

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

### **MEJORA DE SERVICIO DE COMUNICACIÓN EN LAS CENTRALES URBINA-MARICHE USANDO COMO BASE TECNOLOGICA LA JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. Herrera G. Luis G.  
para optar al título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2010

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

### **MEJORA DE SERVICIO DE COMUNICACIÓN EN LAS CENTRALES URBINA-MARICHE USANDO COMO BASE TECNOLOGICA LA JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA**

Tutor Guía: Prof. Luis Fernández  
Tutor Industrial: Ing. Humberto Ramírez

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. Herrera G. Luis G.  
para optar al título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2010

## CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 16 de junio de 2010

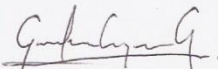
Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Luis G. Herrera G., titulado:

**“MEJORA DE SERVICIO DE COMUNICACIÓN EN LAS CENTRALES  
URBINA- MARICHE USANDO COMO BASE TECNOLÓGICA LA  
JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.



Prof. Carlos Moreno  
Jurado



Prof. Gerlis Caropresse  
Jurado



Prof. Luis Fernández  
Prof. Guía

## **DEDICATORIA**

A mi madre Judith primero ante todo por ser aquella que siempre me apoyo, se dedico a mí, que cuando pude haber abandonado todo ella estuvo ahí. Gracias por todas las enseñanzas, valores y ser única.

A alguien que percibo y no puedo ver, no sé si eres un viejo con chiva blanca o eres un gordo que todos le frotan la panza o si eres una mujer con varios brazos o una fuerza que rige todos los caminos de la vida, te dicen dios, shén lóng, Jehová, Buda y otras pero es cierto que cada vez que todo se ponía difícil y me encontraba lejos de casa yo hablaba contigo y no era para que resolvieras los problemas si no para que me ayudaras a afrontarlos y superarlos. Debió haber resultado algo porque aquí estoy y sigo....

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Central de Venezuela por haber dado la oportunidad de estudiar en esta prestigiosa casa de estudio y formarme como profesional en la Escuela de Ingeniería Eléctrica y por supuesto que aproveche.

A sus profesores por impartirme sus conocimientos de la mejor o peor forma que pudieron.

Al profesor Luis Fernández y tutor por su valioso tiempo empleado y ayuda en la realización de mi tesis.

A María Auxiliadora por ser una de las personas que hace fácil la estadía en la escuela.

A mi Padre William por haber enseñado lo que es ser honrado y constante en todo lo que hago.

A mi tía Judy por haber estado en unos de los momentos que se mas difíciles.

A mi abuelo por todas las enseñanzas que pudo impartir hasta que la que la vida se lo permitió.

A Ivonne por ser una muy especial amiga, que siempre y en todo momento pude y podre contar contigo.

A Eva por estar o no estar en esta etapa de mi vida.

A mi grupo CB porque fueron una vía de escape y distracción en estos últimos años.

A Eglá y Frank por haberme dado un lugar donde permanecer en Caracas.

Como faltar a mí por haber ingresado a esta prestigiosa casa de estudio, por la dedicación y esfuerzo que realice en todos estos años.

**Herrera G., Luis G.**

**MEJORA DE SERVICIO DE COMUNICACIÓN EN LAS CENTRALES URBINA-MARICHE USANDO COMO BASE TECNOLÓGICA LA JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA**

**Tutor Académico: Luis Fernández. Tutor Industrial: Ing. Humberto Ramírez. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: Compañía anónima nacional de teléfonos de Venezuela (CANTV). 2010. 51 h. + anexos.**

**Palabras Claves:** PDH, SDH, Enlace de Fibra Óptica.

**Resumen.** Entre las centrales Urbina-Mariches se encuentra una interconexión de 140 Mbps con tecnología de transporte PDH la cual no satisface la demanda del usuario entre estas localidades a causa del crecimiento urbano. Se ejecuta la migración de los equipos que se encuentra en esta interconexión a una jerarquía mayor como lo es SDH para dar solución al problema. Para realizar la migración se realizaron diversas pruebas, tanto al medio de transmisión (fibra óptica) como a los equipos. Los equipos para la migración fueron utilizados anteriormente en otras localidades (centrales) y actualmente se encuentran desincorporados. CANTV con la meta de garantizar un servicio óptimo a los usuarios y con problemática planteada anteriormente procedió con una solución basada en la economía y velocidad como es el reutilizar los equipos almacenados. Los equipos SDH a utilizar son SLM-2000 que se encuentran disponibles para ser incorporado al servicio y tiene una capacidad de transmisión de 2.5 Gbps, aumentando la capacidad de transmisión entre la Centrales Urbina-Mariche de 140Mbps a 2,5 Gbps. Esto permite un mayor tráfico de información (16 veces mayor) generando que los usuarios locales obtenga un servicio telefónico con mayor rendimiento que es la meta de la compañía CANTV.

# ÍNDICE GENERAL

CONTANCIA DE APROBACIÓN.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
INDICE GENERAL .....	vii
LISTA DE TABLAS .....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
SIGLAS.....	xiii
LISTA DE ACRÓNIMOS .....	xiv
INTRODUCCION .....	1
CAPITULO I.....	4
EXPOSICION DEL PROBLEMA .....	4
1.1 Antecedentes .....	4
1.2 Justificación:.....	4
1.3 Planteamiento del Problema.....	5
1.4 Objetivos .....	6
1.4.1 Objetivo General:.....	6
1.4.2 Objetivos Específicos: .....	6
CAPITULO II .....	8
MARCO TEORICO.....	8
2.1 Fibra Óptica.....	8
2.1.1 Definición: Fibra óptica [3] .....	8
2.1.2 Refracción [4] [5].....	9



2.1.3 Reflexión [5].....	10
2.1.3.1 Reflexión de Fresnel [6] .....	10
2.1.4 Reflexión total.....	11
2.1.5 Dispersión [6] .....	11
2.1.5.1 Dispersión de Rayleigh.....	12
2.1.6 Atenuación .....	12
2.1.7 Utilización de la Fibra óptica [7] .....	13
2.1.9 Tipos de fibra óptica [7].....	14
2.1.9.1 Fibra Monomodo (modo de propagación, o camino del haz luminoso único): .....	14
2.1.9.2 Fibra Multimodo de Índice Gradiente Gradual.....	15
2.1.9.3 Fibra Multimodo de índice escalonado.....	16
2.1.10 Ventajas .....	16
2.1.11 Desventajas .....	17
2.2 OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) [6].....	18
2.3 PDH: Plesiochronous Digital Hierarchy (Jerarquía Digital Plesiócrona) [9]....	21
2.4 SDH: Synchronous Digital Hierarchy (Jerarquía Digital Sincrónica) [10].....	22
2.4.1 Trama SDH.....	23
2.4.1.1 Sección de Cabecera Extra .....	24
2.4.1.2 Punteros AU.....	25
2.4.1.3 Carga Útil [2].....	25
2.5 Similitudes de sonet y SDH.....	27
2.6 Equipos SDH AT&T SLM-2000 [11].....	27
2.6.1 Terminal de línea 1 + 1 .....	28

2.6.2 Unidades de Transmisión de baja velocidad.....	30
2.6.3 Unidades de transmisión de alta velocidad.....	31
2.6.3.1 Receptor de Línea LRX.....	31
2.6.3.2 Transmisor de Línea LTX.....	31
2.6.4 Estructura del Equipo (diseño físico) [11].....	32
CAPÍTULO III.....	38
METODOLOGÍA.....	38
3.1 Investigación preliminar:.....	38
3.1.1 Interconexión entre las centrales Urbina-Mariche.....	38
3.2 Pruebas de tendido de Fibra óptica.....	39
3.2.1 Reflectometría.....	39
3.2.2 Prueba de potencia punto a punto.....	40
3.3 Topología a Implementar.....	41
3.4 Prueba de Equipos SLM-2000-16 (Multiplexor de 16 entradas de 140 Mbps y una salida de 2,5 Gbps).....	42
3.4.1 Prueba de BER.....	43
3.4.2 Medición de Alimentación.....	45
3.4.3 Prueba de protección.....	45
3.5 Migración de la plataforma PDH a SDH.....	45
3.6 Mejora alcanzada con la migración de los equipos.....	46
CONCLUSIONES.....	47
RECOMENDACIONES.....	48
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....	49
BIBLIOGRAFÍA.....	51

ANEXOS ..... 52

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resultado entregado por el Reflectometro.....	17
Tabla 2. Crecimiento de las Jerarquías PDH y SDH.....	37
Tabla 3. Bit Rate SONET y SDH .....	38
Tabla 4. Atenuación Total entre las Centrales Urbina-Mariche.....	50
Tabla 5. Potencia punto a punto de las Centrales Urbina-Mariche.....	50

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 (a) Sección Transversal, (b) Sección Longitudinal.....	8
Figura 2 Refracción de Onda .....	9
Figura 3 Reflexión de Onda .....	10
Figura 4 Efecto de la reflexión de Fresnel con diferentes índices de refracción .....	11
Figura 5 Efecto de la dispersión de Rayleigh.....	12
Figura 6 Sección de cable de fibra óptica .....	14
Figura 7 Fibra Monomodo .....	15
Figura 8 Fibra Multimodo de Índice Gradiente .....	15
Figura 9 Fibra Multimodo de Índice Escalonado.....	16
Figura 10 Reflectometría realizada en una de las fibras .....	19
Figura 11 Composición de Trama SDH.....	23
Figura 12 Operación (1+1) de protección de Línea [11] .....	29
Figura 13 Terminal de Línea 1+1 de transmisión [11] .....	29
Figura 14 Dimensiones de los Bastidores del equipo SLM- 2000 [11] .....	33
Figura 15 Panel de Unidades [11].....	35
Figura 16 Panel de Interconexiones [11] .....	36
Figura 17 Panel de Usuario del SLM- 2000 [11].....	37
Figura 18 Topología Original PDH.....	38
Figura 19 Topología a Implementar SDH.....	41
Figura 20 Prueba de BER.....	44

## **SIGLAS**

C.A.N.T.V	Compañía Anónima Nacional de Teléfonos de Venezuela
O.T.D.R	Optical Time Domain Reflectometer
S.E.I.F.O	Servicios Especiales Inalámbrico y Fibra Óptica

## LISTA DE ACRÓNIMOS

- AU *Administrative Unit* o Unidad Administrativa, también llamada Unidad Tributaria (TU) es una subdivisión con un puntero en el cual los bits para el transporte de los VC están numerados según sus posiciones señaladas en el puntero.
- AUG *Administrative Units Group* o Grupos de Unidades Administrativas, también llamado Grupo de unidades Tributarias (TGU) es un conjunto de divisiones en el área de carga de la trama.
- E1 Un Circuito digital utilizado principalmente en Europa. Funciona a 2.048 Mbps y ofrece 30 canales de voz.
- FO Fibra óptica
- MSOH *Multiplexing Section Overhead* o Sección de Multiplexación de Cabecera Extra, termina solo en el multiplexor.
- PDH *Plesiochronous Digital Hierarchy* o Jerarquía Digital Plesiócrona.
- POH *Path Overhead* o Cabecera de Direcciones, es el que ejerce el control sobre cada contenedor.

- RSOH *Regeneration Section Overheah* o Sección de Regeneración de Cabecera Extra, termina en cada regenerador.
- SCT *System Con Troller* o Controlador del sistema, esta tarjeta es la encargada de controlar todo el sistema del equipo Multiplexor SLM-2000-16.
- SDH Synchronous Digital Hierarchy o Jerarquía Digital Sincrónica.
- SOH *Section Overheah* o Sección de Cabecera Extra, es el encargado de monitorear y administrar la trama SDH.
- SONET *Synchronous Optical NETwork* o Red Óptica Síncrona, es un estándar para el transporte de telecomunicaciones en redes de fibra óptica.
- STM *Synchronous Transport Module* o Modulo de transporte síncrono, es el encargado de transportar en su área de carga útil a varios contenedores virtuales a través de la red.
- STS-1 Synchronous Transport Signal o Señal de transporte Síncrono, es la unidad básica del estándar SONET.
- T1 Un circuito digital utilizado principalmente en América. Funciona a 1.544 Mbps y ofrece 24 canales.
- TPU *Tributary Port Unit* o Unidades de Puertos Tributarios, son los que reciben las señales de información de baja velocidad.



UIT Unión Internacional de Telecomunicaciones, es el organismo especializado de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones, a nivel internacional, entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

VC *Virtual Container* o Contenedor Virtual, se denomina a una señal tributaria de la trama SDH la cual es transportada en un STM-1, está formada por un contenedor y a su cabecera de direcciones asociada.

## INTRODUCCIÓN

La Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela, conocida como Cantv, fue fundada en 1930, y hoy en día es el proveedor líder de servicios de telefonía fija, móvil, Internet y servicios de información del país.

La Corporación Cantv dispone de las tecnologías más avanzadas, lo cual, aunado al desarrollo de mejores prácticas gerenciales, ha permitido llevar adelante una importante transformación en cobertura y calidad de servicios.

La Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH) surgió como una tecnología basada en el transporte de canales digitales sobre un mismo enlace. Los canales a multiplexar denominados módulos de transporte o contenedores virtuales se unen formando tramas o módulos de nivel superior a velocidades estandarizadas 2 Mbps, 8 Mbps, 34 Mbps, 140 Mbps y 565 Mbps.

Es una jerarquía de concepción sencilla, sin embargo contiene algunas complicaciones, que han llevado al desarrollo de otras jerarquías más flexibles a partir del nivel jerárquico más bajo de PDH.

La principal problemática de la jerarquía PDH es la falta de sincronismo entre equipos. Cuando se quiere pasar a un nivel superior jerárquico se combinan señales provenientes de distintos equipos. Cada equipo puede tener alguna pequeña diferencia en la tasa de bit. Es por ello necesario ajustar los canales entrantes a una

misma tasa de bit, para lo que se añaden bits de relleno. Sólo cuando las tasas de bit son iguales puede procederse a una multiplicación bit a bit como se define en PDH.

La jerarquía digital síncrona (SDH) fue creada para proporcionar una solución a largo plazo para estandarizar los accesos a redes entre proveedores, es decir, permitir que el equipo de diferentes proveedores pueda comunicarse entre sí. Esta capacidad se refiere a la intercomunicación entre equipos de múltiples proveedores permitiendo a un elemento de la red SDH comunicarse con otro, así como la sustitución de varios de ellos que pudieran haber sido utilizados previamente solo para propósitos de interfaz.

En sistemas plesiócronicos, no existe un reloj de red al que se encuentran sincronizados todos los elementos. Por lo tanto, la temporización puede variar de un equipo a otro. Con la finalidad de multiplexar este tipo de señal, se utiliza un proceso conocido como relleno de bits. Este proceso añade bits extras para convertir todas las señales al mismo nivel, las cuales requerirán múltiples etapas de multiplexado y desmultiplexado. Ya que SDH es un proceso síncrono, este permitirá solo una etapa de multiplexado y desmultiplexado. La tecnología de transporte PDH posee diferentes partes de la red que se encuentran casi sincronizadas, aunque poseen relojes que funcionan con una misma base temporal no hay comunicación entre ellos por lo tanto no se puede garantizar que funcionen a la misma velocidad. La diferencia de la SDH es la precisión de los relojes que se utilizan para el transporte de los datos en toda la red, que ha sido posible gracias a los relojes atómicos [1]. Este sistema permite la sincronización entre los países para operar redes de forma síncrona, reduciendo la cantidad de memoria necesaria entre los elementos de la red.

El departamento de Fibra Óptica SEIFO (Servicios Especiales Inalámbrico y Fibra Óptica) de CANTV con la necesidad de mantener en buen rendimiento de los enlaces de F.O. respondiendo ante cualquier degradación de operatividad en la red, promueve el proyecto y verifica la factibilidad para obtener su máximo provecho como mejoría en los servicios aportados por la compañía.

En cuerpo del trabajo está compuesto de tres capítulos:

### Capítulo I

Se desarrolla el problema, justificando el porqué se realiza el proyecto y los objetivos que se desean alcanzar.

### Capítulo II

Un breve desarrollo teórico desde algunos aspectos básicos como que es fibra óptica pasando por las tecnologías de transporte con las que se tendrán contacto y finalmente especificaciones del equipo que se va a instalar.

### Capítulo III

Se expone los estudios realizados a la topología original de la interconexión en las centrales Urbina-Mariches, la implementación de nueva topología y los beneficios que aporta dicho cambio.

# CAPITULO I

## EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA

### 1.1 Antecedentes

Muchos de los enlaces poseen una tecnología acorde con su exigencias aunque centrales como Urbina – Mariche que tienen un enlace de F.O de 36 hilos aún no cubren con la demanda del usuario y en particular no posee monitoreo. Los procedimientos y pruebas que se realizarán en este proyecto se han desarrollado anteriormente. En la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Central de Venezuela se tiene acceso con los trabajos realizados por la Ing. Heidi Quijada [2] aunque se desarrolló como medio de verificación de aumento de tráfico si se realiza una migración de los equipos de PDH a SDH. El equipo SDH utilizado en los proyectos anteriores es diferente al que se utilizara en este proyecto.

### 1.2 Justificación:

La necesidad que posee un país a evolucionar ante la tecnología produce una búsqueda de fortalecimiento; por tanto CANTV para cubrir con las exigencias en el área de telecomunicaciones para mejorar la demanda del usuario a tener un mejor servicio se plantea que tan factible es la migración de equipos sin alterar la tecnología de transporte en uso.

La interconexión Urbina – Mariches es uno de los enlaces que aun posee sistemas que no satisfacen las necesidades del usuario por el aumento de demanda; es necesario solventar esto de una forma rápida y eficiente.

La compañía con la red mas importante en telecomunicaciones en Venezuela como lo es CANTV conforma diversos medios de transmisión analógica, radio digital y fibra óptica. La fibra óptica se utiliza para varios enlaces regionales, nacionales y con otros países.

### **1.3 Planteamiento del Problema**

El suministro de servicio proporcionado entre la interconexión Urbina-Mariche por medio del crecimiento de usuarios ha tenido una demanda en el servicio que no es alcanzada con el equipo usado actualmente ADR155C con tecnología PDH. Para solventar este problema CANTV decidió realizar la migración a otro equipo como lo es el SLM-2000 con tecnología SDH, la cual ya está en uso en otras partes del país y que aventaja a la tecnología actual en muchas características.

Para la implementación del equipo con tecnología SDH se utilizará la infraestructura existente, es decir; el tendido de fibra óptica. La mejoría del servicio no depende únicamente de la tecnología, hay que agregar que la infraestructura desempeña una fuerte parte en ellos y el equipo a remplazar, ya que hay una gran gama de equipos de esta tecnología en el mercado con diferentes características y proveedores.

En base a lo anteriormente planteado y obtener un mayor despliegue es necesario saber cuál es el estado del tendido de fibra óptica, qué tanto se mejora el tráfico de usuarios y así permitirnos saber el beneficio obtenido. Por esto se necesita saber que tan factible es la migración de los equipos por unos ya adquiridos en CANTV como son los SLM-2000.

## **1.4 Objetivos**

### 1.4.1 Objetivo General:

Migrar el equipo ADR 155C con tecnología PDH a un equipo SLM-2000-16 con tecnología SDH en la interconexión Urbina – Mariches, manteniendo en lo posible la estructura física del tendido.

### 1.4.2 Objetivos Específicos:

1. Revisar y seleccionar documentación técnica de las tecnologías SDH y especificaciones técnicas de los equipos.
2. Recopilar información concerniente a la estructura de la interconexión entre las centrales Urbina-Mariche
3. Configurar y adaptar el equipo nuevo como es el SLM-2000-16.
4. Analizar los posibles resultados en el enlace que genera la migración de los equipos en discusión.

5. Determinar la factibilidad para la migración de equipo SDH ADR 155 a un equipo SLM-2000-16 en la interconexión Urbina – Mariches.



## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Fibra Óptica

##### 2.1.1 Definición: Fibra óptica [3]

Es un conductor de onda en forma de filamento, generalmente de vidrio, aunque también puede ser de plástico. La fibra óptica es capaz de dirigir la luz a lo largo de su longitud usando la reflexión total interna.

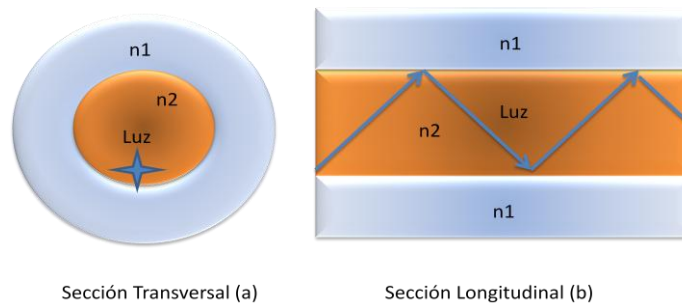


Figura 1 (a) Sección Transversal, (b) Sección Longitudinal

$n_1 =$  Índice de Refracción de material 1

$n_2 =$  Índice de Refracción de material 2

### 2.1.2 Refracción [4] [5]

Cuando una onda incide sobre una superficie que separa dos medios, la velocidad de propagación de la onda será distinta en ambos medios, parte de la onda se refleja y pasa al segundo medio (se refracta).

La onda refractada sufre algunos cambios como consecuencia de las diferentes velocidades de propagación, su dirección de propagación cambia y se produce una especie de flexión de la onda, aunque su frecuencia permanece inalterada, la longitud de onda se modifica ( $v = \lambda \cdot f$ )

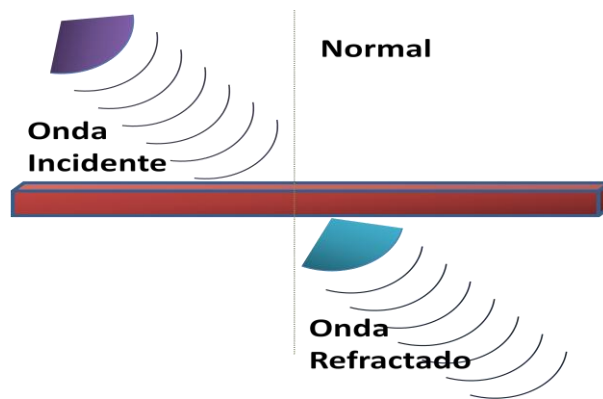


Figura 2 Refracción de Onda

### 2.1.3 Reflexión [5]

La reflexión se produce cuando una onda en su recorrido incide sobre una superficie, esto produce un rebote, la onda sigue propagándose en el mismo medio y con los parámetros inalterados.

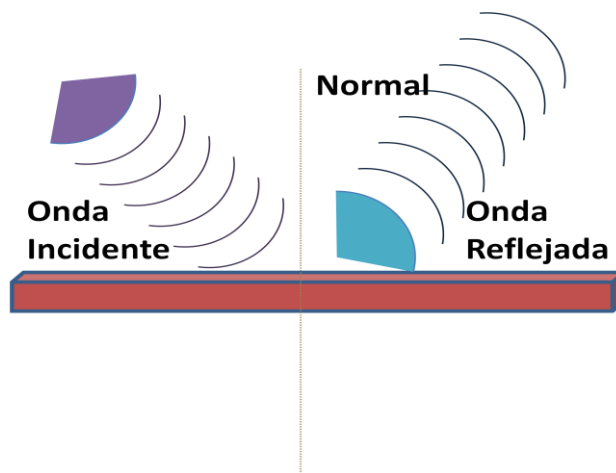


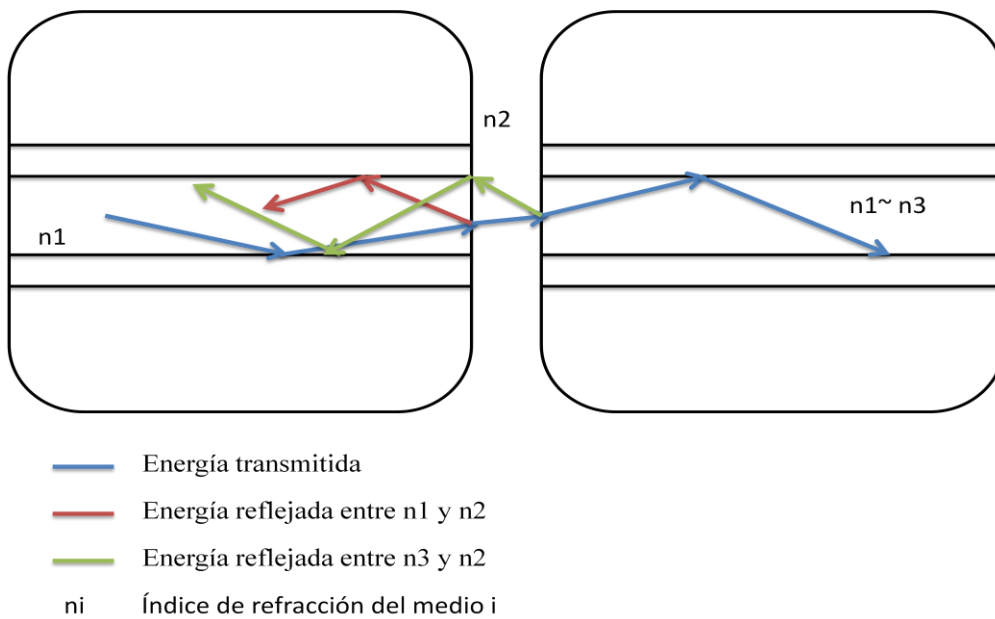
Figura 3 Reflexión de Onda

#### 2.1.3.1 Reflexión de Fresnel [6]

Ocurre cuando hay un cambio en el índice de refracción de la fibra. Cuando una onda electromagnética que se desplaza por un medio caracterizado por un índice de refracción  $n_1$ , incide sobre la interfase con otro medio que posee un índice de refracción  $n_2$ , una parte de la onda se refleja y otra porción se transmite al otro medio. La potencia reflejada está dada por la siguiente ecuación:

$$P_{ref} = \frac{(n_1 - n_2)^2}{(n_1 + n_2)^2}$$

Ecuación 1



**Figura 4 Efecto de la reflexión de Fresnel con diferentes índices de refracción**

#### 2.1.4 Reflexión total

Si se aumenta el ángulo de incidencia no se produce refracción y la onda es reflejada. Para completar el desarrollo, faltaría hacer una observación: cuando el rayo se desplaza en sentido contrario, los ángulos intercambian sus roles.

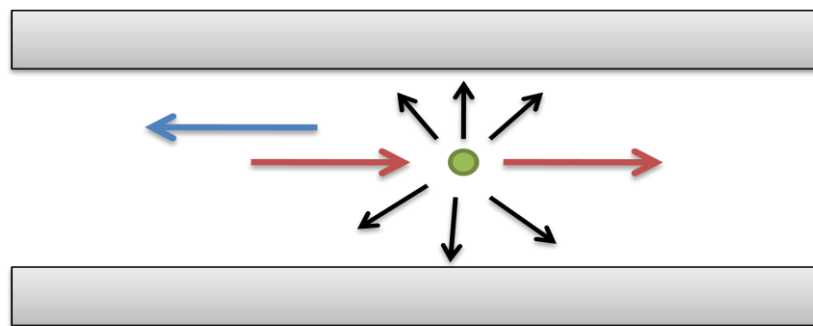
#### 2.1.5 Dispersión [6]

La dispersión es el fenómeno por el cual un conjunto de partículas que se mueve en una dirección determinada rebota sucesivamente con las partículas del

medio por el que se mueve hasta perder una dirección privilegiada de movimiento. Esta es la principal limitante para transmitir datos a muy alta velocidad. La dispersión tiene una relación inversa con el ancho de banda, que es la capacidad de transportar información que tiene una fibra.

#### 2.1.5.1 Dispersión de Rayleigh

Debido a que la materia no es homogénea y al estar sus partículas distribuidas aleatoriamente la luz tiende a dispersarse en todas direcciones.



- Luz incidente.
- Luz reflejada 1/100 de la luz esparcida.
- Luz esparcida 5%/Km a 1550 nm.
- Discontinuidad del material

**Figura 5 Efecto de la dispersión de Rayleigh**

#### 2.1.6 Atenuación

La atenuación es la reducción de potencia luminosa con la distancia, que depende de varios factores: pérdidas por dispersión (dispersión Rayleigh) y pérdidas

de absorción. La atenuación pone un límite a la distancia máxima que pueden detectarse los pulsos luminosos

#### 2.1.7 Utilización de la Fibra óptica [7]

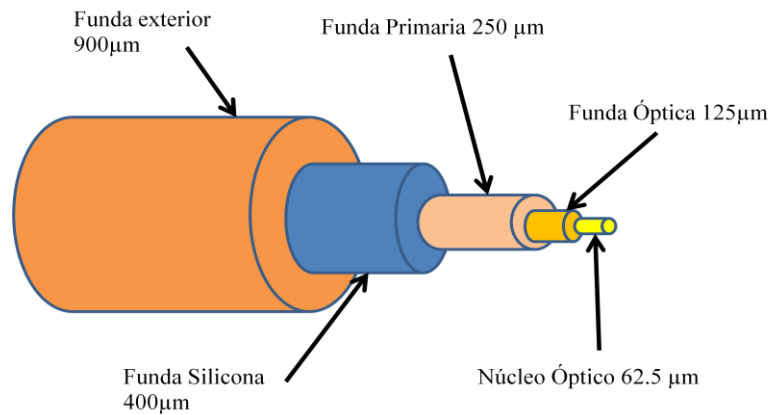
Las fibras ópticas son utilizadas ampliamente en el uso de las telecomunicaciones, ya que permite enviar una gran cantidad de datos, también son usadas en redes locales. Se puede decir que este proceso de comunicación, la fibra óptica funciona como medio de transportación de la señal luminosa, generado por el transmisor de LED'S (diodos emisores de luz) y láser.

#### 2.1.8 Composición de la fibra [7]

El Núcleo: En sílice, cuarzo fundido o plástico en el cual se propagan las ondas ópticas. Diámetro: 50 o 62,5  $\mu\text{m}$  para la fibra multimodo y 9 $\mu\text{m}$  para la fibra monomodo.

La Funda Óptica: Generalmente de los mismos materiales que el núcleo pero con aditivos que confinan las ondas ópticas en el núcleo.

El revestimiento de protección: por lo general está fabricado en plástico y asegura la protección mecánica de la fibra.

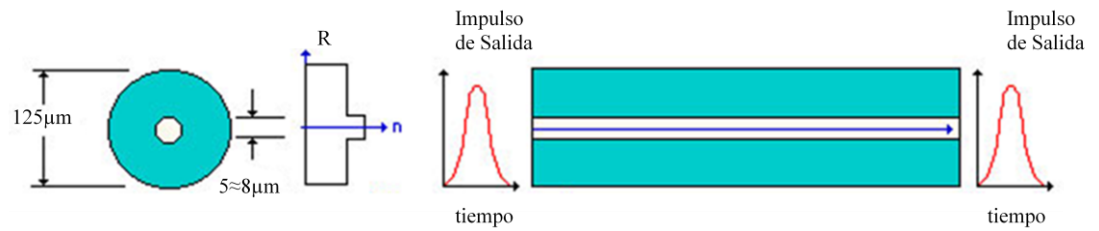


**Figura 6 Sección de cable de fibra óptica**

## 2.1.9 Tipos de fibra óptica [7]

### 2.1.9.1 Fibra Monomodo (modo de propagación, o camino del haz luminoso único):

Se les llama de esta forma porque pueden ser transmitidos los rayos que tienen una trayectoria que sigue el eje de la fibra. Son fibras que tienen el diámetro del núcleo en el mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales ópticas que transmiten, es decir, de unos 5 a 8 µm. Los elevados flujos que se pueden alcanzar constituyen la principal ventaja de las fibras monomodo ya que poseen una banda de paso de 100 GHz por km, es compleja de implementar ya que sus pequeñas dimensiones implican un manejo delicado y afrontan dificultades de conexión que no son fáciles de dominar.

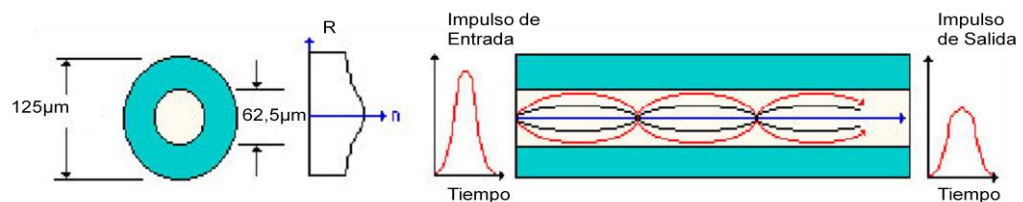


**Figura 7 Fibra Monomodo**

### 2.1.9.2 Fibra Multimodo de Índice Gradiente Gradual

Las fibras multimodo de índice de gradiente gradual tienen una banda de paso que llega hasta los 500MHz por kilómetro. Su principio se basa en que el índice de refracción en el interior del núcleo no es único y decrece cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta. Los rayos luminosos se encuentran enfocados hacia el eje de la fibra, como se puede ver en la figura 7. Estas fibras permiten reducir la dispersión entre los diferentes modos de propagación a través del núcleo de la fibra.

La fibra multimodo de índice de gradiente gradual de tamaño  $62,5/125\ \mu\text{m}$  (diámetro del núcleo/diámetro de la cubierta) está normalizado.



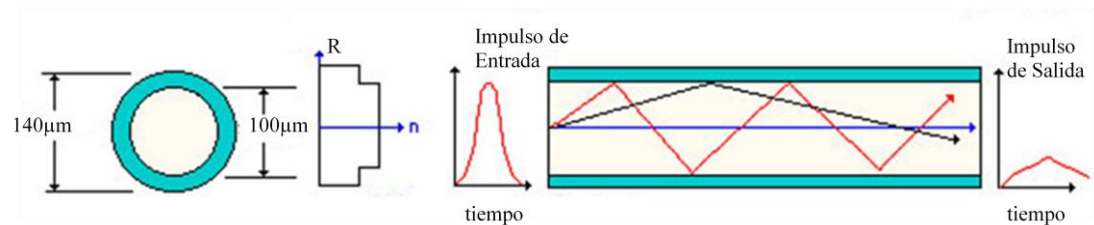
**Figura 8 Fibra Multimodo de Índice Gradiente**



### 2.1.9.3 Fibra Multimodo de índice escalonado

Las fibras multimodo de índice escalonado están fabricadas a base de vidrio, con una atenuación de 30 dB por km, o plástico, con una atenuación de 100 dB por km. Tienen una banda de paso que llega hasta los 40 MHz por kilómetro. En estas fibras, el núcleo está constituido por un material uniforme cuyo índice de refracción es claramente superior al de la cubierta que lo rodea. El paso desde el núcleo hasta la cubierta conlleva por tanto una variación abrupta del índice, de ahí su nombre de índice escalonado.

Multimodo de índice escalonado se puede encontrar con un tamaño 100/140  $\mu\text{m}$  (diámetro del núcleo/diámetro de la cubierta) está normalizado.



**Figura 9 Fibra Multimodo de Índice Escalonado**

### 2.1.10 Ventajas

- a. Son inmunes a interferencia.

- b. La fibra óptica hace posible navegar por Internet a una velocidad de millones de bps.
- c. Acceso ilimitado y continuo las 24 horas del día, sin congestiones.
- d. Video y sonido en tiempo real.
- e. Fácil de instalar.
- f. Las fibras no pierden luz, por lo que la transmisión es también segura y no puede ser perturbada.
- g. Carencia de señales eléctricas en la fibra, por lo que no pueden dar sacudidas ni otros peligros. Son convenientes para trabajar en ambientes explosivos.
- h. Presenta dimensiones más reducidas que los medios preexistentes.
- i. El peso del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos, capaz de llevar un gran número de señales.
- j. La materia prima para fabricarla es abundante en la naturaleza.
- k. Compatibilidad con la tecnología digital.

#### 2.1.11 Desventajas

- a. Costo elevado.
- b. Fragilidad de las fibras.
- c. Disponibilidad limitada de conectores.
- d. Dificultad de reparar un cable de fibras roto en el campo.

#### 2.1.12 Acopladores y conectores

Un acoplador es básicamente la transición mecánica necesaria para poder dar continuidad al paso de luz del extremo de un cable de fibra óptica a otro. Pueden ser

provistos también acopladores de tipo "Híbridos", que permiten acoplar dos diseños distintos de conector, uno de cada lado, condicionado a la coincidencia del perfil del pulido.

Conectores:

a.- Se recomienda el conector 568SC pues este mantiene la polaridad. La posición correspondiente a los dos conectores del 568SC en su adaptador, se denominan como A y B. Esto ayuda a mantener la polaridad correcta en el sistema de cableado y permite al adaptador a implementar polaridad inversa acertada de pares entre los conectores.

b.- Sistemas con conectores BFOC/2.5 y adaptadores (Tipo ST) instalados pueden seguir siendo utilizados en plataformas actuales y futuras.

## **2.2 OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) [6]**

Es un reflectómetro óptico en el dominio tiempo. Es un instrumento de medición que envía pulsos de luz, a la longitud de onda deseada, para luego medir sus “ecos”, o el tiempo que tarda en recibir una reflexión producida a lo largo de la FO.

Estos resultados, luego de ser promediadas las muestras tomadas, se grafican en una pantalla donde se muestra el nivel de señal en función de la distancia, luego se podrán medir atenuaciones de los diferentes tramos, atenuación de empalmes y conectores, atenuación entre dos puntos, etc. El OTDR aprovecha los fenómenos presentes en la F.O. para analizar y entregar un resumen detallado de la situación.

Evento (...)	Distancia (m)	Atenúación (dB)	Reflectancia (dB)	Pendiente (dB/km)	Dist.ref. (m)	Presupuesto (dB)
1	89.33	3.088		1.500	89.33	0.134
2	2080.01	0.155		0.197	1990.68	3.669
3	2215.27	0.355		0.133	135.26	3.844
4	3459.45	0.321		0.211	1244.18	4.460
5	4116.63	-0.149		0.192	657.18	4.908
6	4763.60	4.018		0.217	646.97	4.898
7	8387.66	0.236		0.228	3624.06	9.745
8	10195.86	1.580		0.220	1808.20	10.370
9	10334.95	0.000	-14.11	0.346	139.09	11.987
10			35.22			

Tabla 1. Resultados entregado por el Reflectómetro

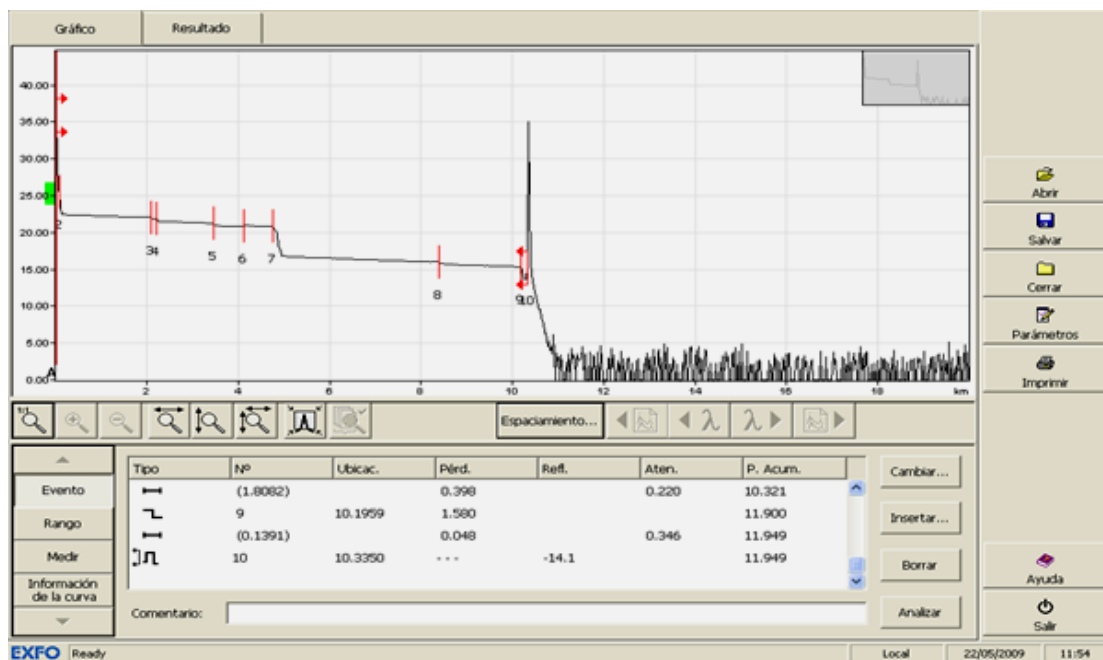


Figura 10 Reflectometría realizada en una de las fibras

El OTDR aprovecha los fenómenos presentes en la fibra óptica para analizar y entregar un resumen detallado de la situación. Estos fenómenos son los siguientes:

- a.- Esparcimiento de Rayleigh
- b.- Reflexión de Fresnel

A diferencia de los sistemas que emplean otros tipos de líneas de transmisión, en el caso de la F.O no se acostumbra a fijar la frecuencia de trabajo sino la longitud de onda. Las regiones en las que la atenuación de la fibra alcanza valores mínimos se denominan ventanas. [8]

La primera ventana útil corresponde a una longitud de onda central aproximadamente 850nm. Se utilizan en redes locales de cortas distancias, con fibra multimodo y emisores LED.

La segunda ventana trabaja en los 1300 nm y se emplea principalmente para enlaces largos, con fibras monomodo y excitadores laser, aunque también hay enlaces cortos con LEDs y fibras multimodo a 1300nm.

La tercera ventana funciona a 1550 nm y permite reducir la distancia más la distancia entre los amplificadores intermedios.

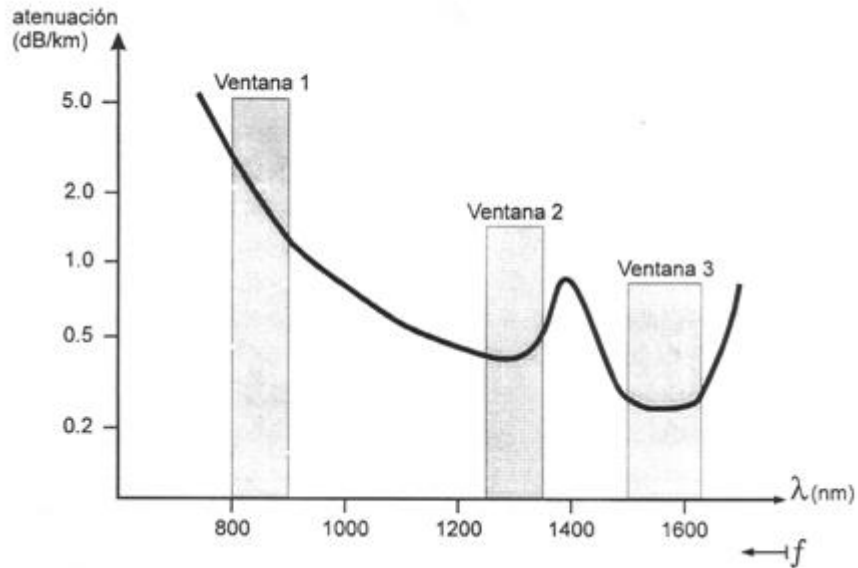


Figura 11 Curva aproximada de atenuación y ventanas de operación de las fibras ópticas [8]

Es de gran importancia tener claro el largo de onda a utilizar en el momento de la exploración; ya que como vemos obtendremos resultados diferentes en cada ventana de operación debido a las distintas atenuaciones en cada una de ellas.

### **2.3 PDH: Plesiochronous Digital Hierarchy (Jerarquía Digital Plesiócrona) [9]**

**Jerarquías Digitales.** En la transmisión de señales digitales se recurre a la multiplexación con el fin de agrupar varios canales en un mismo vínculo. Si bien la velocidad básica usada en las redes digitales se encuentra estandarizada en 64 Kb/s, las velocidades de los órdenes de multiplexación en cambio forman varias jerarquías:

- a. La jerarquía europea, usada también en Latinoamérica, agrupa 30+2 canales de 64 Kb/s para obtener 2.048 Kb/s. Luego, por multiplexado de 4 tributarios sucesivamente, se obtiene las velocidades de 8.448 Kb/s; 34.368 Kb/s y 139.264 Kb/s.
- b. La jerarquía norteamericana agrupa en cambio 24 canales a una velocidad de 1.544 Kb/s. Posteriormente genera 2 órdenes superiores (x4) a 6.312 Kb/s y (x7) a 44.736 Kb/s.
- c. La jerarquía japonesa recupera el valor de 6.312 Kb/s pero obtiene los órdenes jerárquicos de (x5) 32.064 Kb/s y (x3) 97.728 Kb/s.

Las velocidades de cada orden es levemente superior al producto de la velocidad de tributario por el número de entradas, debido al agregado de información adicional (*OverHead*).

Las jerarquías mencionadas se las denomina Plesiócronas PDH porque el reloj usado en cada nivel demultiplexación es independiente de los otros niveles. La jerarquía de 1544 y 2048 Kb/s se diferencia tanto en la codificación como en la trama.

## **2.4 SDH: Synchronous Digital Hierarchy (Jerarquía Digital Sincrónica) [10]**

El CCITT en 1998, basado en la primera parte de la norma SONET (Synchronous Optical Network), elaboró la llamada SDH (Synchronous Digital Hierarchy, Jerarquía Digital Sincrónica) con el mismo principio del demultiplexado sincrónico y capacidad de reserva.

SDH es:

- a. Un estándar internacional para redes ópticas de telecomunicaciones de alta capacidad.
- b. Un sistema de transporte digital sincrónico diseñado para proveer una infraestructura más sencilla, económica y flexible para redes de telecomunicaciones.

La primera jerarquía de velocidad sincrónica fue definida como STM-1 (Synchronous Transport Module, Módulo de Transporte Sincrónico) de 155.520 Mb/s. Este valor coincide con el triple de STS-1 de la red SONET ( $3 \times 51.84 \text{ Mb/s} = 155.52 \text{ Mb/s}$ ).

Los siguientes niveles se obtienen como  $N \times \text{STM-1}$ , habiendo definido el CCITT el  $4 \times \text{STM-1} = 622.08 \text{ Mb/s}$  y  $16 \times \text{STM-1} = 2488.327 \text{ Mb/s}$  (aproximadamente 2.5 Gb/s), encontrándose en discusión sistemas STM-8, STM-12 y STM-64 (10 Gb/s).

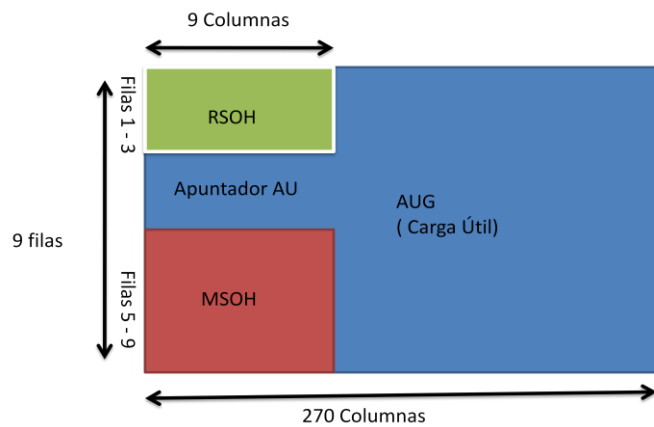
Todas las señales tributarias, de cualquier jerarquía y origen, deben poder acomodarse a la estructura sincrónica del STM-1.

#### 2.4.1 Trama SDH

La trama básica SDH consiste de una matriz de bytes de 8 bits. Está distribuido en 270 columnas por 9 filas y una duración de trama de 125 us.

Su contenido posee 3 áreas:

- a. Sección de la cabecera (SOH).
- b. La carga útil
- c. Los punteros (AU)



**Figura 12 Composición de Trama SDH**



#### 2.4.1.1 Sección de Cabecera Extra

El SOH es usado en el sistema de transporte individual para permitir el monitoreo de errores, el monitoreo de alarmas y la administración de servicios de red. Este contiene dos partes:

- a. Sección de regeneración de cabecera extra (RSOH). El RSOH termina en cada regenerador y en el RSOH hay tramas de bytes (A1, A2), un canal de regeneración de datos para administración (D1 a D3), un canal físico del orden de regeneración (E1), y un canal del uso de contingencia (F1).
- b. Sección de multiplexación de la cabecera extra (MSOH). El MSOH termina sólo en el multiplexor y no es afectado por el regenerador. Esto facilita el monitoreo del camino entre los multiplexores separadamente de las secciones de regeneración individual.

En el MSOH hay un canal de datos multiplexados para administración (D4 al D12), un canal físico del orden de multiplexación (E2), un interruptor de protección de la sección de multiplexación (K1, K2), bytes de monitorización de error intercalados con paridad (B1, B2) y un byte de S1 fue definido para status de sincronización.

#### 2.4.1.2 Punteros AU

Un sistema sincrónico se basa en el hecho de que cada reloj está en sincronía de fase y frecuencia con el siguiente. En la práctica eso es imposible de alcanzar; por lo tanto la desviación de fase y frecuencia ocurrirá. En una red, el reloj de frecuencia es extraído de la señal de línea, sin embargo las variaciones de fase ocurrirán debido a vibraciones acumuladas sobre la red.

En la interfaz de red, las variaciones de frecuencia ocurrirán y lo que SDH hace para vencer este problema es usar punteros o “pointer” para las direcciones del inicio del contenedor en la trama. El puntero AU-4 muestra donde el VC-4 empieza en la trama. En los VC-4 están los punteros UT que muestran donde comienzan los VCs de orden inferior (tales como VC-12), relativas a la posición de VC-4. El puntero AU-4 está compuesto de 3 bytes de H1 a H3. El valor real del puntero está contenido en H1 y H2, para justificación negativa está reservado H3. El valor inicial del puntero corresponde a la diferencia entre la unidad contribuyente de llegada y el vacío en la trama. El valor real del puntero se encuentra contenido en 10 bits, que tiene un máximo valor de 782. Cada incremento en el valor del puntero adjunta el direccionamiento en 3 bits en la trama

#### 2.4.1.3 Carga Útil [2]

Señales de todos los niveles de PDH pueden ser acomodadas en SDH empaquetándolas juntas en el área de carga de la trama STM-1. El proceso de empaquetado de señales PDH es un proceso multipaso que involucra un número de estructuras diferentes.

Los tributarios plesiocronos están mapeados en un contenedor de tamaño apropiado, y un número de bytes conocido como cabecera de direcciones (POH) se añade al mismo para formar el contenedor virtual (VC) en el que se basa la trama. La cabecera de direcciones proporciona información para ser usado en la gestión extremo a extremo de un camino síncrono. La información de la cabecera de direcciones asociado con un VC-1/VC-2 es diferente a la recogida en la cabecera asociada a los VC-3/VC-4.

La cabecera de direcciones 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 direcciones está colocada en la primera columna de las nueve filas para la estructura de 85 columnas.

La secuencia histórica de ambas jerarquía demuestra el crecimiento exponencial de la tecnología en cuanto hace a la velocidad de trabajo:

PDH		SDH	
velocidad (Mb/s)	Año	velocidad (Mb/s)	Año
2	1966	155	1992
8	1970	622	1992
34	1973	2488	1994
140	1980	9976	1999
565	1985		

**Tabla 2. Crecimiento de las Jerarquías PDH y SDH**

## 2.5 Similitudes de sonet y SDH

En las redes surgió la necesidad de estandarizar, manejabilidad y flexividad, la UIT desarrollo y aprobó un nuevo estándar en 1988, el primer estándar SDH. SONET (Synchronous Optical NETWORK) es el estándar base, desarrollado en los Estados Unidos (ANSI). Sonet y SDH son normalizaciones casi idénticas.

El objetivo era poseer una gama de estándares mundiales que pudieran permitir interoperabilidad de diferentes equipos dentro de una red. Los aspectos de mayor similitud son:

Sonet/SDH es una red síncrona

Sonet/SDH contienen recomendaciones para la normalización de los equipos de transmisión de fibra óptica vendidos por diferentes fabricantes.

Sonet/SDH contienen las especificaciones físicas y el mecanismo que permiten transportar señales de sistemas tributarios incompatibles.

SONET	Transport level	Bit Rate (Mbps)	SDH
OC-1	STS-1	51.84	STM-0
OC-3	STS-3	155.52	STM-1
OC-12	STS-12	622.08	STM-4
OC-48	STS-48	2488.32	STM-16

Tabla 3 Bit Rate SONET y SDH

## 2.6 Equipos SDH AT&T SLM-2000 [11]

El equipo SLM-2000 es un equipo de transmisión por línea óptica de 2,5 Gb/s. La transmisión se realiza de acuerdo con la jerarquía digital síncrona (SDH).

El SLM-2000-16 es un sistema de transmisión de alta velocidad que multiplexa y transporta hasta 16 señales tributarias de:

- a. 140 Mb/s (eléctrica)
- b. STM-1 (eléctrica)

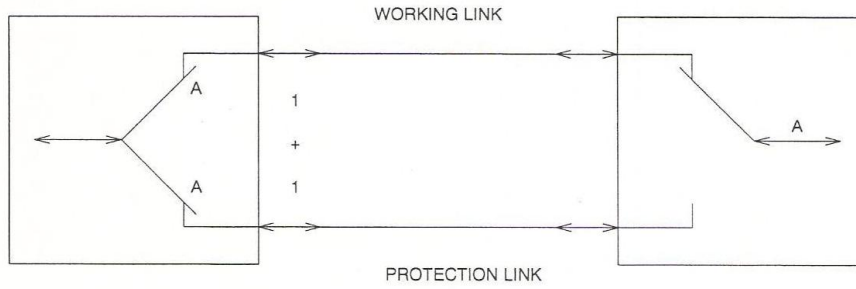
En el sistema SLM-2000-16, se utilizan las siguientes configuraciones estándar:

- a. Terminal de línea 1+0
- b. Terminal de línea 1+1

Para el equipo empleado se utilizó la configuración 1 + 1

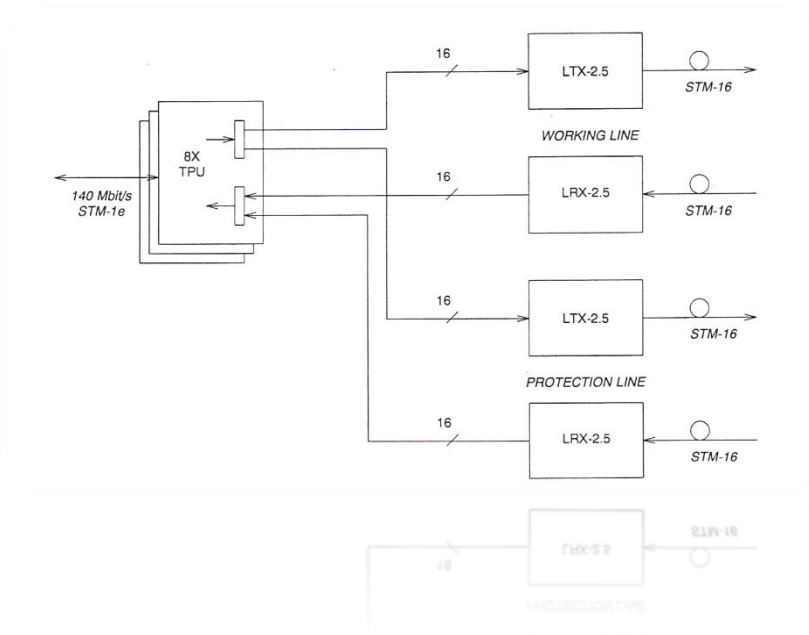
#### 2.6.1 Terminal de línea 1 + 1

El terminal de línea 1+1 o protegida opera con una señal transportada duplicada y enviada a través de 2 enlaces ópticos diferentes y no necesariamente tienen que ser parte del mismo cable. La protección de línea de HS se prevé por medio de un segundo par de transmisión y receptor de alta velocidad.



**Figura 13 Operación (1+1) de protección de Línea [11]**

Esta configuración proporciona la transmisión bidireccional con una capacidad de línea de STM-16, con un máximo de 16 canales tributarios.



**Figura 14 Terminal de Línea 1+1 de transmisión [11]**

La parte de transmisión de HS (alta velocidad) contiene el LTX (transmisor de línea) y un receptor de línea (LRX). La parte de transmisión de LS (baja velocidad) contiene los TPU (puertos tributarios).

### 2.6.2 Unidades de Transmisión de baja velocidad

Las señales de transmisión de baja velocidad (LS) se reciben y transmiten por medio de 8 LS. El terminal de línea 1+1 proporciona un máximo de 16 canales tributarios.

Una unidad de transmisión LS es una de las siguientes unidades:

- a. TPU-140 : Unidad de interfaz de tributario dual para 140 Mb/s
- b. TPU-140&155: Unidad de interfaz de tributario STM-1 dual para 140 ó 155 Mb/s.

En la dirección de recepción las unidades de LS convierten las señales STM-1 entrantes en señales de interfaz de tributario apropiadas. Estas señales de STM-1 proceden del receptor de línea de alta velocidad.

En la dirección de transmisión las unidades de LS convierten su señal de entrada de tributario en una señal STM-1 aleatorizada de forma síncrona. Esta señal se envía al transmisor de línea de alta velocidad.

### 2.6.3 Unidades de transmisión de alta velocidad

Las unidades de transmisión de alta velocidad (HS) son el transmisor de línea y el receptor de línea. La señal de HS STM-16 es una señal de línea óptica de 2,5 Gb/s.

#### 2.6.3.1 Receptor de Línea LRX

La señal óptica STM-16 recibida se convierte en una señal eléctrica.

Después esta señal se demultiplexa en el nivel STM-1.

Los bits de cabecera de dirección (SOH) se extraerán de la señal STM-16, y se enviarán a la unidad de procesamiento de cabecera.

Las 16 señales resultantes se envían a las unidades tributarias.

#### 2.6.3.2 Transmisor de Línea LTX

Las señales de nivel STM-1 emitidas desde la parte del tributario serán procesadas por los punteros. Después estas señales se multiplexan hasta el nivel STM-16 apropiado y los bytes del SOH se añaden a los datos.

Finalmente el LTX convierte esta señal STM-16 eléctrica en una señal óptica.



#### 2.6.4 Estructura del Equipo (diseño físico) [11]

El AT&T – 2000 – 16 es un equipo con jerarquía SDH el cual posee una capacidad de transmisión de 2.5 Gbps. Este equipo posee el siguiente diseño físico:

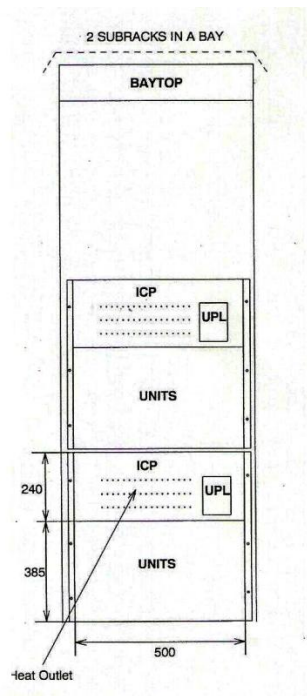
1. Bastidor Principal o Rack Frames de 19”.

En este rack se instala tanto el “rack top” en el cual se encuentran las Unidades de Distribución de Alimentación y fusibles.

2. Sub bastidor

Dentro del sub bastidor del terminal de línea del sistema LSM – 2000 se tiene:

- a. Partes Mecánicas.
- b. Un Panel de Unidades.
- c. Un Panel de Interconexión (ICP).
- d. Un Panel Posterior.
- e. Un Panel de Usuario (UPL).



**Figura 15 Dimensiones de los Bastidores del equipo SLM- 2000 [11]**

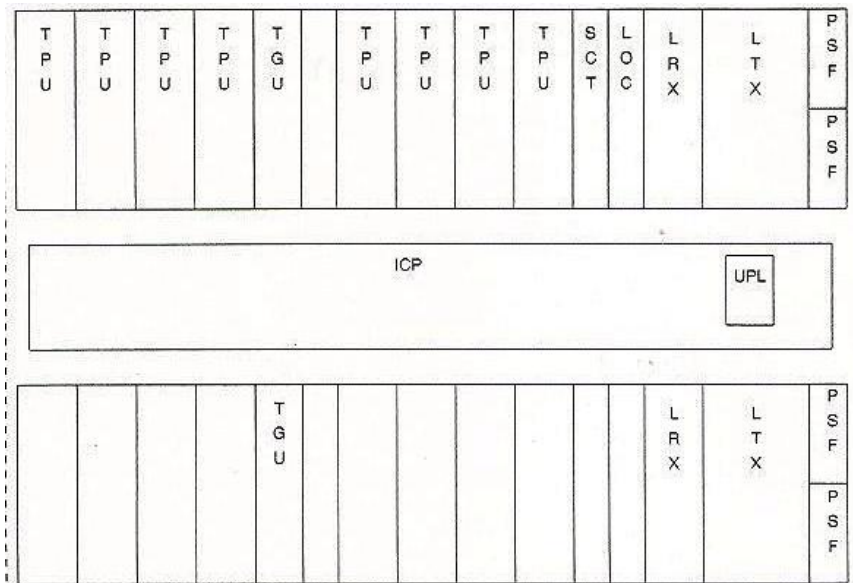
### Partes Mecánicas

Los conectores para las interfaces ópticas se tienen en la parte frontal de las Unidades Ópticas, en cambio los conectores para las interfaces eléctricas se localizan en el ICP.

### Panel de Unidades

En el panel de unidades se encuentran:

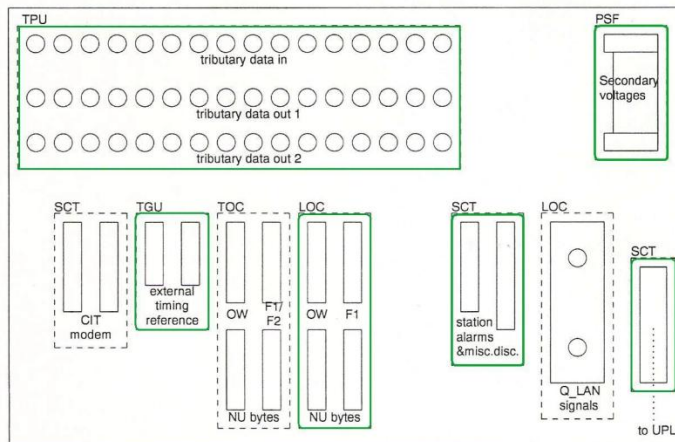
- a. Ocho Unidades de Puerto Tributario (TPU). Cada unidad posee dos (2) circuitos de interfaz tributarios bidireccionales. Por ende el equipo maneja un total de dieciséis (16) señales tributarias de 140 Mbps.
  
- b. Una Unidad de Transmisión (LTX). Es la interfaz de línea óptica de alta velocidad situada en la dirección de transmisión. Ella realiza la función de sincronización de las señales STM-1 de baja velocidad entrantes, multiplicación y conversión de eléctrica a óptica.
  
- c. Una Unidad de Recepción (LRX). Es la interfaz de línea óptica de alta velocidad situada en la dirección de recepción. Ella realiza las funciones de conversión de óptica a eléctrica, recuperación del reloj, demultiplexación y extracción de la cabecera de la sección.
  
- d. Una Unidad de Temporización (TGU), la cual genera un reloj de 155.520 MHz para distribuirlo en el transmisor y en las unidades tributarias. La TGU proporciona una interfaz de referencia externa para sincronización de la red.
  
- e. Una Controladora del Sistema (SCT), la cual proporciona todo el control administrativo para las configuraciones del terminal en el sistema del SLM – 2000 – 16.
  
- f. Un Controlador de Cabecera de Línea (LOC), el cual proporciona el acceso del usuario a la cabecera de sección multiplexada SDH de dos canales STM – 16.
  
- g. Dos Unidades de Filtro de Alimentación (SPF), la cual filtra y supervisa la alimentación entrante.



**Figura 16 Panel de Unidades [11]**

### Panel de Interconexión (ICP)

La función del ICP es permitir mediante los sus diferentes puertos las conexiones para las entradas de los tributarios, conexiones para temporización externa, conexión para monitoreo, entre otras.



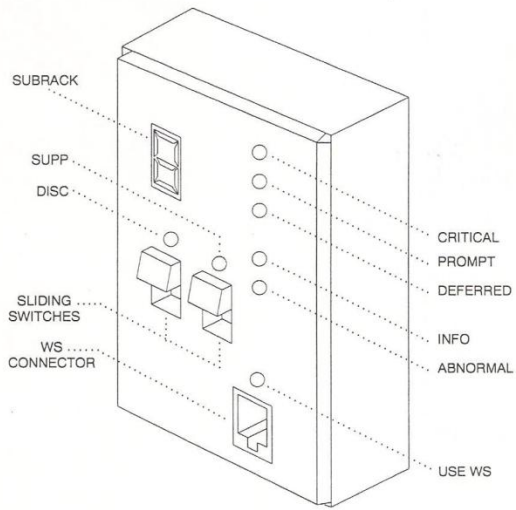
**Figura 17 Panel de Interconexiones [11]**

### Panel Posterior

La función del panel posterior es conectar todas las unidades (usando cable impreso). La interconexión desde las unidades hasta el ICP se realiza con cables.

### Panel de Usuario (UPL)

La función de UPL es proporcionar información del funcionamiento y estado del sistema a través de indicadores de alarma y estado.



**Figura 18 Panel de Usuario del SLM- 2000 [11]**

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Investigación preliminar:

Se realizó una investigación y selección de documentación técnica de las tecnologías SDH, se estudió el manual de especificaciones técnicas de los equipos (ADR155C y SLM-2000-16) y se recibió adiestramiento de los equipos a utilizar por parte del personal técnico.

##### 3.1.1 Interconexión entre las centrales Urbina-Mariche

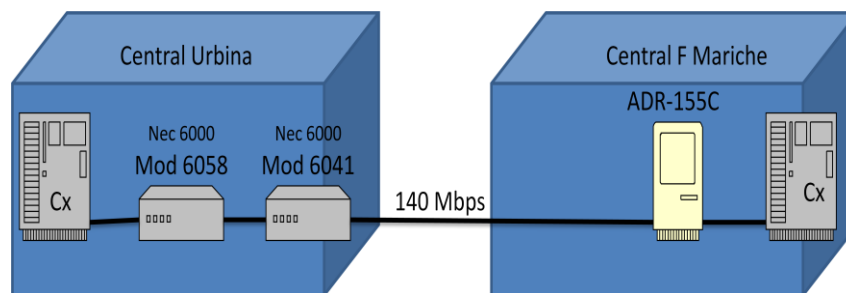


Figura 19 Topología Original PDH

Para transportar voz y/o data desde la central de la Urbina y poder transmitir a 140Mbps hasta la Central de Mariches se realizan varias multiplexaciones, la central de conmutación Cx transmite 2Mbps que es el nivel de jerarquía a la cual trabaja la información, luego se conecta con un equipo NEC-6000 modelo 6058 de forma eléctrica por medio de 16 entradas de 2Mbps el cual tiene 1 salida a 34Mbps y este a su vez se conecta en forma eléctrica con el equipo NEC-6000 modelo 6041 que por medio de 4 entrada para llevar los 34Mbps a 140Mbps para poderse conectar con la central de Mariches. Esta interconexión se realiza por un par del cable de F.O (36 hilos) con una distancia de 10km aproximadamente hasta la central de Mariche que está conformada en su topología interna por el equipo ADR155-C que es el receptor/transmisor que dependiendo de su configuración puede manejar 2Mbps, 140Mbps, STM-1 con tecnología PDH o SDH. En la URL de Mariche se reciben los paquetes 140 Mbps que provienen de la central de la Urbina y dicha señal la desmultiplexa hasta 2Mbps de nivel de jerarquía por medio de un ADR155-C para conectarse con la Cx.

## **3.2 Pruebas de tendido de Fibra óptica**

### **3.2.1 Reflectometría**

Utilizando el OTDR (reflectómetro) marca EXFO modelo FTB-200 se realizaron las medidas de los hilos de fibra óptica en el tendido entre las centrales Urbina-Mariches para así conocer las atenuaciones de los tramos, puntos de empalme y conectores, así como medir atenuación total entre dos puntos.



# Fibra	Db/Km	Distancia (Km)
25	0.346	10.334
26	0.343	10.333
28	0.420	10.221
32	0.405	10.318

**Tabla 4. Atenuación Total entre las Centrales Urbina-Mariche**

La reflectometría realizada en los hilos se encuentra dentro del rango permitido como se puede observar en la tabla 4; los niveles de atenuación deben ser 0.5 dB/km. La atenuación extrema debió ser 0.515 dB/km debido a la distancia determinada por el OTDR, sin embargo la atenuación máxima determinada es de 0.405 dB/km.

### 3.2.2 Prueba de potencia punto a punto

Utilizando un medidor de potencia marca FIS el cual posee dos terminales (transmisor/receptor). Se conecta un extremo de la fibra en el Tx (transmisor) del medidor, se introduce una señal de 0 dBm y en el otro extremo de la fibra se mide la potencia Rx (recepción).

# Fibra	dBm	Distancia (Km)
25	-3.088	10.334
26	-3.078	10.333
28	-4.000	10.221
32	-3.979	10.318

**Tabla 5. Potencia punto a punto de las Centrales Urbina-Mariche**

### 3.3 Topología a Implementar

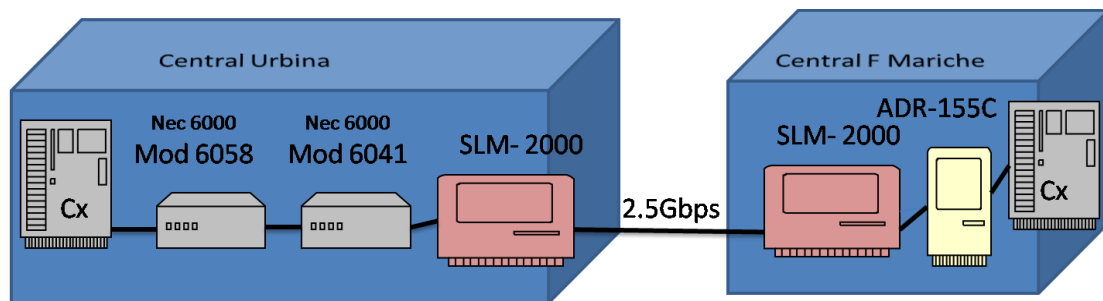


Figura 20 Topología a Implementar SDH

En la sección 3.1.1 se explicó cómo se transmite 140 Mbps desde una Central hasta otra. Agregaremos el equipo SLM-2000. Después del equipo Nec 6000 modelo 6041 se conecta por medio de 8 TPU de entradas de forma óptica el SLM-2000 multiplexando los 140 Mbps a 2.5 GHz para conectarse con la central de Fila de Mariche. En la Central de Fila de Mariche se recibe 2.5 GHz. En dicha central se encuentra un equipo SLM-2000 el cual desmultiplexa los 2.5 GHz a 140 Mbps y sucesivamente se conecta con el ADR-155C para desmultiplexar 140 Mbps a 2 Mbps hasta la central de conmutación y de ahí se realiza la distribución a los abonados.

### **3.4 Prueba de Equipos SLM-2000-16 (Multiplexor de 16 entradas de 140 Mbps y una salida de 2,5 Gbps)**

En las centrales ya se encontraban instalados los equipos SLM-2000, debido a que se realizaron pruebas anteriormente. Para determinar el correcto funcionamiento se realiza una inspección de las alarmas del equipo como primer paso.

Los equipos en las centrales poseen indicadores lumínicos intermitentes (led) que indican que se encuentran alarmados por la falta de señal de alimentación, entonces se procede a realizar el reset de los mencionados para verificar las alarmas.

#### **a. Reset de los Equipos**

Se desconecta y se reconecta la SCT (Unidad central de procesamiento del equipo) y cada una de la tarjetas encienden de nuevo sus indicadores lumínicos respectivos indicando cual está alarmado y cual no.

#### **b. Prueba de potencia local**

Se conecta un patch cord en la LTX (tarjeta de transmisión) y con el equipo medidor de potencia se debe medir un valor aproximadamente 0 dBm.

#### **c. Verificación de alarmas de las tarjetas LTX y LRX**

Se realiza un loop back local entre LTX y LRX, las tarjetas deben quedar sin alarma si se encuentran en un correcto funcionamiento.

#### **d. Verificación de alarmas de las tarjetas TPU**

Se realiza un loop back entre cada una de la TPU, las tarjetas deben quedar sin alarma si se encuentra en un correcto funcionamiento.

### 3.4.1 Prueba de BER

El BER o tasa de error es una razón que mide la cantidad bits errados con respecto a la cantidad de bits total transmitidos, es decir, mide la cantidad de información incorrecta que puede ser producida por diferentes casos en una transmisión.

$$BER = \frac{\# \text{ Bits Errados}}{\# \text{ Total de Bits Transmitidos}}$$

Ecuación 2.

Utilizando un equipo especializado llamado ACTERNA ANT-5, se mide el BER (tasa de error de bits). El equipo se puede configurar para distintos flujos de información, entre valores de 2 Mbps, 8 Mbps, 34 Mbps, 140 Mbps y 155 Mbps según sea el ancho de banda en la entrada del multiplexor.

El criterio en el tiempo de duración en las pruebas de BER depende si el equipo va a ser utilizado por primera vez o ya estuvo en uso. Cuando el equipo es utilizado por primera vez (equipo nuevo) la prueba de BER debe tener un tiempo de muestreo no menor a 24 Hrs. Si el equipo se ha utilizado anteriormente, con un máximo de 6 Hrs de muestreo es suficiente. Hay que

destacar que son criterios de la compañía y que lo óptimo de la prueba de BER es que el tiempo de muestreo debe ser lo mayor posible.

La prueba de BER al enlace se lleva a cabo realizando un *loop back* en el punto hasta donde se quiere certificar el enlace (Central Fila Mariches) entre el transmisor y el receptor, en el otro extremo de interés (Central Urbina) se colocó el equipo de medición configurado con la capacidad deseada, las tarjeta TPU reciben un flujo de información de 140 Mbps por lo tanto se configuró para esta capacidad y después de la prueba con un tiempo de 5Hrs en las líneas de transmisión primarias y secundarias se midió:

$$BER = 0.00 \times 10^{-12}$$

El equipo proporciona esta lectura que indica que la tasa de bit errados es de 0 % es decir, en el tiempo de muestreo no se obtuvo algún error en la transmisión de información o se puede decir que se recibió el 100% de la información transmitida.

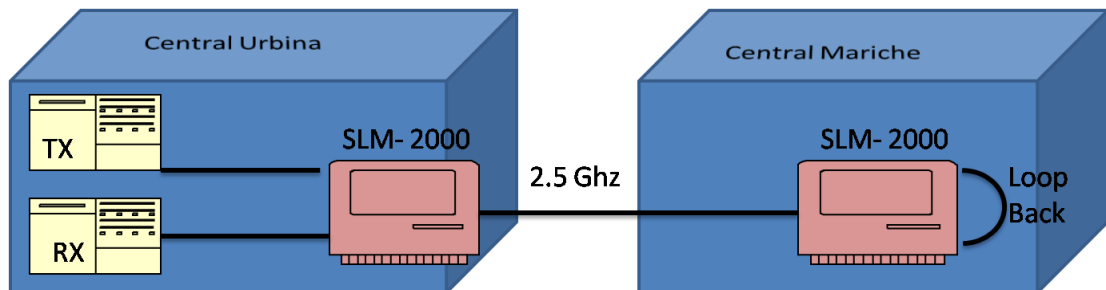


Figura 21 Prueba de BER

La prueba de BER se realizó únicamente para el equipo de sustitución.

### 3.4.2 Medición de Alimentación

El equipo posee un rango de trabajo de [-38, -61] voltios dc. Se procede a medir con un voltímetro la tensión de alimentación y como resultado se obtuvo -48.75 voltios. Este resultado se encuentra dentro del rango de alimentación del equipo permitiendo el desempeño del mismo sin obstáculo alguno.

### 3.4.3 Prueba de protección

Al finalizar la prueba de BER se procedió a desconectar el cable de fibra óptica principal para simular un corte; el equipo conmutó a la tarjeta secundaria manteniendo la conexión activa y trabajando en perfecto estado.

### 3.5 Migración de la plataforma PDH a SDH

Después de haber realizado las pruebas locales entre los equipos y garantizando su correcto funcionamiento se procede a conectar el equipo Nec 6041 encontrado en la central de la Urbina y el equipo ADR-155C que se encuentra en la central de Mariche con los DSL-2000-16. En las horas de madrugada se realizó la interconexión en las dos centrales, en la localidad de la Urbina se instaló un panel de distribución DSX AT&T de  $\frac{3}{4}$  para completar la conexión entre el equipo Nec 6041 y el equipo DSL-2000 debido a la facilidad de acceso que permite las conexiones de las TPU y el flujo de de información 140Mbs que proviene del Nec 6041.

Con este procedimiento se implementó la transmisión de voz y/o datos sobre una plataforma SDH entre las centrales de la Urbina y Mariches, con una redundancia

debido a la conexión 1+1 lo que permitirá una mayor confiabilidad y mayor capacidad de transmisión.

### 3.6 Mejora alcanzada con la migración de los equipos

Superioridad ante el desvanecimiento de la señal, es decir; el SLM-2000 posee un margen de potencia de recepción de -32dBm que en comparación con otros equipos actualizados SDH es aproximadamente -10dBm ya que depende del fabricante, esto quiere decir que el SLM-2000 puede recibir una potencia de 22dB menor aproximadamente.

Se aumentó la capacidad de usuarios 16 veces mayor que en el enlace anterior. La cantidad de usuarios posible aumento de 1920 a 30720 y podríamos tomar en cuenta que estadísticamente no todos los usuarios hablan al mismo tiempo nos da un número mucho mayor, por lo tanto la demanda generada por el aumento de usuarios ha sido cubierta a nivel de servicio.

	140	Canales de Voz	E1
Topología anterior	1	1920	1
Topología Instalada	16	30720	16

**Tabla 6. Comparación entre la topología anterior y actual**

## CONCLUSIONES

Los equipos que trabajan con jerarquía SDH permiten extraer información fácilmente entre las centrales o localidad contigua, ya que las tramas están completamente separadas e identificadas.

Los resultados de las mediciones se encontraron dentro de los rangos requeridos, proporcionando una buena expectativa para el desarrollo de la migración.

El proyecto se completó de forma técnica como operacional sin alterar el medio de transmisión. Se realizó la migración de los equipos en horarios que afectase a una mínima cantidad de usuarios.

Se reutilizó un equipo que se encontraba desincorporado como lo es el SLM-2000 permitiendo seguir operando y no permitir su degradación por medio de la inoperatividad y solventando una problemática para así mejorar el servicio, sin necesidad de incurrir en gastos adicionales.

Utilizando una tecnología de transporte SDH se aumentó la capacidad del enlace de una forma abrupta de 140Mbps a 2.5 Gbps, el cual permite cubrir la demanda de los usuarios de la región de Mariche.



## RECOMENDACIONES

El equipo SLM-2000 se encontraba en uso hace 8 años y aunque el fabricante en el manual cataloga de vida útil de 20 años, hay que tomar en cuenta el tiempo de rápido crecimiento de la tecnología a nivel de las telecomunicaciones, por lo tanto la vida útil de este equipo se acorta debido a la entrada en el mercado de nuevos equipos y tecnologías ya que el fabricante debe ir a la mano con este crecimiento. Se recomienda en un corto plazo hacer licitación para obtener una gama de repuestos u obtener una nueva versión de dicho equipo.

El enlace entre las centrales Urbina-Mariche posee respaldo por el mismo cable de 36 hilos. En caso de corte de fibra en ese cable no hay otro camino de comunicación; se recomienda hacer un estudio para implementar un camino opcional una de ellas puede ser entre las URL Turumo-Mariche cerrando el anillo Urbina-Mariche-Turumo y así tener un respaldo en el enlace en caso de corte. Esto beneficiaría tanto a los usuarios de Mariche como a los de Turumo.

Se recomienda en un futuro migrar a una jerarquía superior como WDM como se encuentra en los anillos centrales del Distrito Federal y así llevar a la mano el crecimiento tecnológico en todas las partes del país como mejora en los servicios que aporta la compañía.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- [1] Wikipedia.org. Enciclopedia virtual de consulta. Synchronous\_Digital\_Hierarchy  
<http://www.iec.org/online/tutorials/sonet/topic03.asp>
- [2] QUIJADA, Heidi. Trabajo especial de Grado Propuesta para aumentar la capacidad de tráfico entre las centrales Mariche – Urbina, Universidad Central de Venezuela, 2008.
- [3] [www.sc.ehu.es](http://www.sc.ehu.es). Curso interactivo de Física en internet por ángel Franco García  
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/ondas/snell/snell.htm>. 2 febrero 2006
- [4] Ciencias.net. Ley de Snell por Alexander Hristov.  
<http://www.ciencia.net/VerArticulo/fisica/Snell,-ley-de?idArticulo=48>. Publicado el 13-11-2001
- [5] [www.isftic.mepsyd.es](http://www.isftic.mepsyd.es). Instituto de Tecnologías Educativas.  
[concurso.cnice.mec.es](http://concurso.cnice.mec.es) por Luis Ignacio García 2004.  
[http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/56\\_ondas/ondas](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/56_ondas/ondas)
- [6] [www.ares.com.ar](http://www.ares.com.ar). Telecomunicaciones por Roberto Ares  
[http://www.rares.com.ar/albums/1\\_Manual\\_de\\_Telecomunicaciones\\_2000/402%20Jerarquia%20PDH.pdf](http://www.rares.com.ar/albums/1_Manual_de_Telecomunicaciones_2000/402%20Jerarquia%20PDH.pdf)
- [7] monografía.com. Óptica por Rodríguez, Yurisay.  
<http://www.monografias.com/trabajos13/fibropt/fibropt.shtml>.

[8] Neri Vela., Rodolfo. Líneas de transmisión., (Libro). México DF, 2005, p 19-449

[9] [www.cursos.ucv . Sistemas de transmisión de Fibra óptica](http://www.cursos.ucv.cl/eie46300/presentaciones/OTDR2.pdf)  
<http://www.cursos.ucv.cl/eie46300/presentaciones/OTDR2.pdf>

[10] [monografias.com. SDH – Jerarquía Digital Síncrona por Pineda, Gabriel.](http://www.monografias.com/trabajos908/sdh-digital/sdh-digital.shtml)  
<http://www.monografias.com/trabajos908/sdh-digital/sdh-digital.shtml>

[11] Versión 02s. Descripción de la Arquitectura del sistema. Sistemas de Transmisión. / AT&T Network Systems International B.V. 1994.

## BIBLIOGRAFÍA

García, Luis Ignacio. *Ondas*. 2004.

[http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/56\\_ondas/ondas.swf](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/56_ondas/ondas.swf) (último acceso: 3 de 06 de 2009).

Hristov, Alexander. 2002 de noviembre de 2001.

<http://www.ciencia.net/VerArticulo/fisica/Snell> (último acceso: 3 de 06 de 2009).

*International Engineering Consortium.*

<http://www.iec.org/online/tutorials/sonet/index.asp> (último acceso: 2 de 06 de 2009).

Lopez, Ing Civil-Electronico Ariel Leiva. *Sistemas de transmision por fibraoptica*.

2008. <http://www.cursos.ucv.cl/eie46300/presentaciones/OTDR2.pdf> (último acceso: 04 de 06 de 2009).

Luetich, Dr J.J. *Luventicus*. 16 de Octubre de 2002.

<http://www.luventicus.org/articulos/02A033/index.html> (último acceso: 2 de 06 de 2009).

Quijada, Heidi. *Propuesta para aumentar la capacidad de tráfico entre las centrales Mariche-Urbina, U.C.V, (tesis)*. Caracas, 2008.

Roberto, Ares. *www.RobertoAres.com.AR*. 2000.

[http://www.rares.com.ar/albums/1\\_Manual\\_de\\_Telecomunicaciones\\_2000/402%20Jerarquia%20PDH.pdf](http://www.rares.com.ar/albums/1_Manual_de_Telecomunicaciones_2000/402%20Jerarquia%20PDH.pdf) (último acceso: 04 de 06 de 2009).

Rodriguez, Y. *monografias.com*.

<http://www.monografias.com/trabajos13/fibropt/fibropt.shtml?monosearch> (último acceso: 03 de 06 de 2009)

# **ANEXOS**

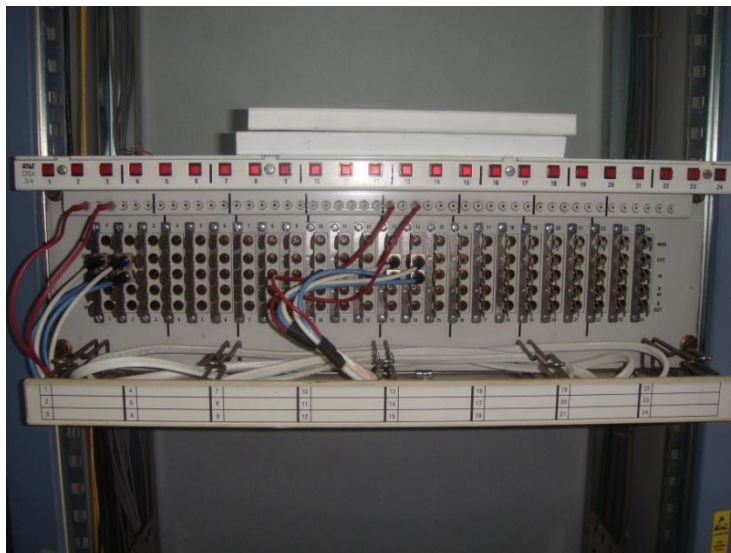
[Anexo] 1 Reflectometro (OTDR)



[Anexo] 2 Unidad de Distribución de Alimentación y fusibles



[Anexo] 3 DSX AT&T Distribuidor



[Anexo] 4 Unidades TPU y TGU alarmadas



[Anexo] 5 Unidades TGU y TPU sin alarmas

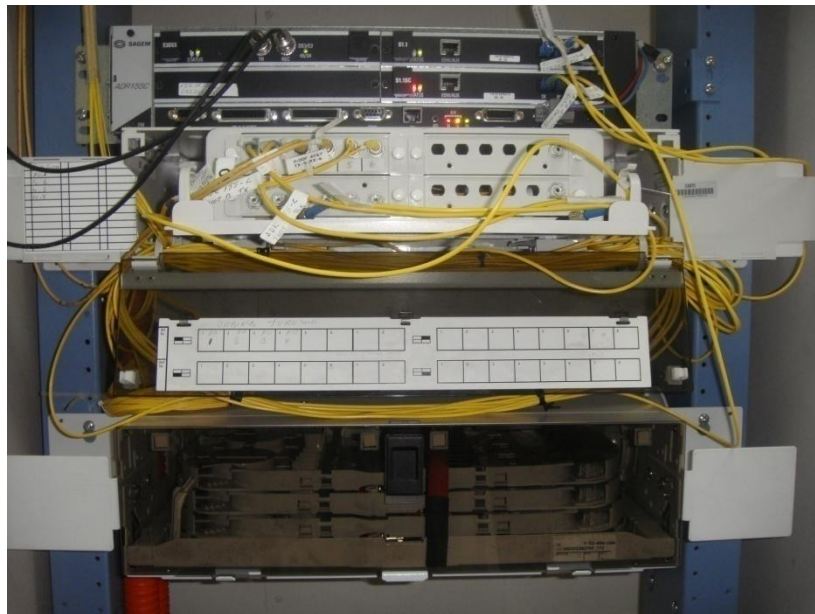




[Anexo] 6 Panel de Usuario (UPL)



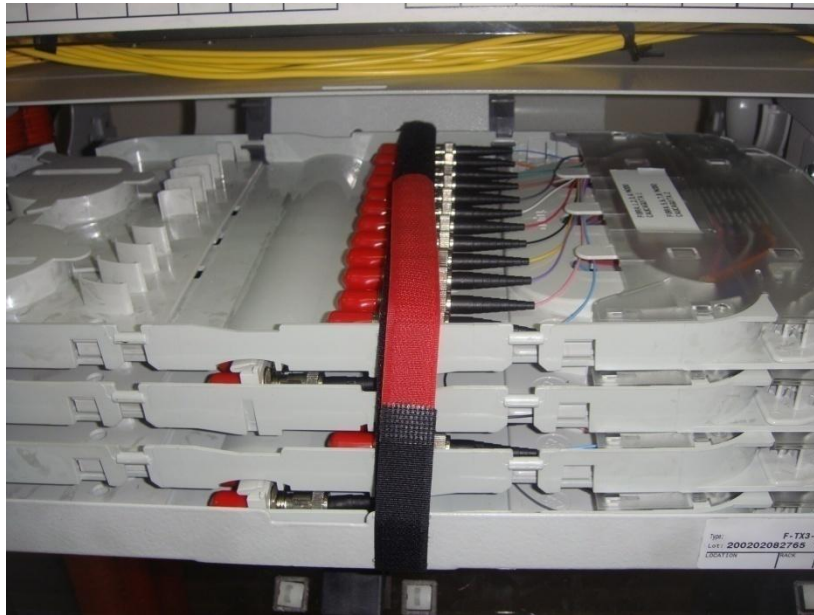
[Anexo] 7 ADR155 y ODF



[Anexo] 8 Adaptación de equipos en Mariche



[Anexo] 9 Bandejas del ODF (12 hilos por bandeja)



[Anexo] 10 ADR 155C marca Sagen (Central Mariche)



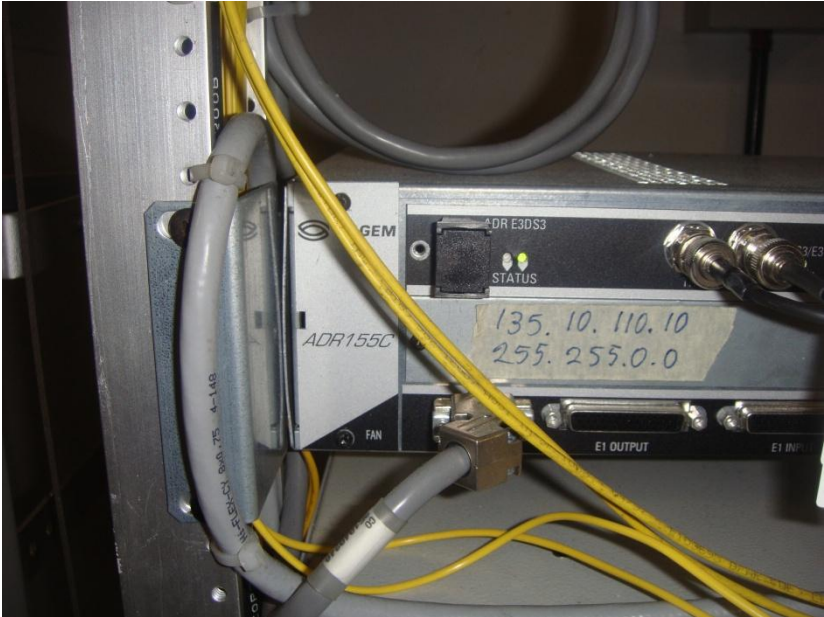
[Anexo] 11 Central Mariche (URL)



[Anexo] 12 Exterior de la Central Mariche (URL)



[Anexo] 13 ADR155C marca Sagen en la Central de la Urbina



[Anexo] 14 ODF en la Central de la Urbina



[Anexo] 15 Bastidor 19" para adaptación de SLM-2000

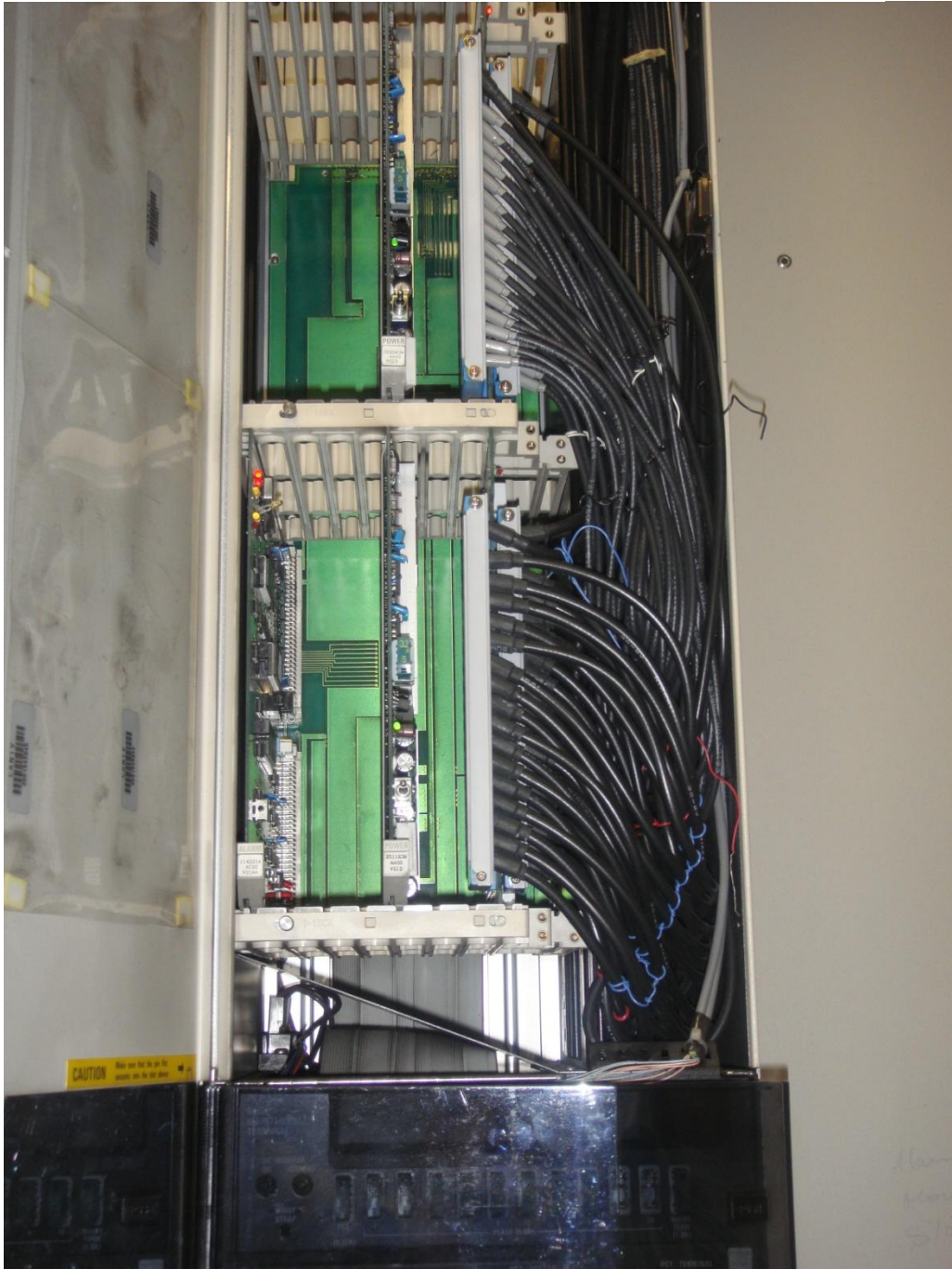


[Anexo] 16 NEC 6058 (mux 2-34 Mbps)





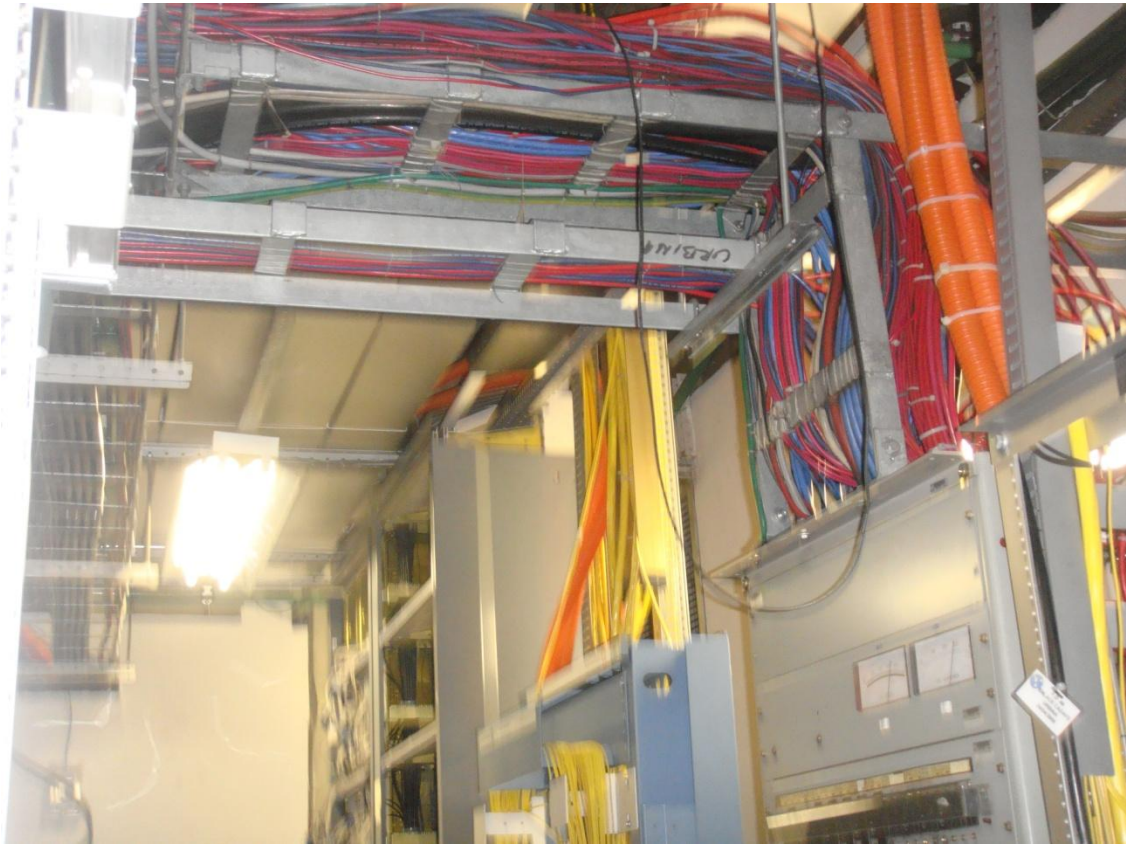
[Anexo] 17 NEC 6041 Multiplexación (34-140 Mbps)



[Anexo] 18 Conexión Eléctrica de los NEC 6058 y 6041



[Anexo] 19 Distribución de ODF hasta el SLM-2000



[Anexo] 20 SLM-2000 Urbina



[Anexo] 21 SLM-2000 con tarjetas TPU alarmadas conexión 1 + 1



[Anexo] 22 SLM-2000 sin alarmas en tarjetas



[Anexo] 23 DSX Interconexión entre NEC 6041 y SLM-2000

