SDH.

Protocolos G.773, Q.811 Q.812.

Q.821, Q.822 Descripción interfaz Q3, supervisión de alarmas y gestión de prestaciones.

El equipo ADM-16 tendrá una interfaz para proporcionar la función de mediación de protocolos estándar Qx, de forma que facilite el transporte a través de la propia Red SDH hacia el centro de gestión centralizado.

Conformidad al RS.485 o 10 BaseT u otro que debe ser claramente especificado.

También se requiere, a nivel red, un protocolo de enrutamiento de los canales DCC (Data Communications Channel) de la SOH, de tipo IS-IS (Intermediate System-Intermediate System) ó IS-ES (gateway NE) de acuerdo a las especificaciones UIT-T Q.811 y Q.812.

## b) Interfaz local

Los proveedores proporcionarán interfaces de tipo “F” local en cada NE con las siguientes características:

Conformidad al RS.232

Acceso a las alarmas requeridas, información del rendimiento, y el control de la configuración como es discutido en las secciones relativas de este documento.

## Gestión de alarmas

### a) Requisitos de las Alarmas

Para las definiciones de las condiciones requeridas para generar las alarmas SDH refiérase a UIT-T G.783. Los proveedores proporcionarán las siguientes indicaciones de alarma por medio de los interfaces EML y de gestión local:

Pérdida de la Señal (LOS) de STM-16

Pérdida de la Señal (LOS) de STM-4

Pérdida de la Señal (LOS) de STM-1

Pérdida de la Señal (LOS) de 2 Mbps

Pérdida de la Señal (LOS) de 34 Mbps

Pérdida de la Señal (LOS) de 140 Mbps

Pérdida de Trama (LOF) - STM-1

Pérdida del Puntero (LOP) de AU y de TU

AIS de Sección Múltiplex STM-1

Señal Degradada (BER definible por el usuario desde  $10^{-5}$  a  $10^{-9}$ )-STM-1

## AIS de Trayecto

Alarma de Sección Múltiplex en el extremo remoto- STM-1

Alarma en el extremo remoto (RDI)

## b) Alarmas de Equipo

Alarma del módulo de Alimentación

Alarma del módulo de Control

Alarma del módulo de Sincronización

Alarma del módulo de terminación óptica STM-N

Alarma de módulo de interfaz PDH

Alarma del módulo STM-1 eléctrico

El NE reportará una alarma cuando cualquier módulo del hardware sea físicamente extraído sin ser lógicamente reconocido por medio de las interfaces OS ó de gestor local.

## c) Pérdida de Sincronización

La pérdida de la Fuente 1 de Sincronización

## d) Varios

Pérdida de la alimentación de central (menor) (pérdida de alimentación A ó B)

Alarmas apropiadas para averías de software

Alarma del Equipo DCC - (Alarma del equipo terminante DCC)

## e) Información de Alarma

Serán disponibles las siguientes funciones como mínimo:

Reporte de alarmas autónomas

Solicitud de toda alarma

Reporte de toda alarma

Gestión de la Configuración

a) Cargas del Software

El equipo ADM-16 será capaz de aceptar la carga de una nueva versión de software sin afectar el tráfico.

La Telecarga de software será desde el gestor local o desde el sistema de gestión centralizado hacia los NEs.

b) Control de la Protección

El equipo proporcionará el acceso a controles de protección de la conmutación por medio de las interfaces OS ó locales. Los siguientes controles manuales se proporcionarán como mínimo:

Para módulos protegidos:

Conmutación manual y forzada del módulo en operación al de reserva

Bloqueo del módulo de operación

Bloqueo del módulo en reserva

c) Inventario

El usuario tendrá la capacidad de recuperar el inventario de hardware y software desde las interfaces de OS o locales. El inventario del hardware incluirá el armazón, la ranura, y la información de tarjeta. El inventario del software incluirá la versión actual del software y el nivel de revisión.

#### d) Sincronización

Por medio de las interfaces OS y local, el usuario tendrá la capacidad de conmutar manualmente hacia y desde las fuentes de sincronización principales y secundarias así como también la fuente interna. El usuario será capaz de establecer una tabla de prioridades con las diversas fuentes de sincronización, como principales, secundarias, etc. El usuario será también capaz de recuperar la fuente activa de la sincronización.

#### Gestión del desempeño

El equipo ADM-16 será capaz de posibilitar el acceso al trayecto VC-12, VC-3 y VC-4 para la monitorización del desempeño extremo-extremo de los circuitos que son terminados por el multiplexor ADM-16, e igualmente a la sección múltiplex.



## **ANEXO B**

### **GLOSARIO**

#### **SDH, Synchronous Digital Hierarchy**

Estándar europeo que define una serie de tasas y formatos normalizados que se transmiten usando señales sobre fibra óptica. SDH es similar a SONET, con una tasa básica de 155,52 Mbps, diseñado en STM1

#### **ATM, Asynchronous Transfer Mode**

Estándar internacional para el relevo de celdas en el cual servicios de diversos tipos (voz, datos, video) están contenidos en celdas de extensión fija (53 bits). Estas celdas fijas permiten procesamiento mediante *hardware*, lo que reduce el tiempo de envío. ATM está diseñado para tomar ventajas de medios de transmisión de alta velocidad como E3, SONET y T3.

#### **BACKBONE**

Parte de una red que actúa como ruta primaria para el tráfico que más frecuentemente sale de ella, con destino a otras redes, puede ser radial o por fibra óptica.

#### **CLEAR CHANNEL**

Un método de transmisión que puede ofrecer un canal completo de 64 Kbps para la transferencia de datos ya que la señalización y el control de información son hechos fuera de banda o en un canal separado.

**CODEC: Coder/Decoder (Codificador/Decodificador)**

El CODEC toma una señal análoga en su entrada y la convierte a una señal digital a su salida. Y también realiza el proceso inverso de señal digital a señal análoga.

**G.703:** Características físicas/eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas

**G.707:** Interfaz de nodo de red para la jerarquía digital síncrona (SDH)

**G.772:** Puntos de supervisión protegidos de los sistemas de transmisión digital

**G.774:** Modelo de información de gestión de la jerarquía digital síncrona desde el punto de vista de los elementos de red

**G.774.01:** Supervisión de la calidad de funcionamiento de la jerarquía digital síncrona desde el punto de vista de los elementos de red

**G.774.02:** Configuración de la estructura de cabida útil de la jerarquía digital síncrona desde el punto de vista de los elementos de red

**G.774.03:** Gestión de la protección de secciones de multiplexión de la jerarquía digital síncrona desde el punto de vista de los elementos de red

**G.774.04:** Gestión de la protección de conexiones de subred de la jerarquía digital síncrona desde el punto de vista de los elementos de red

**G.774.05:** Gestión en la jerarquía digital síncrona de la funcionalidad de supervisión de la conexión de orden superior e inferior desde el punto de vista de los elementos de red

**G.780:** Vocabulario de términos para redes y equipos de la jerarquía digital síncrona

**G.783:** Características de los bloques funcionales de los equipos de la jerarquía digital síncrona (sustituye a la versión 01/94 de G.781, G-782 y G.783)

**G.784:** Gestión de la jerarquía digital síncrona

**G.803:** Arquitectura de redes de transporte basadas en la jerarquía digital síncrona

**G.810:** Definiciones y terminología para las redes de sincronización

**G.81 1:** Requisitos de temporización en las salidas de relojes de referencia primarios adecuados para la explotación plesiócrona de enlaces digitales internacionales

**G.813:** Características de temporización de los relojes subordinados de los equipos de la jerarquía digital síncrona (SEC)

**G.825:** Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía digital síncrona

**G.826:** Parámetros y objetivos de características de error para trayectos digitales internacionales de velocidad binaria constante que funcionen a la velocidad primaria o a velocidades superiores

**G.831:** Capacidades de gestión de las redes de transporte basadas en la jerarquía digital síncrona

**G.832:** Transporte de elementos SDH en redes PDH

**G.841:** Tipos y características de las arquitecturas de protección de las redes SDH

**G.842:** Interfuncionamiento de las arquitecturas de protección de las redes SDH

**G.957:** Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona

**G.958:** Sistemas de líneas digitales basados en la jerarquía digital síncrona para su uso en cables de fibra óptica

**ITU-T:** International Telecommunications Union - Telecommunications Standard Sector (Unión Internacional de las Telecomunicaciones - Sector de estándares de Telecomunicaciones)

Cuerpo de recomendaciones, especificaciones y estándares internacionales formales, inicialmente conocido como CCITT. La ITU-T hace parte de la Unión Internacional

de Telecomunicaciones (ITU) fundado en 1948 y auspiciado por las Naciones Unidas para promover los temas relacionados con Telefonía y telegrafía.

**Kbps:** *Kilobits por segundo.*

Velocidad de transmisión de mil bits por segundo

**MUX:** *Multiplexer*

Cuando se quiere transportar información sobre el mismo medio físico se utilizan los multiplexores

**PDH:** *Plesiochronous Digital Hierarchy (Jerarquía Digital Plesincrónica)*

Una jerarquía que hace referencia a las interfaces DS-0, DS-1, DS-2 y DS-3 para transmisión digital. Originalmente desarrollada para llevar eficientemente la voz digitalizada por para cableado.

**STM:** *Synchronous Transfer Mode.*

Donde el tiempo es asignado a cada canal para transmisiones periódicas.

**STM-1:** *Synchronous Transport Module-1*

La ITU-T define para SDH la interfaz física para la transmisión digital en ATM a una tasa de 155.52 Mbps

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Sistemas de Comunicaciones Digitales y Analógicos, Quinta Edición, Prentice Hall, León W. Couch II
- [2] Introducción a los sistemas de Comunicación, F. G. Stremmer, Tercera Edición, Pearson
- [3] Redes de Computadoras, Andrew S. Tanenbaum, Tercera Edición, Prentice may, 1977
- [4] Manual de Mantenimiento de sistemas SDH, Alcatel, ED. 1, 8AQ 03523 ABAA TQAND
- [5] Curso SDH , Alcatel Telecom., Agosto 1997
- [6] Internet: <http://telecom.fib.unam.mx/Telefonia/erik/Diapositiva%20PPTe14.html>, recomendaciones de la ITU-T respecto de los sistemas SDH
- [7] Internet: <http://www.nec.cl/htm/productos/transmision.htm>, Sistemas de Telecomunicaciones