

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**AMPLIACIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE SDH**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:**

**GUILLERMO GIOVANNI JULIAN PAIPAY**

**PROMOCIÓN  
2005 - I**

**LIMA – PERÚ  
2010**

## **AMPLIACIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE SDH**

Dedico el presente informe a los seres que más amo en este mundo: mis padres y mi hermana, por ser la fuente de mi inspiración y motivación para superarme cada día más.

## SUMARIO

Este trabajo tiene por objeto realizar la ampliación de una red SDH, integrando y aplicando conocimientos adquiridos durante el transcurso de la carrera. El tramo que se deberá ampliar es el de Trujillo a Chiclayo ya que actualmente en dicho tramo existe una red PDH que no satisface la necesidad de E1's y STM1's para la instalación de equipos de alta capacidad y cubrir la demanda de servicios 2 G y 3G. La investigación comienza por verificar mediante las visitas a los nodos y la elaboración de informes (TSS's) la realización del proyecto. También se analiza la disponibilidad en cantidad, precio y calidad de las materias primas para la producción dentro del país. Respecto a la ingeniería del proyecto, se analizan las diferentes alternativas y variantes para la instalación de la red SDH, escogiéndose la que mayor rendimiento económico y beneficios de protección y mantenimiento de la red SDH. El análisis de la estructura de costos permite calcular el monto de las inversiones. Luego de establecer una política de precios acorde al mercado, se resuelven los flujos de fondos netos y financieros. Estos y otros indicadores confirman la factibilidad de implementación del proyecto con rendimientos económicos y cumplir con la finalidad principal, cubrir la demanda de servicios de las redes celulares.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPITULO I</b>	
<b>MARCO TEÓRICO</b>	
1.1 La jerarquía de multiplexado digital plesiócrona (PDH) .....	2
1.2 La jerarquía digital síncrona (SDH) .....	3
1.2.1 Multiplexión .....	3
1.2.2 Cross-conexiones .....	4
1.2.3 Tipos de elementos de red .....	4
a) Terminales de línea .....	4
b) Multiplexores Add-Drop (ADM) .....	4
1.2.4 Topologías .....	4
1.2.5 Esquemas de protección .....	5
a) Equipment Protection Switch (EPS) .....	5
b) Protección de conexión de subred (SNCP) .....	5
c) Protección de sección de multiplexación (MSP) .....	6
d) Protección MS-SPRING .....	7
1.2.6 Gestión de red .....	8
1.2.7 Sincronización .....	9
a) Sincronización de reloj .....	9
b) Fuentes de sincronismo .....	9
c) Modos de operación .....	9
<b>CAPITULO II</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
2.1 Descripción del sistema actual .....	11
2.2 Evaluación de los problemas .....	12
2.2.1 Realización de los reportes Technical Site Survey TSS .....	12
2.2.2 Topología de la red .....	12
2.2.3 Elección de equipos .....	12
2.2.4 Sincronismo .....	14
2.2.5 Capacidad en el MUX de Trujillo .....	14
2.2.6 Pruebas de BER .....	15

2.2.7 Pruebas de niveles de Rx .....	15
2.2.8 Esquemas de protección.....	15
2.2.9 Gestión de la red.....	15
2.2.10 El tiempo de instalación de los equipos.....	15

### **CAPITULO III**

#### **SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS**

3.1 Realización de TSS's.....	17
3.1.1 Nodo Trujillo.....	17
3.1.2 Nodo A.....	17
3.1.3 Nodo B.....	18
3.1.4 Nodo C.....	18
3.1.5 Nodo D.....	19
3.1.6 Nodo Chiclayo.....	19
3.2 Elección de la topología, equipos a usar y el sistema de protección .....	26
3.2.1 Topología.....	26
3.2.2 Equipos.....	27
a) Radio SRT1F Siemens .....	27
b) Multiplexor HIT 7070 Siemens .....	31
3.2.3 Sistema de protección.....	32
a) En todos los enlaces se instalo la diversidad de frecuencia -Sistema 1+1-.....	32
b) En el enlace Nodo B –Nodo C se instalo diversidad de frecuencia y diversidad de espacio .....	32
c) Sistemas de protección en las radios.....	33
d) Sistemas de protección en los multiplexores .....	33
3.3 Diseño del plan de sincronización de la red SDH.....	35
3.3.1 Funcionamiento del Time Source 3600.....	35
3.3.2 Prioridades de sincronismo .....	38
3.4 Gestión de la red SDH .....	39
3.4.1 Gestión de los multiplexores SDH.....	39
3.4.2 Gestión de las radios SDH .....	40

### **CAPITULO IV**

#### **ESTIMACIÓN DE COSTOS Y TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO**

4.1 Estimar los costos del proyecto.....	42
4.2 Presupuestar los costos del proyecto.....	43
4.2.1 Cronograma del proyecto.....	43
4.2.2 Disponibilidad de recursos.....	43

4.2.3 Contratos .....	43
4.3 Control de los costos del proyecto .....	45
4.3.1 Medición del desempeño .....	45
4.3.2 Recomendación de acciones correctivas .....	45
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>46</b>
<b>ANEXO A: ESTRUCTURA DE LA TRAMA STM-1 .....</b>	<b>48</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>52</b>

## INTRODUCCIÓN

Las grandes dimensiones de las redes actuales requieren sistemas complejos de transmisión capaces de manejar los requerimientos de ancho de banda de las actuales aplicaciones. En el pasado las aplicaciones se bastaban con el ancho de banda que podían obtener con sistemas como PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona), pero con el tiempo fue insuficiente y las compañías de telecomunicaciones se vieron obligadas a desarrollar un sistema robusto de transmisión de datos a alta velocidad, de donde nació la jerarquía digital síncrona (SDH).

El presente informe describe los objetivos, el plan y desarrollo para la implementación de la red de transporte SDH en el tramo Trujillo – Chiclayo.

En el capítulo 1 se presenta la teoría necesaria para el desarrollo del proyecto.

El capítulo 2 describe las limitaciones de la red PDH entre Trujillo-Chiclayo y se evalúa los problemas para la instalación de una red SDH en dicho tramo.

En el capítulo 3 se muestra el trabajo desarrollado, describiendo la metodología, plan de trabajo propuesto para resolver los problemas descritos en el capítulo 2.

El capítulo 4 desarrolla una estimación aproximada del costo del proyecto así como el cronograma para la realización del proyecto. Finalmente, el capítulo 5 presenta las conclusiones del proyecto.

La finalidad principal del proyecto es cubrir la demanda de servicios de las redes celulares 2G y 3G y preparar la red para futuras expansiones.

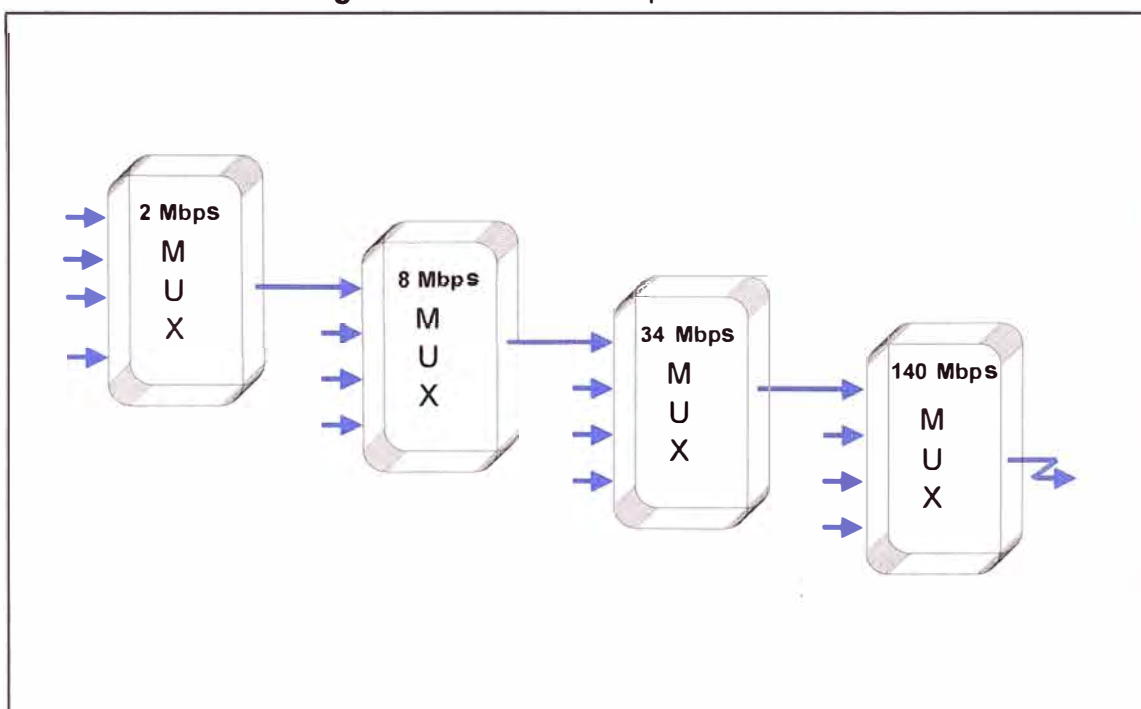


## CAPITULO I MARCO TEÓRICO

**1.1 La jerarquía de multiplexado digital plesiócrona (PDH).** Presenta la característica de que los canales multiplexados son generados por diferentes equipos, cada uno con diferentes referencias de reloj y una ligera diferencia de velocidad. Así, antes de multiplexar los canales de 2 Mbps, se tiene que añadir información con el fin de sincronizarlos e igualarlos en velocidad, esto se logra mediante la inserción en cada una de las tramas de bits adicionales. Esta información es llamada "bits de justificación". Estos bits de justificación son reconocidos en el proceso de multiplexado, y son eliminados dejando la señal original. Este proceso es conocido como una operación plesiócrona, del griego, significante "casi síncrona".

El mismo problema de sincronización aparece a cada nivel de la jerarquía de multiplexado, de tal manera que se tienen que añadir bits de justificación en cada etapa de multiplexado. La utilización de la operación plesiócrona a lo largo de toda la jerarquía ha originado el término "Jerarquía Digital Plesiócrona", o PDH (del inglés Plesiochronous Digital Hierarchy).

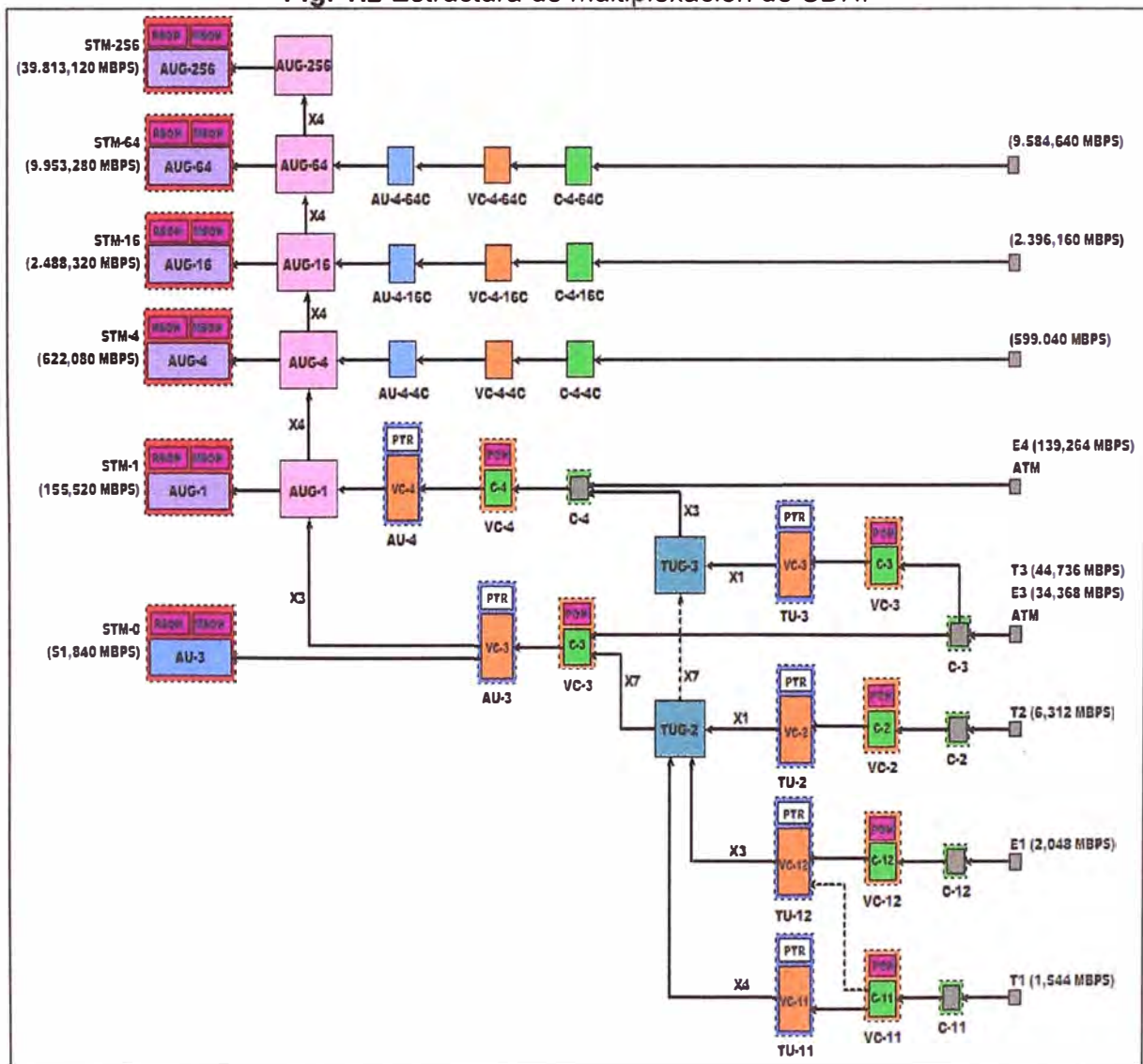
**Fig. 1.1** Proceso de Multiplexado en PDH



**1.2 La jerarquía digital sincrónica (SDH).** SDH permite el transporte de muchos tipos de tráfico tales como voz, video, multimedia, y paquetes de datos como los que genera ip. Para ello, su papel es, esencialmente, el mismo: Gestionar la utilización de la infraestructura de fibra o el medio de transmisión que se use. Esto significa gestionar el ancho de banda eficientemente mientras porta varios tipos de tráfico, detectar fallos y recuperar de ellos la transmisión de forma transparente para las capas superiores. Las principales características que encontramos en cualquier sistema de red de transporte SDH implementado al día de hoy son las siguientes:

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

**Fig. 1.2 Estructura de multiplexación de SDH.**



**1.2.2 Cross-conexiones.** Las cross-conexiones en una red síncrona suponen el establecer interconexiones semipermanentes entre diferentes canales en un elemento de red. Esto permite que el tráfico sea enviado a nivel de contenedor virtual. Si el operador necesita cambiar los circuitos de tráfico en la red, el encaminamiento puede conseguirse cambiando conexiones.

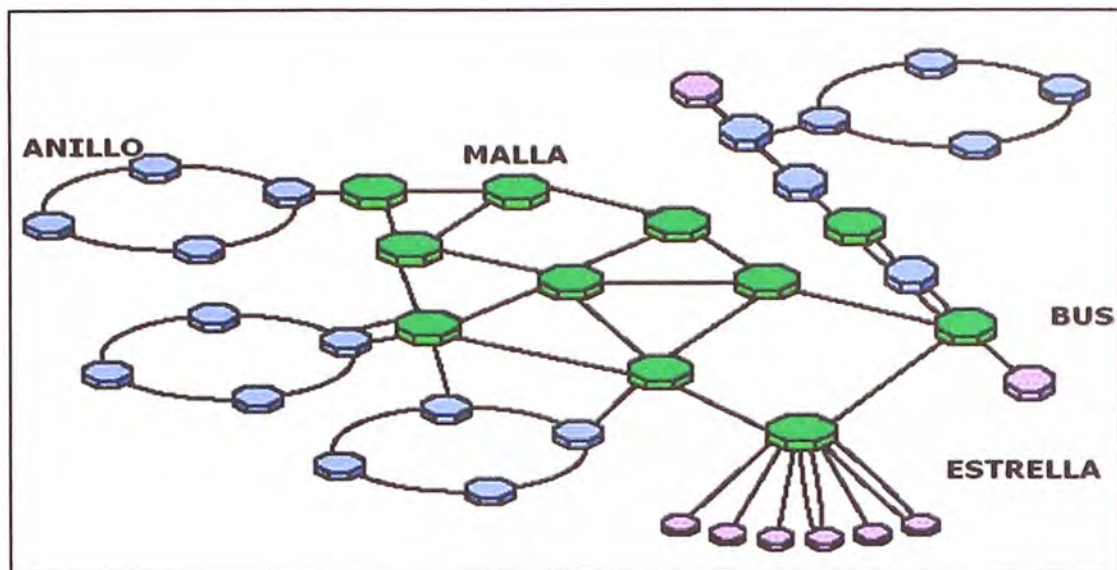
**1.2.3 Tipos de elementos de red.** Las redes actuales están construidas, básicamente, a partir de cuatro tipos de elementos de red (ITU-T G.782): regeneradores (regeneran las señales que se han atenuado en la red), multiplexores terminales, multiplexores de inserción y extracción, y distribuidores multiplexores o DXC (permite la función de cross-conexión en la red). Un mismo equipo puede funcionar indistintamente en diversos modos, dependiendo de la funcionalidad requerida en el nodo donde se ubica

**a) Terminales de línea.** Es el tipo de elemento de red SDH más simple. Éste implementará únicamente la terminación de línea y la función de multiplexión, de modo que su utilización es típica en configuraciones punto a punto. Algunos flujos tributarios serán combinados en el terminal de línea para generar un flujo agregado de mayor velocidad y esto será transmitido a un enlace óptico. Elementos de red son requeridos en los dos puntos finales de este enlace y una conexión fija de circuitos de cliente es establecida entre estos dos puntos terminales.

**b) Multiplexores Add-Drop (ADM).** Estos equipos ofrecen la función de cross-conexiones junto con la de terminal de línea y multiplexión. En SDH es posible extraer (Drop) un contenedor virtual e insertar en sentido contrario (Add) otro contenedor virtual a la señal STM directamente sin necesidad de despeinarla según vimos anteriormente. Esta ventaja fundamental de los sistemas síncronos significa que es posible conectar flexiblemente señales entre interfaces de elementos de red (agregados o tributarios). Esta capacidad de enrutamiento permite que la función de cross-conexión sea distribuida por la red, resultando mejor que concentrarla en un enorme cross-conector dedicado.

**1.2.4 Topologías.** La topología de red se define como la cadena de comunicación que los nodos conforman una red usada para comunicarse; las topologías de red usadas comúnmente son: Anillo, malla, línea (bus), estrella. Las configuraciones en anillo están siendo desplegadas cada vez en mayor número. Esto es porque, si un enlace se perdiera, hay un camino de tráfico alternativo por el otro lado del anillo. Si una red tiene diversas topologías se la llama mixta. La topología idónea para una red concreta va a depender de diferentes factores, como el número de equipos a interconectar, el tipo de acceso al medio físico que deseemos, etc.

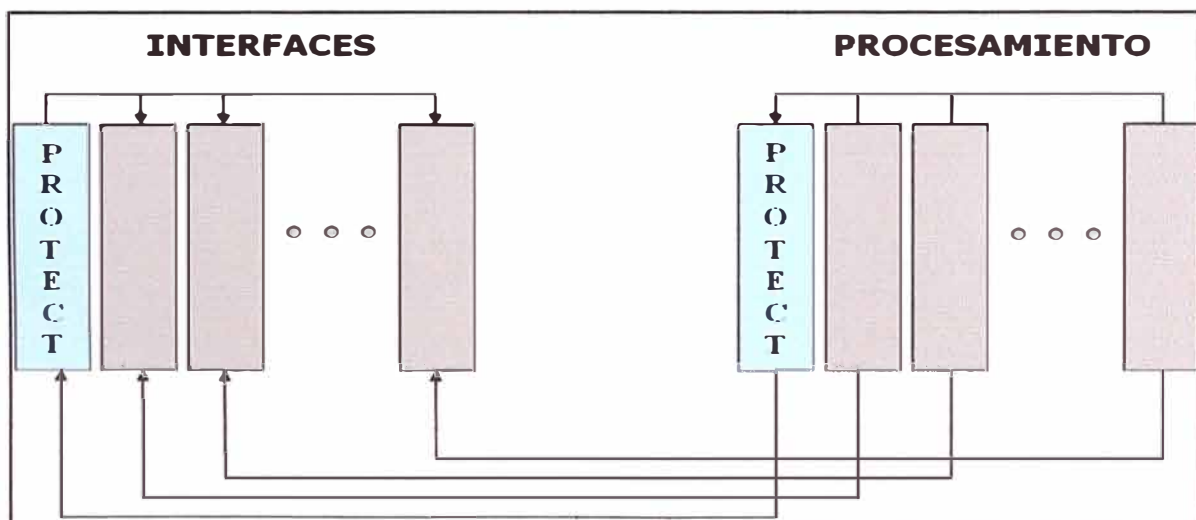
**Fig. 1.3** Topologías de redes: Anillo, malla, línea (bus), estrella.



**1.2.5 Esquemas de protección.** Estos han sido estandarizados para asegurar la disponibilidad del tráfico. Si ocurriera una falla o una rotura de fibra, el tráfico podría ser conmutado a una ruta alternativa, de modo que el usuario final no sufriera interrupción alguna en el servicio.

**a) Equipment Protection Switch (EPS).** Se usa en caso falle una tarjeta.

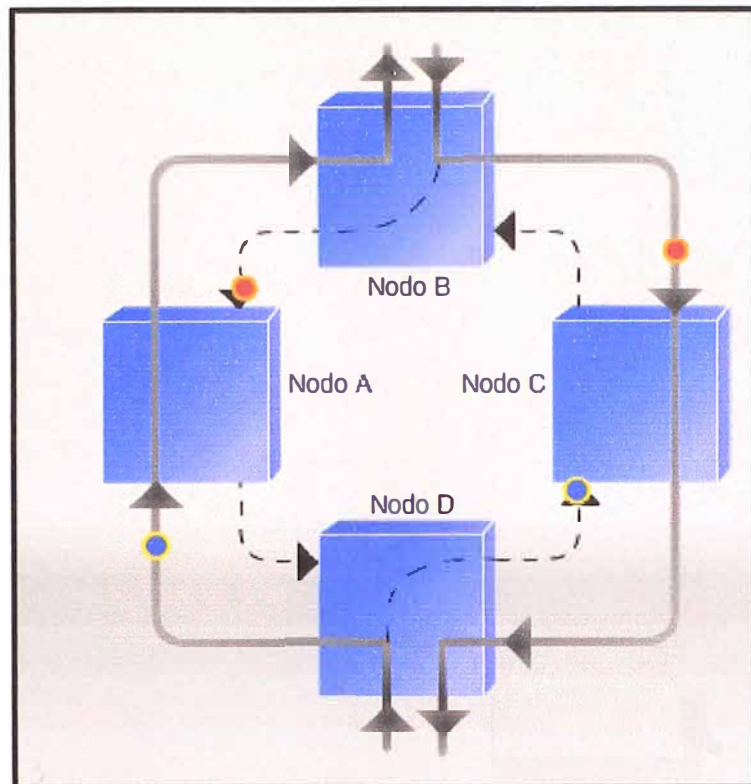
**Fig. 1.4** Equipment Protection Switch (EPS).



**b) Protección de conexión de subred (SNCP).** El modo SNC-P (conexión de subred con protección de trayecto), el tráfico de una tributaria se envía en ambas direcciones (a la derecha y a la izquierda) alrededor del anillo. El nodo receptor compara las señales y selecciona la señal con mejor calidad, la selección de la señal de mayor calidad se realiza, no únicamente por el elemento de red en el extremo del camino, sino que también en nodos intermedios a la salida de cada subred que es atravesada por la ruta.

El contenedor virtual no termina en el nodo intermedio, en cambio compara la calidad de la señal en los dos puertos entrantes y selecciona la señal de mejor calidad. Ante un evento de dos fallos simultáneos, la conmutación de protección debe ocurrir en el nodo intermedio para que el tráfico alcance el extremo contrario. SNCP genera una alta disponibilidad para la conexión que el camino dedicado porque SNCP permite a la red sobreponerse a dos fallos simultáneos.

**Fig. 1.5** Protección de conexión de subred (SNCP).



**c) Protección de sección de multiplexación (MSP).** Este procedimiento opera con una sección de tráfico ubicada entre dos nodos adyacentes. Entre estos dos nodos hay dos enlaces separados o dos diferentes fibras: la operativa y la de protección. Ante un evento de fallo del enlace, la señal entrante debe ser conmutada de la fibra activa a la de protección. MSP protegen tráfico entre dos elementos de red adyacentes, pero únicamente el enlace entre esos dos nodos, no aportando protección ante un fallo total de un elemento de red. Otra limitación es que requiere de diversos caminos físicos para fibra activa y de protección. Si ambas fibras se encuentran en la misma conducción y ésta es dañada, los dos caminos, el operativo y el de protección, se perderían. Hay dos tipos diferentes de protección de Sección de multiplexación (MSP):

- Protección 1:1, es un esquema de doble extremo. El tráfico es inicialmente enviado por el enlace activo únicamente. Se detecta un fallo en el extremo contrario cuando no recibimos tráfico por un periodo prolongado de tiempo. Una señal es enviada al extremo

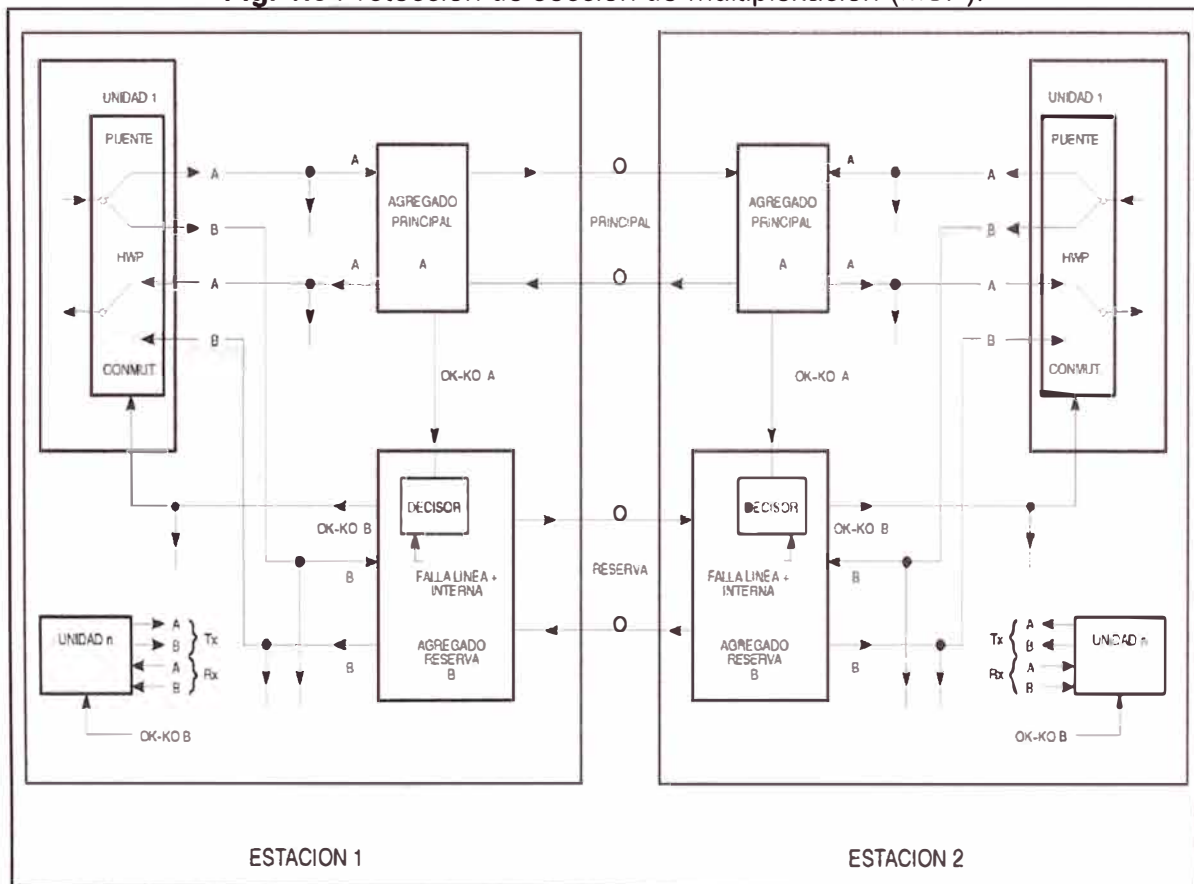


transmisor que dispara las conmutaciones de protección, enviando el tráfico hacia la línea de back-up en ambos extremos. Esto significa que tráfico de baja prioridad puede ser portado por el canal de protección mientras el tráfico viaja por el canal operativo. Este tráfico se perderá cuando se inicia un proceso de conmutación de protección.

- Protección 1:n, es similar al tratado 1:1 con la excepción de que varios canales operativos pueden ser protegidos por un único canal de back-up.

- Protección 1+1 MSP, donde el tráfico es inicialmente enviado tanto por la ruta activa como por la ruta de protección. Si se detecta una pérdida de tráfico, en el extremo receptor se comienza un proceso de conmutación hacia el camino de protección. No hay necesidad de enviar señalización hacia atrás, aunque de todos modos, la sección de standby no puede ser utilizada para otro tráfico presentando unos altos requerimientos de capacidad de fibra.

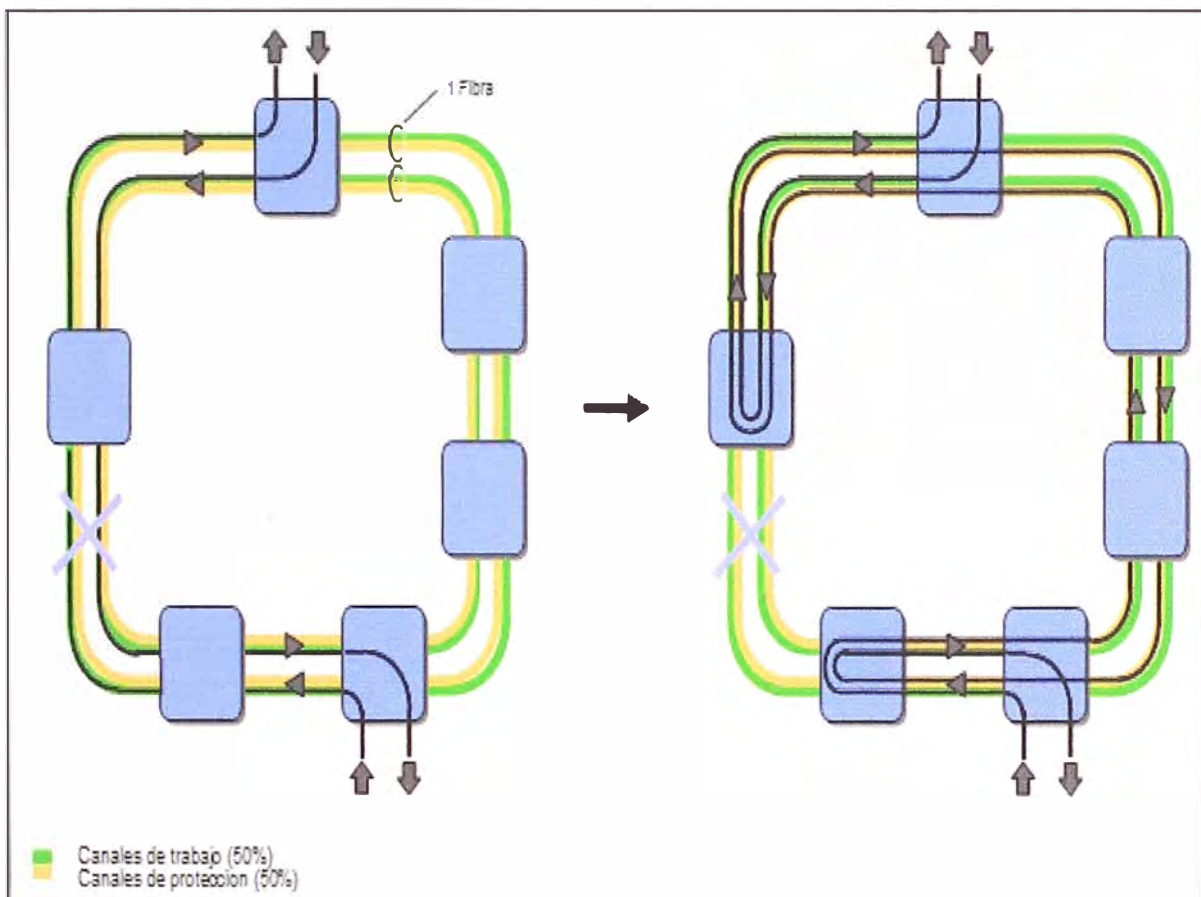
**Fig. 1.6** Protección de sección de multiplexación (MSP).



**d) Protección MS-SPRING.** Los anillos de protección compartida de la sección de multiplexación, comúnmente llamados "MS-SPRING" son unos mecanismos de protección de anillo. A diferencia del anillo de protección dedicado, el tráfico es enviado solo por una ruta en torno al anillo. No existe un camino de protección dedicado por cada ruta en producción, en cambio está reservada capacidad del anillo para protecciones y esta puede ser compartida para la protección de diversos circuitos en producción. La

conmutación de protección es iniciada a nivel de sección de modo similar a la protección lineal para de la sección de multiplexación; ante un evento de fallo, todo el tráfico de la sección es conmutado. Este mecanismo se puede llevar a cabo salvando una importante cantidad de capacidad frente al mecanismo de anillo de protección dedicado, permitiendo al operador incrementar el número de circuitos activos en el anillo. La ventaja en capacidad que se puede conseguir con MS-SPRING con respecto a un anillo con protección de ruta dedicada no es obvia hasta que no se analiza un ejemplo simple con diferentes caminos de tráfico sobre el anillo, como vamos a pasar a presentar. Tomaremos como ejemplo un anillo con seis nodos con una capacidad STM-16, equivalente a 16 STM-1. Considerando un patrón de tráfico uniforme en el cual el tráfico entrante sale del anillo en el nodo adyacente.

**Fig. 1.7** Protección MS-SPRING.



**1.2.6 Gestión de red.** La gestión de estas redes desde un único lugar remoto es una prestación importante para los operadores. Se ha desarrollado software que permite gestionar todos los nodos y caminos de tráfico desde un único computador. Un operador puede ahora gestionar una variedad grande de funciones tales como el aprovisionamiento de capacidad en respuesta a la demanda de clientes y la monitorización de la calidad de una red.

**1.2.7 Sincronización.** Operadores de red deben proporcionar temporización sincronizada a todos los elementos de la red para asegurarse que la información que pasa de un nodo a otro no se pierda. La sincronización es de creciente concierto entre los operadores, con avances tecnológicos cada vez más sensibles al tiempo. La sincronización se está convirtiendo en un punto crítico, proveyendo a SDH un camino ideal de filosofía de red. La sincronización es el proceso que permite establecer coherentemente una comunicación entre los dispositivos, de manera tal que la información recibida sea entendida correctamente. Definiremos algunos conceptos

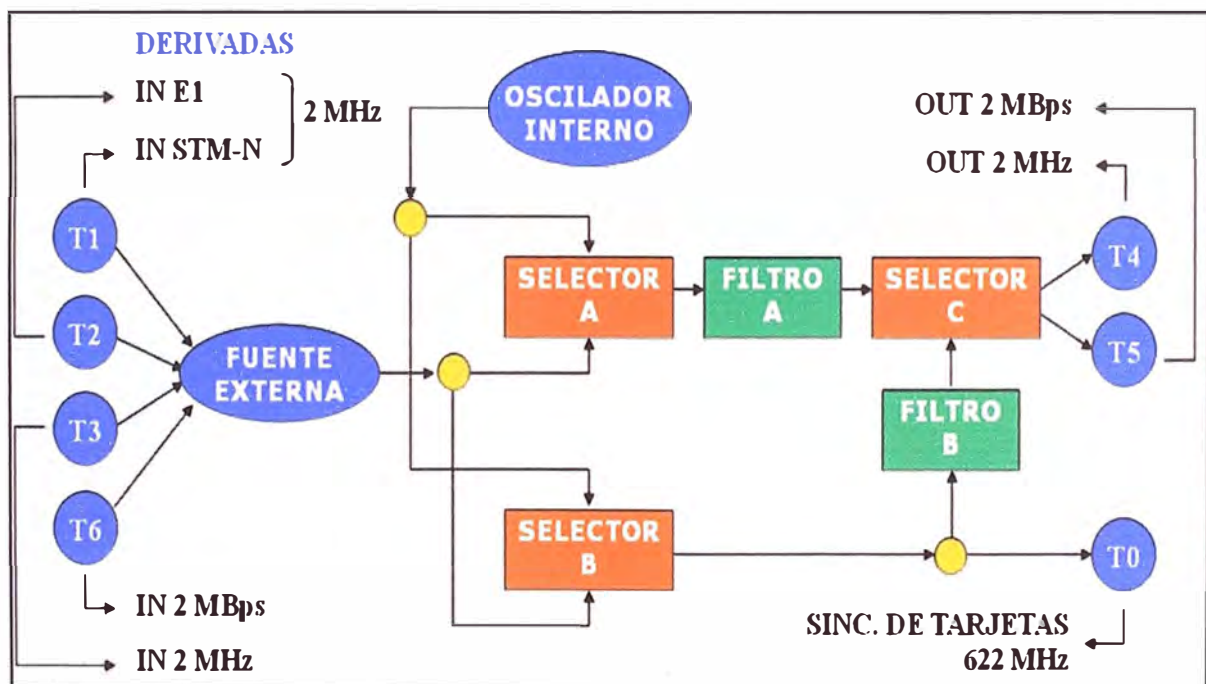
**a) Sincronización de reloj.** Fija la velocidad binaria de operación de los circuitos para el procesamiento de los datos, de forma tal, que el receptor lea los pulsos en los instantes precisos para interpretar correctamente el bit que representa.

**b) Fuentes de sincronismo.**

-Fuente interna: Reloj interno, calidad G.813

-Fuente derivada: Puerto PDH o SDH, calidad G.812 y fuente externa, calidad G.811.

**Fig. 1.8** Señales de sincronismo.

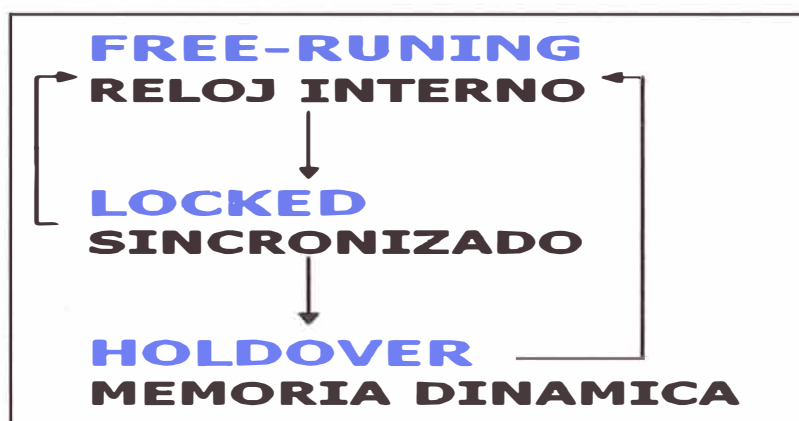


**c) Modos de operación.** Todos los elementos de red son sincronizados por una señal de reloj central muy precisa a 2,048 MHz. Esta señal de reloj central es generada por un reloj de referencia primario de altísima precisión (ITU-T G.811), en concreto con un desvío de frecuencia máximo a largo de  $\pm 10^{-11}$  respecto a la norma horaria mundial. La señal procedente del reloj primario se pasa a los relojes esclavos subordinados a los sistemas SDH (ITU-T G.812). Finalmente, nos encontramos con los propios relojes locales de los sistemas SDH (ITU-T G.813).



Debido al enorme coste de los sistemas de sincronización, el reloj debe distribuirse por toda la red, para lo cual se utiliza una estructura jerárquica. Esta estructura jerárquica está dividida en estratos y se especifica conforme a la calidad de las señales de reloj transmitidas a los estratos subsiguientes en el caso del fallo de un reloj maestro. Si fallasen los relojes maestros, se provee el funcionamiento de reserva en el cual el oscilador utiliza su último valor almacenado. Del mismo modo, si una fuente de reloj esclava fallase, el sistema SDH afectado conmuta a la fuente de reloj que tenga una calidad igual o menor a la que utilizaba hasta el momento; o de no ser posible, utiliza su propio reloj local. En este modo de funcionamiento, la señal de reloj se mantendrá relativamente exacta controlando el oscilador PLL local mediante la aplicación de los valores de corrección de la frecuencia almacenada durante las horas precedentes, teniendo en cuenta la temperatura del oscilador y extrayendo la señal de reloj a partir de alguna de las tramas STM-N que le llegan; en concreto de la que utilice la mejor fuente de sincronización, lo cual puede determinar a partir de información almacenada en la cabecera de la trama.

**Fig. 1.9** Modos de operación del sincronismo.

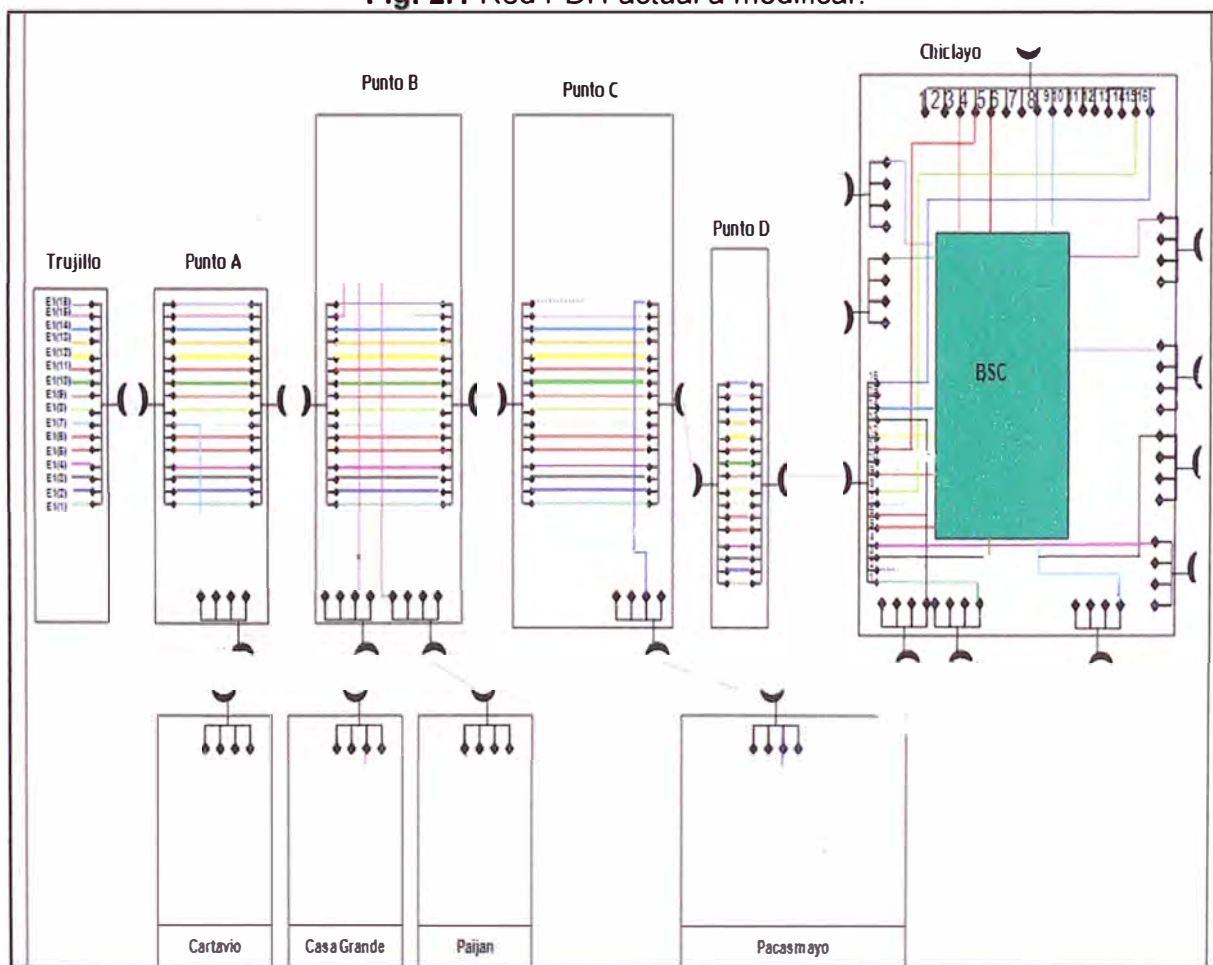


## CAPITULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

**2.1 Descripción del sistema actual.** Entre Lima y Trujillo se cuenta con una red SDH que cubre la necesidad de E1's para la interconexión entre ambas ciudades, el problema es la falta de capacidad entre Trujillo y Chiclayo. Actualmente entre Trujillo y Chiclayo existe una red PDH que deberá ser reemplazado por una red SDH dada la necesidad de E1's y STM1's. La red PDH instalada transporta 16 E1's que son insuficientes para futuras expansiones de la red, que requiere la instalación de equipos de alta capacidad (MediaGateways, OSR's, RNC's, etc.) necesarios para incrementar la cantidad de BTS's y TRX's 2G, y para la instalación de los equipos 3G, ya que por cada site con equipos 3G se requiere como mínimo 2 E1's en la fase inicial del proyecto 3G. El fin de este proyecto es cubrir la gran demanda de servicios en Trujillo y Chiclayo.

**Fig. 2.1** Red PDH actual a modificar.



**2.2 Evaluación de los problemas.** Entre los problemas que observamos para la realización de este proyecto tenemos:

**2.2.1 Realización de los reportes Technical Site Survey -TSS-** Se realizara TSS's en todas las estaciones de la red PDH para verificar los espacios disponibles en las torres y en la sala de equipos, revisar los equipos de energía que alimentaran a los equipos SDH (rectificadores y panel de breakers) y el sistema de aterramiento. Se revisara el estado de las torres y soportes necesarios para la instalación de las antenas. Revisar la línea de vista en los enlaces, la latitud, longitud y altitud del site es parte del TSS.

**Fig. 2.2 Revisión de la línea de vista en los enlaces.**

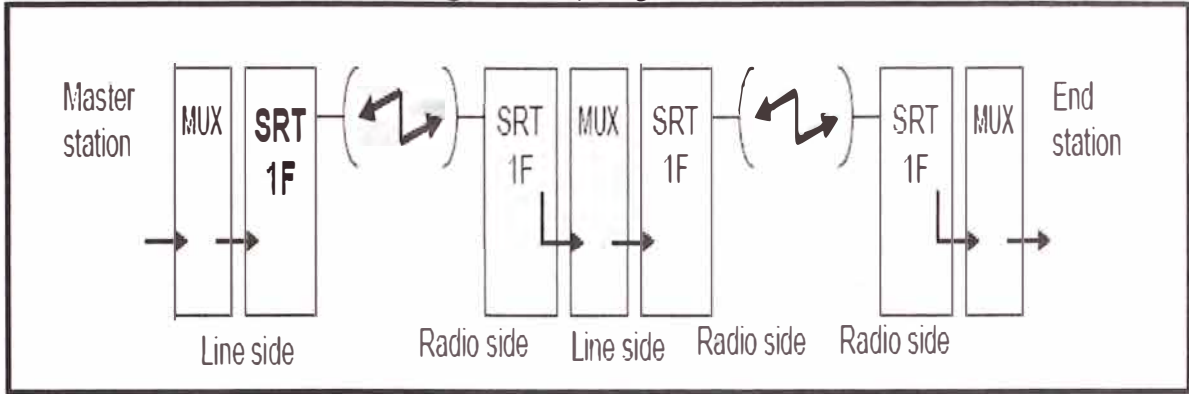


**2.2.2 Topología de la red.** Se elegirá la topología de la red en esta ampliación de la red SDH, es decir, se deberá decidir si la red será: Anillo, malla, línea (bus) o estrella. Como se menciona ya existe una red PDH entre Chiclayo y Trujillo, la topología de la red deberá basarse en los sites donde se encuentra los equipos PDH y se elegirá de acuerdo a los datos de línea de vista tomados en los TSS's. Además, se deberá decidir en que sites se instalara los multiplexores según requiera la zona una red de acceso.

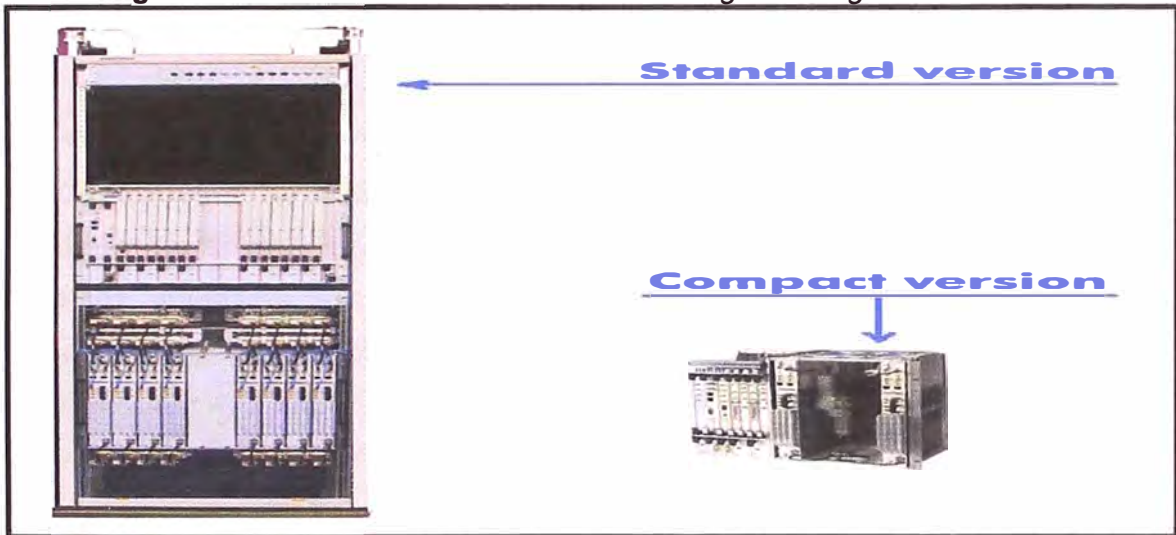
**2.2.3 Elección de equipos.** Se tendrá que elegir los equipos SDH y su ubicación en la red. Existe una diversidad de marcas que se ofrecen en el mercado, se deberá elegir al equipo más confiable y rentable para el proyecto. El diseño de los enlaces tendrá que realizarse con el software más adecuado y rentable para el proyecto tomando en cuenta

los datos obtenidos en los TSS's y la elección de los equipos SDH y antenas. Los equipos SDH entre Lima y Trujillo son de la firma Siemens modelo SRT1F, que han mostrado una alta confiabilidad; sin embargo, también se deberá estudiar la oferta de equipos SDH de la firma Alcatel Lucent cuya confiabilidad también es alta.

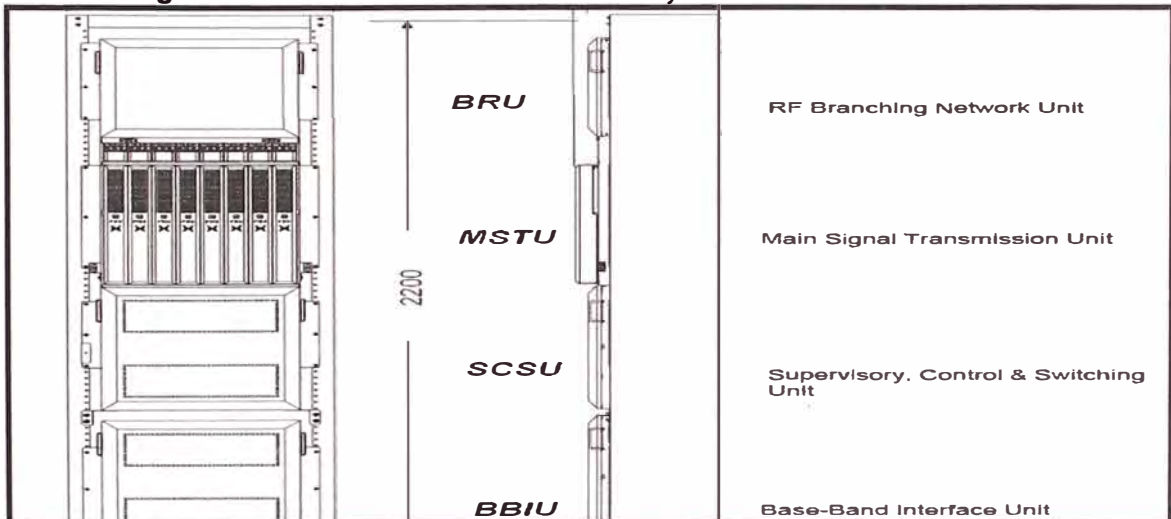
**Fig. 2.3** Topología de red.



**Fig. 2.4** Radio SDH ALCATEL 9600 LSY Long-Haul Digital Radio Links.



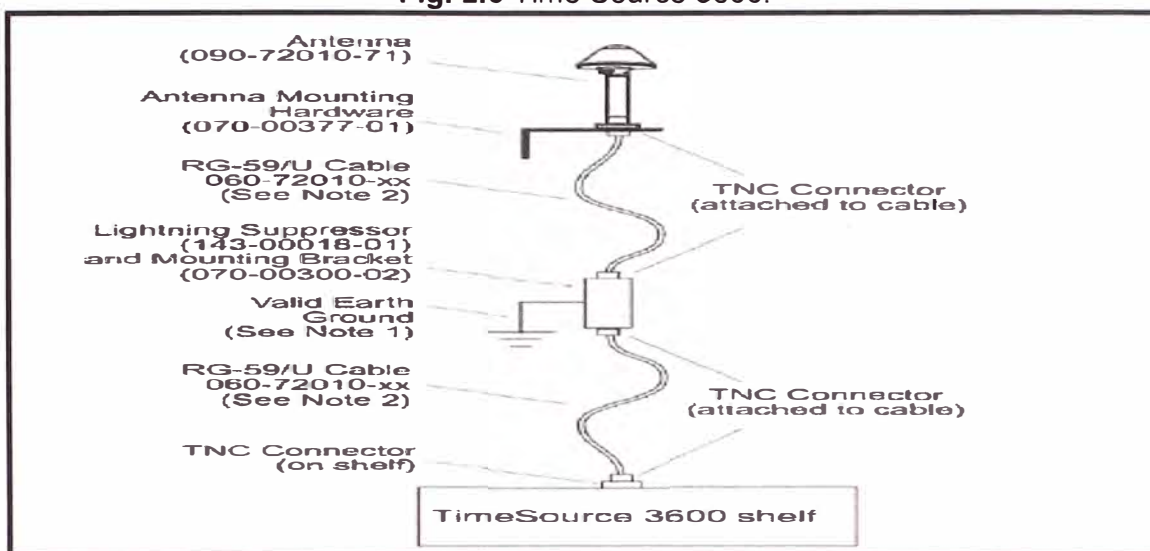
**Fig. 2.5** Radio SDH Siemens SRT 1F Synchronous Radio for Trunk.





**2.2.4 Sincronismo.** Uno de los problemas en este proyecto es elegir el equipo de sincronismo y la ubicación de este en la red que se va a diseñar. Este punto es muy importante en el proyecto ya que una mala elección originaria un mal comportamiento en los equipos SDH ya sean radios o multiplexores. Existe una diversidad de equipos que se ofrecen en el mercado, se deberá elegir al equipo más confiable y rentable para el proyecto.

**Fig. 2.6 Time Source 3600.**



**2.2.5 Capacidad en el MUX de Trujillo.** El multiplexor que se encuentra instalado en el nodo de Trujillo no tiene la capacidad que se requiere para el proyecto. El MUX de Trujillo cuenta con una tarjeta de 4 STM1's (slot 405 del grafico) y una tarjeta de 42 E1's (slot 401 del grafico), por lo que, necesariamente deberá ser reemplazado por un equipo multiplexor de mayor capacidad y con puertos STM1's ópticos (para la conexión con los RNC's 3G) y eléctricos (para la conexión con las radios y otros multiplexores).

**Fig. 2.7 Capacidad en el MUX de Trujillo.**

The screenshot shows a software interface for network management. The main window is titled 'Module View' and displays a table of slots for 'NE / Subrack'. The table has columns for Slot #, Card, and other details. The slots are numbered 401 through 415. Slots 401 and 402 contain E1-42 (CP) cards. Slots 405 and 406 contain E1PSID (CP) cards. Slots 410 and 411 contain IPU16 cards. Slots 412 and 413 contain SN64 cards. Slot 415 contains an SCURFE card. The interface also shows a menu bar with options like File, View, NE State, Fault, Performance, Security, Options, Window, and Help.

Slot #	Card	ProvMode	Slot #	Port #	NE Conn...	Distribut...
401	E1-42 (CP)	P	410		IPU16	
402	E1-42 (W)	W	411		IPU16	
403			412		SN64	
404			413		SN64	
405	E1PSID (CP)	P	414			
406	E1PSID (W)	W	415		SCURFE	

**2.2.6 Pruebas de BER.** Existe un tramo que es el enlace PDH Nodo B – Nodo C que actualmente presenta muchos errores en su performance, siendo este un tramo necesario en la nueva red ,cuando se instale las radios SDH se tendrá que mejorar dicho performance.

**Fig. 2.8** Medidor de BER.



**2.2.7 Pruebas de niveles de Rx.** Durante las pruebas de niveles de Rx se tendrá que llegar a los niveles que se han obtenido en el diseño de cada uno de los enlaces de la red. Además, los enlaces deberán tener cero errores en las pruebas de BER de 48 horas.

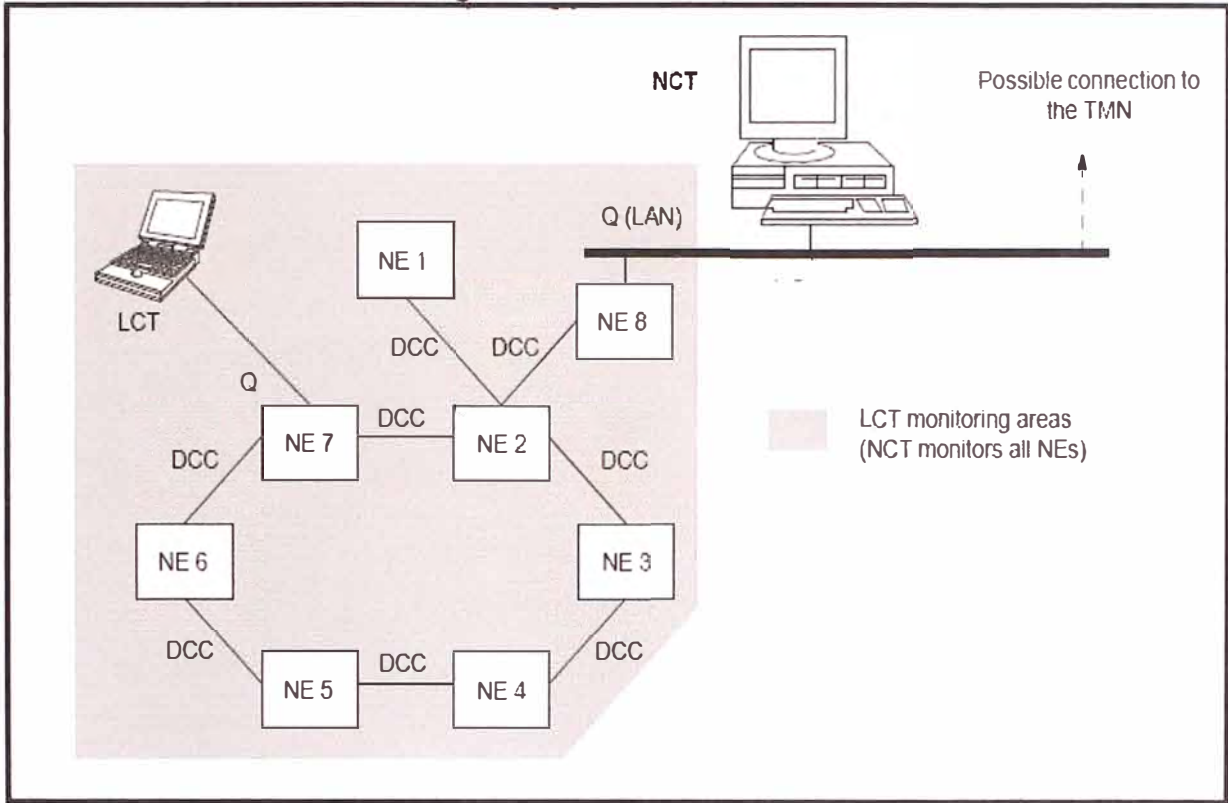
**2.2.8 Esquemas de protección.** Se escogerá el esquema de protección para la nueva red esto con la finalidad de proteger la red ante una posible falla, ya sea de una tarjeta o ante un Fading en algún enlace; se tomara en cuenta para esto la topología de la red elegida para el proyecto; así como, los esquemas de protección que ofrecen los equipos SDH. Los tipos de esquema se presentaron en el marco teórico (capítulo I). Este esquema de protección también será útil cuando se tenga que realizar el mantenimiento a la red.

**2.2.9 Gestión de la red.** Una vez instalados los equipos SDH se deberá tener gestión de cada uno de los elementos de la red, es decir, se necesita un plan de gestión para poder añadir los nuevos Networks Elements en los gestores del centro de gestión. Este punto también es importante ya que se debe monitorear permanentemente los performance de la red, las alarmas externas (fallas de energía) en los nodos y además nos permitirá realizar los cross-conexiones necesarias en la nueva red.

**2.2.10 El tiempo de instalación de los equipos** (radios, multiplexores, antenas, Time Source, etc.), las pruebas y aceptaciones de los equipos no tomara más de 6 meses para esto de tendrá los equipos en los Site's, personal debidamente capacitado (Ingenieros y

técnicos), así como, los recursos de logística necesarios para terminar este proyecto en el plazo indicado.

**Fig. 2.9** Gestión de una red.



## CAPITULO III

### SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS

**3.1 Realización de TSS's.** Este es el primer paso y uno de los más importantes ya que cuando se realiza el TSS se debe anotar todos los detalles para la instalación de los equipos y su buen funcionamiento. Un TSS con datos erróneos causa pérdida de tiempo, complicaciones en la instalación de los equipos y pérdida de dinero para el proyecto. El ingeniero encargado de la instalación deberá contar con el documento. Se realizaron los TSS's de los siguientes nodos con los resultados anotados en cada uno de ellos:

**3.1.1 Nodo Trujillo:** Ubicación de los equipos y sistema radiante revisar fig. 3.1 y fig. 3.2

a) Tipo de estructura:  Monopolo  Torre Ventada  Torre Auto soportada  Terraza

b) Capacidad en rectificador existente: 400 Amperios

c) Configuración del rectificador:

Cantidad de breakers instalados	Cantidad de breakers libres
08 (de 32 Amperios c/u)	04 (se usaran 2 breakers)

d) Cantidad de longitud cable de energía:

Longitud desde PDB al rectificador	Longitud desde PDB a las radios SDH
10m	22m

e) Sistema radiante:

Enlace	Diámetro de antena	Soporte de antena	Altura de instalación de la antena	Azimut	Metraje de guía de onda	Polaridad del enlace
Trujillo - Nodo A	1.8m	Instalado	45m	330°	65m	Vertical

**3.1.2 Nodo A:** Ubicación de los equipos y sistema radiante revisar fig. 3.3 y fig. 3.4

a) Tipo de estructura:  Monopolo  Torre Ventada  Torre Auto soportada  Terraza

b) Capacidad en rectificador existente: 300 Amperios.

c) Configuración del rectificador:

Cantidad de breakers instalados	Cantidad de breakers libres
06 (de 32 Amperios c/u)	03 (se usaran 2 breakers)

d) Longitud del cable de energía:

Longitud desde PDB al rectificador	Longitud desde PDB a las radios SDH
8m	10m



## e) Sistema radiante:

Enlace	Diámetro de antena	Soporte de antena	Altura de instalación de la antena	Azimut	Metraje de guía de onda	Polaridad del enlace
Nodo A - Trujillo	1.8m	Instalado	75m	112.5°	85m	Vertical
Nodo A - Nodo B	2.4m	Instalado	60m	315.5°	75m	Horizontal

3.1.3 **Nodo B:** Ubicación de los equipos y sistema radiante revisar fig. 3.5 y fig. 3.6a) Tipo de estructura:  Monopolo  Torre Ventada  Torre Auto soportada  Terraza

b) Capacidad en rectificador existente: 400 Amperios

c) Configuración del rectificador:

Cantidad de breakers instalados	Cantidad de breakers libres
08 (de 32 Amperios c/u)	04 (se usaran 2 breakers)

d) Longitud del cable de energía:

Longitud desde PDB al rectificador	Longitud desde PDB a las radios SDH
15m	20m

## e) Sistema radiante:

Enlace	Diámetro de antena	Soporte de antena	Altura de instalación de la antena	Azimut	Metraje de guía de onda	Polaridad del enlace
Nodo B - Nodo A	2.4m	Instalado	50m	150.5°	60m	Horizontal
Nodo B - Nodo C (Main)	2.4m	Instalado	70m	320°	80m	Vertical
Nodo B - Nodo C (Diversidad)	2.4m	Instalado	60m	320°	70m	Vertical

3.1.4 **Nodo C:** Ubicación de los equipos y sistema radiante revisar fig. 3.7 y fig. 3.8a) Tipo de estructura:  Monopolo  Torre Ventada  Torre Auto soportada  Terraza

b) Capacidad en rectificador existente: 400 Amperios

c) Configuración del rectificador:

Cantidad de breakers instalados	Cantidad de breakers libres
10 (de 32 Amperios c/u)	04 (se usaran 2 breakers)

d) Longitud del cable de energía:

Longitud desde PDB al rectificador	Longitud desde PDB a las radios SDH
15m	18m

## e) Sistema radiante:

Enlace	Diámetro de antena	Soporte de antena	Altura de instalación de la antena	Azimut	Metraje de guía de onda	Polaridad del enlace
Nodo C -Nodo D	2.4m	Instalado	45m	300°	60m	Horizontal
Nodo C – Nodo B (Main)	2.4m	Instalado	60m	120°	75m	Vertical
Nodo C – Nodo B (Diversidad)	2.4m	Instalado	50m	120°	65m	Vertical

## 3.1.5 Nodo D: Ubicación de los equipos y sistema radiante revisar fig. 3.9 y fig. 3.10

a) Tipo de estructura:  Monopolo  Torre Ventada  Torre Auto soportada  Terraza

b) Capacidad en rectificador existente: 300 Amperios

c) Configuración del rectificador:

Cantidad de breakers instalados	Cantidad de breakers libres
08 (de 32 Amperios c/u)	04 (se usaran 2 breakers)

d) Longitud del cable de energía:

Longitud desde PDB al rectificador	Longitud desde PDB a las radios SDH
18m	15m

## e) Sistema radiante:

Enlace	Diámetro de antena	Soporte de la antena	Altura de instalación de la antena	Azimut	Metraje de guía de onda	Polaridad del enlace
Nodo D -Nodo C	2.4m	Instalado	30m	250.5°	45m	Horizontal
Nodo D - Chiclayo	2.4m	Instalado	35m	140.5°	50m	Vertical

## 3.1.6 Nodo Chiclayo: Ubicación de equipos y sistema radiante revisar fig. 3.11 y fig. 3.12

a) Tipo de estructura:  Monopolo  Torre Ventada  Torre Auto soportada  Terraza

b) Capacidad en rectificador existente: 400 Amperios

c) Configuración del rectificador:

Cantidad de breakers instalados	Cantidad de breakers libres
10 (de 32 Amperios c/u)	04 (se usaran 2 breakers)

d) Longitud del cable de energía:

Longitud desde PDB al rectificador	Longitud desde PDB a las radios SDH
12m	10m

e) Sistema radiante:

Enlace	Diámetro de antena	Soporte de la antena	Altura de instalación de la antena	Azimut	Metraje de guía de onda	Polaridad del enlace
Chiclayo-Nodo D	2.4m	Instalado	40m	150°	60m	Vertical

Fig. 3.1 Ubicación de los equipos en la sala del nodo Trujillo.

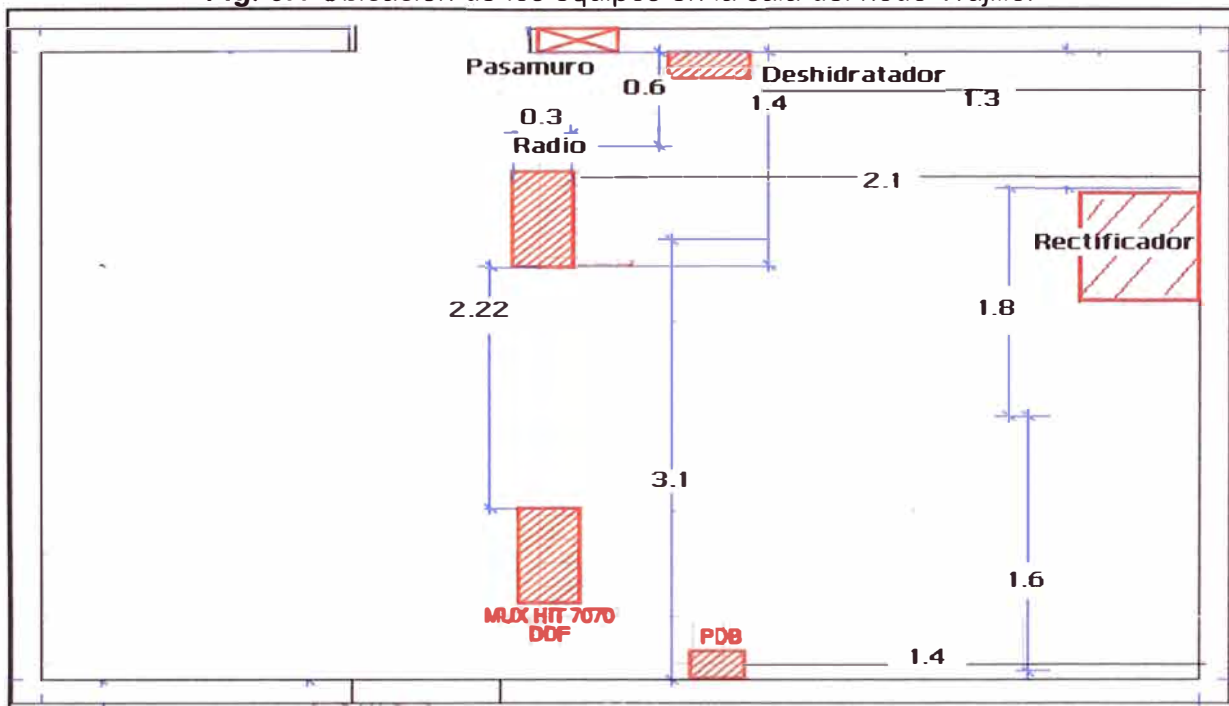


Fig. 3.2 Ubicación del sistema radiante en el nodo Trujillo.

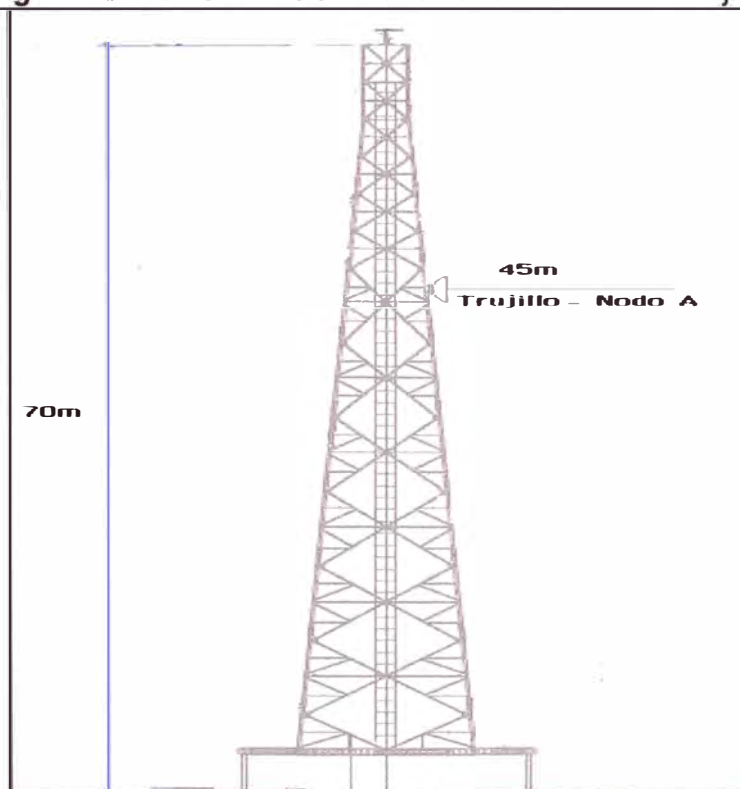


Fig. 3.3 Ubicación de los equipos en la sala del nodo A.

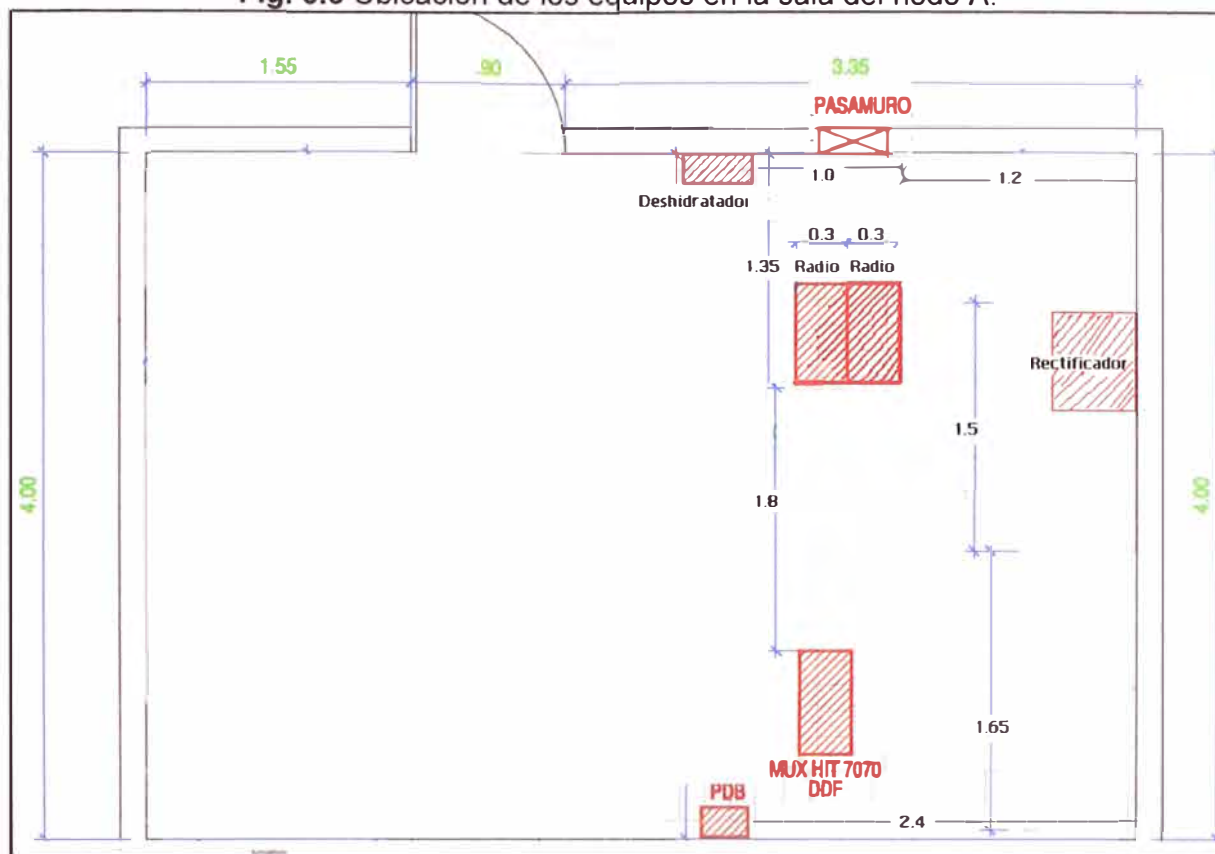
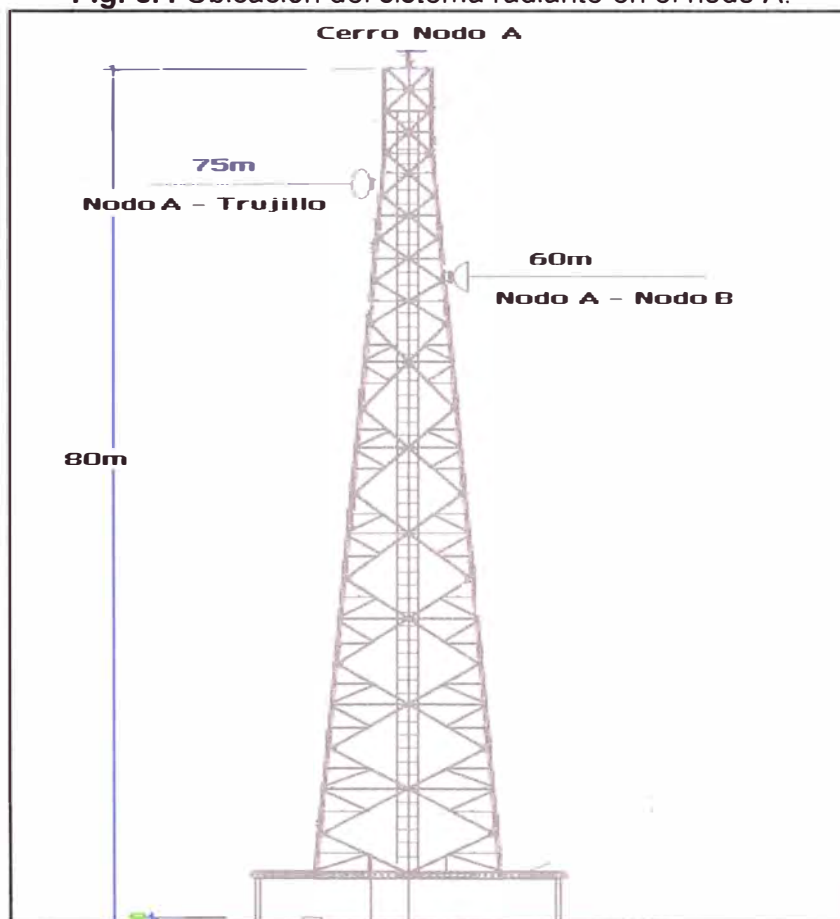
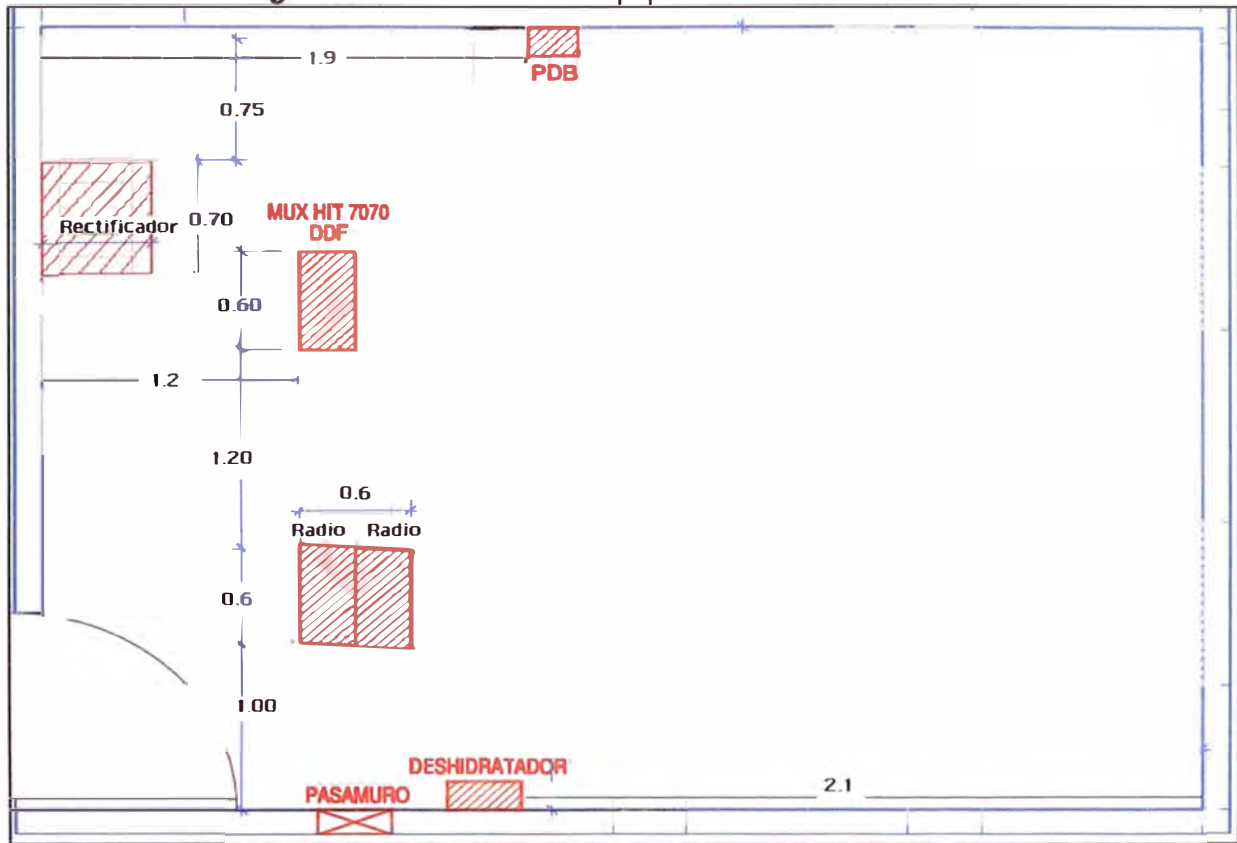


Fig. 3.4 Ubicación del sistema radiante en el nodo A.



**Fig. 3.5** Ubicación de los equipos en la sala del nodo B.



**Fig. 3.6** Ubicación del sistema radiante en el nodo B.

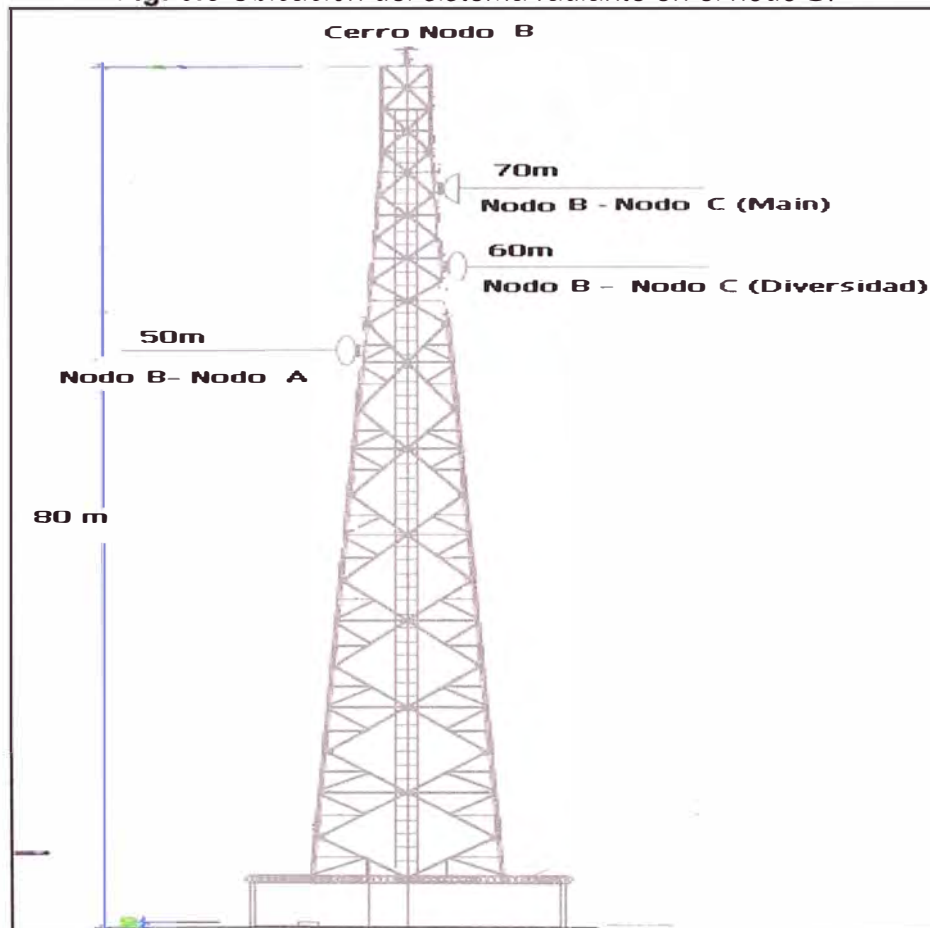


Fig. 3.7 Ubicación de los equipos en la sala del nodo C.

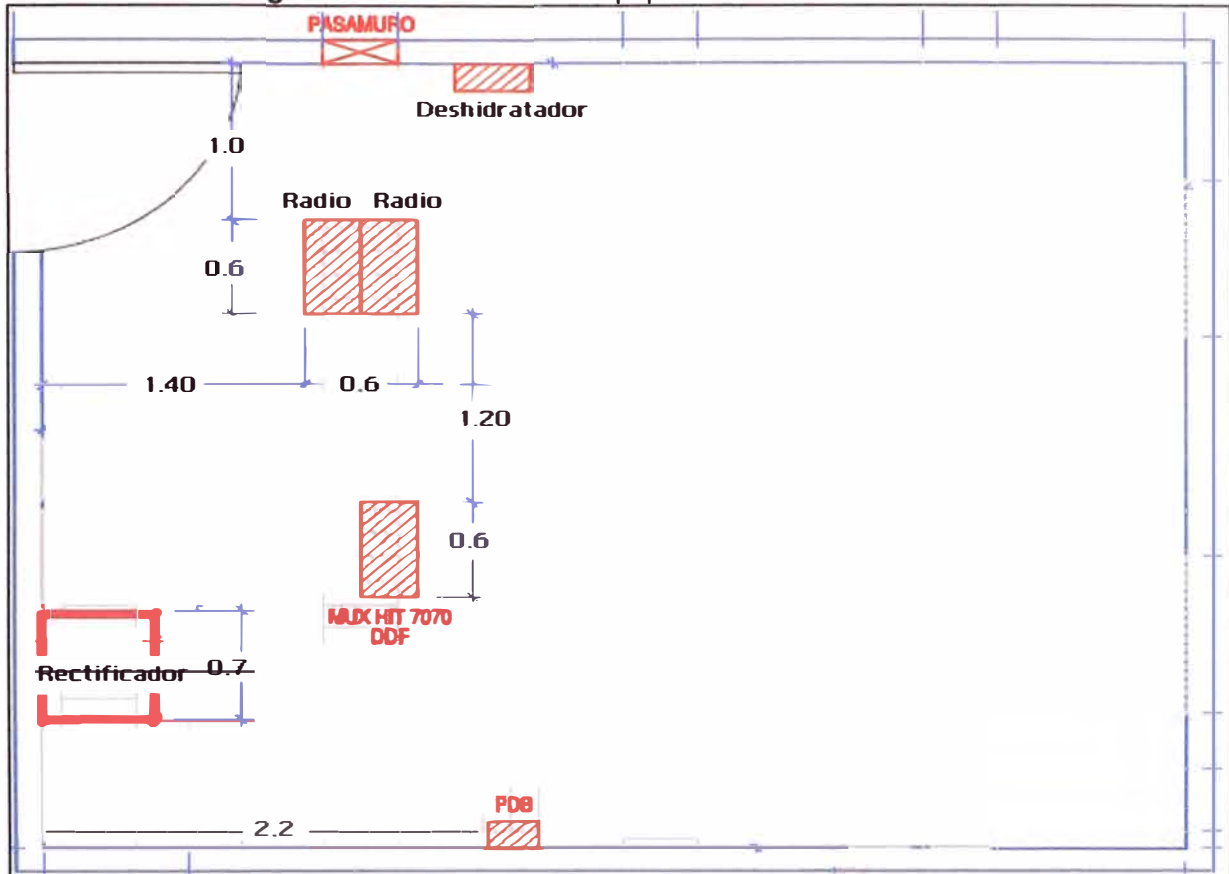


Fig. 3.8 Ubicación del sistema radiante en el nodo C.

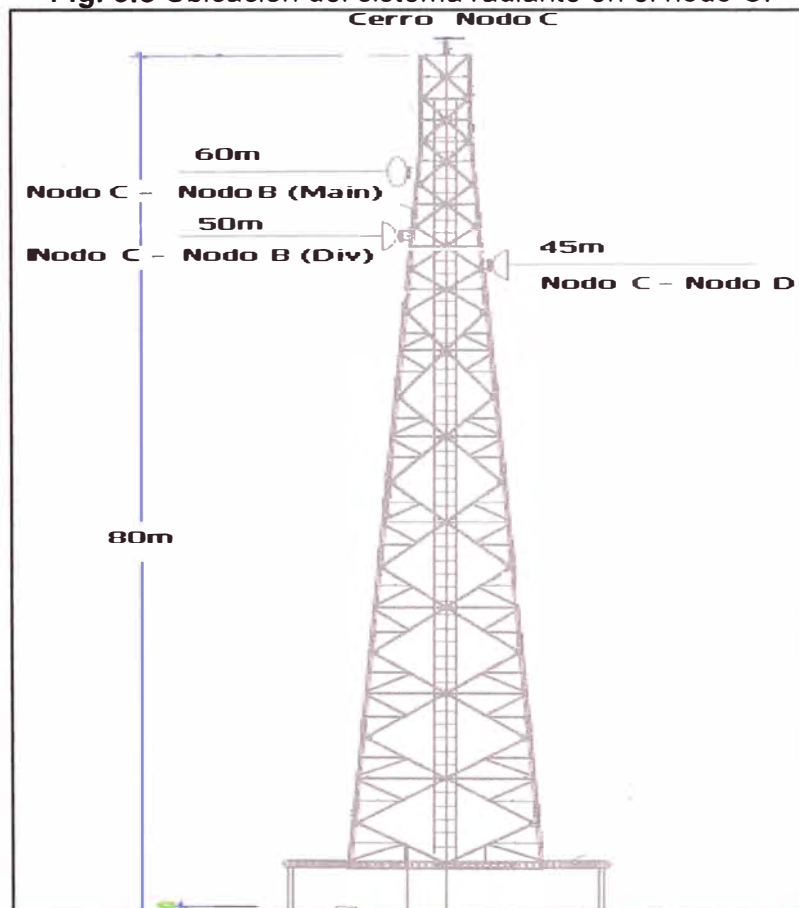




Fig. 3.9 Ubicación de los equipos en la sala del nodo D.

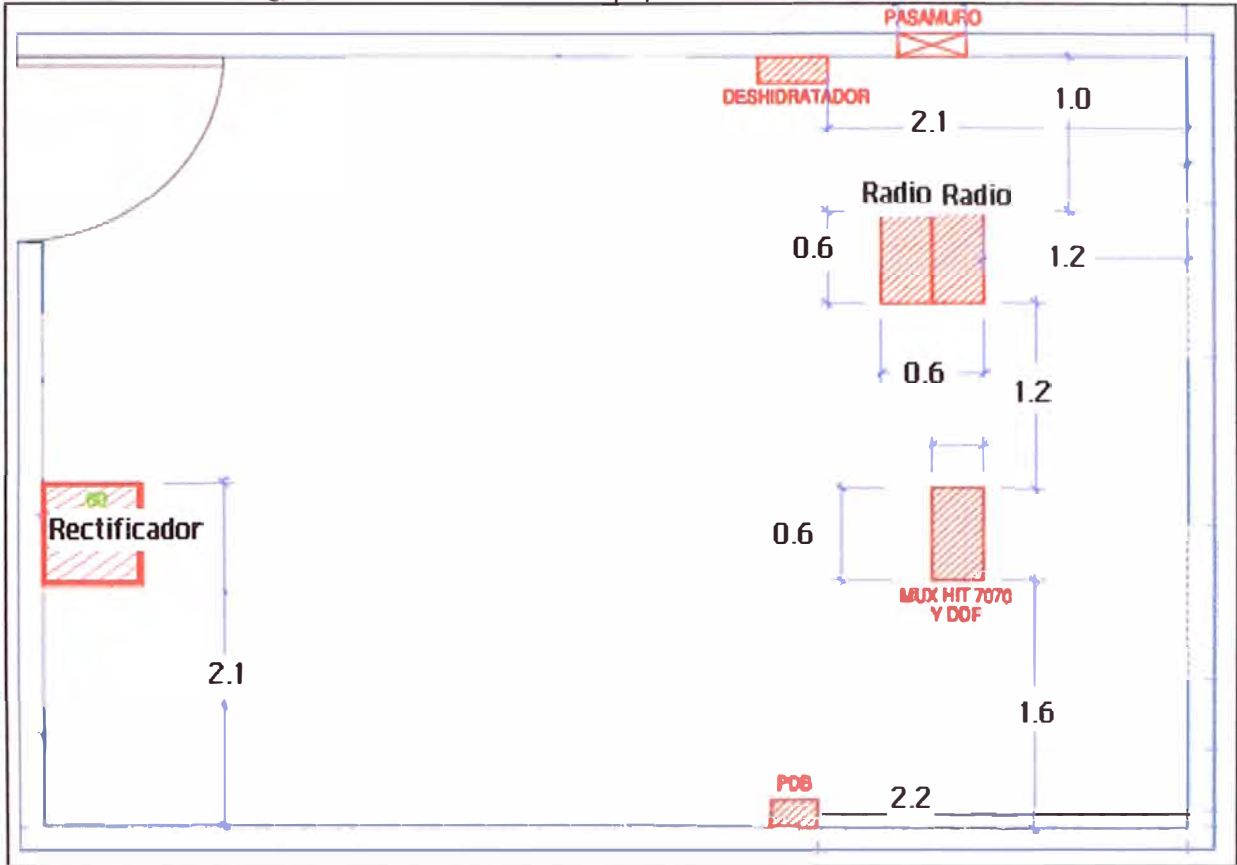


Fig. 3.10 Ubicación del sistema radiante en el nodo D.

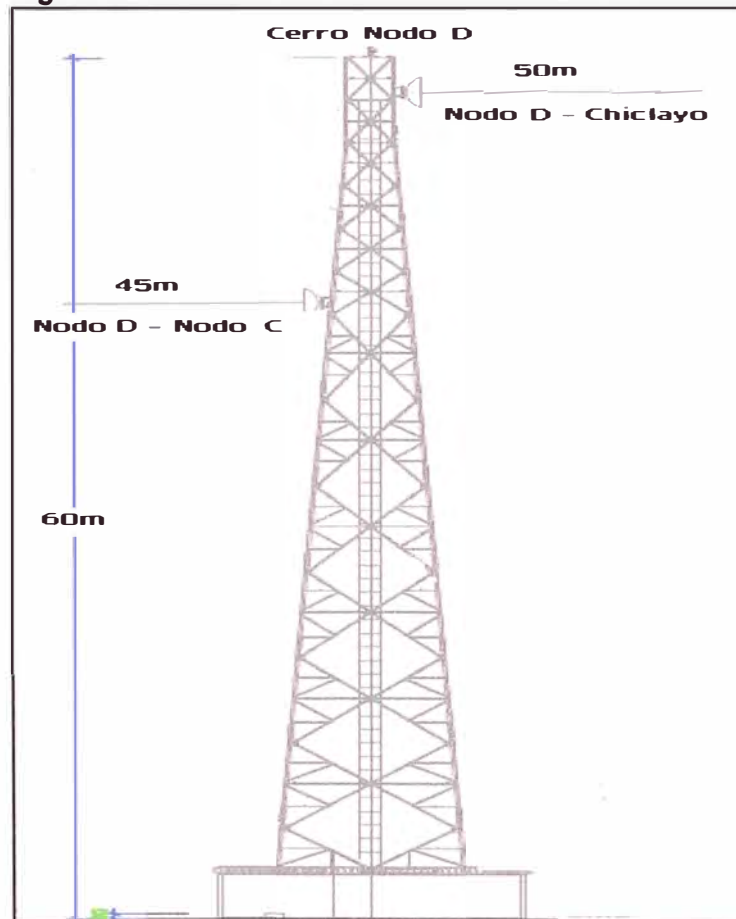


Fig. 3.11 Ubicación de los equipos en la sala del nodo Chiclayo.

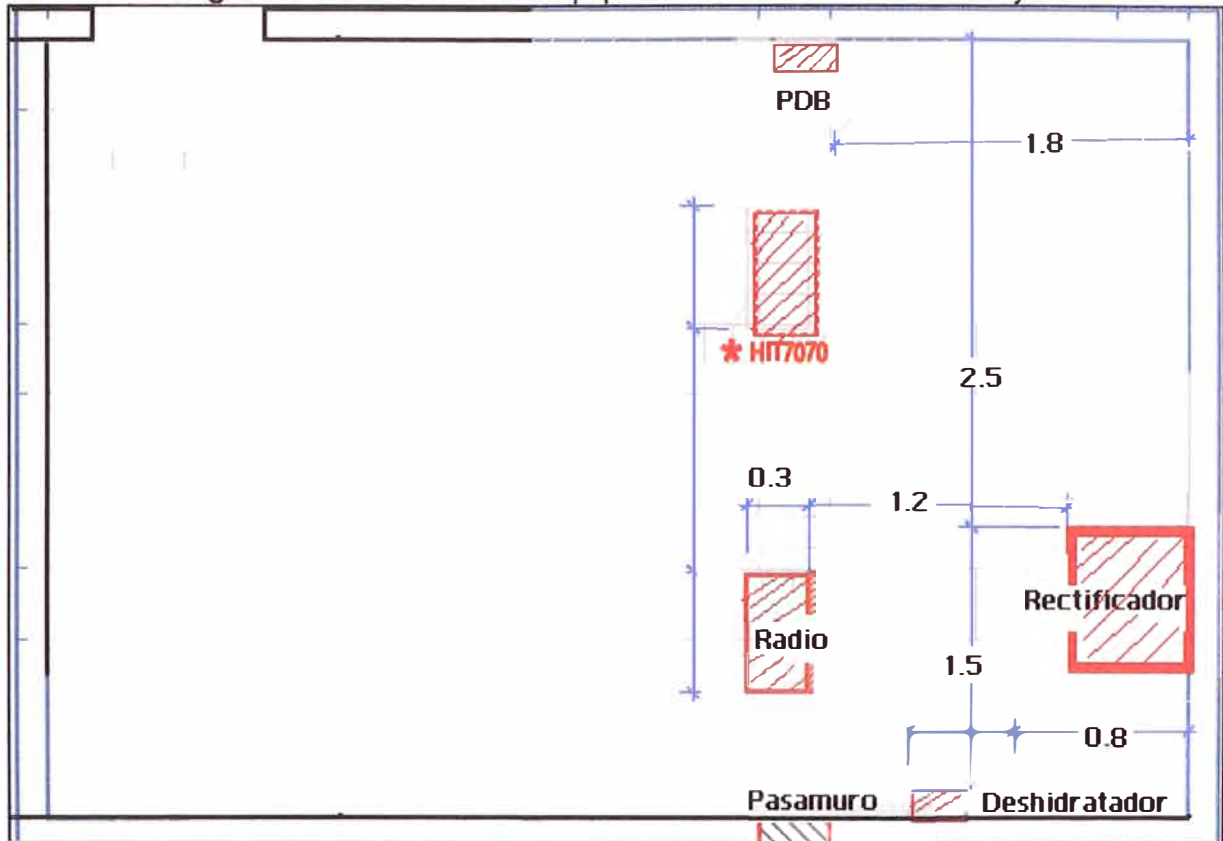
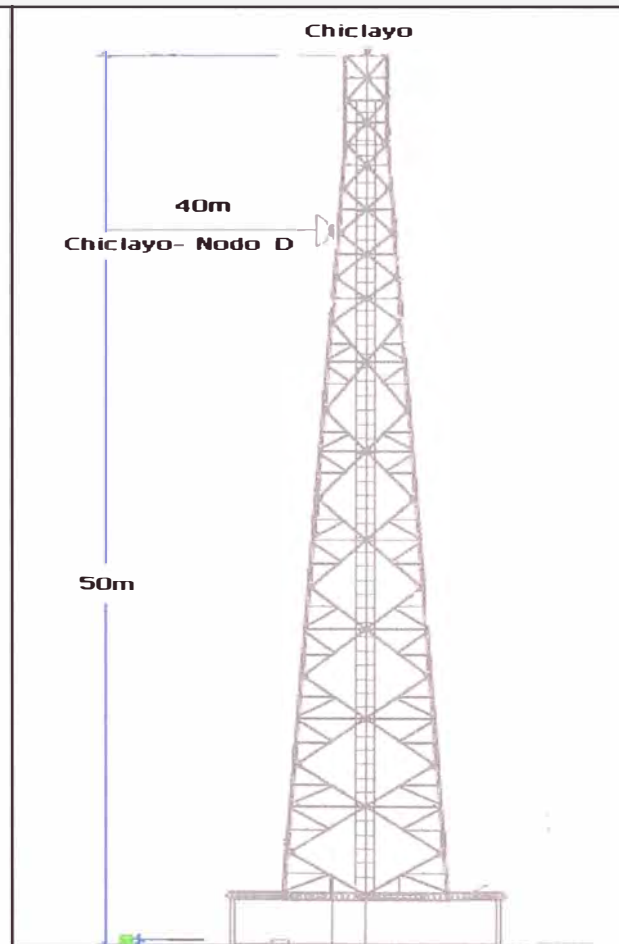


Fig. 3.12 Ubicación del sistema radiante en el nodo Chiclayo.





Por lo tanto tenemos los siguientes enlaces:

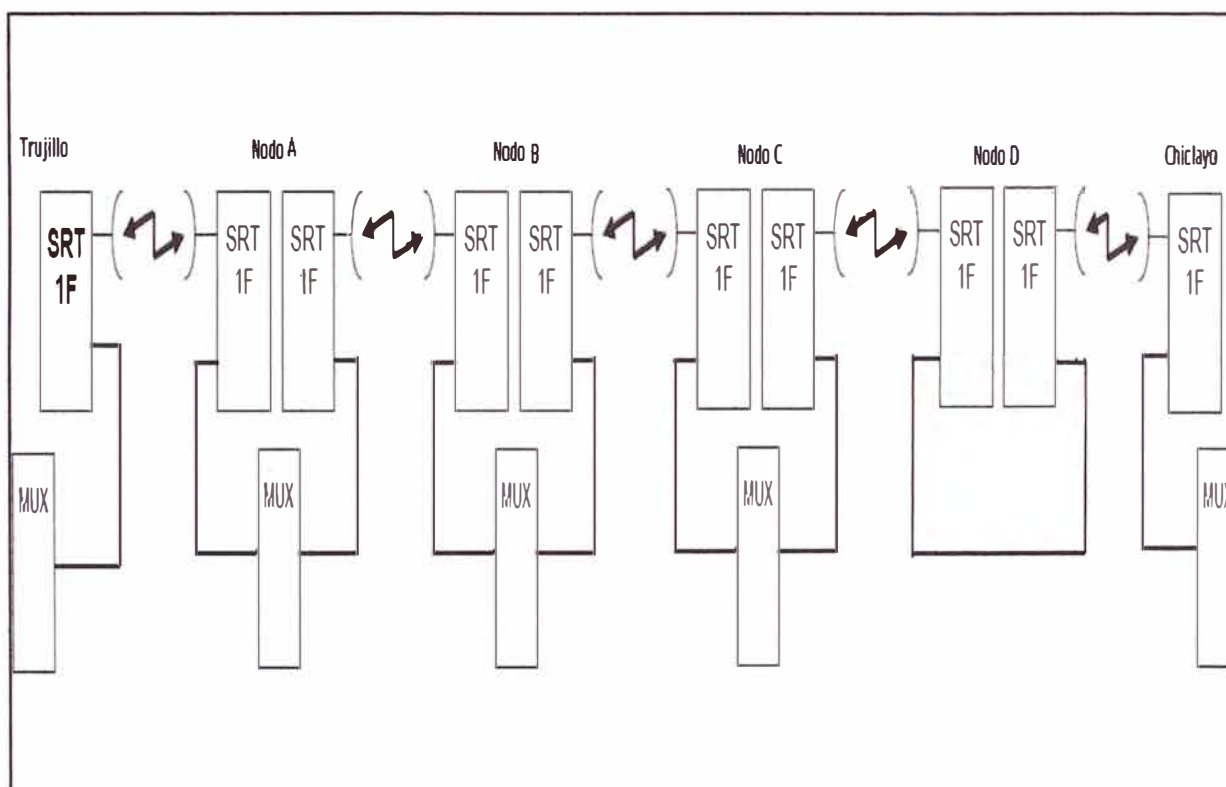
**TABLA N°3.1** Relación de enlaces

Item	Enlace	Distancia de enlace	Línea de Vista
1	Trujillo- Nodo A	25 Km	OK
2	Nodo A –Nodo B	45 Km	OK
3	Nodo B - Nodo C	40 Km	OK
4	Nodo C - Nodo D	60 Km	OK
5	Nodo D - Chiclayo	50 Km	OK

### 3.2 Elección de la topología, equipos a usar y el sistema de protección:

**3.2.1 Topología.** Como vemos de los TSS existe línea de vista entre los puntos que se eligió como nodos de la nueva dorsal SDH (Trujillo, Nodo A., Nodo B, Nodo C, Nodo D, Chiclayo) por tanto el tipo de topología a utilizar será: Topología de línea.

**Fig. 3.13** Topología de línea en la red SDH.

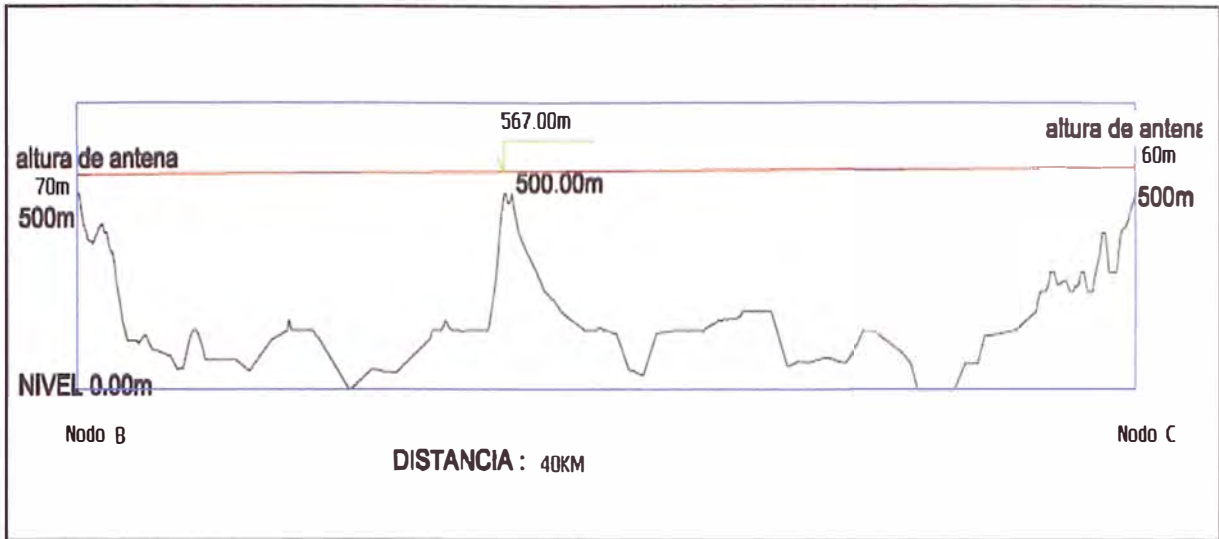


Como se requiere un STM1 entre Trujillo y Chiclayo se instalara el sistema 1+1 es decir un working y una protección.

Se observa además de la antigua red PDH Trujillo-Chiclayo que el Nodo D no requiere la instalación de un Multiplexor ya que no es nodo de acceso, en el resto de nodos es necesaria la instalación de multiplexores. Dado los antecedentes de errores en el performance del enlace Nodo B – Nodo C se decide instalar diversidad de espacio en el nuevo enlace SDH Nodo B - Nodo C.

Los equipos que se instalarán serán las radios SDH SRT1F siemens y multiplexores HiT7070 Siemens.

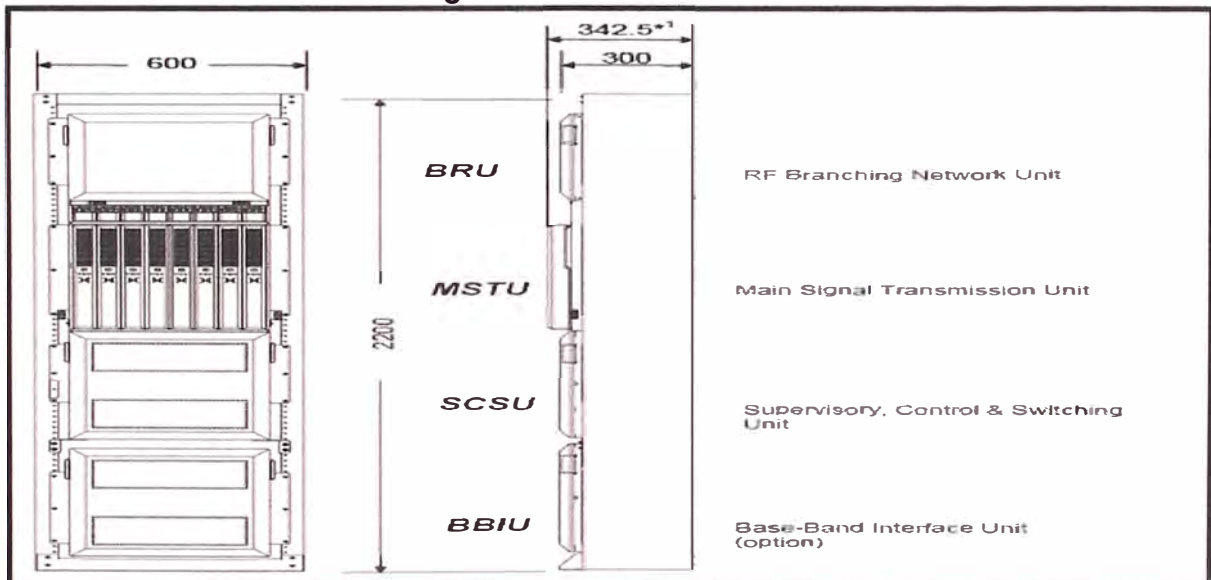
**Fig. 3.14** Perfil del enlace Nodo B- Nodo C



**3.2.2 Equipos.** Entre los datos principales que se tiene de las radios SDH y que nos sirvieron para el diseño de los enlaces tenemos:

**a) Radio SRT1F Siemens.** El equipo SRT 1F, opera en las bandas de frecuencia de 4 a 13 GHz, es usado para implementar backbones con alta y media capacidad en áreas regionales y nacionales.

**Fig. 3.15** Radio SDH SRT1F



**-BRU RF Branching Network Unit.** Contienen los filtros para las frecuencias que se utilizarán en los enlaces y el circulador. En este proyecto utilizaremos la banda de 7GHz y los canales Ch1 (Protección) y Ch 3 (Working 1) cuyas licencias han sido adquiridas por el operador para poder ser usadas en los enlaces.

TABLA N° 3.2 Banda de 7Ghz Lower ITU-RF 385-6

RF CH	RF FREQUENCY (MHz)	LO FREQUENCY (MHz)
1	7135	6291
2	7163	6319
3	7191	6347
4	7219	6375
5	7247	6403
1'	7296	6452
2'	7324	6480
3'	7352	6508
4'	7380	6536
5'	7408	6564

TABLA N°3.3 Banda de 7Ghz Upper ITU-RF 385-6

RF CH	RF FREQUENCY (MHz)	LO FREQUENCY (MHz)
1	7442	6598
2	7470	6626
3	7498	6654
4	7526	6682
5	7554	6710
1'	7596	6752
2'	7624	6780
3'	7652	6808
4'	7680	6836
5'	7708	6864

**-MSTU Main Signal Transmission Unit.** Está compuesta por las tarjetas MSTU's que contienen el transmisor TX, el receptor Rx, el modulador MOD, el demodulador DEM y el conmutador unipolar USW utilizada para el Radio Protección System RPS de la radio SDH. Se instalara una tarjeta MSTU por cada canal, por tanto para este proyecto se instalaran 2 MSTU's uno para el Ch1 (protección) y otro para el Ch3 (working).

**-SCSU Supervisory Control y Switching Unit.** Está compuesta por:

Las tarjetas BSW Unidad de Conmutación Bipolar (una tarjeta por cada canal excepto para el canal de protección ,por tanto para este proyecto se utilizara una tarjeta BSW para el Ch3 ) esta tarjeta es la salida a frecuencia intermedia IF del STM1 además también tiene dos puertos E1's de salida llamados Wayside.

Una tarjeta supervisora SV para la gestión y supervisión del equipo.

Una tarjeta Timing Control TCU para el control del sincronismo de la radio que además genera un Clock interno (Holdover) en caso se pierda la señal de la fuente externa.

Una tarjeta House keeping HK para las alarmas externas como por ejemplo las alarmas de corte de energía eléctrica, falla de rectificador, falla de baterías, etc.

TABLA N° 3.4 Características técnicas de la radio SRT1F

	Description
Modulation	<p>64 state Quadrature Amplitude Modulation with Multi Level Coded Modulation type FEC (64 QAM MLCM) for 4/5/U6/11 GHz band</p> <p>128 state Quadrature Amplitude Modulation with Multi Level Coded Modulation type FEC (128 QAM MLCM) for U4/L6/U7/L8/13 GHz band</p>
Capacity	<p><u>Alternated operation</u> One (1) STM-1 (155.52 Mbit/s) signal per RF frequency or One (1) PDH fourth order 139.264 Mbit/s signal per RF frequency</p> <p><u>Co-channel operation</u> Two (2) STM-1 (155.52 Mbit/s) signal per RF frequency or Two (2) PDH fourth order 139.264 Mbit/s signal per RF frequency</p> <p><u>Auxiliary signal</u> Wayside traffic (2.048 Mb/s) Maximum 2 channels per STM-1 by using RFCOH and SOH. Maximum 2N channels for N+1 alternated operation or Maximum 2 x 2N channels for 2 x (N+1) co-channel operation</p> <p>Radio User Channel (64 kb/s) Maximum 2 channels per system using RFCOH for N+1 Maximum 2 channels for N+1 alternated operation or Maximum 2 x 2 channels for 2 x (N+1) co-channel operation</p> <p>User Channel (SOH, 64 kb/s) One (1) channel per STM-1 using SOH Maximum N channels for N+1 alternated operation or Maximum 2N channels for 2 x (N+1) co-channel operation</p>
Repeating Method	Regenerative
Normal received power	-32 to -55 dBm
Received input range  (for BER at $1 \times 10^{-3}$ )	<p>Maximum level: -17 dBm</p> <p>Minimum level: -74.5 dBm for 64QAM -72.0 dBm for 128QAM</p>
AGC dynamic range	-17 to -77 dBm measured at MSTU input
IF	<p>1st IF: 70MHz</p> <p>2nd IF: 844MHz</p>
IF output(70MHz) (Test Out)	<p>Signal level: -10 dBm nominal, variation +1 dB/-2 dB for modulated RX input of -17 to -77 dBm Impedance : 75 ohm unbalanced</p> <p>Return loss : &gt; 20 dB/ 70 MHz <math>\pm 13</math> MHz for 64 QAM <math>\pm 11</math> MHz for 128 QAM</p> <p>Measured at monitoring point of MSTU unit.</p>

	Description
RF filter	Chebycheff type  3 dB bandwidth: 40 MHz for 64 QAM 30 MHz for 128 QAM
IF filter	Butterworth type 3 dB bandwidth 40 MHz
Output power	+32 dBm±1 dB for 4-L8GHz band +29 dBm±1 dB for 11GHz band +27 dBm±1 dB for 13GHz band measured at MSTU unit output
Linearity compensation	Linearizer circuit is employed to maintain optimum linearity
Local carrier	RF band oscillation With PLL Synthesizer type, frequency pre-settable Half band coverage of upper or lower half of the corresponding band (quarter band for 11 and 13GHz).
Local Frequency stability	Within ± 10 ppm
Spurious emission	For unmodulated carrier measured at duplexer output < -60 dBm in the frequency range 30.0 MHz to 21.2 GHz < -30 dBm in the frequency range 21.2 GHz to 40.0 GHz
IF	1st IF: 70 MHz 2nd IF: 844 MHz
IF input (Test In)	Signal level: -10 dBm nominal Variation: ±1 dB  Impedance: 75 ohm unbalanced  Return loss: > 20 dB/ 70 MHz ±13 MHz for 64 QAM > 20 dB/ 70 MHz ±11 MHz for 128 QAM
RF filter	Chebycheff type 3 dB bandwidth: 40 MHz for 64 QAM 30 MHz for 128 QAM
ATPC	Automatic transmit power control (ATPC) is available as standard. Power control level: 10 dB Response time:100 ms Control initiation:Received signal threshold detection
Modulation	<u>For 40 MHz Channel spacing:</u> 64-state Quadrature Amplitude Modulation with Multi-Level Coded Modulation type FEC (64 QAM MLCM)  <u>For 28/29/29.65/30 MHz Channel spacing:</u> 128-state Quadrature Amplitude Modulation with Multi-Level Coded Modulation type FEC (128 QAM MLCM)
Spectrum shaping	35 % raised cosine roll-off factor for 64 QAM MLCM 20% or 25 % raised cosine roll-off factor for 128 QAM MLCM  Spectrum shaping is root Nyquist distribution.
Local carrier	Crystal oscillator (XO)
Local frequency stability	Within ± 15 ppm
IF	70 MHz
Demodulation	Coherent detection/instantaneous decision



**b) Multiplexor HIT 7070 Siemens.** Como sistema de nueva generación SDH, el SURPASS HIT 7070 posee una unidad de conmutación para TDM y para Paquetes. La unidad de conmutación TDM posee dos granularidades, VC 4 y VC 12/3.

En adición a la función TDM, el SURPASS hiT7070 puede ser equipado con la función RPR; esta función opera como un Switch de Capa 2, termina los VC's, extrae los frames Ethernet de los VC's y conmuta los frames de acuerdo al puerto de destino basado en las direcciones MAC. Aparte de las tradicionales tarjetas PDH y SDH, SURPASS HIT7070 cuenta con interfaces GFP, Generic Framing Procedure, que es un nuevo mecanismo genérico estandarizado para encapsular Datos en redes SDH. GFP o ITU-T G.7041, fue definido para adaptar los protocolos de datos de hoy a redes de bytes alineados como lo son las redes SDH; GFP soporta protocolos LAN como Ethernet, IP.

**Características Técnicas:**

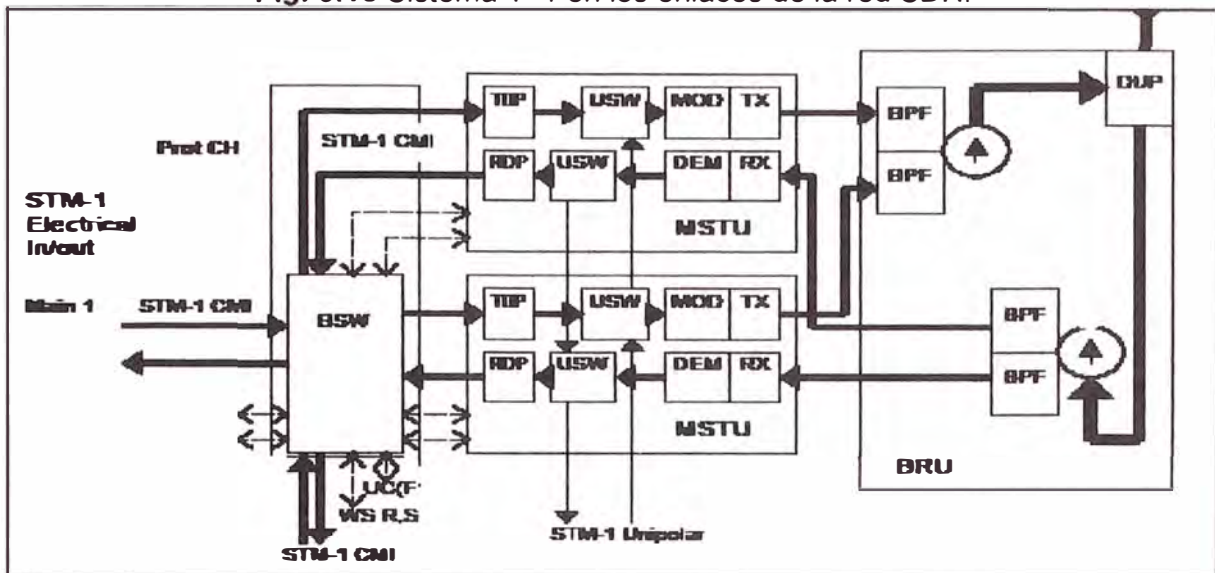
- Unidad de conmutación de 160Giga@VC-4 y10Giga@VC-12.
- Trafico de paquetes grooming para conexiones Punto a Multi-Punto.
- Plataforma Multiservicios: 2M, 34/45M, 155M, STM-1/4/16, GFP para 10/100BT, GbE, interfaces SAN (FICON, Fiber Channel) para core; STM-16, GFP para 10GbE.
- Soporte de servicios concatenados.
- Transporte transparente de SONET (OC-3c, OC-12c, OC-48c, OC-192c).
- Conserva las funciones de protección SDH (SNCP, MSP, BSHR, Hardware).
- Numerosos shelves compactos con funciones complementarias (LambdaShelf, PDH MicroShelf, FlexShelf, AmplifierShelf).
- Integrable con el sistema de gestión de altas prestaciones TNMS-Core de Siemens.
- Es posible la interconexión para anillos en todos los puertos de tráfico.
- Parada automática en caso de una interrupción del enlace (fiber break). De acuerdo con ITU –T G.664 y ITU –T G.958.
- Equipamiento sencillo y modular.
- Posee una amplia gama de interfaces para los servicios adicionales y los canales de datos incluyendo EOW y el procesamiento DCC.
- Maneja el concepto de supervisión de acuerdo con ITU-T Rec. G.784; interfaces para - Local Craft Terminal (F-interface) y TMN (Q-interface).
- El empleo de circuitos integrados dedicados permite un diseño muy compacto, bajo consumo de energía y la alta fidelidad.

El multiplexor instalado en Trujillo modelo SMA Siemens tendrá que ser reemplazado por el nuevo MUX HiT 7070 ya que este MUX nos permitirá añadir tarjetas con puertos ópticos necesarios tanto para la conexión con los RNC's, como con los MGW's y con equipos de TX con puertos ópticos.

**3.2.3 Sistema de protección.** La protección que usara la red SDH será a través de los equipos de radio y MUX instalados y se explicara a continuación:

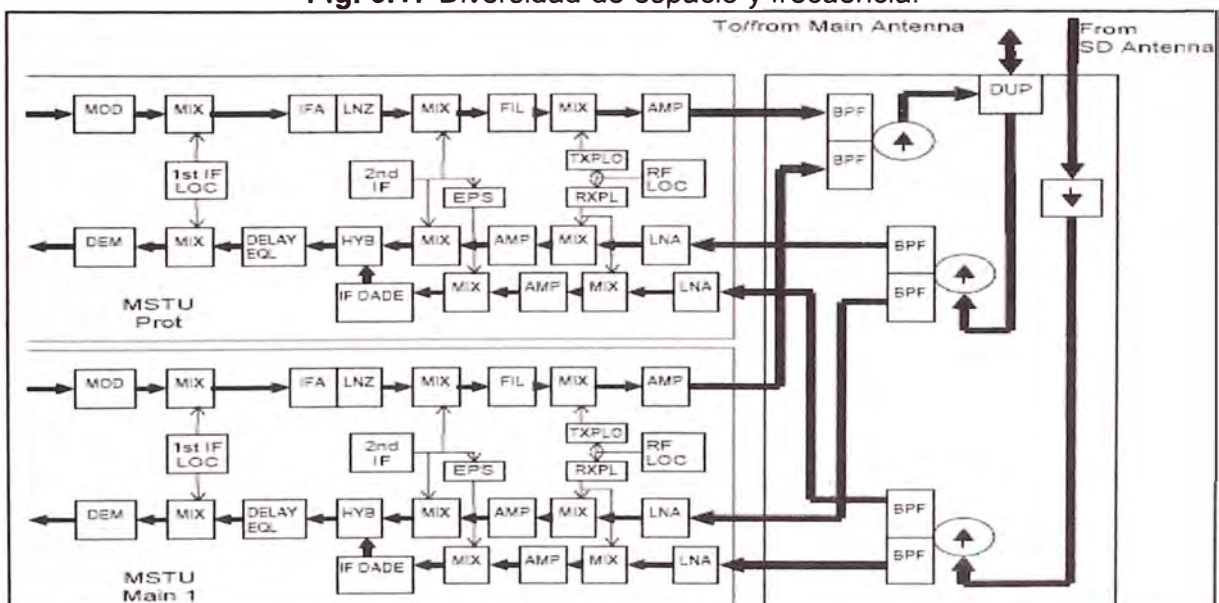
a) **En todos los enlaces se instalo la diversidad de frecuencia -Sistema 1+1-**.En la diversidad de frecuencias ambos transmisores son transmitidos simultáneamente y cada señal es alimentada a su respectivo receptor sin un conmutador de transmisor o un receptor hibrido. Las perdidas por circulador y filtros son típicamente de solo 0.1db c/u.

**Fig. 3.16** Sistema 1+1 en los enlaces de la red SDH.



b) **En el enlace Nodo B –Nodo C se instalo diversidad de frecuencias y diversidad de espacio.** Esto para eliminar los errores en los performance de dicho enlace .Solo un transmisor necesita ser conectado .Usualmente la cima de la antenna es usada para la trayectoria de transmisión. En la dirección de recepción se usan dos antenas y cada una alimenta a su respectivo receptor .Una antena de transmisión y dos de recepción son requeridas en cada dirección.

**Fig. 3.17** Diversidad de espacio y frecuencia.

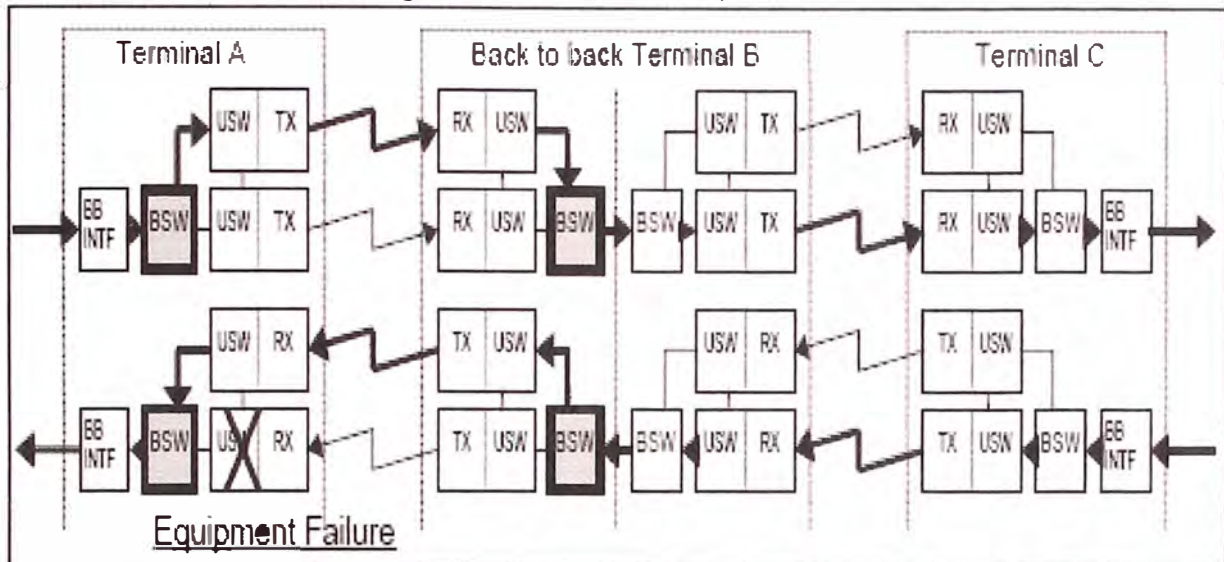


c) **Sistemas de protección en las radios.** Las radios SDH cuentan con Radio Protección System. Existen dos tipos de conmutación:

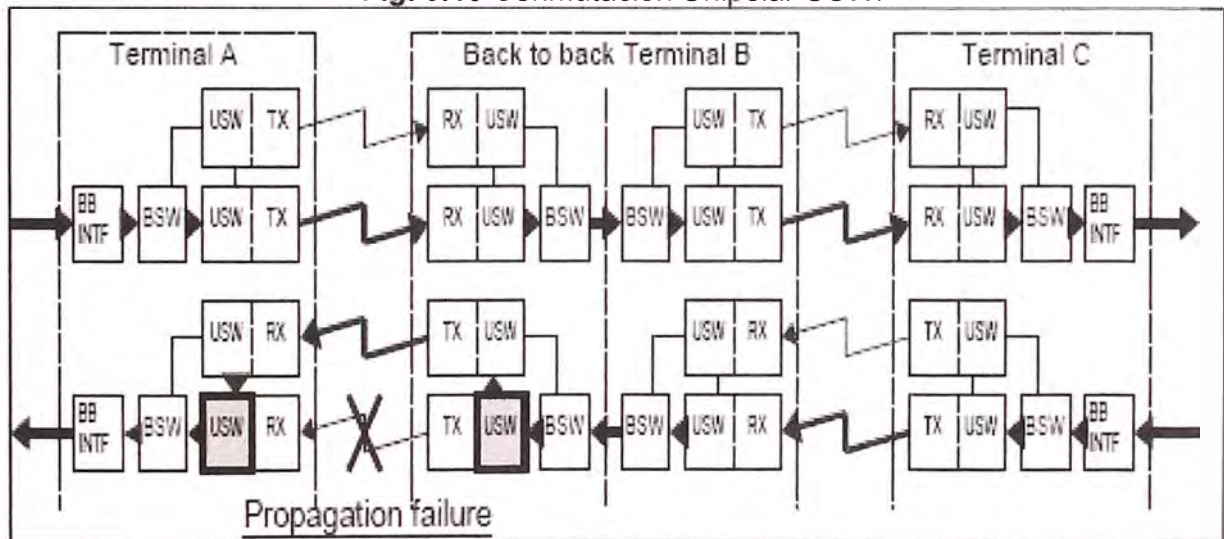
Conmutación Unipolar USW, lo origina una señal degradada (alarma de BER o un Loss of frame es unidireccional y auto reversible.

Conmutación Bipolar BSW, lo origina una falla en la tarjeta MSTU, es bidireccional y auto reversible.

**Fig. 3.18** Conmutación Bipolar BSW.



**Fig. 3.19** Conmutación Unipolar USW.



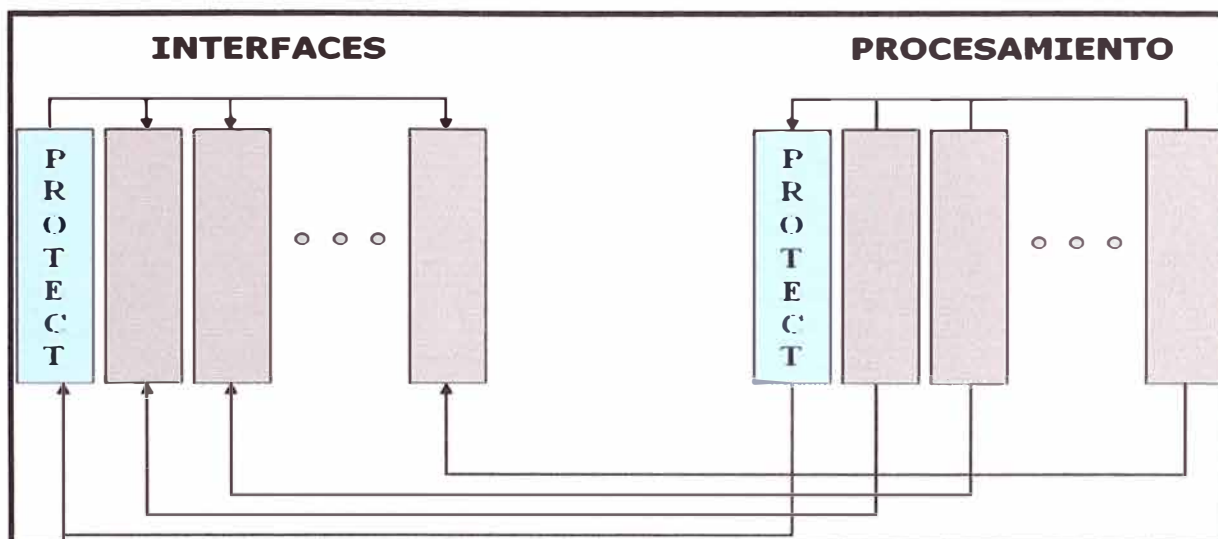
d) **Sistemas de protección en los multiplexores.** Los multiplexores HiT 7070 nos permitirán usar dos tipos de protección esto se configura en cada multiplexor según sea la necesidad en la nueva red SDH.

Protección EPS.-Este tipo de protección se usa ante una posible falla de tarjeta. Se usara en las tarjetas de E1's y STM1's, las tarjetas que controlaran la conmutación a nivel VC12 si ocurriera una falla en tarjeta de IF2M (tarjetas de E1's) serán las tarjetas LSU.



Protección 1+1 MSP, donde el tráfico es inicialmente enviado tanto por la ruta activa como por la ruta de protección. Si se detecta una pérdida de tráfico, en el extremo receptor se comienza un proceso de conmutación hacia el camino de protección. En nuestro caso no deberá configurarse esta opción ya que solo contamos con un STM1 en working. Por tanto en los multiplexores tendremos protección EPS.

**Fig. 3.20** Protección EPS.



Como ya se eligió la topología de la red, los equipos a instalar, los sistemas de protección que se usaran, los nodos de acceso donde se instalaran los multiplexores, así como se decidió que el MUX de Trujillo deberá ser reemplazado; es necesario, realizar una tabla donde se detallara exactamente que tarjetas van a instalarse en las radios SDH y en los multiplexores.

**TABLA N°3.5** Tarjetas en la radio SDH.

Número de Tarjetas	Tarjeta	Configuración	Descripción General
2	MSTU	1 Working +1 Protección	Unidad Principal de Transmisión de señal
2	Adaptadores de MSTU	1 Working +1 Protección	adaptadores para MSTU
1	BSW	1 Working	Unidad de Banda Base
1	TCU	1 Working	Timing Control Unit
1	HK	1 Working	Alarmas Externas
1	SV	1 Working	Gestión y controladora
1	Branching Network Shelf Unit	Circulador +Branching + Cables para filtros	En la Banda 7 GHZ se utiliza los canales : CH1, y CH3

**TABLA N°3.6 Tarjetas en el multiplexor SDH.**

Número de tarjetas	Tarjeta	Configuración	Descripción General
4	IF2M (c/u de 63 E1's )	3 Working +1 Protección	Interfaz eléctrica de E1s
6	LSU	6 Working	Line Switching Unit
3	IFO155M-E(c/u de 8 STM1's)	2 Working +1 Protección	Interfaz eléctrica de STM1s
1	IFO155M (c/u de 8 STM1's)	1 Working	Interfaz Óptica de STM1s
2	CLU	1 Working +1 Protección	Unidad interna Clock
2	SF160G	1 Working +1 Protección	Switching Card VC-4 y Cross-conecciones.
2	SF10G	1 Working +1 Protección	Switching Card VC-12
1	SCOH	1 working	Gestión

### 3.3 Diseño del plan de sincronización de la red SDH.

En total se instalaran 15 equipos nuevos: 5 multiplexores y 10 radios SDH es por ello necesario instalar 2 equipos de sincronismo, uno en el nodo Trujillo y otro en Chiclayo; esto con la finalidad de garantizar una adecuada sincronización de los equipos instalados. El equipo que se instalara será el Symmetricom Time Source 3600, además se optara por la tarjeta de 8 E1's de salida que serán utilizados para la sincronización de las MSC's, RNC's, BSC's, etc. que se encuentren en cada nodo.

**3.3.1 Funcionamiento del Time Source 3600.** El Time Source 3600 es la solución ideal para las redes de telecomunicaciones en donde se requiere sincronizar o re-sincronizar un nodo en donde se cuentan con pocos elementos de red y se desea contar con un alto desempeño en la calidad de sincronía. El equipo cuenta con un receptor GPS el cual obtiene la señal de múltiples satélites y realiza una pro mediación de estas junto con su oscilador de Rubidio integrado y así poder entregar señales de sincronía con una precisión mejor a 1E-11 (Estrato 1).

Gracias a su reloj interno de Rubidio el cual cuenta con tecnología Best Time el equipo puede mantener la señal Estrato 1 hasta por 3 semanas por si llegara a existir una falla o degradación en los satélites GPS.

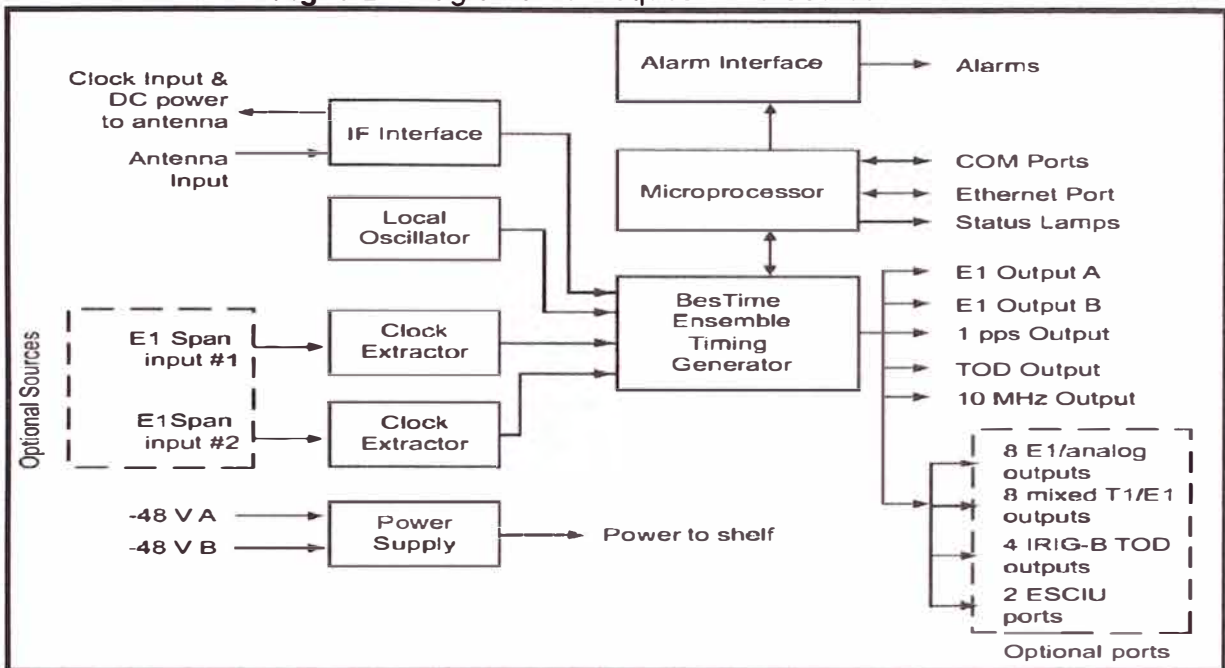
El Time Source 3600 puede funcionar también como un servidor NTP Estrato 0.

El equipo puede ser gestionado de forma local y/o remota a través de su puerto RS-232 o Ethernet.

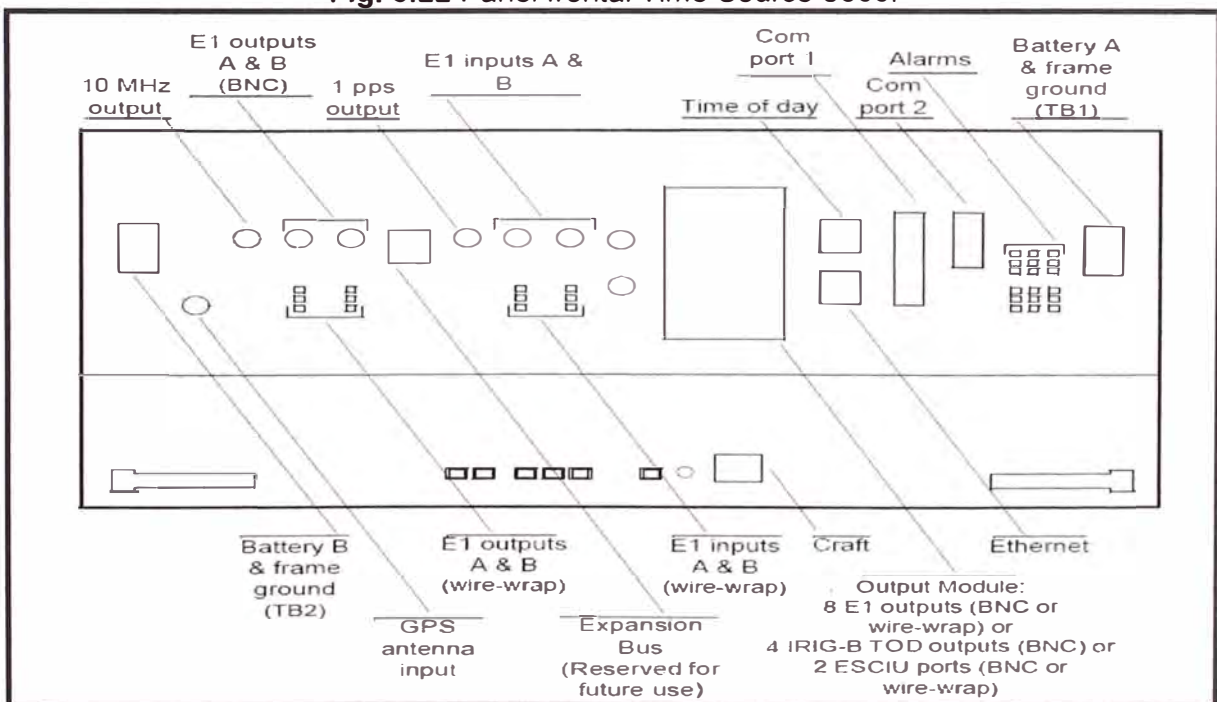
**Ventajas:**

- Solución económica y compacta para ofrecer un Estrato 1 en redes de telecomunicación.
- Utiliza la red GPS para obtener la señal Estrato 1. No requiere licencia de operación.
- Alto desempeño en estado de Holdover (pérdida de GPS) gracias a su reloj de Rubidio integrado.
- Salidas con múltiples formatos para sincronizar diferentes elementos de red.
- Soporte de NTP (Network Timing Protocol) para sincronizar la estampa de tiempo de los elementos de red a través de la red Ethernet.

**Fig. 3.21** Diagrama de bloques Time Source 3600.



**Fig. 3.22** Panel frontal Time Source 3600.



Los E1's input A & B (BNC) son puertos de salida analógico .Se utilizaran los E1 Port A&B (BNC) para conectarlos tanto al MUX y/o radio de Chiclayo y al MUX y/o radio de Trujillo según el plan de sincronismo a desarrollar.

**Fig. 3.23** Características de los Puertos A&B de salida del Time Source 3600.

<b>Analog 2.048 MHz Standard Outputs</b>	
Connector Type	Wire-wrap pins for 120 $\Omega$ balanced terminations BNC for 75 $\Omega$ unbalanced terminations (Use only BNC or wire-wrap connector for a single output.)
Connector Label BNC  Wire-Wrap (2 sets)	E1 OUT A E1 OUT B  T R S
Connector Location	Connector panel
Impedance	120 $\Omega$ balanced or 75 $\Omega$ unbalanced
Frequency	2.048 MHz
Frequency Accuracy	$1 \times 10^{-12}$
GPS Holdover Stability	$1 \times 10^{-11}$ for 72 h (0 °C to +50 °C $\pm$ 5 °C) after one week of steady-state operation  $1 \times 10^{-10}$ for 30 days after one week of steady-state operation
Format	Square wave
Amplitude (nominal)	1.5 V terminated with 120 $\Omega$ balanced 1.18 V terminated with 75 $\Omega$ unbalanced

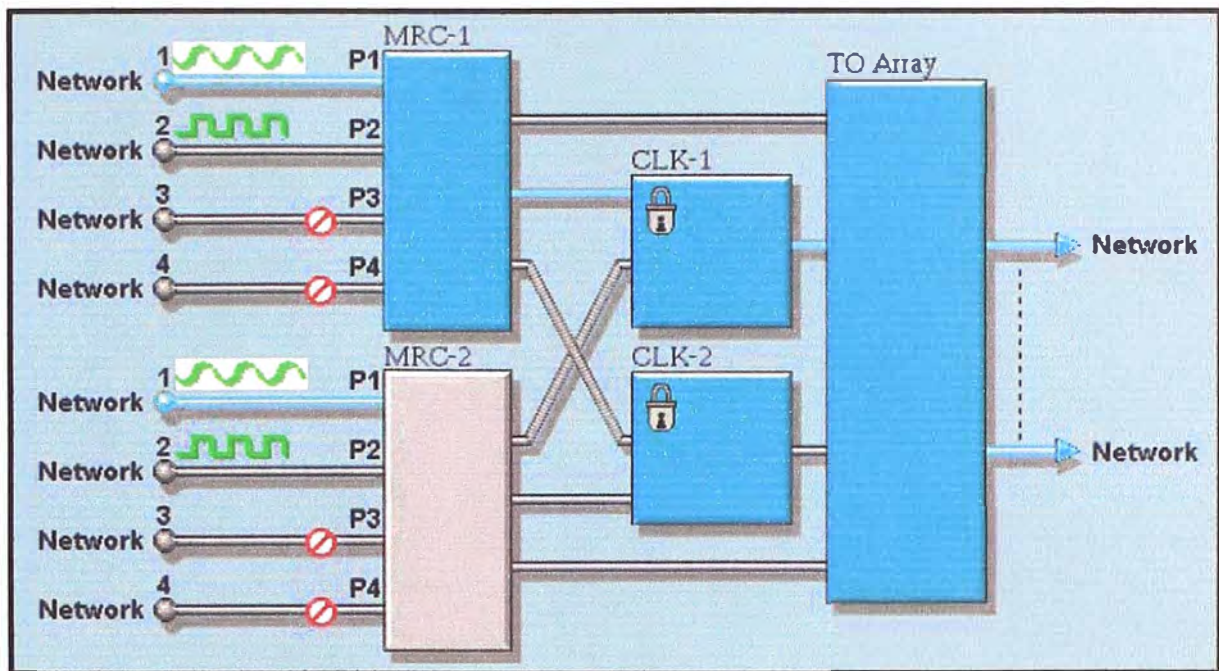
**Fig. 3.24** Características de la antena del Time Source 3600.

<b>Roof Antenna</b>	
Type	Active antenna, right-hand circular polarized, with proprietary IF interface
Cable Length	Maximum 330 m from antenna to shelf
Dimensions (excluding mount)	
Height	16.5 cm
Diameter	15 cm
Weight	0.70 kg
Operating Temperature	-30 °C to +80 °C
Storage Temperature	-40 °C to +80 °C
Operating Humidity	0% to 100% relative humidity

El puerto Craft se utiliza para la configuración del Time Source 3600.



Fig. 3.25 Pantalla del Time Scan Craf 7.2.



**3.3.2 Prioridades de sincronismo.** Como ya definimos el equipo de sincronismo a utilizar el siguiente paso será desarrollar el diagrama de sincronismo de la nueva red SDH, para esto tomamos como referencia los nodos principales Trujillo y Chiclayo ya que estos son los nodos donde se instalaron los Time Source 3600. Distribuimos los 15 elementos para cada Time Source de manera equitativa, por tanto:

Del Time Source de Chiclayo dependerán: MUX de Chiclayo, Radio Chiclayo-Nodo D, Radio Nodo D -Chiclayo, Radio Nodo D – Nodo C, Radio Nodo C –Nodo D, MUX Nodo C, Radio Nodo C -Nodo B y Radio Nodo B - Nodo C.

Del Time Source de Trujillo dependerán: MUX de Trujillo, Radio Trujillo - Nodo A, Radio Nodo A – Trujillo, MUX Nodo A, Radio Nodo A - Nodo B, Radio Nodo B - Nodo A y el MUX de Nodo B.

Las prioridades de sincronismo deberán de configurarse en cada elemento (Radio SDH o MUX) de la nueva red SDH Trujillo- Chiclayo.

**TABLA N°3.7** Prioridades de sincronismo de los multiplexores.

Ítem	MUX	Prioridad 1	Prioridad 2
1	Chiclayo	CLK 2MHZ	Radio Chiclayo-Nodo D
2	Nodo C	Radio Nodo C -Nodo D	Radio Nodo C -Nodo B
3	Nodo B	Radio Nodo B - Nodo A	Radio Nodo B -Nodo C
4	Nodo A	Radio Nodo A - Trujillo	Radio Nodo A - Nodo B
5	Trujillo	CLK 2MHZ	Radio Trujillo - Nodo A



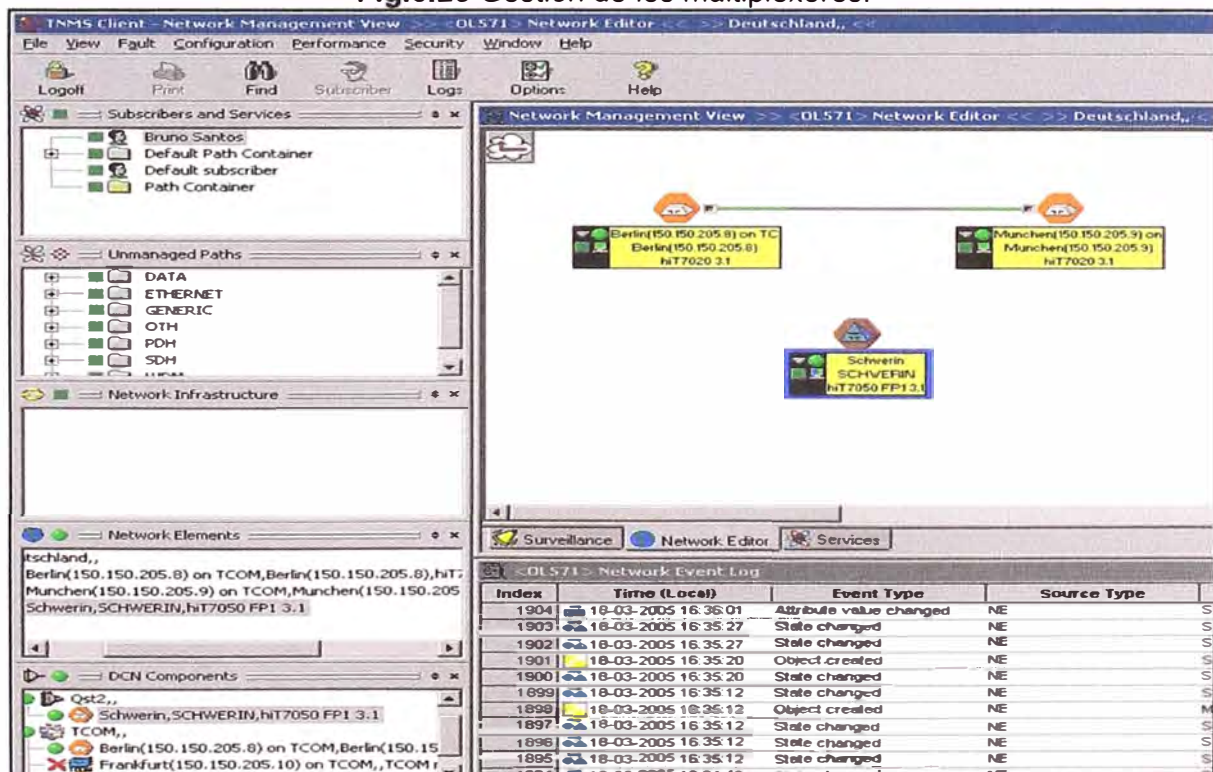
TABLA N° 3.8 Prioridades de sincronismo de las radios SDH.

Ítem	Radio	Prioridad 1	Prioridad 2
1	Chiclayo - Nodo D	CLK 2MHZ	Radio Nodo D -Chiclayo
2	Nodo D - Chiclayo	Radio Chiclayo-Nodo D	Radio Nodo D -Nodo C
3	Nodo D - Nodo C	Radio Nodo D - Chiclayo	Radio Nodo C -Nodo D
4	Nodo C - Nodo D	Radio Nodo D -Nodo C	MUX Nodo C
5	Nodo C - Nodo B	MUX Nodo C	Radio Nodo B -Nodo C
6	Nodo B - Nodo C	Radio Nodo C -Nodo B	MUX Nodo B
7	Nodo B - Nodo A	Radio Nodo A - Nodo B	MUX Nodo B
8	Nodo A - Nodo B	MUX Nodo A	Radio Nodo B - Nodo A
9	Nodo A - Trujillo	Radio Trujillo - Nodo A	MUX Nodo A
10	Trujillo - Nodo A	CLK 2MHZ	Radio Nodo A - Trujillo

### 3.4 Gestión de la red SDH.

**3.4.1 Gestión de los multiplexores SDH.** Existe una red de multiplexores entre Lima y Trujillo, esta red se encuentra gestionada hasta el MUX de Trujillo por los servidores del gestor TNMS. La nueva red de MUX SDH Trujillo-Chiclayo se encuentra conectada al multiplexor de Trujillo por un puerto STM1 por lo tanto es posible integrar los nuevos elementos al gestor TNMS; para ello es necesario habilitar y activar los canales DCCM es decir los bytes D4-D12 en todos los multiplexores y en los puertos de conexión de la nueva red SDH que nos lleven hasta el MUX de Trujillo. Se deberá introducir en la configuración de cada MUX su correspondiente NSAP (Network Service Access Point) esto es importante ya que para cada MUX corresponde un NSAP diferente que lo caracteriza en la red, una duplicidad de números NSAP causará problemas de gestión.

Fig.3.26 Gestión de los multiplexores.



El siguiente paso es crear y añadir estos elementos al gestor TNMS e introducir las licencias respectivas de cada nuevo elemento de red.

Desde el gestor TNMS se podrá realizar las cross-conexiones necesarias en la red; así como poder realizar los performance y obtener los logs de alarmas de cada elemento gestionado.

**3.4.2 Gestión de las radios SDH.** Existe una red de radios SDH entre Lima y Trujillo, esta red se encuentra gestionada hasta la radio de Trujillo-Lima por los servidores del gestor Netviewer. La nueva red de radios SDH Trujillo – Chiclayo se encuentra conectada a la radio SDH Trujillo-Lima por un puerto STM1 por lo tanto es posible integrar los nuevos elementos al gestor Netviewer para ello es necesario habilitar y activar los canales DCCR es decir los bytes D1-D3 en todas las radios SDH .En los sites donde exista radios back to back se deberá conectar por un cable LAN las SV's (tarjeta de gestión) de cada radio SDH Back to Back de tal manera que la gestión sea en cascada. Se deberá activar el puerto LAN de gestión de cada radio. Se le asignara a las radios SDH una dirección IP para su gestión.

El siguiente paso es crear y añadir estos elementos al gestor Netviewer e introducir las licencias respectivas de cada nuevo elemento de red. Se adicionara la IP de las radios SDH a la tabla del gestor Netviewer.

**Fig. 3.27** Gestión de las radios SDH.

The screenshot shows the Netviewer interface with the following components:

- Tree View (Left):** Shows a hierarchy of network elements including Prot. Channel, MSTU Line, B1 Quarter, B1 Day, B2 Quarter, B2 Quarter History, MSTU Radio, B1 Quarter, B1 Quarter History, B1 Day, B2 Quarter, B2 Quarter History, B2 Day, RSPI, TX - Quarter, TX - Day, RX Main - Quarter, RX Main - Day, Working 1, Working 2, History Report, and Alarm List.
- Main Window (Center):** Displays 'Channel GP1 Protection' data for 'MSTU Radio B1 Day'. The table shows time history from 19 Apr 2004 12:00:00 to 16:00:00, with columns for Start, End, UAS, SES, ES, and BBE. All values are 0.
- Configuration Dialog (Bottom Right):** Shows 'Channel GP1 Protection' settings for 'MSTU Radio B1 Day'. It includes fields for Log Filename (D:\REC\POTVC-MS.PRF), Initial Time (15:53:36), Stop Time (15:53:36), and a list of periods.

Time History	Start	End	UAS	SES	ES	BBE
19 Apr 2004	12:00:00	12:15:00	0	0	0	0
19 Apr 2004	12:15:00	12:30:00	0	0	0	0
19 Apr 2004	12:30:00	12:45:00	0	0	0	0
19 Apr 2004	12:45:00	13:00:00	0	0	0	0
19 Apr 2004	13:00:00	13:15:00	0	0	0	0
19 Apr 2004	13:15:00	13:30:00	0	0	0	0
19 Apr 2004	13:30:00	13:45:00	0	0	0	0
19 Apr 2004	13:45:00	14:00:00	0	0	0	0
19 Apr 2004	14:00:00	14:15:00	0	0	0	0
19 Apr 2004	14:15:00	14:30:00	0	0	0	0
19 Apr 2004	14:30:00	14:45:00	0	0	0	0
19 Apr 2004	14:45:00	15:00:00	0	0	0	0
19 Apr 2004	15:00:00	15:15:00	0	0	0	0
19 Apr 2004	15:15:00	15:30:00	0	0	0	0
19 Apr 2004	15:30:00	15:45:00	0	0	0	0
19 Apr 2004	15:45:00	16:00:00	0	0	0	0
Current Period						
19 Apr 2004	16:00:00	16:15:00	0	0	0	0

Day History	UAS	SES	ES	BBE
18 Apr 2004	0	0	0	0
Current Day				
19 Apr 2004	0	0	0	0

Desde el gestor Netviewer se podrá realizar los performance y obtener los logs de alarmas de cada elemento gestionado.

El gestor TNMS y el gestor Netviewer serán las herramientas principales para el monitoreo de la red SDH.

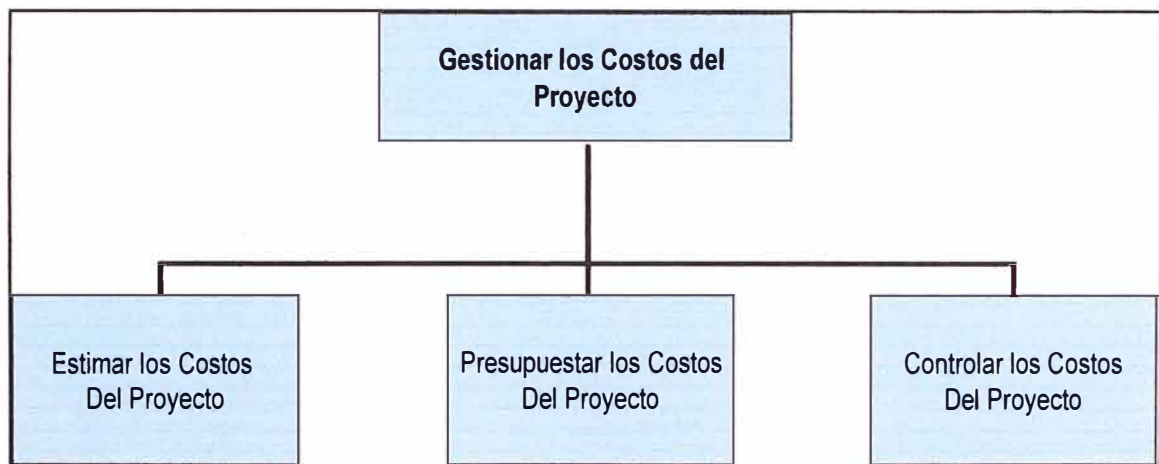
## CAPITULO IV

### ESTIMACIÓN DE COSTOS Y TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

La gestión de costos del proyecto de ampliación de la red dorsal incluye los procesos necesarios para asegurar que el proyecto se complete dentro del presupuesto aprobado:

- Determinando qué recursos de gente, equipos y materiales y qué cantidades de cada uno de ellos se deben usar para realizar las actividades del proyecto.
- Desarrollando una estimación aproximada de dichos costos.
- Controlando todos los cambios efectuados en el presupuesto del proyecto.
- Considerando el efecto de las decisiones que en otros temas del proyecto pueden tener incidencia en el presupuesto de costos.

**Fig. 4.1** Diagrama de la gestión de costos del proyecto.



**4.1 Estimar los costos del proyecto.** Consiste en desarrollar un estimado aproximado de los costos que se implican por conseguir y/o utilizar los recursos necesarios para realizar todas las actividades del proyecto.

**Estimación de costos.** Las estimaciones de costos son valoraciones cuantitativas de los costos probables de los recursos requeridos para desarrollar las actividades del proyecto y pueden presentarse en forma resumida o detallada.

Los costos se deben estimar para todos los recursos que serán cargados al proyecto. Estimar los costos del proyecto incluye identificar y considerar varias alternativas de costos.

**4.2 Presupuestar los costos del proyecto.** La estimación de costos debe realizarse en lo posible, previamente a la aprobación presupuestal del proyecto, para que durante el proceso de presupuestar los costos se puedan asignar dichos estimativos a las actividades individuales o paquetes de trabajo y así establecer una línea base del costo para medir del desempeño del proyecto. En los casos en que esto no es posible, el presupuesto de costos permite que el proyecto se ajuste en forma detallada al presupuesto ya asignado para su ejecución, permitiendo validar el inicio de actividades del proyecto o de cada una de sus fases.

**4.2.1 Cronograma del proyecto.** Debe incluir las fechas de inicio y terminación planeadas de cada una de las actividades del proyecto con los costos asignados. Este proyecto tiene un plazo de 6 meses para su ejecución.

**TABLA N° 4.1** Diagrama de tiempos para la ampliación de la red SDH.

Actividades	Tiempo en meses					
	1	2	3	4	5	6
Diseño del sistema, realización de TSS's y los informes correspondientes.						
Adquisición y recepción de los equipos en los nodos SDH.						
Instalación de los equipos SDH (Antenas, radios, multiplexores, etc.) en los nodos.						
Pruebas de BER, ROE, potencia, pruebas con el analizador de espectro.						
Solución de pendientes y aceptación de la red SDH.						
Capacitación.						

**4.2.2 Disponibilidad de recursos.** Se puede controlar a través de un calendario que incluye las fechas de disponibilidad de los recursos que participarán en el proyecto, identificando la cantidad de recursos disponibles durante cada periodo.

**4.2.3 Contratos.** Para presupuestar los costos del proyecto es necesario disponer de la información de los contratos relacionada con productos y/o servicios adquiridos para la ejecución del proyecto con sus respectivos costos.

Es importante también considerar como insumos para este proceso, el alcance y la estructura detallada de trabajo. Para presupuestar los costos del proyecto de ampliación de la red SDH, se debe estimar el costo de todas las actividades necesarias para la realización del proyecto. A continuación una ilustración gráfica para plasmar los costos dentro de un plan de cuentas.



TABLA N° 4.2 Presupuesto total del proyecto.

Identificación	Cant	Descripción	Precio Unitario US\$ (con IGV)	Precio Total US\$ (con IGV)
1	-	Hardware	-	-
1.1	1	Diseño Red SDH	25,000.00	25,000.00
1.2	10	Radio SDH	150,000.00	1,500,000.00
1.3	5	MUX SDH	70,000.00	350,000.00
1.4	2	Time Source	30,000.00	60,000.00
1.5	-	Instalación Red SDH	205,000.00	205,000.00
1.6	-	Antenas y materiales	205,000.00	205,000.00
1.7	-	Pruebas	30,000.00	30,000.00
2	-	Software de gestión.	-	-
2.1	-	Diseño Plan de Gestión	25,000.00	25,000.00
2.2	15	Licencias	3,000.00	45,000.00
3	-	Movilidad y Logística	50,000.00	50,000.00
4	-	Soporte de Mantenimiento x1 año	350,000.00	350,000.00
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>		<b>Ampliación Red SDH Trujillo-Chiclayo</b>		<b>2,600,000.00</b>

TABLA N°4.3 Presupuesto: Instalación de la red SDH.

Identificación	Cant.	Descripción	Precio Unitario US\$ (con IGV)	Precio Total US\$ (con IGV)
1.5	-	Instalación Red SDH.	-	-
1.5.1	5	Instalación Radio-Enlace SDH.	30,000.00	150,000.00
1.5.2	5	Instalación MUX SDH.	3,000.00	15,000.00
1.5.3	2	Instalación de Time Source.	20,000.00	40,000.00
<b>TOTAL</b>				<b>205,000.00</b>

TABLA N°4.4 Presupuesto: Compra de antenas y materiales.

Identificación	Cant.	Descripción	Precio Unitario US\$ (con IGV)	Precio Total US\$ (con IGV)
1.6	-	Antenas y materiales	-	-
1.6.1	10	Antenas	10,000.00	100,000.00
1.6.2	1000 m	Guía de Onda	60.00	60,000.00
1.6.3	5	Panel de Breakers + Deshidratador	3,000.00	15,000.00
1.6.4	-	Conectores y más materiales	30,000.00	30,000.00
<b>TOTAL</b>				<b>205,000.00</b>

**4.3 Control de los costos del proyecto.** El control de costos consiste en buscar los factores que motivarían variaciones de los costos tanto positivas como negativas para realizar acciones orientadas a controlar estos factores a favor del proyecto. También, incluye actividades para monitorear el desempeño de los costos y detectar y entender las variaciones del plan de gestión de costos.

El control de costos tiene que ver con determinar e influenciar los factores que crean cambios a la línea base del costo y administrar los cambios cuando realmente ocurran.

Existe diversidad de técnicas que ayudan a valorar la magnitud de cualquiera de las variaciones que ocurran.

**4.3.1 Medición del desempeño.** Los valores calculados para los componentes de la estructura detallada de trabajo especialmente los paquetes de trabajo y el control de cuentas deben documentarse y publicarse, según lo indique el plan de comunicaciones del proyecto.

**4.3.2 Recomendación de acciones correctivas.** Cualquier acción tomada para producir un desempeño futuro del proyecto que involucre ajustes al presupuesto en el cronograma de actividades debe ser debidamente documentada y soportada.

Es importante también considerar como salidas de este proceso, las actualizaciones al plan del proyecto y a la estimación de costos, como también las lecciones aprendidas.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

**1** SDH ofrece dos beneficios principales: Gran flexibilidad de configuración en los nodos de la red y aumenta las posibilidades de administración tanto del tráfico como de los elementos de la red.

**2** SDH presenta una serie de ventajas respecto a la Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH).

- Permite mayor velocidad de transmisión.
- Acceso directo a afluentes de baja velocidad sin tener que demultiplexar toda la señal que viene a alta velocidad como ocurre con el PDH.
- Mejor capacidad de operación, administración y mantenimiento.
- Fácil crecimiento hacia velocidades mayores, en la medida que lo requiera la red.
- El proceso de multiplexar es mucho más directo. La utilización de punteros permite una localización sencilla y rápida de las señales tributarias de la información.
- Las tramas tributarias de las señales de línea pueden ser subdivididas para acomodar cargas plesiócronas, tráfico ATM o unidades de menor orden. Esto supone mezclar tráfico de distinto tipo dando lugar a redes flexibles.
- Compatibilidad eléctrica y óptica entre los equipos de los distintos proveedores gracias a los estándares internacionales sobre interfaces eléctricos y ópticos.

**3** La tecnología y medios de transmisión a utilizar son de última generación con el fin de extender la vida útil, ya que el mundo de las telecomunicaciones se progresa a velocidades "impresionantes" y la necesidad de transmitir cada vez mas información entre personas, o entre empresas y sus distintas sucursales e interconectándose todos entre sí a cada vez mayor velocidad.

**4** La ejecución de un proyecto tiene por objetivo lograr resultados; se trata, además, de gestionar eficientemente los recursos disponibles, supervisar e informar sobre el estado de avance de la acción. Este proyecto permitirá ampliar y mejorar notablemente la capacidad de comunicación a nivel nacional.

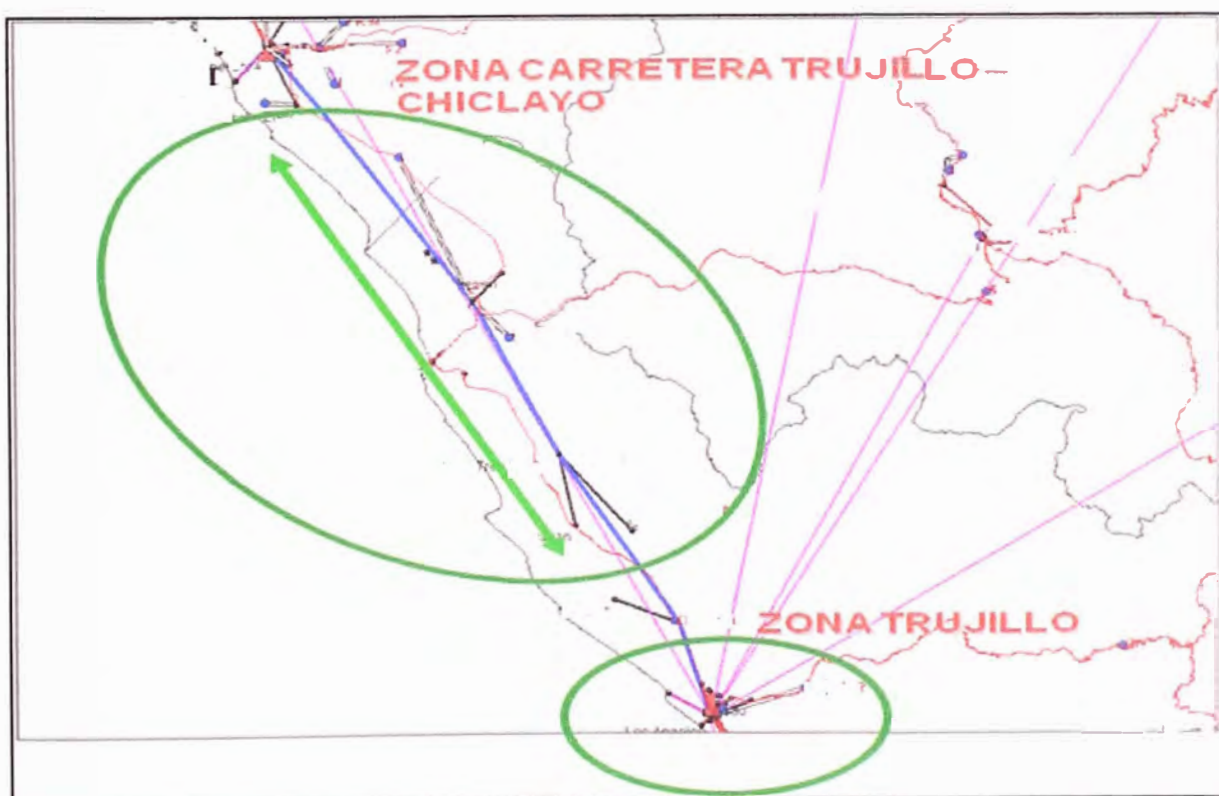
### Recomendaciones:

**1** Se recomienda el control y seguimiento diario y constante de los parámetros de desempeño de disponibilidad de la RED, con la finalidad de mantenerlos dentro de los objetivos establecidos. Esto se realizara a través de los gestores de la red SDH (radios SDH y multiplexores SDH) realizando diariamente un informe con los performance y log de alarmas de cada uno de los elementos de la red SDH es por ello la importancia de tener siempre con gestión todos los networks elements.

**2** Se recomienda la ejecución de los programas de mantenimiento preventivo y correctivo en los plazos indicados de acuerdo a las necesidades establecidas. Estos mantenimientos deberán realizarse en coordinación con personal de OYM del proveedor, disponiendo para esto de los equipos necesarios y la ventana de mantenimiento que puedan asegurar que el tráfico en la red no será afectado.

**3** Teniendo en cuenta los nuevos requerimientos del Core IP (OSR's), Core GSM (MSC's MGW's) y de la nueva red 3G fase 1, la implementación del proyecto cumple dichos requerimientos de capacidad de E1's en el tramo Trujillo – Chiclayo. Sin embargo ante el continuo crecimiento de la red se recomienda la instalación de un segundo STM1 entre Trujillo y Chiclayo así como la instalación de la red SDH entre Trujillo y Cajamarca y una red SDH entre Chiclayo y Piura.

**Fig. 5.1** Tramo del pais donde se instalara la red SDH.



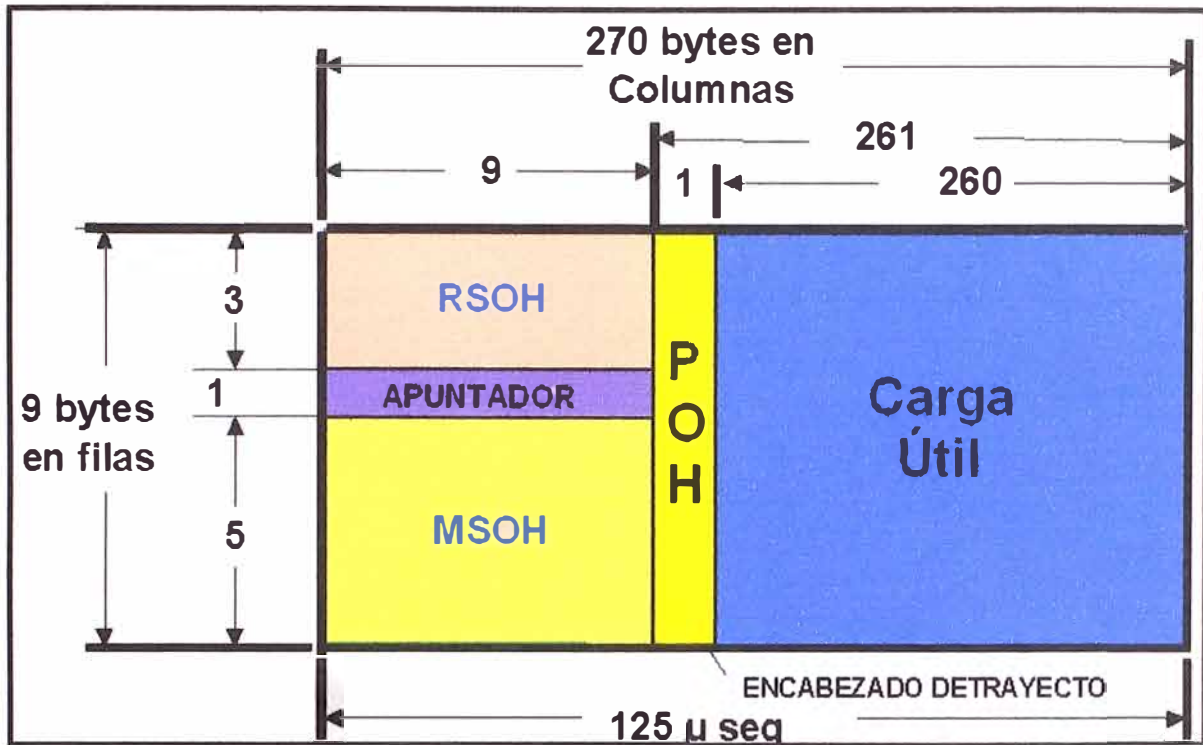
**ANEXO A**  
**ESTRUCTURA DE LA TRAMA STM-1**



**Estructura de la trama STM-1:** Una trama STM-1 consta de 2430 bytes, los cuales pueden dividirse en tres áreas principales:

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

**Fig. A.1 Estructura de la trama STM1.**



**Área de Payload.** Señales de todos los niveles de PDH pueden ser acomodadas en SDH empaquetándolas juntas en el área de payload de la trama STM-1. El proceso de empaquetado de señales PSH es un proceso multipaso que involucra un número de diferentes estructuras. Los tributarios plusíncronos están mapeados en un contenedor de tamaño apropiado, y un número de bytes conocido como cabecera de camino (Path Overhead o POH) es añadido al mismo para formar el contenedor virtual (VC) en el que se basa esta trama. La cabecera de camino proporciona información para su uso en la gestión extremo a extremo de un camino síncrono. La información de la cabecera de camino asociado con un VC-1/VC-2 difiere a la recogida en la cabecera asociada a los VC-3/VC-4. La cabecera de camino para contenedores **VC-4** está ubicada en la primera columna de las nueve filas por las 261 columnas de la estructura **VC-4**. Para los **VC-3**, la cabecera de camino está colocada en la primera columna de las nueve filas para la estructura de 85 columnas. La función de cada byte la vemos a continuación:

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

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

- C2:** Etiqueta de señal: Este byte indica la composición de la carga VC3/VC-4.
- G1:** Estatus del camino: Este byte permite que el estatus de la señal recibida sea enviada de vuelta al extremo transmisor del camino desde el extremo receptor.
- F2, Z3:** Canales de usuario: Este byte proporciona un canal de comunicación para el usuario.
- H4:** Indicador de posición: Este byte proporciona un indicador de posición generalizado de payload y puede ser usado como un indicador de posición de multitrama para VC-2/VC-1.
- K3 (bits 1 - 4):** APS: Estos bits son empleados para la conmutación automática de protección (APS) para la protección a nivel de camino de alto nivel.
- K3 (bits 5 - 8):** Spare: Estos bits están reservados para uso futuro.
- Z5:** Operador nacional: Este byte esta empleado para propósitos de gestión específica así como mantenimiento de conexión tandem.

**El puntero de unidad administrativa.** Tras añadir la cabecera de camino al contenedor virtual, se le posiciona en una unidad tributaria (TU) o una unidad administrativa (AU) con un puntero indicando al comienzo del contenedor virtual relativo al TU o al AU, según sea el caso. Los VC-1s y VC-2s son posicionados en TU mientras que los VC-4 son posicionados en un AU tal y como veíamos en la figura A.1. En Europa, los VC-3 son posicionados en TU-3 mientras que en SONET son posicionados en AU-3. Los AU's y los TU's son empaquetados en sus respectivos grupos; grupos de unidades tributarias (TUG's) para unidades tributarias y grupos de unidades administrativas para AU's. Los TUG's son multiplexados en contenedores virtuales de alto nivel. Los cuales, en su turno, son posicionados en AU's con un puntero indicando al inicio del contenedor virtual relativo al AU. Es el puntero AU el cual indica la posición del AU con relación a la trama STM-1 y forma parte del área de cabecera de sección de la trama. El área de payload de la trama STM-1 contiene un VC-4 o tres VC-3 con la posición del primer byte siendo indicada por el respectivo puntero AU. El uso de punteros en la trama STM-1 significa que las señales pleusíncronas pueden ser acomodadas en el seno de la red sincronía sin necesidad de emplear buffers. Esto es porque la señal puede ser empaquetada en un contenedor virtual e insertada en la trama en cierta posición de modo que el puntero indique esta posición. Usar el método de punteros es posible al definir los contenedores virtuales síncronos ligeramente mayores que la carga útil que portan. Esto permite a la carga deslizarse un tiempo relativo a la trama STM-1 en la cual está contenido. El ajuste de puntero también es posible ante la ocurrencia de cambios de frecuencia o fase como consecuencia de variaciones de retardo de propagación. El resultado de esto es que,

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

**La cabecera de sección.** Los bytes de la cabecera de sección (SOH) son usados para la comunicación entre elementos adyacentes de equipos síncronos. De este modo, además de ser utilizados para la sincronización de trama, también realizan una gran variedad de facilidades de gestión y administración. Esta estructura de cabecera de sección STM-1 se detalla a continuación:

**A1, A2:** Enganche de trama. **J0:** Traza de la sección de regeneración.

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

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

**F1:** Canales para usuario.

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

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

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

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

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

**Z1, Z2:** Aún por definir, sin uso.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alcatel Generalized: Products SDH point to point digital radio [en línea]. 2006.  
<http://www.alcatel-lucent.com/>
2. U. Black. Optical Networks:Third Generation Transport System. Prentice - Hall, 2002.
3. H.G.: Connection-Oriented Networks:Sonet/SDH, ATM, MPLS and Optical Networks, John Wiley, Chichester 2005.
4. Siemens Multi-Service Provisioning Platform Boosting the Efficiency of Metropolitan Networks [en línea].  
[http://www.siemens.com.co/siemensdotnetclient\\_andina/templates/PortalRender.aspx?channel=903&parentid=263](http://www.siemens.com.co/siemensdotnetclient_andina/templates/PortalRender.aspx?channel=903&parentid=263)  
[http://www.siemens.com.co/siemensdotnetclient\\_andina/templates/PortalRender.aspx?channel=913](http://www.siemens.com.co/siemensdotnetclient_andina/templates/PortalRender.aspx?channel=913)  
[http://www.siemens.com.co/siemensdotnetclient\\_andina/templates/PortalRender.aspx?channel=911&parentid=908](http://www.siemens.com.co/siemensdotnetclient_andina/templates/PortalRender.aspx?channel=911&parentid=908)
5. Symmetricom. GPS Solution  
<http://www.symmetricom.com/products/gps-solutions/>