

**MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO A LA
INFRAESTRUCTURA INTERNA DE TRANSMISIÓN EN UNA RED DE
TELECOMUNICACIONES POR FIBRA ÓPTICA.**

ALVARO BLANCO ESTEBAN

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2006

**MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO A LA
INFRAESTRUCTURA INTERNA DE TRANSMISIÓN EN UNA RED DE
TELECOMUNICACIONES POR FIBRA ÓPTICA.**

ALVARO BLANCO ESTEBAN

Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director: **RAMIRO GUTIERREZ CEDEÑO**
Ingeniero Electrónico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2006

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus sinceros agradecimientos a:

Dr. Carlos Ramón González Bohórquez, Ingeniero Mecánico
Coordinador del Posgrado en Gerencia de Mantenimiento de la
Universidad Industrial de Santander.

Ing. Ramiro Gutiérrez Cedeño, Ingeniero Electrónico Director del
presente Proyecto de Grado.

A todo el cuerpo de Docentes de la Universidad Industrial de Santander
que participaron durante todo el desarrollo de la Especialización.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. REDES DE TELECOMUNICACIONES POR FIBRA ÓPTICA	15
1.1 RESEÑA HISTÓRICA	15
1.2 ESTRUCTURA GENERAL DE UNA RED POR FIBRA ÓPTICA	16
1.2.1 La infraestructura externa	17
1.2.2 La infraestructura interna	27
1.3 APLICACIONES EN EL SECTOR TELECOMUNICACIONES	36
1.3.1 Redes de acceso	36
1.3.2 Redes de datos	37
1.3.3 Redes de transporte	38
2. O&M DE LA INFRAESTRUCTURA INTERNA DE TRANSMISIÓN	40
2.1 ESQUEMAS DE OPERACIÓN ACTUAL	40
2.1.1 Operación local	41
2.1.2 Operación distribuida	42
2.1.3 Operación centralizada	44
2.2 MANTENIMIENTO APLICADO EN LAS EMPRESAS DEL SECTOR	46
2.2.1 Factores determinantes	46
2.2.2 Mantenimiento reactivo	47
2.2.3 Mantenimiento correctivo programado	49
2.3 SÍNTESIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	50
2.3.1 Restricciones del mantenimiento aplicado	51
2.3.2 Causas comunes de falla	52
2.3.3 Consecuencias de la situación actual	53
2.3.4 Costo de una falla	54

2.3.5 Alternativa propuesta	55
3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO A LA INFRAESTRUCTURA INTERNA DE TRANSMISIÓN	56
3.1 REQUERIMIENTOS BÁSICOS INICIALES	56
3.1.1 Diagrama esquemático de la red	56
3.1.2 Diagramas de piso por nodo	57
3.1.3 Condiciones ambientales requeridas	59
3.1.4 Identificación de los equipos	59
3.1.5 Identificación de las fibras ópticas	60
3.1.6 Bloqueo de falsas alarmas	61
3.1.7 Instrumentación	62
3.2 RUTINAS DE MANTENIMIENTO EN LOS EQUIPOS	62
3.2.1 Verificación de los niveles de voltaje y conexión a tierra	63
3.2.2 Verificación de la temperatura	64
3.2.3 Verificación de los niveles de potencia óptica	64
3.2.4 Verificación del sistema de ventilación	65
3.2.5 Verificación del panel frontal de alarmas	66
3.2.6 Verificación de los canales de servicio	66
3.2.7 Verificación de la protección en puertos ópticos libres	67
3.3 RUTINAS DE MANTENIMIENTO DESDE LA GESTIÓN	67
3.3.1 Verificación del estado de alarmas	68
3.3.2 Verificación del desempeño del enlace	68
3.3.3 Verificación del sistema de sincronismo de red	68
3.3.4 Verificación de la conmutación a la protección	69
3.3.5 Verificación de las trazas de trayecto	69
3.3.6 Verificación de los perfiles de usuario	70

3.3.7 Backups de servicio y de configuración de la red	70
3.4 CARACTERIZACIÓN DEL MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	71
3.4.1 Esquematización del modelo	71
3.4.2 Indicadores de gestión del modelo de mantenimiento	71
3.5 EJECUCIÓN DEL MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	75
3.5.1 Divulgación y entrenamiento	75
3.5.2 Establecimiento de prioridades	76
3.5.3 Definición del cronograma	77
3.5.4 Control de ejecución	77
3.5.5 Periodos de evaluación y ajuste	77
4. IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN UNA EMPRESA DEL SECTOR TELECOMUNICACIONES	78
4.1 ANÁLISIS AL INTERIOR DE LA COMPAÑÍA	78
4.1.1 Infraestructura interna instalada	78
4.1.2 Evaluación de los procedimientos de O&M	79
4.1.3 Comportamiento de los indicadores de falla	79
4.1.4 Cálculo de pérdidas por falla	79
4.1.5 Acuerdos de nivel de servicio vigentes	79
4.1.6 Resultados del análisis	80
4.2 RECURSOS NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN	80
4.2.1 Capacitación específica al personal de O&M	80
4.2.2 Instrumentación y herramientas	81
4.2.3 Sistemas de información	81
4.2.4 Repuestos	81
4.2.5 Elementos de consumo	81

4.3 FACTORES DE RIESGO PROFESIONAL	82
4.4 BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO	83
5. CONCLUSIONES	84
BIBLIOGRAFÍA	85

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Factores que determinan el tipo de mantenimiento aplicado actualmente	47
Tabla 2. Rutinas de mantenimiento en los equipos	63
Tabla 3. Rutinas de mantenimiento desde la gestión	67

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Estructura general de una red de telecomunicaciones por fibra óptica	17
Figura 2. Espectro radioeléctrico	18
Figura 3. Reflexión de la luz	19
Figura 4. Refracción de la luz	20
Figura 5. Reflexión total de la luz	21
Figura 6. Estructura física de la fibra óptica	23
Figura 7. Comportamiento característico de los tipos de fibra	24
Figura 8. Fibra óptica multimodo índice escalonado	25
Figura 9. Fibra óptica multimodo índice gradual	26
Figura 10. Fibra óptica monomodo	27
Figura 11. Modulación por impulsos codificados	29
Figura 12. Jerarquías de transmisión PDH	31
Figura 13. Estructura de multiplexación SDH	33
Figura 14. Multiplexor básico SDH	34
Figura 15. Configuraciones típicas de red	35
Figura 16. Esquema general de una red de acceso	37
Figura 17. Esquema general de una red de datos	38
Figura 18. Esquema general de una red de transporte	39
Figura 19. Esquema de operación local	41
Figura 20. Esquema de operación distribuida	43
Figura 21. Esquema de operación centralizada	45
Figura 22. Mantenimiento reactivo	49
Figura 23. Mantenimiento correctivo programado	49

Figura 24. Promedio porcentual anual de las causas comunes de falla	53
Figura 25. Diagrama esquemático de una red de transmisión por fibra óptica	57
Figura 26. Diagrama de piso de un nodo de transmisión	58
Figura 27. Identificación de los equipos de transmisión	60
Figura 28. Identificación de fibras ópticas ocupadas en una red	61
Figura 29. Esquematización del modelo de mantenimiento preventivo	72

RESUMEN

TITULO: MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO A LA INFRAESTRUCTURA INTERNA DE TRANSMISIÓN EN UNA RED DE TELECOMUNICACIONES POR FIBRA ÓPTICA*

AUTOR: ALVARO BLANCO ESTEBAN**

PALABRAS CLAVES: MANTENIMIENTO, PREVENTIVO, FIBRA ÓPTICA, TELECOMUNICACIONES.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO: El presente trabajo propone una alternativa de mantenimiento para los equipos de transmisión de una red de telecomunicaciones por fibra óptica. Los principales aspectos tratados están relacionados con los siguientes puntos:

- En primer lugar se hace una descripción general de una red de telecomunicaciones por fibra óptica, para establecer la diferencia entre la infraestructura interna y la infraestructura externa.
- El segundo aspecto está relacionado con los esquemas de mantenimiento aplicados en las empresas operadoras de telecomunicaciones en el país. En este punto el objetivo es evaluar la situación actual en el tema del mantenimiento aplicado a las redes de telecomunicaciones por fibra óptica.
- El tercer punto contiene el modelo de mantenimiento preventivo propuesto, allí se identifican los requerimientos iniciales para la implementación del modelo, se definen las rutinas de verificación que debe hacerse en forma programada, y se establecen los pasos a seguir para la ejecución del modelo.
- El cuarto punto indica como debe hacerse la implementación en una empresa operadora de servicios de telecomunicaciones, especificando cuales son los recursos necesarios.

El resultado final de trabajo demuestra que el mantenimiento reactivo y el mantenimiento correctivo programado, no son el esquema más apropiado porque traen como consecuencia para la empresa pérdidas económicas, mientras que el modelo de mantenimiento preventivo aplicado ofrece mejores beneficios para la empresa que lo aplique.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Ramiro Gutiérrez Cedeño, Ingeniero Electrónico.

SUMMARY

TITLE: MODEL OF PREVENTIVE MAINTENANCE APPLIED TO THE INTERNAL INFRASTRUCTURE OF TRANSMISSION IN A NET OF TELECOMMUNICATIONS FOR OPTICAL FIBER*

AUTHOR: ALVARO BLANCO ESTEBAN**

KEYWORDS: MAINTENANCE, PREVENTIVE, OPTICAL FIBER, TELECOMMUNICATIONS.

SUBJECT OR DESCRIPTION: The present work proposes an alternative of maintenance for the equipments (teams) of transmission of a net of telecommunications for optical fiber. The principal treated aspects are related to the following points:

- First there is done a general description of a net of telecommunications by optical fiber, to establish the difference between the internal infrastructure and the external infrastructure.
- The second aspect is related to the schemes of maintenance applied in the companies of telecommunications in the country. In this point the objective is evaluate the current situation in the topic of the maintenance applied to the nets of telecommunications for optical fiber.
- The third point there contains the model of preventive proposed maintenance, there the initial requirements are identified for the implementation of the model, there are defined the routines of monitoring that must be done in programmed form, and the steps are established to continuing for the execution of the model.
- The fourth point indicates like the implementation must be done in a company of services of telecommunications, specifying which are the necessary resources.

The final result of work demonstrates that I reactivate the maintenance and the corrective programmed maintenance, they are not the most appropriate scheme because they bring as consequence for the company economic losses, whereas the model of preventive applied (hardworking) maintenance offers better benefits for the company that applies it.

* Monograph

** School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization.
Director: Ramiro Gutiérrez Cedeño, Electronic Engineer.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico de las redes de telecomunicaciones por fibra óptica es incuestionable, la cantidad de servicios que soportan las redes instaladas en el país cubren la demanda en cuanto a la transmisión de voz, datos, imágenes y el acceso a la Internet. Para sostener toda la infraestructura interna compuesta por los equipos de transmisión instalados en los nodos de las empresas operadoras, se requiere de la aplicación de las mejores prácticas de mantenimiento disponibles.

En el presente documento se identifican los elementos componentes de la infraestructura interna de transmisión, los tipos de redes dispuestos en las empresas operadoras de servicios de telecomunicaciones, y los esquemas de operación utilizados en la actualidad.

Con base en los tipos de mantenimiento que se viene empleando, se elaboró una propuesta que presenta un modelo de mantenimiento preventivo aplicado a la infraestructura interna de transmisión, donde se definen los requerimientos mínimos para su ejecución, se establecen las rutinas de verificación que deben cumplirse, y finalmente se indican las acciones a seguir para su implementación en una empresa operadora de servicios de telecomunicaciones.

1. REDES DE TELECOMUNICACIONES POR FIBRA ÓPTICA

El avance tecnológico alcanzado en el sector de las telecomunicaciones los últimos veinte años es sorprendente, se pasó del teléfono se mesa tradicional a un computador sobre el cual se pueden soportar servicios de voz, datos y video, sin embargo todo ese desarrollo no habría sido posible sin el advenimiento de las redes de telecomunicaciones por fibra óptica, este medio de transmisión es el único que brinda la capacidad de transportar el volumen de información que exige el mundo actual. Las empresas operadoras soportan los servicios en redes instaladas a lo largo y ancho del país, las cuales están compuestas por dos elementos principales, la infraestructura externa y la infraestructura interna; la primera está asociada a la red física de los cables de fibra óptica que han sido tendidos, y la segunda corresponde a los equipos de transmisión instalados en los nodos que integran toda la red.

1.1 RESEÑA HISTÓRICA

Durante siglos el hombre se ha interesado en la construcción de sistemas que permitan transmitir mensajes, mediante la utilización de la luz como elemento portador; un ejemplo palpable se registró en Francia en 1790, cuando el señor Claude Chappe construyó un teléfono óptico que consistía en una cadena de torres móviles, con las cuales se enviaban señales luminosas de una a otra, logrando alcanzar distancias hasta de 200 Km., en 15 minutos.

Alexander Graham Bell desarrolló en 1889 el “Photophon”, con el cual señales de voz podrían ser transmitidas con ayuda de la luz solar, sin embargo su propuesta no tuvo éxito porque los factores climáticos afectaban la transmisión.

En 1934 el norteamericano Norman R. French patentó un sistema telefónico donde la señal de voz era transmitida por una red de conductores ópticos, formados por varillas de vidrio con un coeficiente de atenuación pequeño, ajustado en forma respectiva a la longitud de onda aplicada; la base del sistema descrito se fundamentó en los experimentos del físico inglés John Tyndall, quien demostró en 1870 que un chorro de agua podría conducir la luz.

Los ingleses Charles R. Kao y George A. Hockham sugirieron en 1966 utilizar las fibras de vidrio como conductores, pero la atenuación o pérdidas que ellas presentaban hasta esa época, no permitían cubrir largas distancias, aún con los desarrollos alcanzados por los premios Nóbel Arthur Shawlow y Charles H. Townes sobre la fuente de luz láser en 1958.

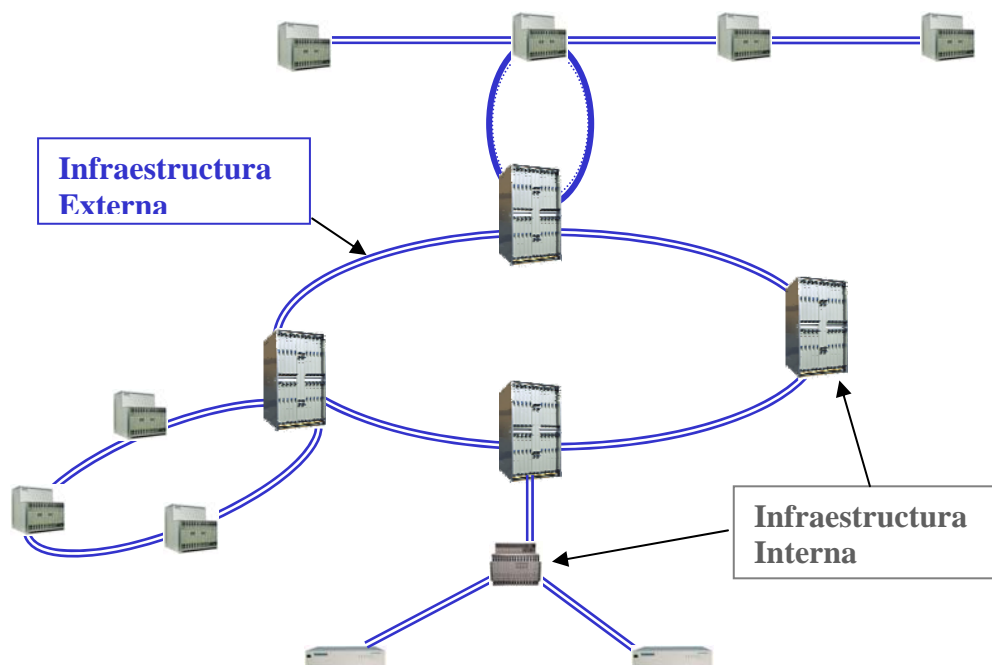
La compañía Norteamérica Corning Glass Works fabricó en 1970 conductores de fibra óptica de perfil escalonado, los cuales a una señal de luz con longitud de onda 633 nm, ofrecían valores de atenuación por debajo de los 20 dB/Km; posteriormente en 1972, lograron desarrollar fibras ópticas de perfil gradual con atenuación de 0.4 dB/Km a 1.300 nm. Entre 1973 y 1976 las compañías norteamericanas Wester Electric y la Bell Systems realizaron pruebas de campo sobre este nuevo medio de transmisión, mejorando en forma simultánea los elementos a utilizarse como transmisores y receptores ópticos. En 1983 la firma Siecor Corporation fabricante de fibras ópticas, suministran en Nueva York los primeros cables de fibra óptica monomodo para una compañía telefónica.

1.2 ESTRUCTURA GENERAL DE UNA RED POR FIBRA ÓPTICA

Toda red de telecomunicaciones por fibra óptica está soportada sobre dos pilares fundamentales, el primero lo conforma la red física de cables tendida en forma subterránea, aérea o submarina, y el segundo lo componen todos los equipos electrónicos ubicados al interior de las instalaciones de las empresas operadoras

de servicios de telecomunicaciones; las partes señaladas anteriormente se identifican como *infraestructura externa* e *infraestructura interna* respectivamente. La Figura 1 presenta en forma esquemática la estructura general de una red de telecomunicaciones por fibra óptica, identificando los elementos principales que la componen.

Figura 1. Estructura general de una red de telecomunicaciones por fibra óptica

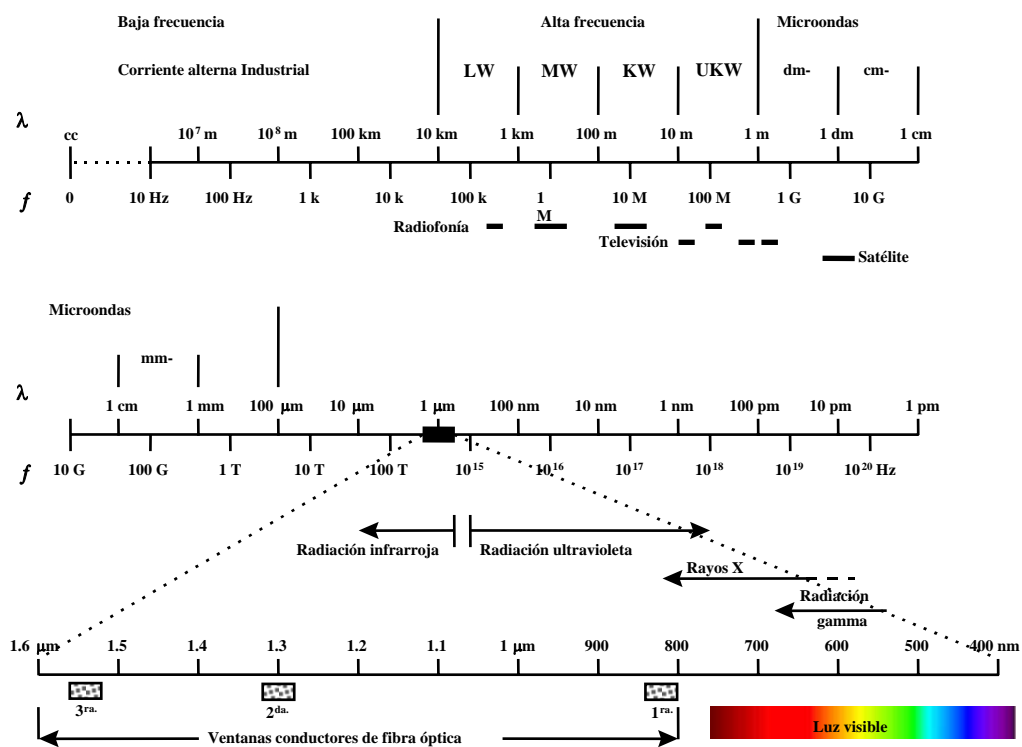


1.2.1 La infraestructura externa. El componente fundamental de la infraestructura externa lo constituye la fibra óptica, a continuación se presentan las características principales de este medio físico de transmisión.

- **Principios físicos aplicados en la fibra óptica.** Para comprender el funcionamiento de un medio de transmisión importante como la fibra óptica, se debe hacer referencia a algunos principios y elementos físicos aplicados a las ondas electromagnéticas.

- Espectro electromagnético.** Las ondas electromagnéticas han sido utilizadas por el hombre para transmitir información desde hace más de 1 siglo; su importancia radica en que ellas pueden propagarse a muy alta velocidad, tanto en el vacío como en un medio físico eléctrico o dieléctrico. Las telecomunicaciones basadas en un medio de transmisión como la fibra óptica, utilizan una parte del espectro radioeléctrico ubicado justamente antes de los rayos infrarrojos o de luz visible, las longitudes de onda asignadas por los organismos regulatorios se encuentran ubicadas en tres “ventanas”, la Figura 2 presenta el espectro radioeléctrico y sus diferentes aplicaciones.

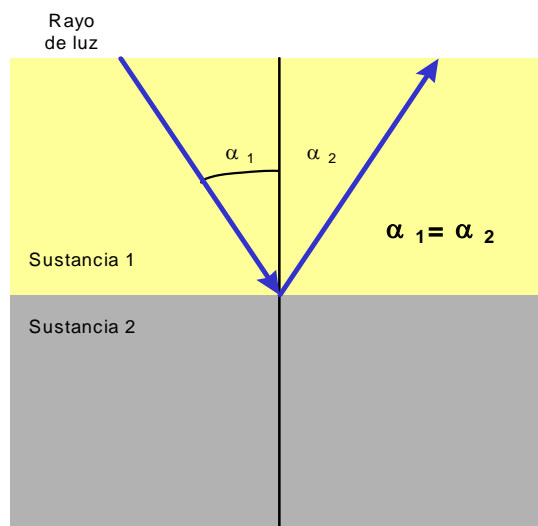
Figura 2. Espectro radioeléctrico



- ⇒ Primera ventana → Entre los 820 nm, y los 870 nm.
- ⇒ Segunda ventana → Entre los 1270 nm, y los 1320 nm.
- ⇒ Tercera ventana → Entre los 1510 nm, y los 1560 nm.

- **Reflexión.** Si una onda luminosa incide sobre la superficie que separa dos sustancias, una parte o fracción de la misma es reflejada y su proporción es función del ángulo incidente α_1 , formado con la perpendicular a la superficie de separación de las sustancias. El rayo luminoso reflejado forma un ángulo α_2 con la perpendicular a la superficie de separación (ver Figura 3), además, se mantiene en el plano formado por el rayo luminoso incidente y la perpendicular a la superficie de separación de las sustancias, ubicándose en el semiplano opuesto con la relación al rayo luminoso incidente, por tanto se cumple que $\alpha_1 = \alpha_2$.

Figura 3. Reflexión de la luz



- **Refracción.** Cuando un rayo luminoso incide con un ángulo α desde una sustancia ópticamente menos densa a otra más densa, la dirección de propagación del mismo se altera y su trayectoria continua en la segunda sustancia con un ángulo β , llamado de refracción.

En situaciones denominadas isotrópicas, es decir aquellas donde el material o el medio presenta idénticas propiedades en todas sus direcciones, se aplica la “ Ley

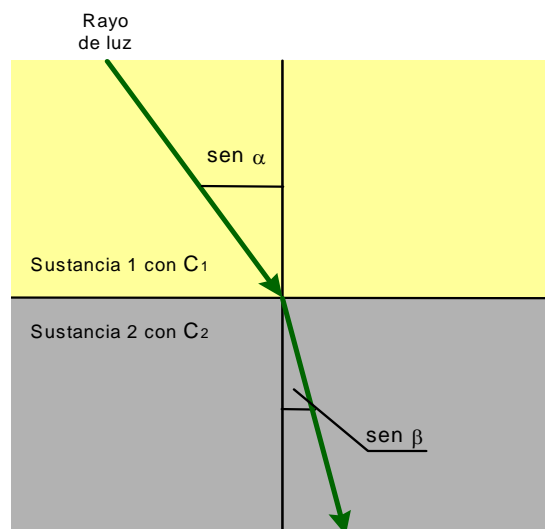
de Refracción de Snell “ que señala: El cociente entre el seno del ángulo de incidencia α y el seno del ángulo de refracción β es constante e igual a la relación de las velocidades de la luz C_1 / C_2 en ambas sustancias (ver Figura 4).

Para dos sustancias que sean transparentes, se considera más densa aquella en la cual la velocidad de propagación de la luz es menor. Cuando se presenta una transición desde el vacío, que puede aproximarse al aire, donde la velocidad de la luz es C_0 , a otra sustancia con velocidad de la luz C , al aplicar la ley de refracción de Snell se obtiene:

$$\frac{\text{Sen } \alpha}{\text{Sen } \beta} = \frac{C_0}{C} \quad \text{donde,} \quad \frac{C_0}{C} = n$$

Esta relación entre la velocidad de la luz en el vacío C_0 y la de la sustancia C , se denomina índice de refracción n de esa sustancia y corresponde a un valor constante de la misma; el índice de refracción del vacío n_0 se aproxima al aire y es igual a uno.

Figura 4. Refracción de la luz



$$\frac{\text{sen } \alpha}{\text{sen } \beta} = \frac{C_1}{C_2}$$

α : ángulo de incidencia
 β : ángulo de refracción
 C_1 : velocidad de la luz en la sustancia 1
 C_2 : velocidad de la luz en la sustancia 2

Si se tienen dos sustancias diferentes con índices de refracción n_1 y n_2 , correspondientes a las velocidades de propagación de la luz c_1 y c_2 , se obtiene:

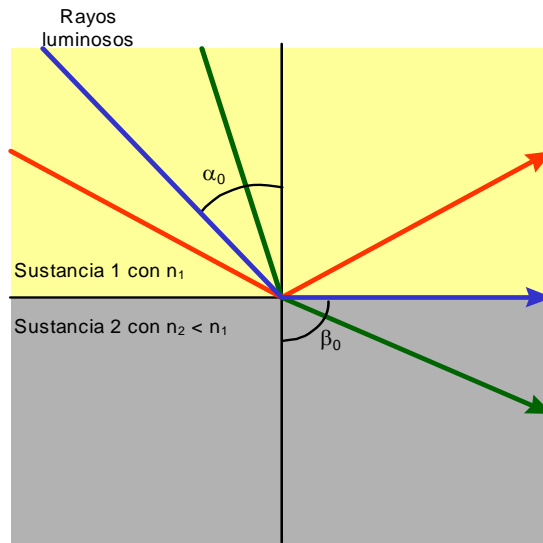
$$c_1 = \frac{c_0}{n_1} \quad \text{y} \quad c_2 = \frac{c_0}{n_2}$$

con lo cual al aplicar la ley de refracción de Snell, entonces:

$$\frac{\text{Sen } \alpha}{\text{Sen } \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

Esta es otra expresión de la ley de refracción de Snell, donde se señala que la relación del seno del ángulo de incidencia con el seno del ángulo de refracción, es inversamente proporcional a la respectiva relación de los índices de refracción.

Figura 5. Reflexión total de la luz



- **Reflexión total.** Si un rayo luminoso incide con un ángulo α , desde una sustancia óptica más densa, con un índice de refracción n_1 sobre la superficie de separación de otra sustancia ópticamente menos densa con índice de refracción n_2 , el ángulo de refracción β_0 puede llegar a ser igual a 90° a medida que el ángulo

luminoso incidente sea cada vez mayor; cuando se alcanza estas condiciones el rayo luminoso continúa su trayectoria paralelamente a la superficie de separación de ambas sustancias, y el ángulo de incidencia toma el nombre de “ángulo límite α_0 ” de las dos sustancias (ver Figura 5).

Al aplicar la ley de refracción de Snell, se obtiene:

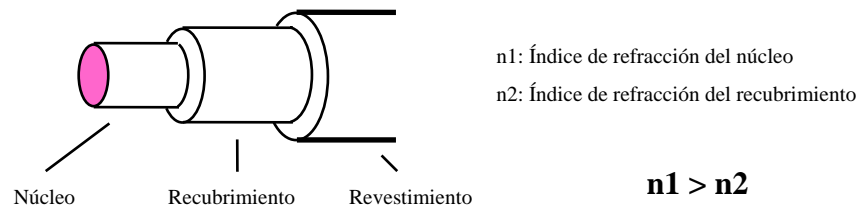
$$\text{Sen } \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

por tanto el ángulo límite α_0 es función de la relación de los índices de refracción n_1 y n_2 de ambas sustancias; a partir de el, todos los rayos con ángulos mayores serán reflejados totalmente en la superficie que separa las dos sustancias, desplazándose por la sustancia más densa.

- **Conformación del conductor de fibra óptica.** Básicamente un conductor de fibra óptica lo conforman dos elementos principales: El núcleo y el recubrimiento, cada uno de ellos compuesto por un material ópticamente transparente, por ejemplo, el vidrio de cuarzo.

El núcleo, área central de un conductor de fibra óptica, se utiliza para transportar o conducir las ondas luminosas. Para que esta conducción sea posible, el núcleo se elabora con un índice de refracción n_1 mayor que el índice de refracción n_2 definido para el recubrimiento, de esta forma las ondas luminosas quedan atrapadas el interior del núcleo, teniendo en cuenta que se presenta una reflexión total permanente sobre la superficie límite entre ambos medios. Adicionalmente a los dos elementos principales, durante la fabricación se aplica una capa denominada revestimiento, en contacto directo con el recubrimiento, fabricada en material sintético fácil de retirar al efectuar los empalmes (ver Figura 6).

Figura 6. Estructura física de la fibra óptica

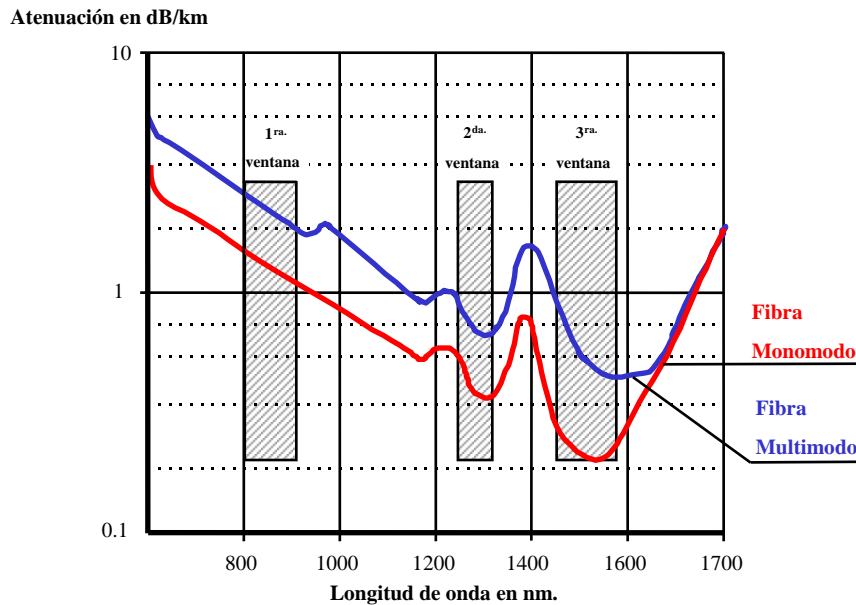


Las dimensiones para cada uno de los elementos, son definidas por los diferentes organismos de normalización internacional como la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) o la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional), de donde se obtiene los siguientes rangos para los valores relacionados con el diámetro:

- Núcleo:
Entre 10 y 100 μm con tolerancias entre + / - 1 y 3.
- Recubrimiento:
Entre 100 y 150 μm con tolerancias entre + / - 3 y 5.
- Revestimiento:
Entre 250 y 500 μm .

• **Tipos de fibra óptica.** Existen dos tipos principales de fibras ópticas, clasificados según la trayectoria que siguen los impulsos luminosos en el interior del núcleo, este aspecto reconocido más exactamente con el nombre de modo de propagación, depende directamente de dos parámetros físicos fundamentales definidos en la fabricación: el primero, la forma descrita por el valor del índice de refracción, y el segundo, el diámetro del núcleo. La Figura 7 presenta el comportamiento característico de los dos tipos de fibra.

Figura 7. Comportamiento característico de los tipos de fibra



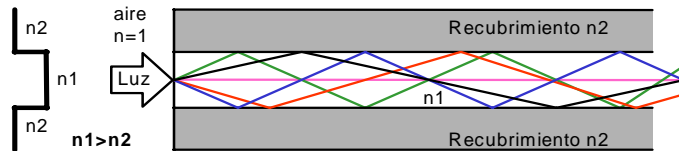
- Fibras multimodo de índice escalonado.** Para que la luz sea conducida en el núcleo de un conductor de fibra óptica con índice escalonado, el índice de refracción del núcleo n_1 debe ser algo mayor que el del recubrimiento n_2 . Si el valor del índice de refracción n_1 se mantiene constante en toda la sección del núcleo, se habla entonces de una fibra con perfil escalonado, dado que el índice se incrementa en forma de escalón a partir del valor que tiene en el recubrimiento hasta el que posee en el núcleo y allí permanece constante.

Las dimensiones típicas de un conductor de fibra óptica multimodo con índice escalonado, oscila entre los siguientes valores:

Diámetro del núcleo: Entre 50 y 100 μ m

Diámetro del recubrimiento: Entre 100 y 140 μ m

Figura 8. Fibra óptica multimodo índice escalonado



Un haz de luz ubicado en cualquiera de las tres ventanas, aplicado a una fibra con las características señaladas anteriormente, estará formado por múltiples impulsos luminosos parciales que serán conducidos por el núcleo en igual número de modos; la Figura 8 representa un conductor de fibra óptica multimodo con perfil escalonado, además, ilustra el modo de propagación de la luz en su interior. Como se observa cada uno de los modos recorre una distancia diferente, sea mayor o menor, con lo cual se produce una dispersión de los pulsos enviados a lo largo de la fibra, en consecuencia este tipo de fibra solamente se puede utilizar en cortas distancias, porque a distancias mayores la dispersión origina degradación en la información transmitida. En la práctica ésta fibra se emplea para hacer conexiones internas en equipos o instrumentación, donde las velocidades de transmisión son relativamente pequeñas, pero exigen de una alta calidad del medio.

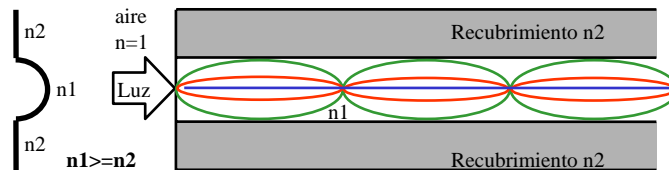
- **Fibras multimodo de índice gradual.** El efecto no deseado de la dispersión que sufren los pulsos enviados en una fibra óptica multimodo con índice escalonado, puede reducirse considerablemente si el índice de refracción del núcleo varía en forma parabólica, desde un valor máximo en el eje del conductor a un menor valor sobre el límite con el recubrimiento; cuando se conforma un perfil de tipo parabólico para el índice de refracción del núcleo, se habla entonces de una fibra con perfil gradual. Las dimensiones típicas de un conductor de fibra óptica multimodo con índice gradual son:

Diámetro del núcleo: $50 \mu\text{m}$

Diámetro de recubrimiento: $125 \mu\text{m}$

Como consecuencia de la variación continua del índice de refracción en el núcleo, los rayos luminosos también varían continuamente su dirección de propagación siguiendo trayectorias helicoidales; la Figura 9 representa un conductor de fibra óptica multimodo con perfil gradual e ilustra el modo de propagación de la luz.

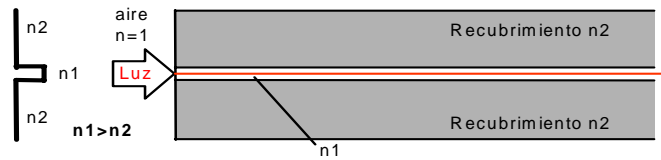
Figura 9. Fibra óptica multimodo índice gradual



Al observar la Figura 9, puede afirmarse que los rayos oscilantes en torno del eje deben recorrer un camino más largo que los rayos propagados sobre el mismo eje, no obstante, los primeros pueden desarrollar una mayor velocidad, proporcional al menor índice de refracción del material en los puntos más alejados del eje, de tal forma que compensa en el tiempo la mayor extensión del recorrido; como resultado de esta compensación se corrige en gran medida los efectos de la dispersión, permitiendo utilizar este tipo de fibra para transmisiones a mayor distancia. En la práctica las fibras multimodo índice gradual, se emplean en redes de área local o en la interconexión de sistemas de transmisión, con distancias no mayores a 10 Km y velocidades hasta de 140 Mbits/seg.

- **Fibras monomodo.** Eliminar el efecto de la dispersión modal presente en los otros tipos de fibra, se logra precisamente como su nombre lo indica en las fibras monomodo, para ello se reduce el diámetro del núcleo a valores comparables con la longitud de onda a transportar, con lo cual la energía luminosa se propaga de un modo únicamente; la Figura 10 representa un conductor de fibra monomodo e ilustra el modo de propagación de la luz.

Figura 10. Fibra óptica monomodo



Las dimensiones típicas de un conductor de fibra óptica monomodo son:

Diámetro del núcleo: de 3 á 10 μ m

Diámetro del recubrimiento: 125 μ m

Siendo la principal característica física de la fibra monomodo el reducido diámetro del núcleo, los métodos utilizados para acoplar la fuente de la luz a la fibra son muy especializados, este aspecto se ve reflejado en los costos de los sistemas de transmisión basados en este tipo de fibra, sin embargo la relación costo/beneficio no tienen ningún punto de comparación con otros sistemas. Hoy en día, todos los sistemas de telecomunicaciones requieren transportar gran capacidad de información; sin el desarrollo alcanzado por la fibra óptica monomodo, no habría sido posible llegar a velocidades de transmisión del orden de los Terabit/seg, cubriendo distancias de aproximadamente 150 Km sin regeneración.

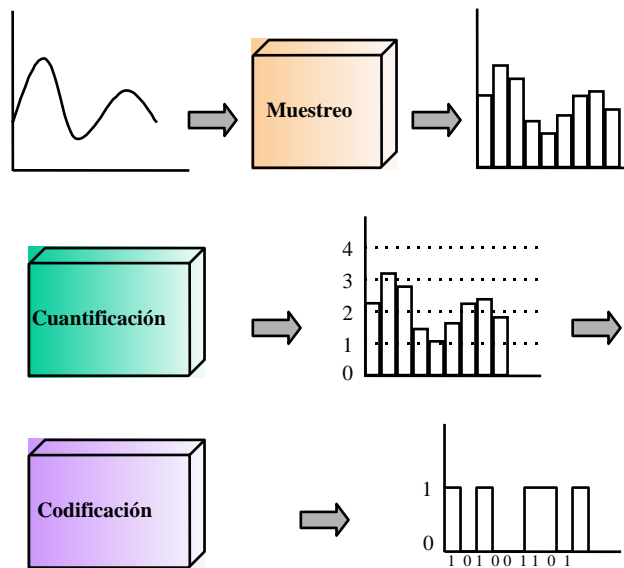
1.2.2 La infraestructura interna. El crecimiento generado por la demanda de nuevos servicios en el sector de las telecomunicaciones, impulsaron cambios sustanciales en los medios y equipos de transmisión; las redes de transporte pasaron de los sistemas analógicos multiplexados en frecuencia a los sistemas digitales de alta capacidad multiplexados en tiempo, estos últimos a su vez evolucionaron de la jerarquía digital plesiócrona (PDH) hacia la jerarquía digital sincronía (SDH).

El componente fundamental de la infraestructura interna de una red de telecomunicaciones por fibra óptica lo constituyen los equipos de transmisión, estos elementos básicamente son dispositivos electrónicos que se manejan grandes volúmenes de información convertida en impulsos eléctricos, con capacidad suficiente para organizarla y enviarla por medio de pulsos de luz no visible a través de las fibras ópticas.

- **Equipos de transmisión.** Las redes mundiales de telecomunicaciones fueron concebidas en sus inicios como mecanismo de transporte para las señales de voz entre aparatos telefónicos, esta función se lograba mediante la transmisión de señales analógicas por pares trenzados de cobre. A comienzos de la década de los 70's aparecen los primeros sistemas digitales, los cuales utilizaban la modulación por impulsos codificados (MIC o PCM), aún vigente; este método permite representar en forma binaria las ondas analógicas (como la voz humana), traduciendo una señal análoga, de ancho de banda 4 KHz, en un tren de impulsos digitales a 64 Kbit/s. La Figura 11 muestra los principios fundamentales de la modulación MIC (Modulación por Impulsos Codificados), conocida comúnmente por la sigla en inglés PCM (Pulse Code Modulation).

La búsqueda incansable por la optimización de los recursos, lleva a las empresas productoras de equipos de telecomunicaciones a proponer la combinación de varios canales de PCM, con el objeto de transmitirlos por el mismo par trenzado de cobre, donde anteriormente se transmitía una sola señal analógica. El método utilizado para combinar los múltiples canales de 64 Kbit/s en un solo tren de bits de mayor velocidad se denomina multiplexación por división de tiempo (TDM), y consiste en términos generales en ir tomando un byte u octeto proveniente de cada señal a 64 Kbit/s, para transmitirlos en forma secuencial sobre un solo canal de salida a una velocidad de $N \times 64$ Kbit/s, siendo N el número total de canales PCM a transmitir.

Figura 11. Modulación por impulsos codificados



En Europa y posteriormente en muchas otras regiones del mundo, se adoptó un patrón de TDM mediante el cual se combinan treinta canales de 64 Kbit/s, más dos canales adicionales de control para producir finalmente un canal con una velocidad binaria de 2,048 Mbit/s. A partir de ese momento los fabricantes de equipos de telecomunicaciones inician una carrera sin límite buscando ampliar la capacidad de transmisión de sus equipos, teniendo en cuenta que paralelamente se venía desarrollando la fibra óptica, un medio físico de transmisión con capacidad prácticamente ilimitada. Como resultado de esa carrera nace un estándar de transmisión conocido como la “*Jerarquía Digital Plesiócrona*” o PDH, cuya característica principal radica en que la transmisión de las señales se efectúa en forma casi síncrona. Posteriormente y con base en algunas limitaciones evidentes del PDH, surge un nuevo estándar que se conoce con el nombre de la “*Jerarquía Digital Síncrona*” o SDH¹, cuya característica principal la constituye el hecho de que las señales se transmiten en forma totalmente síncrona; a

¹ SDH: Synchronous Digital Hierarchy. SIEMENS. SDH, SMA4 System Training. Alemania: Siemens, 1995. p. 25

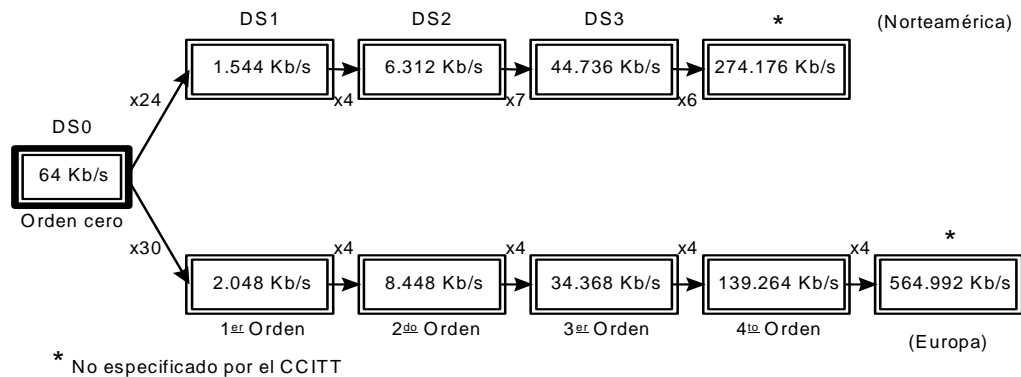
continuación se estudian estas dos jerarquías, las cuales son la base del funcionamiento de los equipos de transmisión en una red de telecomunicaciones por fibra óptica.

- **Jerarquía digital plesiócrona - PDH.** Cuando se logró establecer la velocidad primaria de 2,048 Mbit/s como una alternativa de transmisión para canales de voz, las empresas de telecomunicaciones procedieron a instalar este sistema, con la dificultad que ante el alto tráfico presente en sus redes de transporte, el número de enlaces era excesivo haciéndose evidente que la señal a 2 MBIT/s no era suficiente para atender la demanda; en consecuencia, las empresas fabricantes de equipos y los organismos de regulación internacional como el CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía), hoy conocido como UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Telecomunicaciones), tomaron la decisión de crear un nivel adicional de multiplexación que condujo al nacimiento en primera instancia de la transmisión "*plesiócrona*" o PDH, expresión de origen griego que equivale a transmisión "casi síncrona". La norma se adoptó en Europa y comprendía la combinación de cuatro canales de 2 Mbit/s para producir un solo canal de 8 Mbit/s; este nivel de multiplexación difería ligeramente del anterior, ya que las señales entrantes se combinan bit por bit en lugar de byte por byte, es decir, con entrelazado de bits en lugar de entrelazado de bytes. Conforme se fue aumentando la necesidad, se agregaron a la norma niveles adicionales de multiplexación a 34, 140 y 565 Mbit/s, creando así una jerarquía completa de velocidades binarias de transmisión.

Simultáneamente al desarrollo de la jerarquía de transmisión Europea, se realizaron trabajos similares en Norteamérica para implementar su propia jerarquía, los principios aplicados eran los mismos pero la jerarquía adoptada fue un tanto diferente, con velocidades binarias ligeramente más bajas de 1.5, 6 y 45 Mbit/s; a la postre, esas pequeñas diferencias, condujeron a que el interrelación

entre las dos jerarquías tuviese un alto costo. La Figura 12 presenta una comparación entre la jerarquía de transmisión norteamericana con la europea.

Figura 12. Jerarquías de transmisión PDH



- Jerarquía Digital Síncrona - SDH.** El advenimiento del sistema de transmisión síncrono se da a partir de las limitaciones evidentes de la jerarquía digital plesiócrona, y en la necesidad de unificar en un solo sistema las diferentes estructuras de multiplexación digital existentes, las cuales obligaban a efectuar conversiones generalmente costosas, para poder llevar la señal de un país a otro. Paralelamente a esta situación, los grandes avances logrados por las compañías dedicadas al perfeccionamiento de las fibras ópticas, como medio ideal de transporte para comunicaciones digitales de alta capacidad, fueron otro factor preponderante que dieron el impulso final para su llegada, un caso muy especial se presentó en la empresas operadoras de redes de comunicación en los Estados Unidos, ellos querían obviar el compromiso que les significaba el tener que sujetarse a soluciones dadas por los fabricantes de equipos, quienes les ofrecían sistemas de transmisión por fibra óptica, pero desarrollados en forma individual con métodos de codificación totalmente independientes y además propietarios.

Con el objeto de apartarse de los sistemas particulares con derechos de propiedad, y con miras a lograr una verdadera interconexión entre los diversos

fabricantes, en 1985 el comité T1X1 del ANSI (American National Standard Institute) dió inicio a la elaboración de una normatividad para redes ópticas (SONET: Synchronous Optical Network), basada en una propuesta de la firma Bellcore. En 1986, el CCITT se interesó en las labores que se estaban desarrollando en torno a las normas SONET, y después de intensas discusiones sobre la mejor forma de incorporar tanto la jerarquía de transmisión norteamericana como también la europea, se logra finalmente publicar en 1989 la normatividad mundial de la Jerarquía Digital Síncrona en el libro azul del CCITT.

El SDH entonces se constituye en un método de multiplexación standard internacional, dirigido a las redes de comunicaciones ópticas de alta capacidad, el cual se encuentra normatizado por el CCITT en tres recomendaciones principales que son:

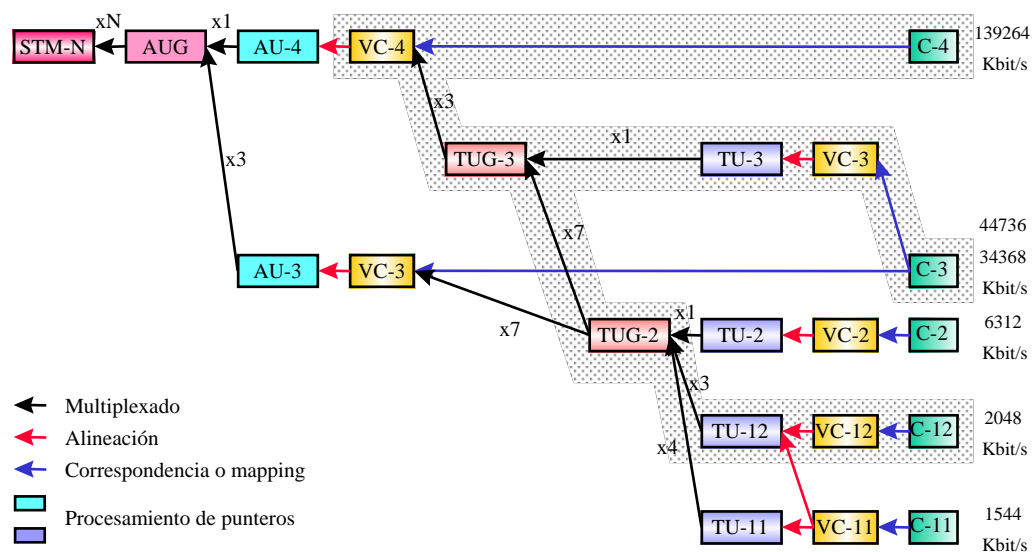
- ⇒ Estructura de trama → Recomendación G.708
- ⇒ Estructura básica de Multiplexación → Recomendación G.709
- ⇒ Velocidades de Transmisión → Recomendación G.707

La recomendación G.709 del CCITT desde su concepción dió la posibilidad del multiplexar los afluentes de las jerarquías digitales plesiócronas, para entramarlas y acomodarlas dentro de la trama básica STM-1. Las velocidades de bit para los niveles más altos de la jerarquía SDH, van de acuerdo al nivel (N) del módulo de transporte síncrono (STM-N). La recomendación G.707 del CCITT establece las siguientes velocidades:

NIVEL	SEÑAL	VELOCIDAD
1	STM-1	$155.520 \times 1 = 155.520 \text{ Mbit/s}$
4	STM-4	$155.520 \times 4 = 622.080 \text{ Mbit/s}$
16	STM-16	$155.520 \times 16 = 2.488.320 \text{ Mbit/s}$
64	STM-64	$155.520 \times 64 = 9.953.280 \text{ Mbit/s}$

La Figura 13 muestra la estructura de multiplexación SDH definida en la recomendación G.709 del CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía), hoy UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Telecomunicaciones).

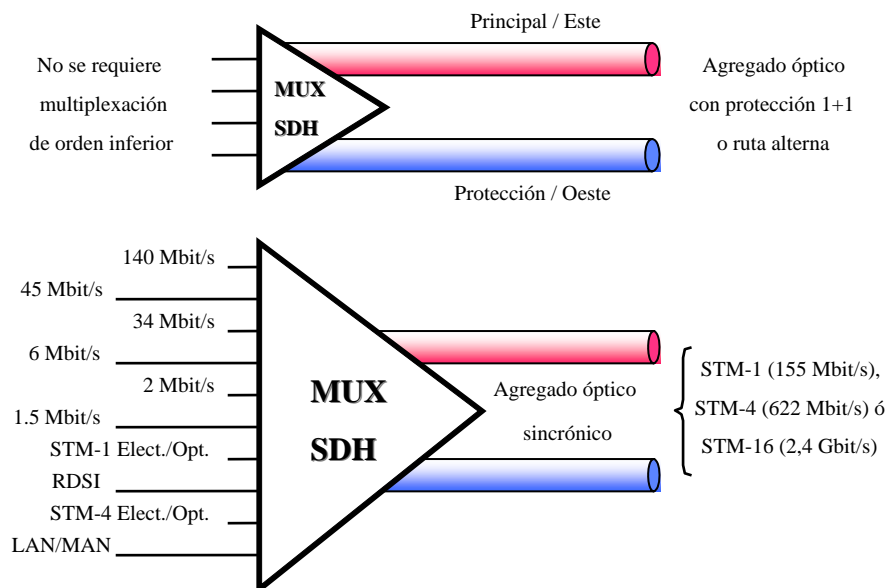
Figura 13. Estructura de multiplexación SDH



- **Configuraciones típicas de red.** Tal como fueron definidos los equipos multiplexores síncronos en las recomendaciones del CCITT relacionadas con la Jerarquía Digital Síncrona (SDH), estos desempeñan funciones tanto de multiplexación como de equipo terminal de línea óptica, por consiguiente, un multiplexor síncrono puede sustituir un banco completo de multiplexores plesiócronicos con sus correspondientes equipos de terminación de línea; además, pueden aceptar una amplia gama de tributarios con diversas tecnologías y ofrecer una variedad de velocidades de transmisión en la salida o “agregado”.

La Figura 14 presenta este caso junto con el multiplexor síncrono básico.

Figura 14. Multiplexor básico SDH

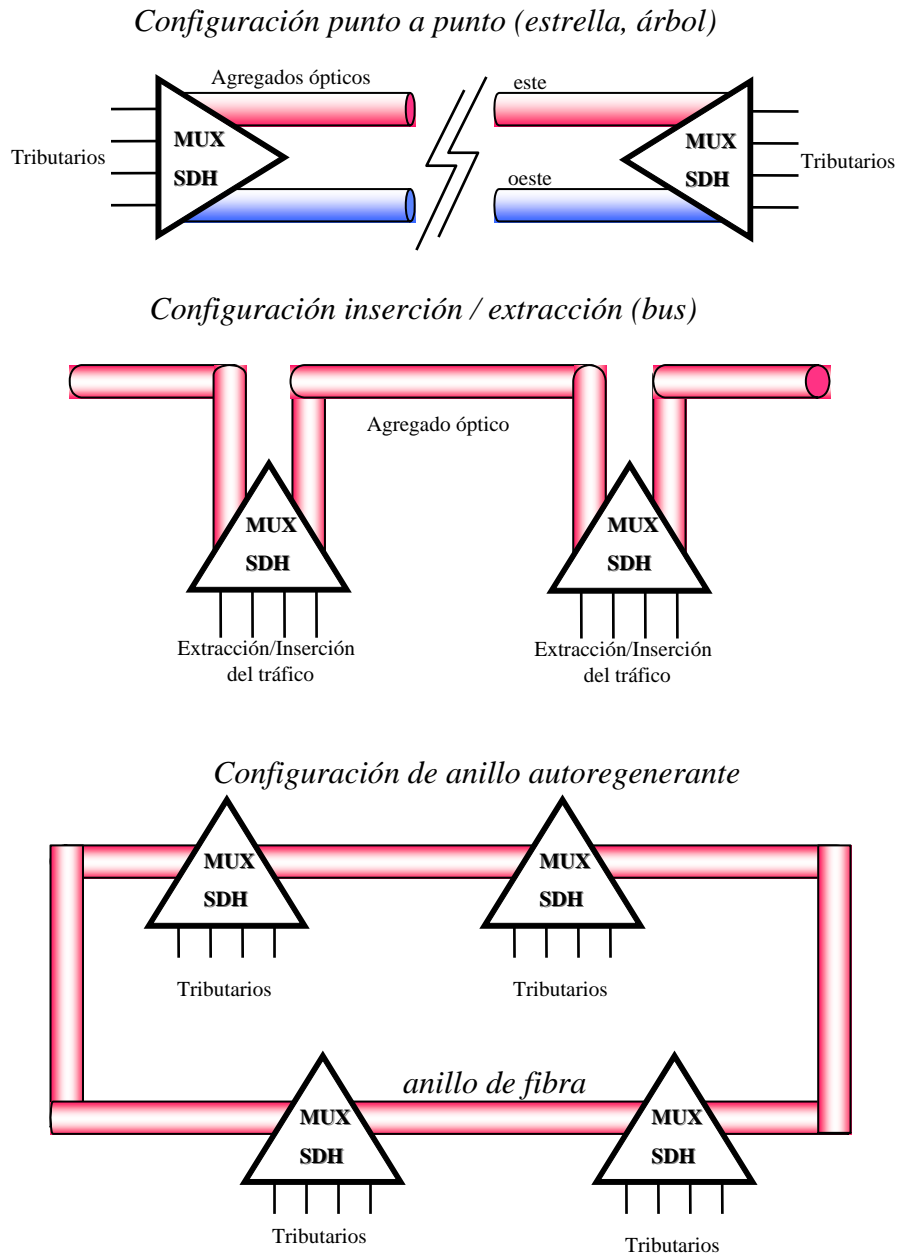


Los multiplexores sincrónicos pueden emplearse en varias configuraciones diferentes, dependiendo de la necesidad o la estructura de red deseada; así:

- **Configuración punto a punto.** Los multiplexores sincrónicos se pueden utilizar eficazmente en aplicaciones punto a punto de alta capacidad, permitiendo un dimensionamiento de acuerdo a los requerimientos, con la posibilidad de ampliar su capacidad en cualquier momento, esta configuración se aplica en topologías de red en estrella o de árbol.
- **Configuración de inserción / extracción.** Es una configuración similar a la anterior, pero con la diferencia que en ella se utiliza una cantidad superior de equipos multiplexores, que proporcionan conectividad entre los diferentes nodos dispuestos a lo largo de una ruta; los multiplexores se configuran para que permitan insertar o extraer tributarios en dichos nodos, esta configuración se aplica en topología de red tipo bus.
- **Configuración en anillo.** En zonas de transporte que exigen disponer de una capacidad elevada de supervivencia, se pueden configurar multiplexores sincrónicos para formar un anillo de fibra óptica auto recuperable de alta capacidad. Cuando se presenta una falla en los equipos o sobre los cables de

fibra, la estructura anular puede reconfigurarse sin intervención externa de la gestión de la red, manteniendo la continuidad del servicio. La Figura 15 ilustra los tres principales tipos de configuración de red disponibles.

Figura 15. Configuraciones típicas de red



1.3 APLICACIONES EN EL SECTOR TELECOMUNICACIONES

Al hacer un recorrido general por las empresas presentes en el sector telecomunicaciones a nivel nacional, se distinguen cuatro grupos que soportan sus servicios sobre redes de fibra óptica tendidas en diferentes formas, según el alcance y cobertura del portafolio de servicios, estos grupos son:

En el campo de la telefonía local y los datos se encuentran las tradicionales empresas telefónicas locales, las cuales constituyen una minoría frente a las grandes empresas que nacieron en los principales centros urbanos.

En el campo de la telefonía de larga distancia nacional e internacional, existen básicamente tres grandes empresas que en algunos casos también ofrecen portafolios de servicios que cubren la voz, los datos, el video y el servicio portador.

En el campo de los datos se han conformado empresas más pequeñas que cubren las necesidades del servicio a nivel local y nacional, orientadas principalmente al sector financiero, empresarial y de las pymes.

En el último campo considerado el más reciente, se encuentran las empresas de televisión por cable que en el momento ofrecen adicionalmente servicios de acceso a Internet, pero que en el corto plazo también podrán ofrecer servicios de voz y datos soportados en las redes que han venido construyendo.

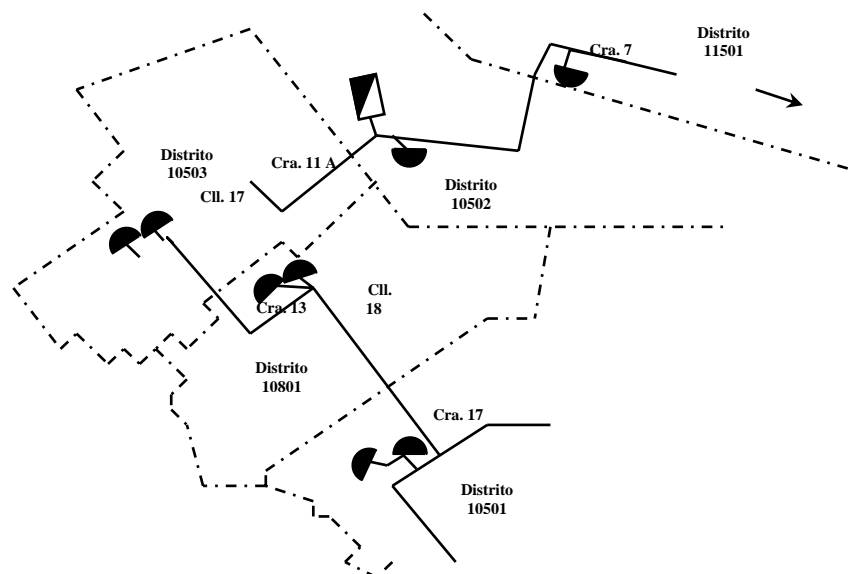
Para identificar las aplicaciones concretas que existen en cada uno de los campos relacionados anteriormente, a continuación se examinan en forma general los tipos de redes que cubren dichos campos.

1.3.1 Redes de acceso. Como su nombre lo indica las redes de acceso permiten a los abonados o usuarios, el ingreso a las redes de telecomunicaciones y a través de ellas a los diferentes servicios, es decir son redes de menor

capacidad que se conectan con redes de mayor envergadura donde se cursa un volumen de tráfico mayor, por esa razón se les conoce también como las redes de última milla o de último kilómetro.

La estructura general de las redes de acceso la conforman equipos de transmisión que manejan velocidades de máximo 34 Mbps en PDH y de un STM-1 a nivel de SDH, normalmente se configuran en topologías tipo estrella y en algunos casos dependiendo del servicio que soporten, se pueden configurar también en anillo. La Figura 16 presenta el esquema general de una red de acceso.

Figura 16. Esquema general de una red de acceso



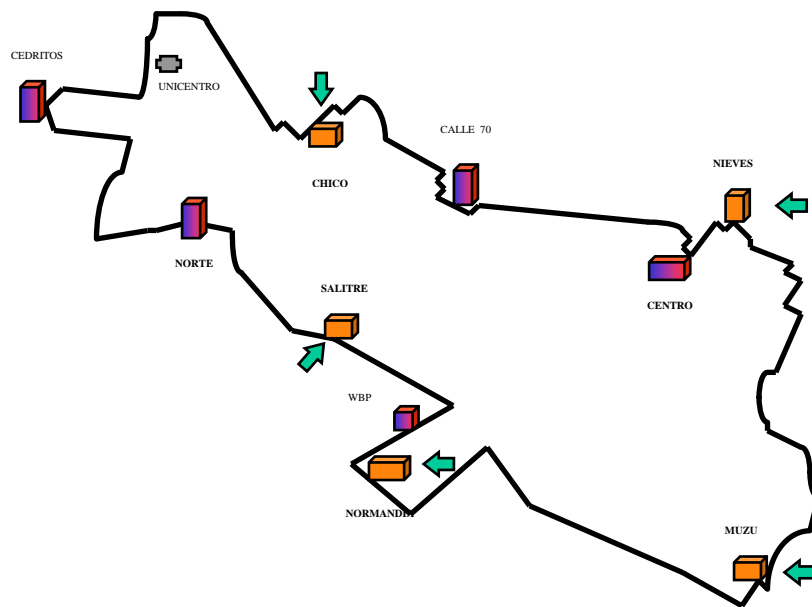
Los servicios soportados por las redes de acceso son básicamente, la voz y los datos incluyendo el acceso a Internet por banda ancha.

1.3.2 Redes de datos. Son redes construidas específicamente para soportar servicios de datos, se encuentran instaladas en las principales ciudades del país teniendo en cuenta el tipo de cliente que atienden.

en anillo redundante auto regenerado, con lo cual se garantiza que en caso de cortes sobre la infraestructura externa, los servicios que transporta no se vean afectados.

Las velocidades de transmisión que manejan las redes de transporte pueden ser de un STM-16 o un STM-64, dependiendo de la capacidad requerida por la empresa operadora y el campo de servicios que ella ofrezca. La Figura 18 presenta el esquema general de una red de transporte.

Figura 18. Esquema general de una red de transporte



Las empresas operadoras que disponen de redes de transporte ofrecen el denominado servicio portador, orientado a atender las necesidades de transporte de información para otras empresas operadoras de sector, específicamente en aquellas zonas donde las mismas no cuentan con infraestructura propia.

2. O&M DE LA INFRAESTRUCTURA INTERNA DE TRANSMISIÓN

Las empresas operadoras que disponen de redes de telecomunicaciones por fibra óptica, aplican a la infraestructura interna de transmisión diversos esquemas de operación y mantenimiento, los cuales dependen directamente de tres factores fundamentales: El primero tiene que ver con los recursos económicos disponibles, el segundo está asociado a las condiciones de competencia del mercado, y el tercero corresponde al grado de actualización tecnológica de la infraestructura de red. Este capítulo presenta los esquemas de operación y tipo de mantenimiento que se vienen aplicando, al final hace una síntesis de la situación actual involucrando los dos aspectos.

2.1 ESQUEMAS DE OPERACIÓN ACTUAL

La operación de redes de telecomunicaciones por fibra óptica no se aparta de la realidad que muestra el sector, hoy día después de haberse eliminado el monopolio estatal ejercido durante cincuenta años, las empresas enfrentan un mercado competido donde los costos de operación y de inversión deben ajustarse permanentemente. Dentro de los modelos aplicados para la disminución de costos se encuentra el *“outsourcing”*, esquema que consiste básicamente en trasladar a un tercero la operación y el mantenimiento de la infraestructura, ya sea en forma parcial o total, dependiendo de los requerimientos y la determinación particular que tome una empresa.

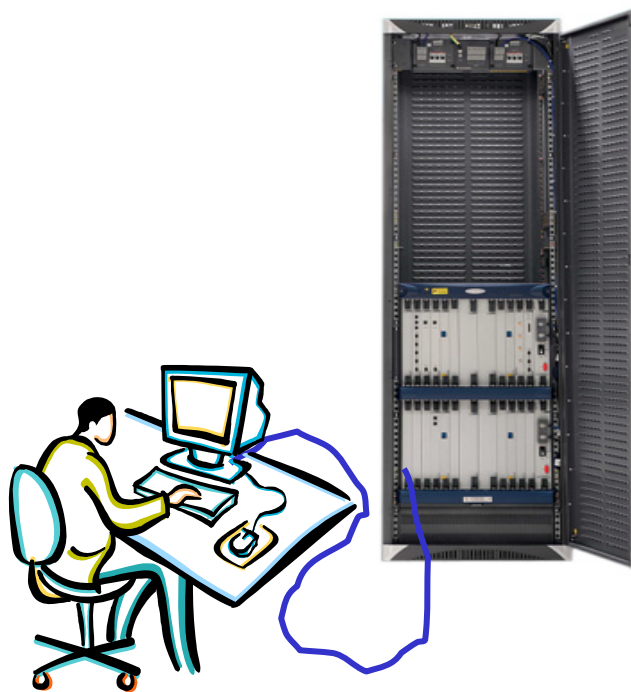
Otro aspecto de gran trascendencia, que incide también en el modelo de operación, está ligado con la tecnología presente en la infraestructura instalada, los sistemas de transmisión actuales cuentan con dos características principales: la primera son equipos que pueden ser gestionados en forma local o remota, la

segunda que pueden configurarse en topologías que garanticen la protección del tráfico, particularmente cuando ocurren fallas sobre la infraestructura externa.

Bajo las condiciones señaladas anteriormente se han identificado tres esquemas básicos de operación en una red de telecomunicaciones por fibra óptica, estos son: local, distribuida y centralizada.

2.1.1 Operación local. El esquema de operación local es aquel en el cual un nodo de la red se atiende directamente en el sitio, es decir cuenta con recursos propios y el personal se limita a atender los equipos allí instalados, requiere de un sistema de gestión local que permita interactuar con los mismos (Figura 19).

Figura 19. Esquema de operación local



Los recursos necesarios para la operación bajo este esquema son los siguientes:

Un recurso humano capacitado en los equipos y la tecnología aplicada en ellos, su función básica atender exclusivamente la operación y el soporte técnico de la infraestructura interna instalada en el nodo.

Instrumentación acorde con la tecnología instalada, medios de comunicación, herramienta apropiada, y los materiales de consumo que exige la operación y el cumplimiento de las órdenes de servicio.

- **Ventaja y desventaja.** La ventaja que ofrece la operación local radica en los tiempos de respuesta en caso de una falla, además el personal acumula un alto grado de especialización; por otra parte la desventaja se encuentra en los costos fijos generados por la destinación de recursos de manera exclusiva.

- **Cuando aplica.** La operación local aplica para aquellos nodos donde confluyen el mayor número de sistemas, para el caso de la telefonía local se consideran aquellos nodos donde están instaladas las centrales de mayor volumen de tráfico; cuando se trata de una red de datos corresponde al nodo o nodos de mayor jerarquía dentro de la estructura, para las redes de transporte se contemplan los centros internacionales de mantenimiento de transmisión, finalmente para las redes de televisión es el nodo cabecera de la red.

2.1.2 Operación distribuida. El esquema de operación distribuida, como su nombre lo indica, es aquel en el cual varios nodos de la red, ubicados en una determinada zona de la ciudad o región del departamento, son atendidos por un grupo humano concentrado en un solo punto y que responde a los eventos que sucedan, es decir la operación de la red se encuentra distribuida por zonas o regiones. La gestión de los equipos puede darse de dos formas: la primera con

una gestión concentrada para la zona asignada únicamente, y la segunda con gestión local pero bajo el esquema distribuido. La Figura 20 presenta un esquema de la operación distribuida.

Figura 20. Esquema de operación distribuida



Los recursos necesarios para la operación bajo el esquema distribuido son los siguientes:

Un recurso humano capacitado en los equipos instalados en toda la zona, su función principal atender la operación y el soporte técnico de la infraestructura interna disponible en los nodos asignados a la zona.

Instrumentación acorde con la tecnología instalada, medios de comunicación, herramienta apropiada, y los materiales de consumo para la operación y cumplimiento de las órdenes de servicio de la zona o región.

- **Ventaja y desventaja.** La ventaja que ofrece la operación distribuida radica en la disminución de costos y la optimización de los recursos; por otra parte la desventaja se evidencia en los tiempos de respuesta que por supuesto son mayores, particularmente cuando ocurren varios eventos en forma simultánea.
- **Cuando aplica.** La operación distribuida aplica para aquellas zonas donde se encuentran ubicados nodos de menor tamaño, es decir aquellos que por su capacidad manejan volúmenes de tráfico menores, para el caso de la telefonía local se consideran aquellos nodos donde están instaladas las redes de acceso; cuando se trata de una red de datos corresponde a los nodos de menor jerarquía dentro de la estructura, para las redes de transporte se contemplan los centros de operación departamental, finalmente en las redes de televisión por cable son los nodos terminales de la red de fibra óptica.

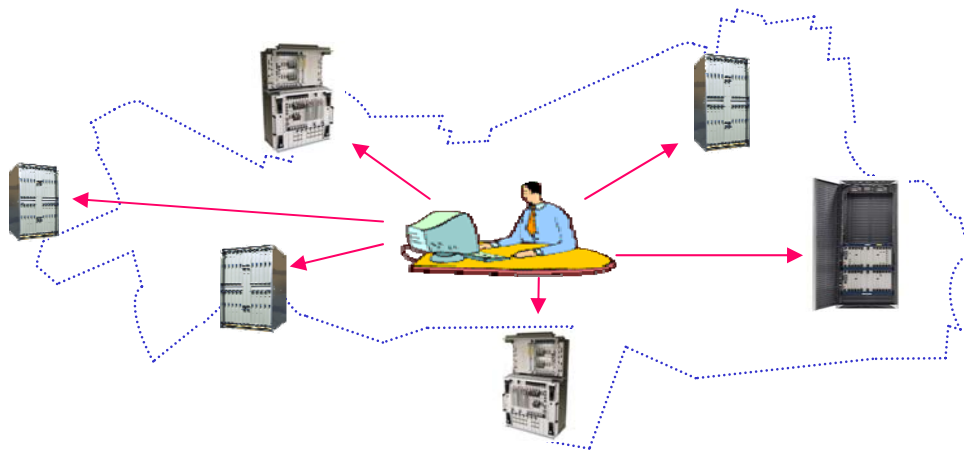
2.1.3 Operación centralizada. El esquema de operación centralizada, como su nombre lo indica, es aquella donde todos los nodos de la red, son atendidos por un solo grupo humano concentrado en el nodo principal, el grupo responde a los eventos que se presenten en cualquiera de ellos, es decir la operación de la red se encuentra totalmente centralizada. La gestión de los equipos puede darse de dos formas: la primera completamente centralizada, y la segunda bajo una combinación entre local y centralizada. La Figura 21 presenta un esquema de la operación centralizada.

Los recursos necesarios para la operación bajo el esquema centralizado son los siguientes:

Un recurso humano altamente capacitado en los equipos instalados en toda la red, su función responder integralmente por la operación y el soporte técnico de la infraestructura interna de transmisión.

Instrumentación acorde con la tecnología instalada, medios de comunicación, herramienta apropiada, y los materiales de consumo para la operación y cumplimiento de las órdenes de servicio de toda la red.

Figura 21. Esquema de operación centralizada



- **Ventaja y desventaja.** La ventaja que ofrece la operación centralizada radica en la optimización de costos y recursos; por otra parte la desventaja puede ubicarse en los altos niveles de inversión, fundamentalmente porque se requiere disponer de sistemas de transmisión protegidos y/o redundantes.

- **Cuando aplica.** La operación centralizada aplica para aquellas redes donde se dispone de sistemas de transmisión redundantes, para la telefonía local aplica en las redes de última generación; cuando se trata de una red de datos aplica en empresas con portafolios especializadas; para las redes de transporte aplica en redes configuradas en anillo tendidas en una misma ciudad.

2.2 MANTENIMIENTO APLICADO EN LAS EMPRESAS DEL SECTOR

El desarrollo tecnológico alcanzado por los sistemas de telecomunicaciones ha llevado a cambios en el tema del mantenimiento, para citar un ejemplo anteriormente las centrales de conmutación eran equipos electromecánicos que ocupaban grandes espacios y exigían atención permanente, hoy día son dispositivos electrónicos con un componente hardware y un alto porcentaje de componente software, esta circunstancia igual se ve reflejada en los sistemas de transmisión por fibra óptica, los cuales transportan y manejan grandes cantidades de información en equipos de tamaño relativamente pequeño. En ese orden de ideas las actividades de mantenimiento requieren hoy día de un recurso humano altamente especializado, además las tareas ya no están asociadas a ajustes de tipo mecánico, ahora son trabajos que exigen el análisis de la información que entregan los sistemas de gestión.

La competencia que afrontan las empresas operadoras de servicios de telecomunicaciones, también ha contribuido de alguna manera en el tema del mantenimiento, ahora toda expansión de la red debe estar acompañada de un estudio de mercado que garantice la recuperación de la inversión en el menor tiempo posible, esto significa que los costos asociados al mantenimiento deben igualmente ajustarse al mínimo.

Con base en lo expuesto anteriormente las empresas operadores han venido aplicando dos tipos de mantenimiento, el primero corresponde al de tipo netamente reactivo, y el segundo al mantenimiento correctivo programado que se apoya en los sistemas de protección y redundancia.

2.2.1 Factores determinantes. Encontrar las razones por la cuales las empresas operadoras han adoptado los métodos de mantenimiento que están aplicando, conlleva a hacer algunas consideraciones relacionadas con los factores que determinan esa tendencia, la Tabla 1 los resume.

Tabla 1. Factores que determinan el tipo de mantenimiento aplicado actualmente

Punto de vista	Factor	Consideraciones
Tecnológico	Actualización tecnológica	Una red de nueva generación se puede gestionar en forma local y remota.
	Configuración de la red	Permite organizar la O&M dependiendo de las topologías que involucra la red.
	Los servicios ofrecidos	No es lo mismo operar y mantener una empresa que ofrece algunos servicios, frente a aquella que dispone de un amplio portafolio.
Económico	Objetivos de la empresa	En la medida que se tengan objetivos más ambiciosos, igualmente el mantenimiento aplicado debe ajustarse a los mismos.
	Tipo de empresa	En términos generales las empresas pueden clasificarse según su tamaño, los servicios que ofrece o la naturaleza jurídica de la misma, esta clasificación determina el mantenimiento que pueda ser aplicado.
	Recursos disponibles	Hace referencia a los recursos financieros y al recurso humano; toda empresa debe ajustar la O&M al presupuesto asignado, así mismo las capacidades y el perfil del personal puede determinar el tipo de mantenimiento que debe aplicarse.

2.2.2 Mantenimiento reactivo. Es el tipo de mantenimiento que funciona bajo el mismo esquema que el cuerpo de bomberos de una ciudad, es decir se reacciona

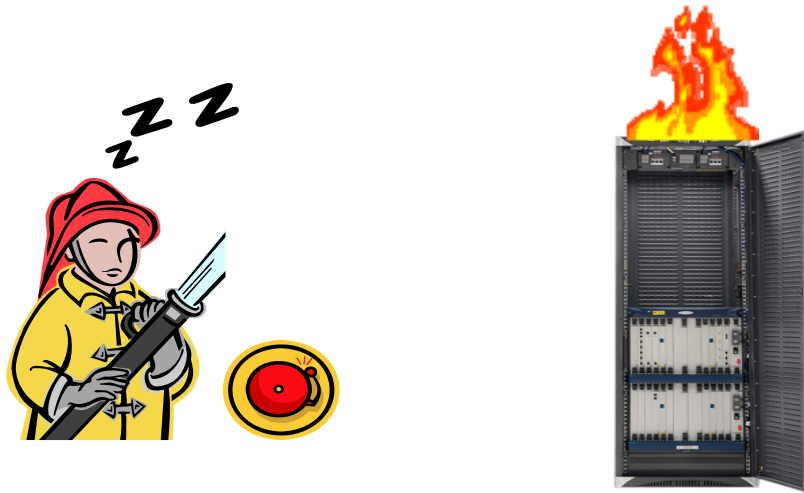
únicamente cuando se presenta una falla que ocasiona una interrupción del servicio, desafortunadamente es el procedimiento más aplicado.

La mayoría de empresas de telefonía local y aquellas que ofrecen un portafolio limitado de servicios aplican este tipo de mantenimiento, las razones sobre las cuales fundamentan esa decisión se señalan a continuación.

- Cuando los equipos instalados en la red de transmisión manejan tecnologías que van en decadencia (PDH), donde no se dispone de un sistema de gestión y no se maneja la conmutación automática hacia rutas de protección, la única opción que queda, en algunos casos, es aplicar el mantenimiento reactivo.
- Cuando el recurso humano es limitado y la carga laboral supera la capacidad disponible, necesariamente se obliga a trabajar al personal bajo este tipo de mantenimiento.
- Cuando el presupuesto asignado a mantenimiento es muy limitado, las cabezas responsables optan por este tipo de esquema, dado que algunos procesos consumen los pocos recursos disponibles.
- Cuando se tiene una fuerte rotación de personal y este recurso no cuenta con la capacitación y entrenamiento apropiado, la opción que queda es intervenir los equipos cuando estos fallen, de lo contrario se corre el riesgo de provocar fallas “innecesarias”... el principio de *“lo que está funcionando bien no se toca”*.
- Cuando el personal responsable del mantenimiento no está comprometido con la organización, y además considera que los equipos de telecomunicaciones “se cuidan solos”... se opta por este tipo de mantenimiento.

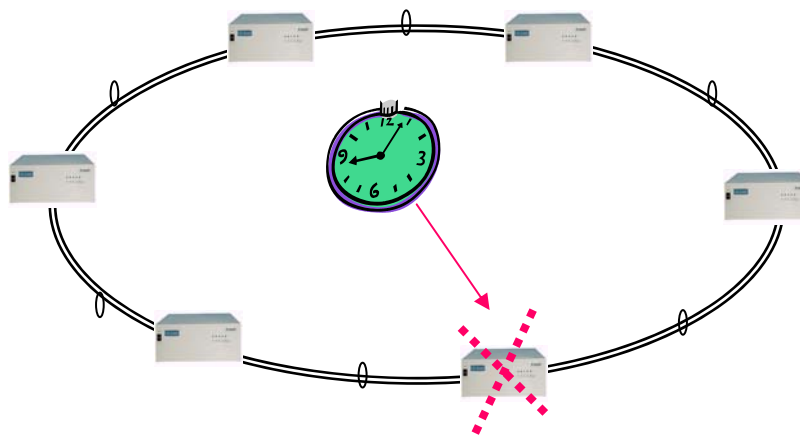
La Figura 22 representa gráficamente las razones expuestas anteriormente.

Figura 22. Mantenimiento reactivo



2.2.3 Mantenimiento correctivo programado. Este tipo de mantenimiento está soportado en las ventajas que ofrecen los equipos de nueva tecnología, teniendo en cuenta que cuando se dispone de rutas de protección entre nodos de la red, se pueden programar conmutaciones mientras se adelantan trabajos de reparación sobre la ruta que queda disponible (ver Figura 23). El esquema en principio funciona y tiene mucho sentido, sin embargo resulta necesario hacer las siguientes observaciones:

Figura 23. Mantenimiento correctivo programado



- Los equipos de transmisión donde se aplica la tecnología SDH, efectivamente pueden configurarse en topología de anillo auto recuperable, topología de bus, topología de estrella o árbol en configuración punto a punto, todas ellas con rutas de protección; este esquema permite que cuando una falla se presenta sobre la infraestructura externa, por ejemplo un corte en el cable de fibra óptica, el tráfico automáticamente se traslada hacia la ruta no afectada, así mismo si la falla se debe a un daño en una tarjeta que cuenta con protección de hardware, la solución es simple y solo basta proceder a cambiarla.
- Los eventos no considerados en la observación inmediatamente anterior dejan de lado otro tipo de fallas, por ejemplo: Cuando todo un nodo queda fuera de servicio por una falla debida al incremento en la temperatura de trabajo del equipo, una falla sobre la tarjeta que maneja la fuente de alimentación del bastidor, una falla en la tarjeta de control o donde se manejan las croconexiones, surge necesariamente una pregunta: ¿como se atienden los casos cuando las protecciones no funcionan?.
- Un indicador fundamental de los servicios de telecomunicaciones es el relacionado con la disponibilidad, la mayoría de los clientes no aceptan porcentajes inferiores al 99,99 %, esto significa que si se trabaja todo el tiempo bajo el esquema del mantenimiento correctivo programado, solo se dispone de 5 minutos en un mes para realizar una acción correctiva.

Las observaciones planteadas en los puntos anteriores conducen a una sola pregunta, que por ahora queda abierta y sin ninguna respuesta, *¿no es posible aplicar otro tipo de mantenimiento en la infraestructura interna de transmisión en una red por fibra óptica? ...*

2.3 SÍNTESIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Una vez presentados los esquemas de operación y los tipos de mantenimiento aplicados por las empresas de telecomunicaciones en el país, conviene hacer una

síntesis que permita identificar las debilidades y a partir de ellas plantear una propuesta o alternativa concreta.

2.3.1 Restricciones del mantenimiento aplicado. Identificar las restricciones del mantenimiento aplicado por las empresas del sector telecomunicaciones, significa encontrar las limitaciones que impiden mostrar resultados positivos en la gestión del mantenimiento; las restricciones más significativas, de los dos tipos de mantenimiento descritos en el presente capítulo, que afectan la O&M de la infraestructura interna en una red de transmisión por fibra óptica, puede resumirse en los siguientes aspectos:

Restricciones comunes del mantenimiento reactivo y correctivo programado.

- Los equipos funcionan hasta el momento en que se presenta una falla.
- Los equipos son atendidos solo durante una acción de mantenimiento correctivo.
- No es posible hacer un programa de mantenimiento en el mediano y largo plazo, teniendo en cuenta que el día a día consume los recursos disponibles.
- Ambos métodos de mantenimiento afectan directamente los ingresos en cualquier empresa que los aplique.

Restricciones del mantenimiento reactivo:

- El mantenimiento reactivo no puede planificarse, por tanto afecta la operación normal de una empresa.
- El mantenimiento reactivo no permite identificar fallas ocultas, silenciosas o progresivas.
- Afecta el ambiente laboral por el nivel de stress que debe manejar el personal operativo de la empresa.

Restricciones del mantenimiento correctivo programado:

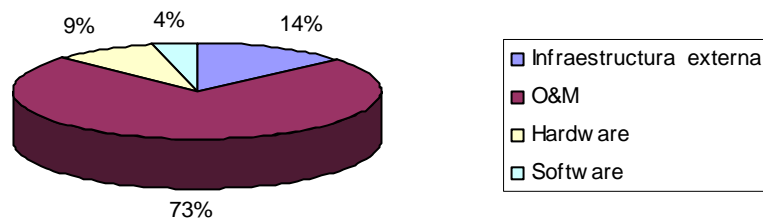
- Genera en el personal operativo exceso de confianza cuando se dispone de sistemas de protección automáticos.
- El tiempo disponible para una acción de mantenimiento correctivo normalmente es muy limitado.

2.3.2 Causas comunes de falla. Cuando se hace un recorrido sobre el desempeño histórico de los equipos de transmisión en una red por fibra óptica, se encuentra que existen básicamente tres causas comunes que dan origen a las fallas, sin tener en cuenta los eventos considerados como fortuitos; las causas comunes son las siguientes:

- **Problemas en el hardware del equipo.** Son aquellas fallas en las cuales las unidades o tarjetas del equipo, sufren un daño que difícilmente puede evitarse por estar asociado a algún componente, dispositivo electrónico, defecto de fábrica o error en el diseño.
- **Problemas en el software del equipo.** Son aquellas fallas en donde se presenta un bloqueo del equipo, debido a un problema en un archivo del sistema, una falla sobre la plataforma de gestión, o simplemente un conflicto generado por problemas de diseño en el software del equipo.
- **El área de O&M.** Son todas aquellas fallas que se generan por una acción u omisión del personal responsable de la operación y el mantenimiento de los equipos, teniendo en cuenta que solo aplican el mantenimiento reactivo y correctivo programado, además no siguen los procedimientos establecidos al interior de cada empresa.

La Figura 24 presenta el promedio porcentual anual de la distribución estadística de las causas comunes de falla.

Figura 24. Promedio porcentual anual de las causas comunes de falla



2.3.3 Consecuencias de la situación actual. Las consecuencias de aplicar el modelo de mantenimiento reactivo y correctivo programado son muchas, para tener una idea de lo que implica esta situación, a continuación se resumen las consecuencias generadas por la aplicación de estos dos modelos:

- Los ingresos económicos de las empresas disminuyen.
- Los costos operativos se incrementan.
- La imagen de empresa ante los clientes se ve afectada.
- El cumplimiento de las metas corporativas se ven comprometidos.
- La operación se dificulta por los problemas internos que genera un ambiente de trabajo bajo presión.
- Los trabajos no se ajustan a un cronograma preestablecido, lo cual repercute en la ejecución de nuevas órdenes de servicio.
- No siempre es posible cumplir con los acuerdos de nivel de servicio firmados con los grandes clientes.

2.3.4 Costo de una falla. Para entender el impacto real que tiene una falla sobre los ingresos económicos de una empresa, a continuación se plantea un ejercicio académico muy sencillo donde se asumen algunos datos, pero que están soportados sobre cifras muy cercanas a la realidad.

Ejercicio. La interconexión entre nodos de dos empresas operadoras que brindan el servicio de telefonía local, tiene una capacidad de 1800 circuitos de los cuales 750 son entrantes y 1050 son salientes, el medio de transmisión aplicado es un sistema por fibra óptica con protección de ruta; si ocurre una falla en uno de los equipos de transmisión que deja fuera de servicio todos circuitos, y la falla se presentó en un horario donde el grado de ocupación es del 90%, se deben resolver las siguientes preguntas:

- ¿cuales fueron las pérdidas económicas si el tiempo de reparación de la falla fue de dos horas, y la tarifa local por minuto de una llamada en promedio es de \$106,00, incluido IVA?
- Si el reporte final de la falla indica que el problema se presentó por un daño en la tarjeta controladora, y que para su restauración fue necesario reconfigurar todo el equipo porque no se tenía de un backup, ¿Cuáles habrían sido las pérdidas si el procedimiento de reemplazar la tarjeta y cargar el backup demora en promedio 10 minutos?

Respuesta a la primera pregunta.

Se calcula el número de circuitos en servicio durante el periodo de falla.

$$1050 \times 90\% = 945 \text{ canales salientes}$$

$$750 \times 90\% = 675 \text{ canales entrantes}$$

Cálculo de las pérdidas.

$$945 \text{ canales salientes} \times 120 \text{ minutos} \times \$106,00 = 12'020.400,00$$

675 canales entrantes x 120 minutos x \$106,00 = 8'586.000,00

Rta. El total de pérdidas fue de \$ 20'606.400,00

Respuesta a la segunda pregunta.

Cálculo las pérdidas.

945 canales salientes x 10 minutos x \$106,00 = 1'001.700,00

675 canales entrantes x 10 minutos x \$106,00 = 715.500,00

Rta. El total de pérdidas habría sido de \$ 1'717.200,00

Análisis: Con base en los resultados se concluye que la falla tiene dos causas distintas, la primera el problema en la tarjeta controladora que difícilmente era previsible, la segunda recae sobre el personal de O&M dado que no disponía del backup para recuperar el servicio en forma rápida, es decir que por no haber actuado en forma preventiva se perdieron alrededor de 19 millones de pesos.

2.3.5 Alternativa propuesta. La problemática planteada en los puntos anteriores es un claro reflejo de la situación actual, sin duda las restricciones del tipo de mantenimiento empleado tiene consecuencias incalculables para las empresas que lo aplican, no obstante se debe señalar que algunas utilizan otros esquemas diseñados de acuerdo a sus necesidades. Con el propósito de contribuir en la solución de la problemática expuesta, el presente trabajo propone un modelo de mantenimiento preventivo para ser aplicado a la infraestructura interna de transmisión en una red de telecomunicaciones por fibra óptica, el cual incluye las actividades que deben desarrollarse dentro de un programa que involucra los elementos que la conforman, así mismo explica los pasos a seguir para su implementación en una empresa operadora de servicios de telecomunicaciones.

3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO A LA INFRAESTRUCTURA INTERNA DE TRANSMISIÓN

El mantenimiento preventivo no es solamente uno de los diversos tipos de mantenimiento que existen, por el contrario es un método de gestión del mantenimiento en una red de telecomunicaciones; con respecto a la infraestructura interna de transmisión se constituye en una herramienta que permite identificar y prevenir fallas mayores, mediante la aplicación de algunas actividades precisas y tareas debidamente programadas, con lo cual se logra aminorar las pérdidas ocasionadas por las fallas, y mantener un indicador de disponibilidad acorde con las exigencias del mercado.

Este capítulo presenta los requerimientos básicos iniciales para la aplicación del modelo, las rutinas de mantenimiento para los elementos que componen la infraestructura interna, y finalmente como debe hacerse la ejecución.

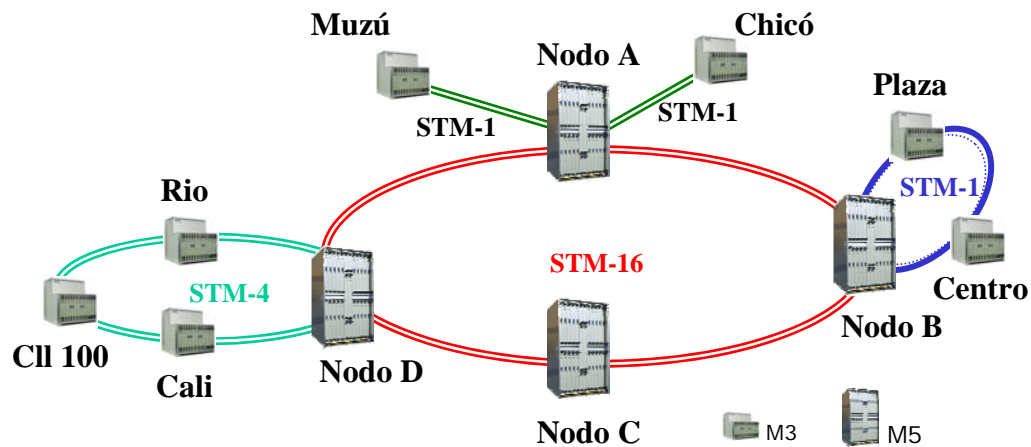
3.1 REQUERIMIENTOS BÁSICOS INICIALES

Antes de dar paso a la aplicación de cualquier tarea o rutina de mantenimiento preventivo, es importante disponer de algunos recursos básicos que facilitaran la ejecución del programa que se quiera realizar, los siguientes numerales presentan uno a uno cada uno de los requerimientos iniciales.

3.1.1 Diagrama esquemático de la red. Para tener un conocimiento global de una red de transmisión por fibra óptica, lo primero que debe tenerse a mano es un diagrama esquemático donde se puedan observar la estructura y topología dispuesta. En muchas empresas se cuenta con sistemas de información geográfica que muestran físicamente la ubicación de los elementos de red,

además señalan las rutas que siguen los cables de fibra óptica tendidos, sin embargo este tipo de información no es suficiente porque ella no presenta como está configurada la red. La Figura 25 presenta la estructura de una red de transmisión por fibra óptica.

Figura 25. Diagrama esquemático de una red de transmisión por fibra óptica



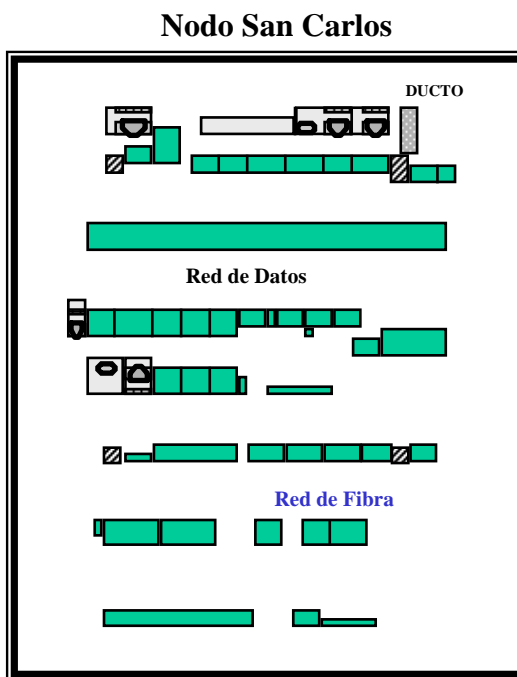
El diagrama debe incluir como mínimo la siguiente información:

- Representación de todos los nodos de la red, con el nombre respectivo
- El modelo de cada uno de los equipos instalados.
- La representación de la topología aplicada entre los nodos.
- Las rutas de protección física por fibra óptica.
- La capacidad total de transmisión que maneja cada enlace.

3.1.2 Diagramas de piso por nodo. Dentro de la información básica que debe estar disponible en cada uno de los nodos de la red, se encuentra el diagrama de piso que permite ubicar fácilmente donde está instalado un determinado equipo,

así cuando el personal de operación deba realizar alguna tarea en un sitio que no se conoce, se podrá dirigir rápidamente al punto exacto donde deba ejecutar la acción de mantenimiento encomendada. La Figura 26 presenta el ejemplo de un diagrama de piso de un salón donde se encuentran instalados diferentes tipos de equipos.

Figura 26. Diagrama de piso de un nodo de transmisión



La información que como mínimo debe quedar consignada en el plano se relaciona a continuación, no obstante se puede agregar cualquier información que sea útil para el personal de operación y mantenimiento.

- Nombre del nodo.
- Ubicación exacta de los equipos.
- La identificación de cada equipo sobre el plano.

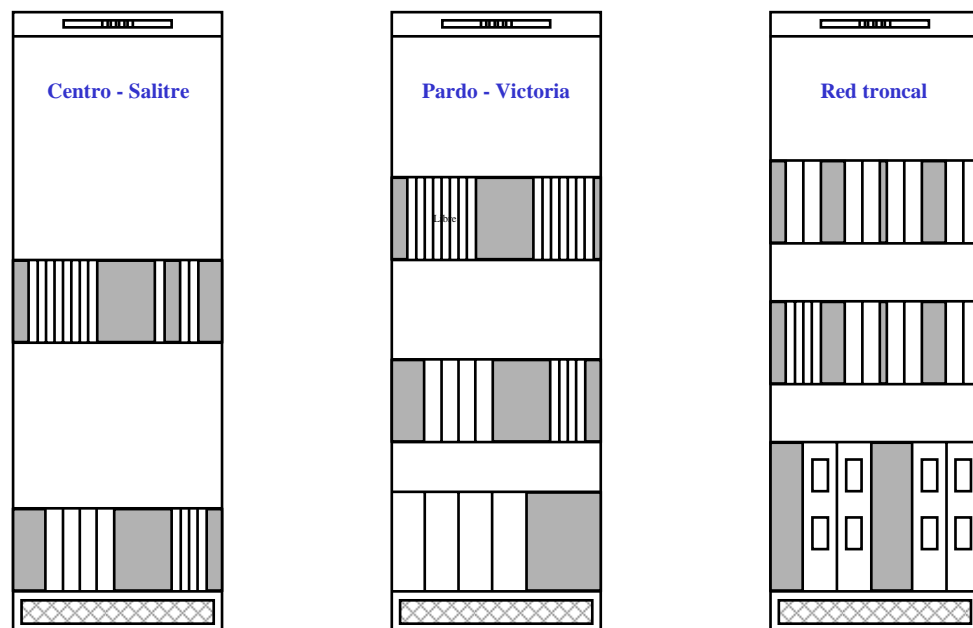
- Cualquiera otra que sea de utilidad.

3.1.3 Condiciones ambientales requeridas. Todos los fabricantes de equipos de telecomunicaciones suministran los manuales de operación e instalación de los equipos, la información consignada allí es de gran utilidad porque relaciona todos los requerimientos y la condiciones bajo las cuales deben operar los mismos. El grado de concentración de los componentes electrónicos en una tarjeta genera gran cantidad de calor, este factor produce un incremento sustancial en la temperatura ambiente que puede afectar el normal funcionamiento de un equipo; por esta razón los fabricantes exigen a las empresas operadores unas condiciones ambientales mínimas para responder por la garantía. En ese orden de ideas un aspecto crucial para poder mantener en perfectas condiciones los equipos, consiste en conocer cuales son las exigencias de los fabricantes de los equipos que se encuentren instalados, para proceder a verificar si las condiciones exigidas se cumplen en el nodo donde están instalados, cuando esas condiciones no se están cumpliendo es imprescindible tomar acción inmediata para corregir la situación. Algunas empresas manejan sistemas de enfriamiento ambiental con equipos de aire acondicionado, los cuales se encuentran bajo la responsabilidad de las áreas de equipos auxiliares, y en algunos casos del área administrativa de la empresa bajo el modelo de contrato por outsourcing.

3.1.4 Identificación de los equipos. Así como en cada nodo debe existir un diagrama de piso donde se señala la ubicación exacta dentro del salón, cada bastidor debe estar perfectamente rotulado y marcado para que el personal de operación y mantenimiento pueda ubicar fácilmente una tarjeta dentro del equipo, esta información puede marcar la diferencia para que los tiempos de respuesta en caso de una falla no se incrementen, dado que se puede perder un tiempo valioso mientras se identifica sobre que tarjeta se necesita realizar alguna acción de mantenimiento correctivo.

El tipo de marcación que se utilice para rotular los equipos, debe permitir hacer modificaciones y cambios en la información consignada sobre la etiqueta, para evitar que se hagan modificaciones a mano, tachones y marcas ilegibles. La Figura 27 muestra un bastidor de un equipo de transmisión por fibra óptica, sobre el cual se presenta las tarjetas instaladas y en ellas la identificación correspondiente.

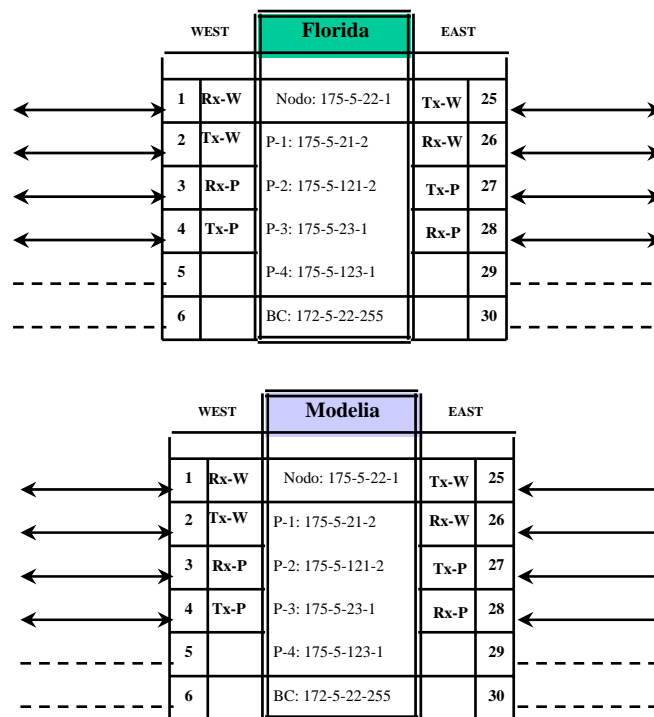
Figura 27. Identificación de los equipos de transmisión



3.1.5 Identificación de las fibras ópticas. En los numerales anteriores se señala que en cada nodo debe existir un diagrama de piso, y además que los equipos instalados deben estar debidamente marcados y rotulados, ahora se agrega otro punto de igual importancia a los mencionados, se trata de identificar y marcar las fibras ópticas que se estén utilizando en cada nodo, para ello se debe buscar un

tipo de marquilla que permita registrar fácilmente la información. Existen en el mercado productos especializados que pueden emplearse para ese objetivo, no sobra mencionar que es común encontrar marquillas elaboradas con cinta de papel, este método no debe emplearse porque el adhesivo pierde rápidamente sus características, por tanto se recomienda aquellas etiquetas fabricadas en material plástico porque son más resistentes. Para complementar la información de las fibras ocupadas, es importante elaborar un plano donde se identifiquen las fibras que están siendo utilizadas, tanto en el nodo como en toda la red, la Figura 28 ilustra una representación de la ocupación de fibras ópticas en una red.

Figura 28. Identificación de fibras ópticas ocupadas en una red



3.1.6 Bloqueo de falsas alarmas. Los sistemas de gestión de los equipos de transmisión ofrecen la posibilidad de acondicionar la información de las alarmas, y

también realizar bloqueos o inversión lógica de la señal que reporta; esta es una facilidad que debe aprovecharse para mantener los equipos y la gestión de los mismos libre de falsas alarmas. La importancia de este tema se puede observar cuando ocurren fallas que afectan el servicio, si la gestión mantiene un reporte permanente de falsas alarmas puede ocurrir que una alarma real de falla pase desapercibida, esta situación desafortunadamente ocurre con frecuencia en empresas donde no se le da importancia al tema. Antes de iniciar un programa de mantenimiento preventivo, se debe proceder a eliminar todas las falsas alarmas reportadas en el sistema de gestión.

3.1.7 Instrumentación. Los instrumentos en telecomunicaciones son la herramienta mas importante para el personal operativo y de mantenimiento, por esta razón antes de iniciar un programa de mantenimiento preventivo se debe contar con la instrumentación apropiada; los instrumentos de uso frecuente en la operación y mantenimiento de redes de transmisión por fibra óptica son los siguientes:

- Analizador de redes PDH /SDH.
- Medidor de potencia óptica.
- Reflectómetro óptico – OTDR
- Multímetro

3.2 RUTINAS DE MANTENIMIENTO EN LOS EQUIPOS

Una característica fundamental del mantenimiento preventivo son las rutinas o inspecciones que se ejecutan en forma programada, por esta razón los equipos de transmisión en una red de telecomunicaciones por fibra óptica, deben ser objeto de verificaciones periódicas sobre algunos aspectos cruciales, la Tabla 2 resume las rutinas que deben aplicarse.

3.2.1 Verificación de los niveles de voltaje y conexión a tierra. La verificación de los niveles de voltaje se realiza en todos los puntos de monitoreo que disponga el equipo, algunos fabricantes manejan un esquema con fuente de alimentación principal para todo el bastidor, en otros casos la alimentación se hace a través de fuentes independientes para cada sub-bastidor. La medición se realiza con un voltímetro y la lectura en cada punto debe encontrarse dentro del rango exigido, según la información del fabricante. Todo equipo de transmisión dispone de un punto de conexión a la tierra del nodo, la verificación consiste en confirmar que las conexiones sean seguras y además que exista continuidad hasta el colector o baraje principal.

Periodicidad. Se recomienda realizar esta verificación por lo menos cada tres meses.

Tabla 2. Rutinas de mantenimiento en los equipos

Rutinas de Mantenimiento en los equipos de Transmisión			
Empresa: _____	Nodo: _____		Fecha: _____
Verificación	Periodicidad	Ultima Fecha	Observaciones
Verificación de los niveles de voltaje y conexión a tierra			
Verificación de la temperatura			
Verificación de los niveles de potencia óptica			
Verificación del sistema de ventilación			
Verificación del panel frontal de alarmas			
Verificación de los canales de servicio			
Verificación de la protección en puertos ópticos libres			

3.2.2 Verificación de la temperatura. La verificación de la temperatura ambiente se realiza en el nodo, para ello se utiliza un termómetro digital especialmente diseñado para esta labor, algunos fabricantes instalan en sus equipos sensores de temperatura para realizar lecturas remotas, sin embargo se debe asegurar que los márgenes fijados desde la gestión se encuentren dentro de los valores recomendados.

Periodicidad. Se recomienda realizar esta verificación todos los meses.

3.2.3 Verificación de los niveles de potencia óptica. La verificación de los niveles de potencia óptica se realiza en todos los puertos en servicio del equipo, los pasos a seguir cuando se dispone de protección sobre el enlace son los siguientes:

- En primera instancia, desde el sistema de gestión, se debe asegurar que la conmutación a la protección se encuentra operando normalmente.
- En seguida se desconectan las fibras de la ruta de protección en el distribuidor óptico y sobre el puerto en la tarjeta.
- Con un medidor de potencia óptica se hace la lectura del nivel de potencia en transmisión, igualmente se mide la potencia recibida y se consignan los datos en el formato que haya sido diseñado para ese propósito.
- Utilizando un atenuador óptico variable, se hace pasar la señal de recepción por el atenuador, seguidamente se empieza a aplicar atenuación hasta registrar el momento en que se genere alarma en la entrada del puerto.
- Se retira el atenuador y se procede a medir cual fue el nivel de potencia registrado en momento que se generó la alarma; esta lectura se hace a la salida del atenuador y permite evaluar la sensibilidad del receptor.

- Utilizando aire seco y alcohol isopropílico, se hace limpieza en todos los puntos que se han desconectado, es decir sobre las fibras, el distribuidor óptico y el puerto en la tarjeta.
- Se normaliza y se verifica desde la gestión que la protección haya quedado en condiciones normales de operación.
- Se conmuta el tráfico a la protección y se aplica ahora el mismo procedimiento en la ruta de trabajo.
- Se normaliza el enlace y se confirma la normalidad.

Cuando no se dispone de protección sobre el enlace es necesario solicitar una ventana de mantenimiento, en horas de bajo tráfico, con el objeto de realizar el procedimiento descrito anteriormente, pero sin tener en cuenta los puntos relacionados con la conmutación a la protección.

Periodicidad. Se recomienda realizar esta verificación una vez cada año.

3.2.4 Verificación del sistema de ventilación. Algunos equipos traen incorporado un sistema de ventilación con ventiladores removibles, junto con filtros de aire que retienen el material particulado; la verificación o procedimiento que se aplica es el siguiente:

- Se retiran los ventiladores para hacerles una limpieza minuciosa, además verificar su funcionamiento y definir si requieren ser reemplazados.
- Se retiran los filtros e igualmente se hace una limpieza con agua aplicada a presión, luego se dejan secar al aire libre preferiblemente.
- Se reinstalan los ventiladores y los filtros de aire, verificando que queden funcionando normalmente.
- Se verifica que no queden obstruidos las rejillas por donde debe circular el aire.

Periodicidad. Se recomienda realizar esta verificación todos los meses; algunos fabricantes estiman que los filtros de aire deben remplazarse cada seis meses y los ventiladores cada tres años, no obstante la periodicidad y el reemplazo está sujeto a las condiciones particulares de cada equipo.

3.2.5 Verificación del panel frontal de alarmas. Los equipos de transmisión vienen equipados con lámparas para la señalización de las alarmas, algunos cuentan también con señalización audible; la verificación del panel frontal de alarmas consiste en:

- Realizar una prueba local de las lámparas de señalización mediante el sistema de prueba que disponga el equipo.
- Realizar una prueba a la señalización audible cuando esté habilitada.

Periodicidad. Se recomienda realizar esta verificación dos veces por año.

3.2.6 Verificación de los canales de servicio. Los equipos de transmisión cuentan por lo menos con uno o dos canales de servicio, a través de los cuales se pueden realizar llamadas a otros nodos de la red, bien sea en forma selectiva, marcando el número asignado a cada nodo, o en forma general a todos los nodos de la red. La verificación consiste en hacer varias llamadas salientes a otro nodo, y además la prueba de llamada general, se recomienda ubicar un corresponsal en el nodo distante para igualmente verificar la entrada correcta de llamadas.

Periodicidad. Se recomienda realizar esta verificación cada tres meses.

3.2.7 Verificación de la protección en puertos ópticos libres. Cuando una tarjeta tiene puertos ópticos libres, es indispensable colocarle las cubiertas de protección suministradas por cada fabricante; por tanto la verificación consiste en confirmar la instalación de los capuchones, o tapas especialmente diseñadas para esa función, sobre los puertos ópticos libres.

Periodicidad. Se recomienda realizar esta verificación todos los meses.

3.3 RUTINAS DE MANTENIMIENTO DESDE LA GESTIÓN

Así como se tienen rutinas de mantenimiento sobre los equipos, es posible también realizar rutinas desde el sistema de gestión, las verificaciones igualmente son periódicas y complementan las rutinas antes señaladas. La Tabla 3 resume las rutinas que puede aplicarse desde el sistema de gestión.

Tabla 3. Rutinas de mantenimiento desde la gestión

Rutinas de Mantenimiento desde la Gestión			
Empresa: _____	Nodo: _____		Fecha: _____
Verificación	Periodicidad	Ultima Fecha	Observaciones
Verificación del estado de alarmas			
Verificación del desempeño del enlace			
Verificación del sistema de sincronismo de red			
Verificación de la conmutación a la protección			
Verificación de las trazas de trayecto			
Verificación de los perfiles de usuario			
Backups de servicio y de configuración de la red			

3.3.1 Verificación del estado de alarmas. La verificación del estado de alarmas es la tarea más rutinaria, consiste en estar verificando el estado de alarmas de la red y los equipos desde la plataforma de gestión, con el objeto de descubrir a tiempo cualquier falla que pueda presentarse; el siguiente texto resume claramente la labor que debe cumplir el personal encargado de la gestión:

Un buen personal de mantenimiento no es aquel que puede solucionar rápidamente una alarma asociada a una falla, sino aquel que tiene la capacidad de descubrir y resolver las fallas ocultas durante las actividades diarias de mantenimiento, esa cualidad garantiza la operación normal del equipo durante largos periodos de tiempo.

Periodicidad. Se recomienda realizar esta verificación tres veces por día.

3.3.2 Verificación del desempeño del enlace. Este es el procedimiento que se realiza para verificar las condiciones en que se encuentra un enlace óptico, consiste en verificar en la plataforma de gestión si sobre el mismo se están presentando errores que puedan llegar a afectar el servicio, algunos sistemas de gestión traen incorporadas las recomendaciones de la UIT-T que permiten evaluar el estado de un enlace de transmisión.

Periodicidad. Se recomienda realizar esta verificación una vez por mes.

3.3.3 Verificación del sistema de sincronismo de la red. Los sistemas de transmisión digital deben disponer de una referencia de reloj, la cual le permite funcionar en forma sincrónica con los otros elementos de la red. La verificación del sincronismo de la red consiste en confirmar el estado y la calidad del reloj que se

está empleando como referencia, así mismo se debe observar que referencia está tomando cada equipo, según el orden de prioridades que se hayan establecido sobre el sistema.

Periodicidad. Se recomienda realizar esta verificación todos los meses.

3.3.4 Verificación de la conmutación a la protección. Las redes de transmisión por fibra óptica pueden configurarse con rutas de protección que garanticen rutas alternas en caso de fallas, estas protecciones pueden ser automáticas o manuales y se establecen desde el momento mismo que se da al servicio el equipo, además pueden modificarse en cualquier momento desde la plataforma de gestión. La verificación de la conmutación a la protección consiste en forzar un enlace para que trabaje por la ruta de protección, esto permite confirmar si este medio alternativo se encuentra funcionando normalmente, y da la posibilidad de descubrir si existe alguna falla oculta en el sistema. Para el caso de las rutas de protección que operan manualmente, también deben probarse para confirmar que se encuentren disponibles.

Periodicidad. Se recomienda realizar esta verificación cada dos meses.

3.3.5 Verificación de las trazas de trayecto. Los sistemas de transmisión por fibra óptica que utilizan la tecnología SDH, cuentan con unos espacios dentro de la estructura de trama que se utilizan para enviar etiquetas o trazas que permiten confirmar si la información que se está recibiendo del lado distante es efectivamente la esperada. Esta funcionalidad es muy útil cuando se presenta un corte en los cables de fibra óptica, porque ayuda a detectar si las fibras ópticas en el empalme no quedaron cruzadas. La verificación de las trazas de trayecto

consiste en confirmar que la función esté habilitada y que los nemónicos utilizados sean correctos.

Periodicidad. Se recomienda realizar esta verificación cada tres meses.

3.3.6 Verificación de los perfiles de usuario. Desde la plataforma de gestión de un sistema de transmisión por fibra óptica, se tiene la posibilidad de restringir el acceso del personal no autorizado a ella, así mismo limitar la gestión local que pueda hacerse directamente sobre el equipo. Para prevenir y evitar que personal con un conocimiento limitado del sistema pueda involuntariamente cometer un error y ocasionar una interrupción del servicio, se debe verificar regularmente los perfiles de los usuarios autorizados, así mismo se recomienda como política de seguridad modificar periódicamente las claves de acceso a los equipos.

Periodicidad. Se recomienda realizar esta verificación todos los meses.

3.3.7 Backup de servicios y de configuración de la red. El backup de los servicios habilitados y de la configuración de los equipos es una de las rutinas más importantes, con ella se garantiza que en caso de una falla grave se pueda recuperar o “levantar” el equipo rápidamente. Esta tarea debe ser realizada por personal capacitado, teniendo en cuenta que si no se ejecuta en forma correcta puede ocasionarse una interrupción del servicio. Algunos equipos brindan la posibilidad de hacer los backups automáticamente, sin embargo es importante tener en cuenta que cuando se ejecuta de esta forma, el backup queda almacenado sobre el mismo disco duro de la plataforma de gestión, es decir que si falla la máquina se puede llegar a perder la información; para evitar esta situación lo más recomendable es guardar una copia los backups en otros dispositivos de memoria, diferentes al del mismo equipo de gestión.

Periodicidad. Se recomienda realizar esta rutina una vez por semana, como mínimo, o ajustar el periodo según los cambios que se produzcan sobre la red.

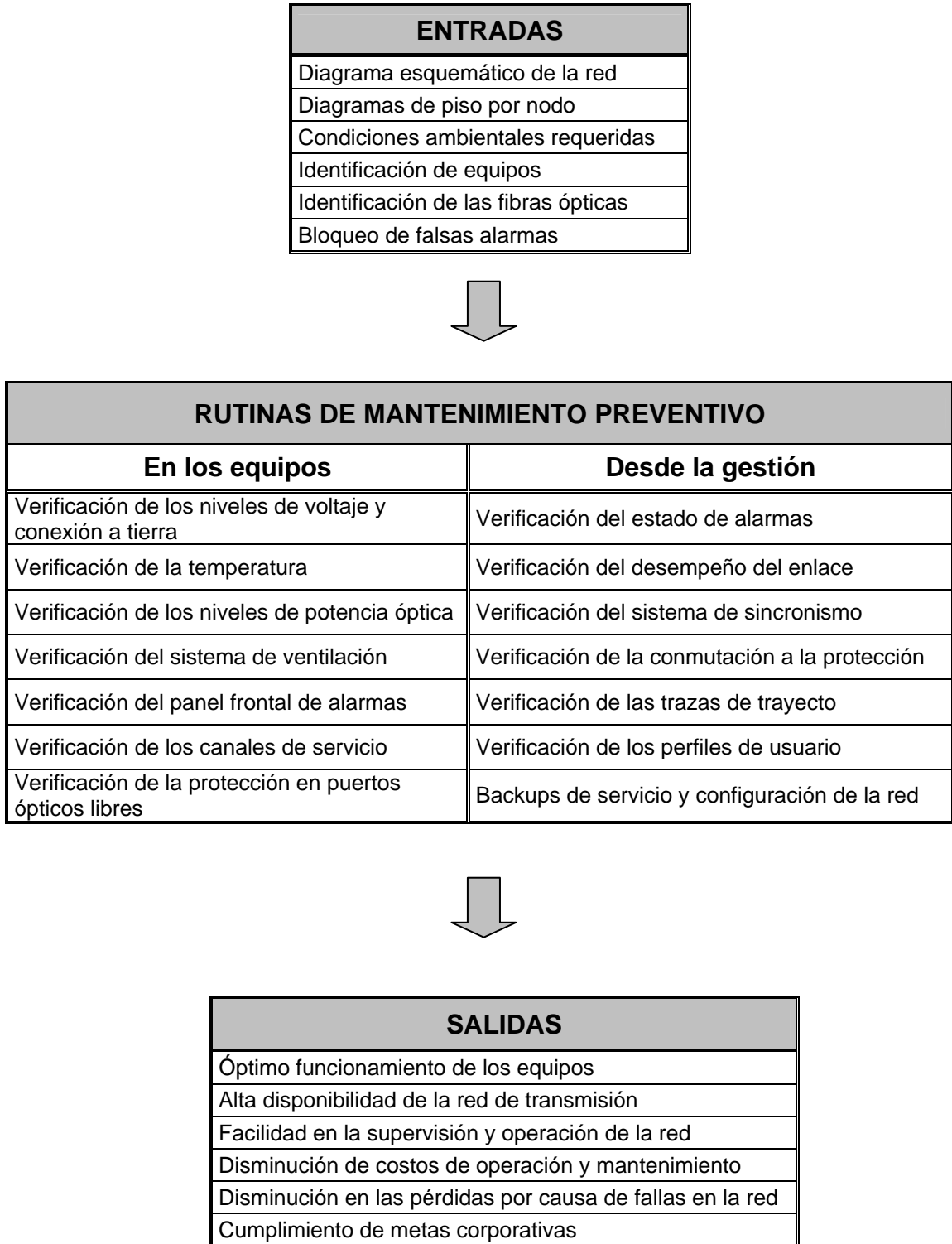
3.4 CARACTERIZACIÓN DEL MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Desde el punto de vista gerencial, es importante tener esquematizado la caracterización del modelo de mantenimiento preventivo propuesto, teniendo en cuenta que esto permite observar en forma global los elementos que componen el sistema, es decir las entradas y salidas frente a las actividades principales que serán ejecutadas. Para complementar el modelo se requiere también definir los indicadores de gestión del mantenimiento aplicado, los cuales constituyen una herramienta de control para el encargado del área de transmisión, o quien cumpla la función de director de operación y mantenimiento, en la empresa de servicios de telecomunicaciones donde se adopte el modelo.

3.4.1 Esquemmatización del modelo. La representación esquemática del modelo de mantenimiento preventivo aplicado a la infraestructura interna de transmisión en una red de telecomunicaciones por fibra óptica, está orientada hacia la estructuración de un sistema simple donde se dispone de unas entradas, unas actividades principales dentro del mismo y por supuesto unas salidas. La Figura 29 presenta en forma detallada los tres componentes señalados anteriormente ajustados al modelo de mantenimiento preventivo propuesto.

3.4.2 Indicadores de gestión del modelo de mantenimiento. Con el fin de poder analizar y evaluar los resultados del modelo de mantenimiento preventivo propuesto, una vez ha sido implementado en una empresa del sector telecomunicaciones con infraestructura interna de transmisión por fibra óptica, se han definido cinco indicadores de gestión que permiten observar aspectos como,

Figura 29. Esquematización del modelo de mantenimiento preventivo



el tiempo promedio entre fallas, el avance del plan que sea trazado, la efectividad del mismo y su impacto en la disponibilidad de la red de transmisión sobre la cual se aplica, estos son:

- **Tiempo promedio entre fallas (TPEF).** Representa o indica estadísticamente, la frecuencia en promedio con que se presentan fallas en la red de transmisión, su tendencia debe ser positiva para que refleje el cumplimiento del objetivo del mantenimiento preventivo, es decir disminuir el número de fallas y además aumentar el tiempo promedio entre las mismas.

$$TPEF = \frac{\sum TEF}{nTF}$$

donde;

TEF : **T** tiempo **E**fectivo de una **F**alla (expresado en horas)

nTF : **n**úmero **T**otal de **F**allas durante el periodo

- **Avance del Programa de Mantenimiento Preventivo (APMP).** Como su nombre lo indica permite evaluar, en forma porcentual, el avance de la aplicación del modelo de mantenimiento preventivo, respecto al objetivo que haya sido trazado en un determinado periodo de tiempo.

$$APMP = \frac{NAPMP}{nTNPP} \times 100 (\%)$$

donde;

NAPMP : **N**odos donde se **A**plicó el **P**rograma de **M**antenimiento **P**reventivo

nTNPP : **n**úmero **T**otal de **N**odos **P**rogramados en el **p**eriodo

- **Efectividad de Programa de Mantenimiento Preventivo (EPMP).** Este indicador proporciona en término porcentual, cual es la efectividad del programa

de mantenimiento preventivo, según el modelo propuesto, durante un periodo de tiempo de un mes calendario, no obstante la evaluación puede cumplirse en lapsos de tiempo mayor, según se requiera.

$$EPMP = \frac{nTNR - NFm}{nTNR} \times 100 (\%)$$

donde;

nTNR : número **T**otal de **N**odos de la **R**ed

NFm : **N**odos en **F**alla durante el **m**es

- **Disponibilidad por Nodo de Transmisión (DNTx).** El indicador de disponibilidad por nodo de transmisión, evalúa en un determinado tiempo de observación, cual ha sido la disponibilidad de los equipos de transmisión por fibra óptica allí instalados, es decir determina en términos porcentuales el tiempo total en que los equipos han estado funcionando sin presentar falla.

$$DNTx = \frac{(SSN \times Tobs) - \sum(Tind \times SAN)}{SSN \times Tobs} \times 100 (\%)$$

donde;

SSN : **S**istemas en **S**ervicio en el **N**odo (a nivel de 2048 kbps)

Tobs : **T**iempo de **o**bservación (expresado en horas)

Tind : **T**iempo de **I**ndisponibilidad (expresado en horas)

SAN : **S**istemas **A**fectados en el **N**odo (a nivel de 2048 kbps)

- **Disponibilidad de la Red de Transmisión (DRTx).** Este indicador de disponibilidad de toda la red de transmisión, evalúa en un determinado tiempo de observación, cual ha sido la disponibilidad de la infraestructura interna de

transmisión por fibra óptica, es decir determina en términos porcentuales el tiempo total en que la red de transmisión ha estado funcionando sin presentar fallas.

$$DRTx = \frac{(SSR \times Tobs) - \sum(Tind \times SAR)}{SSR \times Tobs} \times 100 (\%)$$

donde;

SSR : **S**istemas en **S**ervicio en la **R**ed (a nivel de 2048 kbps)

Tobs : **T**iempo de **o**bservación (expresado en horas)

Tind : **T**iempo de **I**ndisponibilidad (expresado en horas)

SAR : **S**istemas **A**fectados en la **R**ed (a nivel de 2048 kbps)

3.5 EJECUCIÓN DEL MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Una vez precisados los requerimientos básicos iniciales para la aplicación del modelo, definidas las rutinas de mantenimiento en los equipos y desde la gestión, el paso a seguir es señalar los pasos que deben cumplirse para alcanzar un óptimo resultado.

3.5.1 Divulgación y entrenamiento. Como en todo proceso a desarrollar, antes de aplicarlo debe ser divulgado para que los interesados lo conozcan, comprendan el objetivo y descubran cuales son sus beneficios. En primer término se debe dar a conocer a la dirección de la empresa exponiendo el porque y para que del modelo, afortunadamente las inversiones para su aplicación son menores, teniendo en cuenta que la mayoría de los recursos están disponibles y solo falta organizarlos de acuerdo al plan que sea definido. El siguiente grupo objetivo es el personal de operación y mantenimiento encargado de su ejecución, aquí no es suficiente una exposición magistral o una reunión formal, se necesita ir más allá porque significa cambiar las costumbres que por años no han cambiado.

Para iniciar la ejecución del modelo después de haberlo dado a conocer, continúa una tarea encaminada a brindar un entrenamiento sobre los aspectos sustanciales, es decir lo relacionado con las rutinas de verificación que tendrán que aplicarse, para esa labor se tiene que programar varias secciones de entrenamiento, el propósito de transferir el conocimiento aprovechando el personal más capacitado de la organización.

3.5.2 Establecimiento de prioridades. Las prioridades que se deben establecer hacen referencia a los puntos de la red que demandan acciones inmediatas, esta labor debe adelantarse con la participación de todo el personal responsable de la operación y el mantenimiento de la red de transmisión, partiendo del hecho incuestionable que el conocimiento está en manos de quienes atienden el día a día de la operación.

Para facilitar el ejercicio es conveniente que se elabore un cuestionario de preguntas, las cuales deben ser preparadas por el responsable de la aplicación del modelo, las preguntas están orientadas a resolver o aclarar las dudas que existan en cuanto al estado de la red, y deben ser respondidas por todos los integrantes del grupo.

El orden de las prioridades para la aplicación y ejecución del modelo, debe estar basado en la estructura topológica de la red, la infraestructura instalada, el servicio que soporta, la tecnología aplicada y los recursos disponibles; sobre este último aspecto es importante tener en cuenta que las herramientas, instrumentos y el recurso humano que se requiere, prácticamente es el mismo que viene atendiendo el mantenimiento reactivo y correctivo programado.

3.5.3 Definición del cronograma. Cuando ya esté definido el orden de prioridades, se procede con la elaboración del cronograma de ejecución, el modelo debe aplicarse a toda la red en un periodo no mayor a un año.

3.5.4 Control de ejecución. El control de la ejecución es la base del éxito del modelo, para esta labor se deben elaborar formatos que permitan verificar no solamente el cumplimiento de las rutinas, sino también la calidad en la aplicación de las mismas, estos controles permitirán tomar las acciones correctivas y mejorar los puntos débiles que se identifiquen.

3.5.5 Periodos de evaluación y ajuste. Durante el primer año la evaluación y ajuste del cumplimiento del cronograma y de los resultados que arrojen los controles, deben evaluarse semanalmente en una sesión corta el primer día de la semana, cada lunes el personal que se encuentra al frente de la ejecución de las rutinas presentará un informe; como resultado de la reunión se levantará un acta donde se consignarán los temas tratados, quienes participaron y las tareas que quedan pendientes para la siguiente semana.

4. IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN UNA EMPRESA DEL SECTOR TELECOMUNICACIONES

El anterior título no especifica que la implementación está orientada a la infraestructura interna de transmisión en una red de telecomunicaciones por fibra óptica, se debe hacer claridad para no generar confusiones cuando se esté desarrollando el tema. Los puntos que se van a tratar en el presente capítulo son el análisis que debe realizar la empresa que va aplicar el modelo, la evaluación de los recursos disponibles, los factores de riesgo profesional y los beneficios que ofrece el modelo.

4.1 ANALISIS AL INTERIOR DE LA EMPRESA

Siempre que se toma una decisión es necesario hacer un análisis de la situación actual, este ejercicio permite identificar las repercusiones que pueden tener los cambios a implantar.

4.1.1 Infraestructura interna instalada. Para proceder con la implementación del modelo primero se debe conocer cual es la infraestructura instalada, dado que es uno de los puntos que determina el como se va a ejecutar el programa. En primer lugar se deben identificar las tecnologías que se están utilizando, la estructura y topología de la red, los servicios que se están soportando a través de la infraestructura, y por supuesto cuales recursos están disponibles para la implementación del modelo.

Con base en el la información anterior, se hace una evaluación de los requerimientos básicos iniciales del modelo, antes de dar comienzo a la ejecución del modelo.

4.1.2 Evaluación de los procedimientos de de O&M. Con base en el tipo de mantenimiento que la empresa venía aplicando, se plantea hacer una revisión de los procedimientos sobre los cuales se soportaba la operación y el mantenimiento de la infraestructura interna de transmisión de la red por fibra óptica; este ejercicio permite hacer un evaluación del esquema que se estaba trabajando, identificar sus debilidades y encontrar las fortalezas, para aprovecharlas en la implementación del modelo de mantenimiento preventivo.

4.1.3 Comportamiento de los indicadores de falla. Los indicadores de falla reflejan los resultados de la gestión de mantenimiento del área respectiva, si los indicadores son elevados pueden estar señalando que se tienen problemas y que por tanto debe existir una causa. Es importante conocer cual ha sido el comportamiento histórico de los indicadores en los últimos cinco años, frente al tipo de mantenimiento que se ha venido aplicando.

4.1.4 Cálculo de pérdidas por falla. Con base en los reportes de falla que se encuentren archivados, se requiere hacer una evaluación de las pérdidas que generaron las fallas ocurridas, este ejercicio permite hacer un análisis adicional de los resultados de la gestión del mantenimiento y del esquema que se ha venido aplicando. La cuantificación económica de las pérdidas por las fallas registradas, puede resultar siendo el soporte para las decisiones que se deban tomar.

4.1.5 Acuerdos de niveles de servicio vigentes. Los tiempos de respuesta para la solución de una falla, dependen de la estructura operativa de la empresa y de

los modelos aplicados. Cuando se va aplicar el modelo de mantenimiento preventivo, es posible que se requiera solicitar ventanas de mantenimientos para la implementación del modelo, estas últimas están supeditadas a los acuerdos de nivel de servicio con los clientes, en consecuencia se debe disponer del listado actualizado de todos los acuerdos de nivel de servicio vigentes.

4.1.6 Resultados del análisis. Con base en el resultado que arroja la evaluación de la infraestructura, los procedimientos de la operación y mantenimiento aplicados, el comportamiento histórico de los indicadores de falla, el cálculo de las pérdidas por falla que han ocurrido en los últimos años, y los acuerdos de nivel de servicio vigentes, se procede a elaborar un informe que va a soportar la decisión que se tome frente al modelo del mantenimiento preventivo.

4.2 RECURSOS NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Para determinar el costo o la inversión que se debe realizar para la implementación del modelo de mantenimiento preventivo, para soportar la infraestructura interna de transmisión en una red de telecomunicaciones por fibra óptica, es necesario verificar los puntos señalados en los siguientes numerales.

4.2.1 Capacitación específica al personal de O&M. Con base en la evaluación y el análisis realizado previamente de la infraestructura de transmisión instalada, se procede a evaluar si el personal de operación y mantenimiento está en capacidad de atender los equipos instalados, este ejercicio permitirá identificar las necesidades en el tema de la capacitación específica, e igualmente cuantificar los costos que ello implica. Algunas empresas cuentan con programas de capacitación propios, este esquema permite disminuir los costos porque los mismos funcionarios se encargan de dictar los cursos.

4.2.2 Instrumentación y herramientas. El modelo de mantenimiento preventivo propuesto no necesita hacer inversiones importantes en el tema de la instrumentación, esto se debe a que los instrumentos y herramientas utilizados son los mismos que se tienen para la operación y mantenimiento, independiente que sea correctivo, reactivo o programado. Algunas empresas que manejan contratos por outsourcing para el mantenimiento, no poseen instrumentación propia en razón a que el contratista debe contar con ese recurso.

4.2.3 Sistemas de información. Para llevar el control de la ejecución del modelo, es necesario disponer de una base de datos para almacenar la información, este recurso es un herramienta de trabajo para el modelo, por consiguiente si la empresa no dispone de un sistema de información, necesariamente se debe adquirir el software según la cantidad de información que se pretenda manejar.

4.2.4 Repuestos. Los repuestos para los equipos de transmisión son un tema de nunca acabar, algunas empresas manejan el stock de repuestos en forma aislada, es decir sin tener en cuenta el comportamiento estadístico de la red. El modelo de mantenimiento preventivo como tal no exige un mínimo de repuestos, este cálculo se debe realizar con base en el comportamiento estadístico de las fallas, y no debe estar asociado a las rutinas del modelo de mantenimiento preventivo propuesto; cada empresa elige en forma independiente como administrar el tema de los repuestos.

4.2.5 Elementos de consumo. Los elementos de consumo que se requieren dentro de las rutinas de mantenimiento son mínimos, dado que son artículos de muy bajo valor que se pueden considerarse como despreciables, entre ellos se encuentran: aire seco, alcohol isopropílico

4.3 FACTORES DE RIESGO PROFESIONAL

Toda actividad laboral por sencilla y simple que parezca está ligada a algunos factores de riesgo profesional, lo importante es conocer cuales son esos riesgos y tomar las medidas necesarias para no afectar la salud del personal de operación y mantenimiento. Los factores de riesgos presentes en las actividades relacionadas con el modelo de mantenimiento preventivo propuesto son las siguientes:

Factores de riesgo físico. Teniendo en cuenta que las longitudes de onda utilizadas en la transmisión por fibra óptica, se encuentran en la banda del espectro no visible, es importante tomar las medidas de seguridad necesarias para evitar que se produzcan lesiones en los ojos; las siguientes son las recomendaciones a considerar:

- Nunca se debe observar directamente los puertos de una tarjeta óptica instalada sobre el bastidor de un equipo.
- Cuando por circunstancias especiales se deba operar una tarjeta con potencia óptica activa, se deben utilizar las gafas de protección apropiadas.
- Todo puerto óptico que se encuentre libre debe permanecer cubierto con la tapa de seguridad apropiada.
- Siempre que se manipulen puentes de fibra óptica que se encuentren activos y conectados a puertos ópticos, se deben cubrir en el extremo libre mediante capuchones o tapones de protección.

Factores de riesgo químico. El alcohol isopropílico es un líquido incoloro que se utiliza como solvente en la industria y en la fabricación de algunos productos, en el caso de las redes por fibra óptica se utiliza para hacer la limpieza de los conectores ópticos; los riesgos por sobre exposición a este líquido son:

- El contacto permanente puede ocasionar irritación y quemaduras en la piel.

- Al penetrar en los ojos puede generar una alta irritación.
- La inhalación permanente de los vapores que genera puede ocasionar irritación en la nariz y garganta.
- La sobre exposición puede causar dolor de cabeza, somnolencia y en caso extremo inconsciencia.
- Por ser un líquido inflamable se constituye en un elemento de riesgo de incendio

4.4 BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO

Los principales beneficios que se obtienen de la implementación del modelo de mantenimiento preventivo propuesto son los siguientes:

- En primer beneficio es la disminución de las pérdidas ocasionadas por problemas o fallas en los equipos de transmisión.
- Los costos operativos se reducen.
- Se pueden cumplir los acuerdos de nivel de servicio firmados con los grandes clientes.
- El cumplimiento de las metas corporativas no se ven comprometidas.
- Se disminuye la presión y se mejora el ambiente laboral.
- Se trabaja siguiendo un cronograma previamente establecido.
- Al disminuirse las interrupciones de servicio y el tiempo medio de reparación la imagen de la empresa se mejora.

5. CONCLUSIONES

En el presente documento se definieron los elementos que componen la infraestructura interna de transmisión de una red de telecomunicaciones por fibra óptica, así mismo se mostraron las aplicaciones disponibles según el tipo de red.

La aplicación de esquemas de mantenimiento reactivo y correctivo programado sobre las redes de transmisión por fibra óptica, dificultan la operación y afectan los ingresos de las empresas operadoras que los utilizan.

En el modelo de mantenimiento preventivo propuesto estableció claramente los requerimientos básicos iniciales para su aplicación, las rutinas de verificación que deben cumplirse y como adelantar la ejecución del mismo.

Para implementar el modelo de mantenimiento preventivo propuesto se requiere realizar un análisis previo al interior de la empresa, donde se debe contemplar el estado de la infraestructura de la red, los procedimientos de O&M que vienen aplicando junto con las pérdidas ocasionadas por el mismo, y el comportamiento de los indicadores esquema.

Un buen personal de mantenimiento no es aquel que puede solucionar rápidamente una alarma asociada a una falla, sino aquel que tiene la capacidad de descubrir y resolver las fallas ocultas durante las actividades diarias de mantenimiento, esa cualidad garantiza la operación normal del equipo durante largos periodos de tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

- ACIEM. Seminario Fibra Óptica (Memorias). Bogotá: ACIEM, 1995. 101 p.
- AHCIET. Revista de Telecomunicaciones. Madrid: AHCIET, Dic. 1996. 80 p.
- ALCATEL. Alcatel 1664 SL, Optical Fiber Synchronous. Villareaux (Francia): Alcatel CIT, 1995. 420 p.
- . Alcatel 1651 SM, Technical HandBook ADD-DROP. Milano (Italia): Alcatel Bell, 1995. 270 p.
- BOTERO BOTERO, Ernesto. Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2004. 157 p.
- DÍAZ DE LA IGLESIA, Raimundo. Comunicaciones por Fibra Óptica. Barcelona: Marcombo, 1985. 180 p.
- GONZÁLEZ BOHORQUES, Carlos Ramón. Principios de mantenimiento. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2004. 175 p.
- GOZÁLEZ JAIMES, Isnardo. Seminario II: Monografía de la Especialización. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2004. 95 p.
- HEWLETT PACKARD. Seminario de Fibra Óptica. Bogotá: HP, 1992. 149 p.
- http://esiweb1a.esi.tsai.es/paraninfo_nuevo/estaticas/telematicos.pdf
- <http://www.ahciet.net/comun/portales/1000/10002/10007/10425/docs/10-98.pdf>
- <http://www.ahciet.net/comun/portales/1000/10002/10007/10365/docs/09.pdf>
- HUAWEI TECHNOLOGIES, Co. Ltda. Optical Transmission System. Shenzhen R. P. China. Huawei Technologies. 2005. 143 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Tesis y otros trabajos de grado. Bogotá : ICONTEC, 1999. 132 p.
- NORTHERN TELECOM CALA. Sistemas de Transmisión Síncrona. Miami: Northern, 1992. 127 p.
- SIEMENS. SDH, SMA4, SLT4 System Training. Alemania: Siemens, 1995. 450 p.

TAMAYO DOMÍNGUEZ, Carlos Mario. Organizaciones del mantenimiento. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2004. 79 p

VERA GARCÍA, Cesar Edmundo. Salud ocupacional. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2004. 202 p.

www.itu.int/ITU-D/study_groups/SGP_1998-2002/SG2/Documents/1998/012-es.pdf

www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Tecnologias%20de%20banda%20angosta/Notas_sobre_TMN.pdf