

PROPUESTA Y DISEÑO, PARA LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE  
INTERCONEXIÓN POR FIBRA ÓPTICA ENTRE EL CAMPUS PRINCIPAL DE LA  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER Y SU SEDE DE  
INVESTIGACIÓN DE GUATIGUARÁ, EN EL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA  
(SANTANDER).

DANIEL FERNANDO CAMPUZANO VILLA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICOMECHANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES

Bucaramanga

2004

PROPUESTA Y DISEÑO, PARA LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE  
INTERCONEXIÓN POR FIBRA ÓPTICA ENTRE EL CAMPUS PRINCIPAL DE LA  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER Y SU SEDE DE  
INVESTIGACIÓN DE GUATIGUARÁ, EN EL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA  
(SANTANDER).

DANIEL FERNANDO CAMPUZANO VILLA

Monografía para optar el título de  
Especialista en Telecomunicaciones

Asesor: Dr. OSCAR GUALDRON

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICOMECAICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES

Bucaramanga

2004

## **DEDICATORIA**

A mi esposa y mis hijos por su gran amor y apoyo incondicional sin lo cual no hubiese sido posible la realización de esta meta.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Doctor Oscar Gualdrón, asesor de este trabajo por su valiosa colaboración, disposición y paciencia durante todo el tiempo que tomo la elaboración de esta monografía.

A la Ingeniera Leydi Johana Barco, Coordinadora de la Especialización de Telecomunicaciones por su apoyo y ayuda en momentos críticos presentados en el transcurso de la especialización.

A todas las personas que de una u otra manera participaron conmigo en la obtención de este título.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	13
<b>1. ASPECTOS GENERALES.....</b>	<b>14</b>
1.1 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	14
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	15
1.3 OBJETIVOS .....	16
<i>1.3.1 Objetivo general.....</i>	<i>16</i>
<i>1.3.2 Objetivos específicos.....</i>	<i>16</i>
<b>2. ESTADO ACTUAL DE LA RED.....</b>	<b>18</b>
2.1 DESCRIPCION GENERAL.....	18
2.2 CARACTERISTICAS TÉCNICAS.....	20
<b>3. ALTERNATIVAS DE MODIFICACION DE LA RED .....</b>	<b>23</b>
3.1 RECONFIGURACIÓN DE LA RED EXISTENTE .....	23
<i>3.1.1 Eliminación Router Cisco 2500.....</i>	<i>24</i>
<i>3.1.2 Cambio de Módems.....</i>	<i>25</i>
3.2 INTERCONEXIÓN POR FIBRA ÓPTICA.....	28
<i>3.2.1 Sector UIS Guatiguará.....</i>	<i>30</i>
<i>3.2.2 Sector Campus Principal:.....</i>	<i>31</i>
<b>4. VENTAJAS INTERCONEXION POR FIBRA OPTICA .....</b>	<b>32</b>
4.1 MEDIO DE TRANSMISION.....	32

4.1.1 Ancho de banda.....	32
4.1.2 Atenuación.....	32
4.1.3 Inmunidad electromagnética.....	33
4.1.4 Inviolabilidad.....	33
4.1.5 Aislamiento eléctrico.....	33
4.1.6 Rentabilidad.....	34
4.2 EXTENSION DE RED LOCAL.....	35
4.2.1 Fast Ethernet (100BASE-FX).....	35
4.2.2 Gigabit Ethernet.....	36
4.3 MULTIPLEXACION (WDM) .....	37
<b>5. PARAMETROS DE DISEÑO .....</b>	<b>38</b>
5.1 TIPO DE FIBRA.....	38
5.1.1 Ventajas de un sistema de fibra óptica monomodo.....	38
5.1.2 Ventajas de un sistema de fibra óptica multimodo .....	38
5.2 FACTORES DE DISEÑO .....	39
5.3 CÁLCULOS DEL ANCHO DE BANDA .....	41
5.3.1 Fibra Multimodo.....	41
DATOS DEL EQUIPAMIENTO DE ONDA LUMINOSA: .....	42
5.3.2 Fibra Monomodo .....	43
DATOS DEL EQUIPAMIENTO DE ONDA LUMINOSA: .....	43
5.4 TENDIDO DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA.....	44
5.4.1 Generalidades .....	44

5.4.2	<i>Tendido con tracción</i>	45
5.4.3	<i>Tendido con aire</i>	48
5.4.4	<i>Tendido de cable aéreo.</i>	49
5.4.5	<i>Tendido en la central.</i>	50
<b>6.</b>	<b>DISEÑO DEL ENLACE</b>	<b>51</b>
6.1	CARACTERISTICAS DE LA FIBRA	52
6.2	CARACTERISTICAS DEL ENLACE	54
6.3	CARACTERISTICAS GENERALES DE EQUIPAMIENTO OPTICO:	55
6.3.1	<i>Conexión a 100Mbps (Fast Ethernet):</i>	56
6.3.2	<i>Conexión a 1000Mbps (Giga Ethernet):</i>	58
6.4	PRESUPUESTO DEL ENLACE:	60
6.4.1	<i>Pérdidas Totales del Enlace:</i>	60
6.4.2	<i>Máximo Ancho de Banda:</i>	63
<b>7.</b>	<b>MEDICIONES OPTICAS</b>	<b>67</b>
7.1	LIMPIEZA Y CONEXIÓN DE CONECTORES	67
7.1.1	<i>Características:</i>	67
7.1.2	<i>Limpieza de los conectores:</i>	68
7.2	CONTROL DE LOS EMPALMES DE LINEA	68
7.3	LONGITUDES OPTICAS	70
7.4	PERDIDA DE LAS TERMINACIONES	72
7.5	PERDIDAS DE RETORNO	73
7.6	ATENUACION TOTAL DE SECCION	74

**CONCLUSIONES..... 77**

**BIBLIOGRAFÍA..... 78**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2 - Configuración UIS Campus Principal.....	18
Figura 3 - Configuración Telecom Centro .....	19
Figura 4 - Configuración Telecom Piedecuesta .....	19
Figura 5 - Configuración UIS Guatiguará.....	20
Figura 6 - Configuración actual de los Routers.....	24
Figura 7 - Reconfiguración de Routers .....	24
Figura 8 - ASMi-52 de RAD data communication .....	25
Figura 9 - ASM-40 de RAD data communication .....	26
Figura 10 - Reconfiguración UIS Campus Principal.....	26
Figura 11 - Reconfiguración Telecom Centro .....	27
Figura 12 - Red local de fibra (Anillo de grandes clientes) - telecom.....	27
Figura 13 - Reconfiguración UIS Campus Principal.....	27
Figura 14 – Puntos cercanos de la Red local de fibra óptica de telecom a la UIS.	29
Figura 15 - Tendido adicional (Sector Piedecuesta) .....	30
Figura 16 - Tendido adicional (Sector Campus Principal).....	31
Figura 17 – Winche.....	47
Figura 18 - Winche elevadores de Caballetes .....	47
Figura 19 - Esquema general de conexión .....	52

Figura 20 - Convertidor Transition F-SM-MM-02(LH) .....	56
Figura 21 -- Utilizando puerto 100Mb SC - fibra multimodo .....	57
Figura 22 - Convertidor Transition -SM-MM-04(LW).....	58
Figura 23 - Utilizando puerto 100Mb SC - fibra multimodo .....	59
Figura 24 - Conector Tipo FC-PC .....	67
Figura 25 - Esquema de medición de Potencia de retrodifusión.....	69
Figura 26 - Método de medición LSA.....	70
Figura 27 - Esquema de medición - longitud óptica .....	71
Figura 28 - Curvas OTDR .....	71
Figura 29 - Esquema inicial de medición - Pérdida de Terminaciones .....	72
Figura 30 - Medición - Perdida de terminación .....	72
Figura 31 - Esquema de medición - Pérdidas de retorno.....	74
Figura 32 - Esquema de medición - Atenuación total .....	75

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 - Secciones UIS – Guatiguará.....	51
Tabla 2 - Datos del equipamiento óptico .....	60
Tabla 3 - Pérdidas en la fibra óptica .....	61
Tabla 4 - Otras pérdidas en el enlace.....	62
Tabla 5 - Resumen de atenuaciones .....	62
Tabla 6 - Margen de trabajo del sistema.....	63
Tabla 7 - Datos requeridos .....	64
Tabla 8 - Ancho de banda cromático .....	65

## INTRODUCCIÓN

A medida que progresa el desarrollo humano y tecnológico, aumenta la necesidad de transmitir grandes cantidades de datos a largas distancias. Como unidades de medida asociadas a estas magnitudes se pueden usar, respectivamente, el Mhz y el Km. Distintos medios de transmisión tienen diferentes capacidades de transmisión. A un cable de un par se le asigna generalmente una capacidad de transmisión de 1 Mhz.Km, a un enlace de radio o un cable coaxial una capacidad de aproximadamente 100 Mhz.Km, mientras que a una fibra óptica aproximadamente 100 Ghz.Km.

En consecuencia, por una fibra óptica se puede transmitir gran capacidad de datos a grandes distancias, lo cual hace que se presente este medio de transporte como la alternativa más aconsejable para dar solución a este tipo de enlaces.

# **1. ASPECTOS GENERALES**

## **1.1 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

En la actualidad la educación, la ciencia, la investigación y la tecnología están estrechamente ligadas a las comunicaciones y cada día son más exigentes las condiciones y requerimientos de las mismas.

La necesidad de capacidad de transmisión de datos es cada vez mayor y los medios de transporte existentes presentan grandes limitaciones. Por eso la fibra óptica emerge como el medio que brinda las mejores posibilidades para interconectar puntos que requieran intercambiar señales a alta velocidad y a grandes distancias.

La Universidad Industrial de Santander, cuenta en la actualidad con múltiples enlaces, muchos de ellos por fibra óptica, tecnología a la cual se ha ido migrando paulatinamente.

El desarrollo en los sistemas ópticos al igual que toda tecnología ha logrado un avance vertiginoso en las últimas décadas. Uno de los campos de la actividad humana en donde se manifiesta con mayor contundencia la modernización tecnológica es el de las telecomunicaciones y dentro de este campo los sistemas de telecomunicaciones ópticos basados en la fibra óptica representan una muy buena alternativa como un equilibrio entre capacidad, velocidad, operación,

costos y mantenimiento.

La sede de investigación Guatiguará de la UIS está ubicada en el municipio de Piedecuesta, en la que se maneja un alto volumen de datos, en capacidad y en importancia. La tecnología usada en el momento, en la interconexión con esta sede, no está cumpliendo con las expectativas de capacidad, confiabilidad y disponibilidad, por este motivo se plantea la posibilidad de interconectar la sede de la Guatiguará con el Campus Principal, a través de fibra óptica, aprovechando la infraestructura con la que cuenta una de las empresas de mayor importancia en la interconexión de redes de comunicaciones y prestadora de servicio portador en Colombia, TELECOM<sup>1</sup>.

Este trabajo pretende realizar un análisis, tanto técnico como económico, de las características y requerimientos que implican la implementación de este enlace, teniendo en cuenta los elementos existentes que se puedan aprovechar.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El tráfico de datos generado actualmente en la sede de investigación Guatiguará exige cada vez mayor ancho de banda y mejores tiempos de respuesta. El enlace actual está limitado a 128Kbps y no tiene posibilidades de ampliación debido a las limitaciones técnicas de los múltiples equipos por los que está pasando, por lo cual se hace totalmente necesario contar con otro tipo de solución, que por las características de los dos puntos a enlazar, los requerimientos y las necesidades de la Universidad Industrial de Santander, se vislumbra sin duda la FO, como el medio más aconsejable

---

<sup>1</sup> Ahora Colombia Telecomunicaciones S.A. E.S.P.

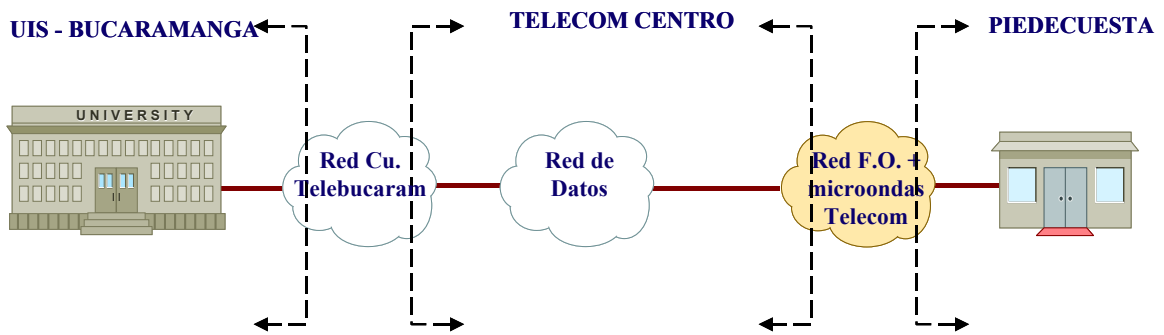


Figura 1 - Enlace actual UIS - Guatiguará

*Fuente: Autor Monografía*

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo general.

Presentar a la Universidad Industrial de Santander una propuesta clara, concreta y aplicable, para implementar un sistema de interconexión por fibra óptica entre el Campus Principal de la Universidad Industrial de Santander y su sede de Investigación de Guatiguará, en el municipio de Piedecuesta (Santander).

### 1.3.2 Objetivos específicos.

- Determinar la solución que cumpla con los requerimientos y necesidades planteadas por la Universidad Industrial de Santander.
- Presentar una solución que económicamente sea costeable por parte de la Universidad Industrial de Santander.

- Aprovechar los recursos ya existentes tanto en la Universidad Industrial de Santander, como en TELECOM<sup>2</sup>, para establecer esta interconexión.
- Diseñar y determinar el presupuesto de enlace de la red de fibra óptica entre el Campus Principal de la Universidad Industrial de Santander y la sede de Piedecuesta.
- Determinar y efectuar las pruebas correspondientes sobre las fibras del cable implementado con el fin de certificar el medio, para la implementación de los servicios.

---

<sup>2</sup> Ahora Colombia Telecomunicaciones S.A. E.S.P.

## 2. ESTADO ACTUAL DE LA RED

A continuación se presenta el estado actual de la red de comunicaciones que posee la Universidad Industrial de Santander, con La sede de investigación–Guatiguará, en la población de Piedecuesta.

### 2.1 DESCRIPCION GENERAL

La red actual de comunicaciones del enlace UIS – Guatiguará, consta de varias etapas, en las estaciones de UIS Campus Principal, Telecom Centro, Telecom Piedecuesta, sede de Investigación – Guatiguará

Esta red comprende el siguiente esquema: Un enlace vía MODEM (Marca Teleprocesing) a 128 Kbps, entre UIS Campus Principal y Telecom Centro, el MODEM en la UIS está conectado a un Router Cisco, mediante el puerto WAN – V.35, el cual está conectado a una red LAN.



**Figura 2 - Configuración UIS Campus Principal**

*Fuente: Autor*

En Telecom Centro, el MODEM está conectado a otro Router Cisco 2514, mediante el puerto WAN – V.35 Serial 0, el cual dentro del esquema general de conexión, no es necesario y se puede obviar mediante la modificación de las direcciones IP de los router. El otro puerto WAN – V.35 Serial 1 está conectado al Nodo NewBridge de la red de datos de Telecom, a través de la tarjeta INTF V.35, en este nodo se realiza el mapeo de la señal mediante un puerto TRUNK 2M, el cual tiene un puerto físico G.703, conectado a la red de transporte de Telecom, que interconecta Bucaramanga, con el municipio de Piedecuesta a través de una red local de fibra óptica.



Figura 3 - Configuración Telecom Centro

Fuente: Autor

Una vez en Telecom Piedecuesta, el tributario de 2Mbps se interconecta con un sistema radioeléctrico digital DRL 1502 – TRT, mediante un enlace punto a punto con La sede de investigaciónGuatiguará.



Figura 4 - Configuración Telecom Piedecuesta

Fuente: Autor

En La sede de investigaciónGuatiguará existe una caseta en la cual están instalados los equipos de Telecom: Radio, Nodo NewBridge y el MODEM que se interconecta mediante par de cobre con el salón de equipos de la UIS – Guatiguará.

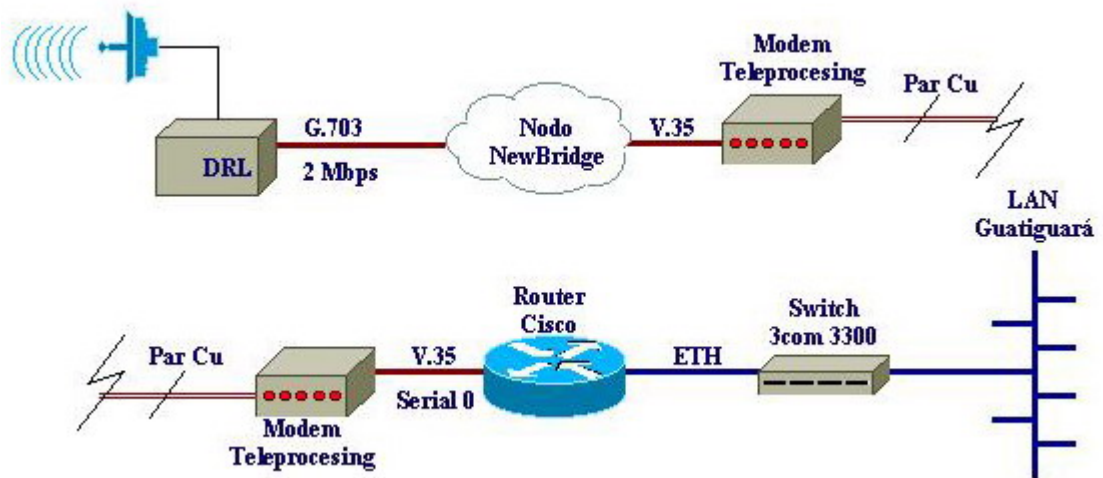


Figura 5 - Configuración UIS Guatiguará

Fuente: Autor

## 2.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Para determinar las características técnicas del sistema se tendrá en cuenta cada uno de los dispositivos y parámetros que forman parte de la red.

### Switch Cajun P880 Routing:

Dentro de las características más importantes de este equipo se encuentran: Calidad de servicio (QoS), Capacidad de conmutación y enrutamiento de hasta 139 Gbps, hasta 768 puertos 10/100 por cada switch, hasta 128 puertos Gigabit, hasta 384 puertos 100Base-FX, compatible con los módulos Avaya ya existentes y con los nuevos moduladores de la serie 80.

### Avaya P333T

El Avaya P333T forma parte del Sistema Avaya P330, el cual permite la expansión de la red tanto como se necesite, posee 24 puertos de auto negociación 10/100base-TX y un slot de expansión para un puerto adicional 10/100Base-Tx, 100Base-FX ó 1000Base-x, o un modulo de acceso ATM.

### **Cisco 2514**

Router que permite conectarse a dispositivos tales como: terminales, módems, consolas de routers y redes ISDN, consta de dos puertos Ethernet 10Base-T, dos puertos seriales síncronos, un puerto auxiliar RJ-45 y un puerto RJ-45 para administración.

### **Módem Teleprocessing Aync/Sync-2**

Este módem opera sincrónicamente, full duplex a través de pares dedicados de 2 hilos, a velocidades seleccionables de 600 bps hasta 128Kbps, sobre cables 24 o 26 AWG. Utiliza modulación 2B1Q, con un alcance de hasta 8 Km. Tiene interfaces V.24/RS-232, V.35, V.36, RS-530, X.21 ó G.703 codireccional (64Kbps).

### **Sistema 3600 MainStreet**

Es el nodo NewBridge mostrado en los esquemas de la sección anterior y su función es administrar el ancho de banda mediante multiplexaje por división de tiempo TDM, permite además realizar la sincronización entre redes. Las interfaces de voz y datos pueden ser definidas mediante software: datos V.24, X.21 y V.35, voz FXO, FXS, OPX, E&M de 2 y 4 hilos. Interfaces primarias T1, E1, X.21 y V.35.

## **Red de Fibra Óptica**

El tipo de fibra que utiliza Colombia Telecomunicaciones en la red hacia Piedecuesta es monomodo (SM). A través de esta fibra se conectan multiplexores SDH (Synchronous Digital Hierarchy ) con capacidad STM-4, mediante equipos SMS-600V marca NEC, con accesos a 2Mbps, 34Mbps y STM-1.

## **Sistema Radio Eléctrico Digital DRL 1502**

El equipo DRL 1502 es un sistema radio eléctrico de transmisión digital con una capacidad de 2 Mbps. Funciona dentro de bandas de frecuencia 1427 – 1525 Mhz (Plan CCIR de 11 canales bilaterales) y 1384 – 1492 (plan frances de 4 canales bilaterales). El sistema tiene una configuración de 1+1, con conmutación automática.

### **3. ALTERNATIVAS DE MODIFICACION DE LA RED**

Con la implementación existente la capacidad del enlace UIS – Guatiguará no puede subir de los 128 Kbps, debido fundamentalmente a los Módems Teleprocessing, los cuales están trabajando a su máxima capacidad.

Si se cambiaran los módems, la máxima capacidad que se podría tener sería de 2 Mbps, limitado por el Radio enlace digital que se tiene entre Telecom Piedecuesta y la sede de la UIS Guatiguará.

Teniendo en cuenta los requerimientos de la UIS en cuanto a ancho de banda y tiempos de respuesta se refiere, la propuesta principal de este trabajo es un enlace punto a punto por fibra óptica, aprovechando la infraestructura con que cuenta Colombia Telecomunicaciones en su red local.

#### **3.1 RECONFIGURACIÓN DE LA RED EXISTENTE**

Existen dos puntos claves en la reconfiguración de la red existente. El primero es la eliminación del Router Cisco 2500, que se encuentra en Telecom centro, y el segundo el cambio de los Módems Teleprocessing, para la ampliación del ancho de banda a 2Mbps.

### 3.1.1 Eliminación Router Cisco 2500

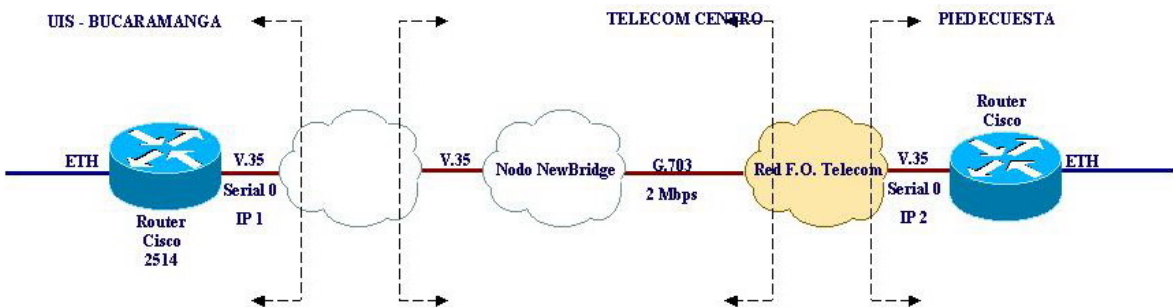
En la figura 29 se observa la configuración actual del direccionamiento de los routers en la red actual, se observa como el router ubicado en telecom centro no se requiere y es posible omitirlo, conectando directamente el puerto V.35 del Módem Teleprocessing, al puerto V.35 del nodo NewBridge.



**Figura 6 - Configuración actual de los Routers**

**Fuente: Autor Monografía**

Es necesario programar una interrupción para realizar el cambio de conexión y la reconfiguración de la dirección IP del router de Piedecuesta.



**Figura 7 - Reconfiguración de Routers**

**Fuente: Autor Monografía**

### 3.1.2 Cambio de Módems

El máxima ancho de banda que permite la red existente es de 2Mbps, limitado por el Radio enlace digital entre Telecom Piedecuesta y la sede de la UIS Guatiguará, por este motivo se podría optar por un cambio en los Módems que enlazan tanto la UIS con Telecom Centro, como los que interconectan el nodo de Telecom, con la sala de equipos en la sede de la UIS en Guatiguará.

Para la selección de los Modems, se deben tener en cuenta fundamentalmente dos aspectos: Velocidad de transmisión y longitud del enlace, los cuales son para este caso, 2Mbps y 5 Km, respectivamente.

Un equipo que cumple con estas características es el ASMi-52 de RAD data telecommunication, el cual ofrece hasta un 30% más de alcance, sobre las redes de cobre existentes, al utilizar la tecnología G.SHDSL, según la norma ITU-T-G.991.2. Este equipo es capaz de soportar velocidades de datos simétricas de hasta 2,048 Mbps, con un rango de operación de 5.0 Km, maximizando de esta manera la funcionalidad de distancia de acuerdo a la velocidad de los datos, maneja interfaces V.35, E1 (G.703).



**Figura 8 - ASMi-52 de RAD data communication**

**Fuente:** <http://rad-espanol.com/notas.php?id=58>

Para el cambio de módems en La sede de investigación de la UIS – Guatiguará, con un par de equipos para alta velocidad y corto alcance es suficiente. El equipo adecuado para este caso es el ASM-40, del mismo fabricante RAD data telecommunication, opera a velocidades variable desde 32 Kbps hasta 2048 Kbps (E1), mediante interfaces V.24, V.35, X.21, G.703 (E1) con codificación HDB3.



**Figura 9 - ASM-40 de RAD data communication**

Fuente: <http://www.rad.com/Article/0,6583,17227,00.html>

De acuerdo a lo anterior se describe a continuación la forma como se podría reconfigurar la red existente con los cambios planteados:



**Figura 10 - Reconfiguración UIS Campus Principal**

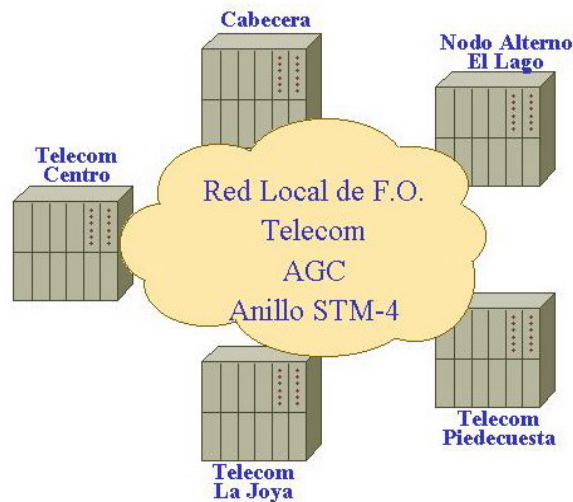
Fuente: Autor



**Figura 11 - Reconfiguración Telecom Centro**

Fuente: Autor

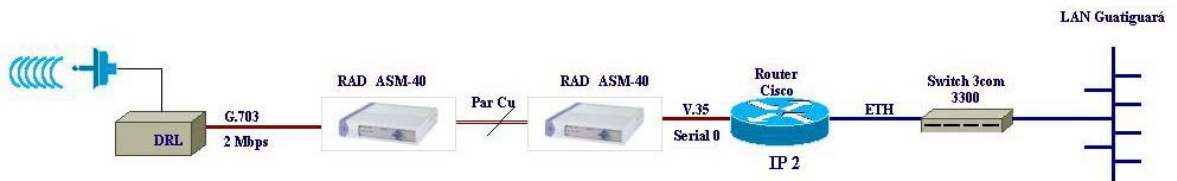
El ASMi-52 se conectaría en Telecom Centro, directamente a un puerto de 2Mbps, del equipo SMS-600V marca NEC, perteneciente a la Red de Fibra Óptica del Anillo de Grandes Clientes (AGC) de Telecom (Fig. 12),



**Figura 12 - Red local de fibra (Anillo de grandes clientes) - telecom**

Fuente: Autor

En Telecom Piedecuesta no se requiere realizar ningún cambio en la configuración actual.



**Figura 13 - Reconfiguración UIS Campus Principal**

*Fuente: Autor*

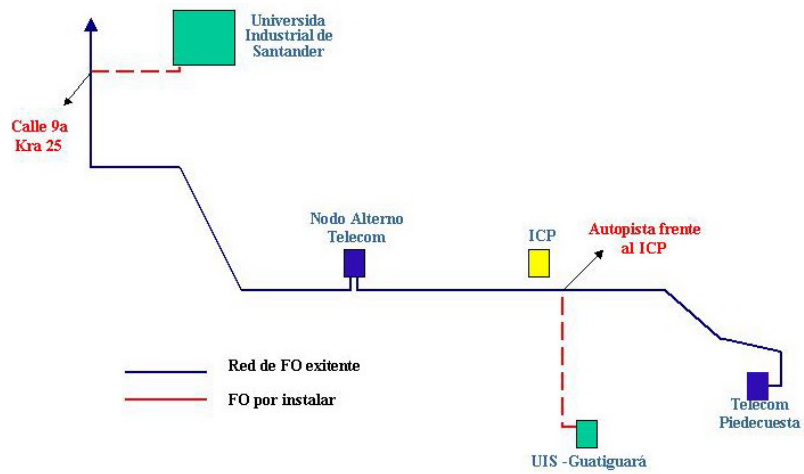
Con esta Reconfiguración se puede ofrecer una capacidad máxima de 2Mbps, limitada exclusivamente por el enlace de radio que existe entre Telecom Piedecuesta y la sede de investigación de la UIS en Guatiguará.

### **3.2 INTERCONEXIÓN POR FIBRA ÓPTICA**

Uno de los mayores limitante en la red actual es la capacidad, la cual solo es posible aumentar hasta 2Mbps; aún si no se tuviese el limitante del enlace de radio entre Telecom Piedecuesta y UIS – Guatiguará, la distancia entre UIS – Bucaramanga y Telecom Centro está en el límite para módems de alta capacidad, por encima de 5Km, difícilmente se puede conseguir en el mercado un equipo que ofrezca velocidades por encima de 2Mbps.

Por este motivo y teniendo en cuenta la infraestructura que posee Colombia Telecomunicaciones – telecom, en capacidad de fibra óptica local y regional, se puede afirmar que la interconexión por fibra óptica es la mejor alternativa con la que se puede contar para aumentar considerablemente la capacidad de transmisión de datos que requiere la sede de investigación – Guatiguará.

Colombia Telecomunicaciones – telecom cuenta con una red local de fibra que cubre toda el área metropolitana, incluyendo la población de Piedecuesta, la cual pasa cerca de los dos puntos que son objeto de este proyecto (Campus principal de la UIS y la sede de investigación – Guatiguará).

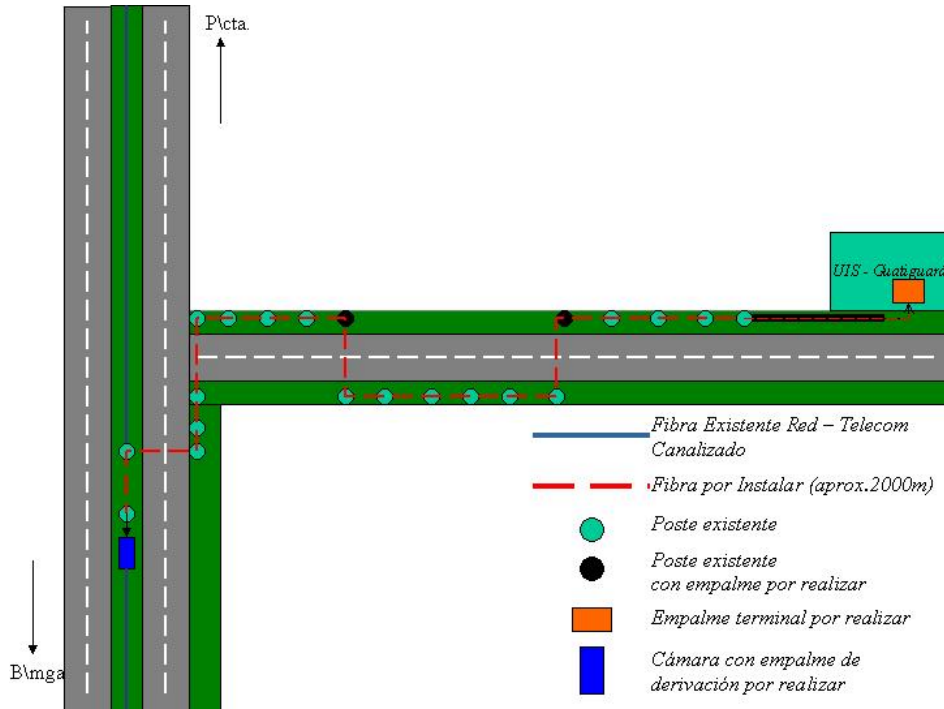


**Figura 14** – Puntos cercanos de la Red local de fibra óptica de telecom a la UIS

*Fuente: Autor*

Para realizar la conexión entre estos dos puntos es necesario realizar un tendido adicional de cable de fibra óptica entre las cámaras más cercanas de telecom y las sedes involucradas, para lo cual se realiza un estudio de campo, con el fin de determinar los requerimientos para este trabajo, el cual se describirá más adelante.

### 3.2.1 Sector UIS Guatiguará



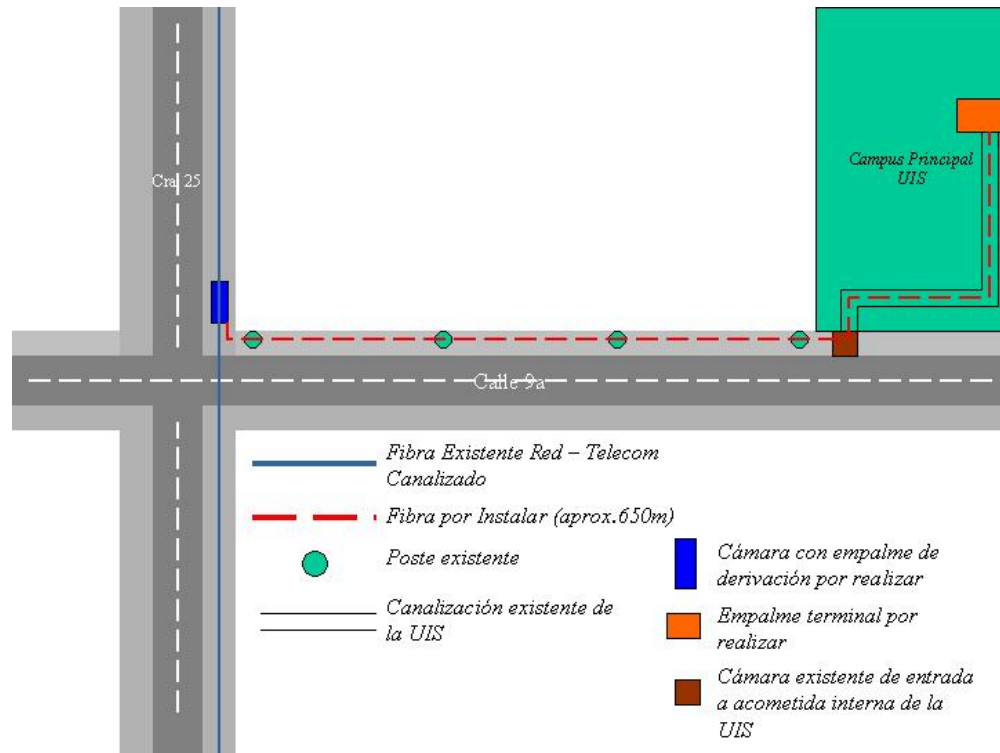
**Figura 15 - Tendido adicional (Sector Piedecuesta)**

Fuente: Autor

De acuerdo al estudio de campo en el sector de UIS – Guatiguará, se determinan los siguientes aspectos:

- Distancia aproximada: 2000 m.
- Tipo de tendido: aéreo, por postería existente (UIS, telecom, electrificadora), entrando por acometida existente los últimos 200 m
- Cantidad de empalmes: Cuatro (4) (2 Intermedios, 1 Terminal y 1 de derivación)
- Cantidad de postes terminales: 2
- Cantidad de postes intermedios: 33
- Acceso a cámaras existentes: 2

### 3.2.2 Sector Campus Principal:



**Figura 16 - Tendido adicional (Sector Campus Principal)**

Fuente: Autor

El estudio de campo en el sector del Campus principal, nos determina los siguientes puntos:

- Distancia aproximada: 650 m.
- Tipo de tendido: aéreo, por postería existente (electrificadora), entrando por acometida existente aproximadamente 300 m
- Cantidad de empalmes: Dos (2) (1 Terminal y 1 de derivación)
- Cantidad de postes terminales: 2
- Cantidad de postes intermedios: 10
- Acceso a cámaras existentes: 4

## **4. VENTAJAS INTERCONEXION POR FIBRA OPTICA**

Teniendo en cuenta que la distancia total entre los dos puntos de este proyecto es de 28 km, sin lugar a dudas la alternativa de la interconexión por fibra óptica entre el Campus principal de la UIS y su sede en Guatiguará (Piedecuesta) es la más aconsejable, por múltiples razones, entre las que se destacan:

### **4.1 MEDIO DE TRANSMISION**

#### **4.1.1 Ancho de banda**

Las fibras ópticas presentan anchos de banda desde los 10 MHz x km, pudiendo llegar hasta los 1500 GHz x km. Los cables ópticos son capaces de presentar una capacidad de transmisión superior en 500 veces a la capacidad de transmisión de sus homónimos coaxiales. Como ejemplo, sirve citar el que se puedan llegar a establecer por una sola fibra óptica hasta 60000 comunicaciones simultáneas (canales de voz digital)

#### **4.1.2 Atenuación**

Con los bajos valores de atenuación que se consiguen actualmente en las fibras ópticas (monomodo del orden de 0,2dB) se logra aumentar la distancia entre

repetidores, llegándose a cubrir vanos de más de 100 km., mientras que en los sistemas de cable coaxial la sección repetidora se sitúa aproximadamente cada 1,2 km.

#### **4.1.3 Inmunidad electromagnética**

La fibra óptica está construida con materiales dieléctricos, y por tanto no se ve afectada por los campos electromagnéticos, es inmune a la radiación electromagnética recibida, no constituye fuente de radiación electromagnética al no emitir radiación alguna, por lo que se convierte en el medio ideal de transporte cuando nos encontramos en medios con fuertes campos electromagnéticos, como pueden ser las líneas de transporte de energía de alta tensión o guerra electrónica, por lo que tiene un gran número de aplicaciones en Aviación militar.

#### **4.1.4 Inviolabilidad**

Es prácticamente imposible acceder a los datos que se propagan por una fibra óptica sin afectar a los niveles de potencia lumínica, y por lo tanto a la transmisión, lo que garantiza una gran seguridad en la transmisión de la información.

Por otra parte, al no irradiar energía alguna, la aplicación de cualquier otra técnica de escucha es inútil, lo que las hace prácticamente inviolables.

#### **4.1.5 Aislamiento eléctrico**

Al estar construidas con elementos dieléctricos, pueden ser usadas en ambientes peligrosos y donde su característica dieléctrica garantice un comportamiento eléctrico aislante al no existir la posibilidad de generación o de propagación de carga eléctrica alguna que pueda generar chispas eléctricas.

#### **4.1.6 Rentabilidad**

Desde el punto de vista de los costos, la fibra óptica es especialmente más rentable en la red interurbana frente a los cables coaxiales, al presentar un menor precio por sección; este factor, añadido a que las secciones de regeneración son mayores en las redes de fibra óptica que en las redes de cables coaxiales, provoca una nueva reducción en los costos, al eliminar una gran parte de los regeneradores intermedios, necesarios en los equipos de línea de los cables coaxiales.

Respecto a los valores de tendido y mantenimiento de ambas redes, son prácticamente iguales. Se llega a dar el caso, en los tendidos aéreos con cables autosoportados, que los costos de los mismos son netamente inferiores a los de sus homónimos de cobre.

Otra ventaja añadida a la utilización de fibras ópticas, frente al conductor coaxial, la constituye la posibilidad de migrar en el futuro a unas mayores velocidades de transmisión, por ser capaz el medio de soportarlas con el consiguiente aumento en la rentabilidad de la red.

En los precios unitarios se encuentran incluidos los totales de los equipos de transmisión respectivos para cada técnica.

En el caso de las redes urbanas, en las que los conductores de cobre utilizados son cables coaxiales o cables de pares de cobre capaces de velocidades de hasta 2 Mbps. La utilización de la fibra óptica sigue siendo más rentable frente al cable de pares de cobre.

Este es un caso típico de redes urbanas en las que uno de los factores determinantes, que encarece enormemente el costo de las mismas, es la realización de las canalizaciones, que para el caso puntual no se requieren.

## **4.2 EXTENSION DE RED LOCAL**

Los servidores actuales están diseñados para procesar archivos de mayor tamaño y para mover los datos más deprisa que nunca. Pero cuando las redes no se han diseñado para admitir niveles equivalentes de rendimiento, se arriesga la disponibilidad y se reducen el rendimiento y el ancho de banda. Los resultados que los usuarios de la red aprecian son un servicio lento y errores de datos.

Con las ventajas descritas en el numeral anterior y teniendo en cuenta que Colombia Telecomunicaciones S.A. ESP, puede ofrecer el servicio de fibra oscura, la propuesta de interconexión por fibra óptica puede ofrecer a la Universidad Industrial de Santander una extensión de la red LAN, del campus principal, mediante conversores de medio FAST ETHERNET (100 Mbps) o GIGA ETHERNET (1000 Mbps), lo cual va más allá de cualquier alternativa que pueda ofrecer otro operador.

### **4.2.1 Fast Ethernet (100BASE-FX)**

Utiliza segunda ventana (1300nm) que es la empleada en FDDI; la mayor velocidad requiere menor atenuación, lo cual se consigue cambiando de ventana para mantener el alcance máximo en 2Km; a cambio la optoelectrónica es bastante más cara (razón por la cual la relación de costos fibra/cobre es mayor en Fast Ethernet que en Ethernet). Si se mira directamente a un emisor 10BASE-FL

se aprecia una luz roja tenue, ya que la primera ventana se encuentra muy cerca del espectro visible (400-760nm). En cambio en 100BASE-FX no se aprecia ninguna luz puesto que la segunda ventana se encuentra bastante más lejos de la zona visible.

Aunque los estándares 10BASE-FL y 100BASE-FX contemplan únicamente fibra 62,5/125 la mayoría de los equipos pueden funcionar también con fibra 50/125. Sin embargo el uso de fibra 50/125 provoca una pérdida de señal que puede llegar a ser de 5 ó 6 dB debido al desacoplamiento entre el transceiver y la fibra; por tanto el uso de fibra 50/125 puede reducir la distancia máxima efectiva en Ethernet o Fast Ethernet, y su uso está desaconsejado. Aun menos aconsejable es tener en un mismo trayecto varios cambios de diámetro, ya que las pérdidas producidas en cada transición se irán acumulando.

Tradicionalmente las redes locales, al cubrir distancias pequeñas, han utilizado fibras multimodo con emisores LED (no láser) de primera o segunda ventana. En cambio las redes de área extensa utilizan emisores láser de segunda, o incluso tercera ventana (1510 nm), que con fibras monomodo permiten llegar sin repetidores intermedios a distancias de hasta 120 y 160 Km respectivamente; en este caso el mayor costo de la optoelectrónica se ve compensado por la reducción en equipos regeneradores de la señal. Debido a su pequeño diámetro las fibras monomodo son especialmente apropiadas para el uso de emisores láser que generan un haz de luz colimado.

#### **4.2.2 Gigabit Ethernet**

Existen dos sistemas denominados 1000BASE-SX (S de 'Short wavelength', o sea primera ventana), que funciona en fibra multimodo únicamente (50/125 ó 62,5/125), y 1000BASE-LX (L de 'Long wavelength', segunda ventana) que puede

utilizar multimodo (ambos tipos) o monomodo. El alcance depende como es lógico del tipo de fibra y la ventana utilizados.

Los emisores láser de primera ventana emplean una técnica denominada VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) muy similar a la de los lectores de discos compactos, por lo que resultan muy baratos de fabricar. Desgraciadamente aún no existen emisores láser VCSEL de segunda ventana, por lo que para 1000BASE-LX hay que emplear otras técnicas bastante más costosas como el láser Fabry-Perot, con lo que las interfaces LX resultan unas tres veces más caras; a cambio la segunda ventana permite generalmente un mayor alcance. Con 1000BASE-LX sobre fibra monomodo se puede llegar según el estándar por encima de 30 Km.

#### **4.3 MULTIPLEXACION (WDM)**

Con la implementación de un par de fibra entre las dos sedes de la universidad, es suficiente para todos los servicios que se requieren en la actualidad y además se garantiza, por medio de la multiplexación en longitud de onda, también conocido por su denominación americana WDM (Wavelength-Division Multiplexing), cualquier necesidad futura de comunicación: voz, datos, video.

## **5. PARAMETROS DE DISEÑO**

Para diseñar un sistema de fibra óptica se deben tener en cuenta muchos factores, tales como: velocidad de transmisión, atenuación del enlace, medio ambiente, tipos de cable, tipos de fibra, equipos disponibles, tipo de interfaz eléctrica, conectores ópticos, empalmes, protocolos y otros.

### **5.1 TIPO DE FIBRA**

Teniendo en cuenta la clasificación de las fibras según su modo de propagación, tenemos dos alternativas, fibra monomodo o fibra multimodo, teniendo cada una de ellas ventajas y desventajas.

#### **5.1.1 Ventajas de un sistema de fibra óptica monomodo**

- Mayor capacidad de transmitir en ancho de banda, son ideales para enlaces de transmisión a larga distancia.
- Menor atenuación.
- Más económicos.
- Aplicables para segunda (1310nm) y tercera (1510nm) ventana

#### **5.1.2 Ventajas de un sistema de fibra óptica multimodo**

- Se adapta mejor a distancias por debajo de los 2 Km.

- Equipamiento óptico para más económica, lo cual compensa los costos en enlaces cortos.
- Aplicables para primera (850nm) y segunda (1310nm) ventana.

En términos generales se puede extraer que los sistemas de fibra monomodo son utilizados para distancias largas (mayores a 2 Km), mientras que las fibras multimodo están destinadas a aplicaciones de distancias cortas.

## 5.2 FACTORES DE DISEÑO

Dos factores importantes que se deben tener en cuenta en el diseño de enlaces por fibra óptica son *las pérdidas totales del enlace y el máximo ancho de banda* del propio enlace, limitado por el equipo óptico y por los parámetros de las fibras ópticas.

Las pérdidas totales de un enlace son las pérdidas totales de potencia de luz en el enlace de fibra óptica, debida a todos los factores, incluyendo conectores, empalmes, atenuación en la fibra, adaptadores, etc. Todos estos factores se deben incluir en el estudio del enlace.

El valor de “Ancho de Banda” es el ancho de banda normalizado de la fibra (a 1 Km) y es el menor ancho de banda de la fibra que el fabricante recomienda para la instalación. Pueden aceptarse fibras con anchos de banda mayor (100 Mhz x Km).

La máxima atenuación y la máxima longitud no deben ser excedidas para el tipo de fibra óptica seleccionado. La máxima atenuación debe ser siempre mayor o igual a las pérdidas totales del enlace.

La máxima longitud es la longitud total de fibra óptica entre dos equipos ópticos terminales. La longitud representa el límite de atenuación debido a la atenuación de la fibra y el ancho de banda permitido, debido a la dispersión de la fibra, no debe ser excedida, incluso si la atenuación total calculada para el enlace óptico está por debajo de la atenuación máxima.

Para determinar la atenuación total del enlace se utiliza la evaluación técnica del enlace óptico o *presupuesto de enlace*, esta evaluación lista todos los factores que contribuyen o contribuirán a la atenuación total del sistema. El resultado proporciona la atenuación total del enlace requerida para el sistema de fibra óptica, la cual se compara con la atenuación máxima del equipo para determinar si el diseño está dentro de las especificaciones de la atenuación.

### **Procedimiento para Evaluación Técnica o Presupuesto de Enlace:**

1. Obtener la siguiente información del fabricante del equipo óptico:
  - Recomendaciones para el diámetro de la fibra óptica
  - Atenuación Máxima (dB/Km) y Apertura Numérica (AN) de la fibra
  - Ancho de Banda Máximo de la Fibra (Mhz X Km.)
  - Longitud máxima recomendada de la fibra óptica
  - Atenuación máxima especificada para el equipo
  - Sensibilidad del Receptor y Potencia Media del Transmisor
2. Del plan de instalación del enlace de fibra óptica determinar:
  - Longitud total del enlace
  - Número total de empalmes requeridos y pérdidas en cada uno
  - Número de conexiones y pérdidas por cada una según el margen de diseño.
  - Pérdidas ópticas debidas a otros posibles componentes del sistema
3. Otros aspecto de la evaluación técnica
  - Atenuación de la fibra a la longitud de onda de trabajo (dB/Km)

- Pérdidas en los empalmes (dB/empalme)
- Pérdidas en conexiones (dB/Conexión)
- Margen de diseño, atenuación total del enlace
- Rango dinámico del receptor
- Sensibilidad del receptor con el BER deseado

El margen de reserva deber ser mayor que cero para un diseño adecuado del sistema. Si no lo es, se deben reevaluar todos los valores de las pérdidas para reducir la atenuación total del enlace.

### **5.3 CÁLCULOS DEL ANCHO DE BANDA**

Para algunas instalaciones de fibra óptica es necesario determinar el ancho de banda máximo que la fibra óptica podrá soportar con éxito. Este dato es necesario, bien sea por que el fabricante de los equipos no suministra la suficiente información para la instalación, o por que se requiere un diseño del sistema bastante minucioso.

La mejor forma de identificar este parámetro es la medición directa, pero se requiere de la instrumentación adecuada y bastante tiempo. Un método sencillo que nos da una excelente aproximación es el que se describe a continuación.

#### **5.3.1 Fibra Multimodo**

El ancho de banda de transmisión por fibra Multimodo está limitado por parámetros como la dispersión modal y la dispersión cromática, y también por los parámetros de los equipos ópticos, fuentes de luz y detectores ópticos.

Para tener una aproximación de la máxima velocidad de transmisión por una fibra Multimodo es necesario conocer, de parte del fabricante, algunos datos muy importantes de la fibra y de los equipos. La información requerida es la siguiente:

**Datos de la fibra:**

- Ancho de banda modal de la fibra óptica: **B** (Mhz x Km)
- Dispersión cromática de la fibra: **D** (ns / nm x Km)
- Longitud total de la fibra instalada: **d<sub>inst</sub>** (Km)
- Longitud de fábrica de la fibra óptica: **D<sub>fabrica</sub>** (Km), es la longitud que ha usado el fabricante para determinar el ancho de banda modal.

**Datos del equipamiento de onda luminosa:**

- Régimen de transmisión en baudios: **R** (Mbps)
- Método de modulación óptica: NRZ, RZ, Manchester, Análogo
- Anchura espectral del generador de luz: **W** (nm), considerada en el punto de 3dB
- Tiempo de subida del generador de luz: **T<sub>gen</sub>** (ns),
- Tiempo de subida del detector: **T<sub>det</sub>** (ns)

Son el tiempo que necesita una señal de entrada con forma de onda de escalón para subir entre el 10% y el 90% de la amplitud total.

- Longitud de onda de trabajo:  $\lambda$  (nm), Longitud de onda de trabajo

Para las fibras Multimodo se deben considerar tanto la dispersión cromática como la dispersión modal, a la hora de determinar la máxima velocidad de transmisión de los datos del enlace de fibra óptica. La mayoría de los fabricantes dan tablas del ancho de banda modas de las fibras en función de la distancia, en Mhz x Km. Este valor no incluye la dispersión cromática, la cual viene dada por los fabricantes como tiempo de subida de la fibra .

Con estos valores conocidos se realiza los cálculos pertinentes con el fin de encontrar, el tiempo total de subida de la fibra y el ancho de banda eléctrico total

de la fibra, para determinar si la selección de la fibra óptica es apropiada para la velocidad de transmisión de datos requerida.

### 5.3.2 Fibra Monomodo

El ancho de banda de un sistema de fibra monomodo está limitado por la dispersión cromática material y por la dispersión cromática guía de onda, ( $\text{ps} / \text{nm} \times \text{Km}$ ). También está limitado por parámetros del equipo tales como los tiempos de subida del generador de luz y el fotodetector. Existen fibras monomodo convencionales con una dispersión cercana a cero a la longitud de onda de trabajo de 1310 nm, que soportan anchos de banda muy elevados. En 1550 nm existe también un tipo de fibra con estas mismas condiciones de dispersión, las cuales son conocidas como fibras de dispersión desplazada. Otro tipo de fibra, con dispersión cercana a cero tanto en 1310 nm como en 1550 nm, es conocido como fibra de dispersión plana.

Para tener una aproximación de la máxima velocidad de transmisión por una fibra Monomodo es necesario conocer, de parte del fabricante, algunos datos muy importantes de la fibra y de los equipos, la información requerida es la siguiente:

#### Datos de la fibra:

- Dispersión cromática material:  $D_{\text{material}}$  ( $\text{ns} / \text{nm} \times \text{Km}$ )
- Dispersión cromática guía-onda:  $D_{\text{GuíaOnda}}$  ( $\text{ns} / \text{nm} \times \text{Km}$ )
- Longitud total de la fibra instalada:  $d_{\text{inst}}$  (Km)

#### Datos del equipamiento de onda luminosa:

- Régimen de transmisión en baudios:  $R$  (Mbps)
- Método de modulación óptica: NRZ, RZ, Manchester, Análogo
- Anchura espectral del generador de luz:  $W$  (nm), considerada en el punto de 3dB

- Tiempo de subida del generador de luz:  $T_{gen}$  (ns),

- Tiempo de subida del detector:  $T_{det}$  (ns)

Son el tiempo que necesita una señal de entrada con forma de onda de escalón para subir entre el 10% y el 90% de la amplitud total.

- Longitud de onda de trabajo:  $\lambda$  (nm), Longitud de onda de trabajo

Para las fibras Monomodo se deben considerar tanto la dispersión material como la dispersión guía-onda.

## **5.4 TENDIDO DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA**

### **5.4.1 Generalidades**

El tendido del cable de fibra óptica en cualquier tipo de conducto (subducto, tritubo), se hará con especial cuidado con el fin de evitar que en el mismo se presenten microcurvaturas y macrocurvaturas; también se controlarán los parámetros de tracción y fatiga estática, así como los de aplastamiento, impactos y torsiones.

En general el cable no deberá quedar colgando de los subductos a la salida y entrada de las cámaras, ya que con el rozamiento en el borde de éste se deteriorará su cubierta.

Las puntas de los cables que se quedarán en las cámaras después del tendido, se protegerán apropiadamente contra la humedad hasta que se efectúe el empalme correspondiente.

En la cámara donde se pone el empalme, se dejará una cantidad de reserva mínima de cable de 10 metros por punta; adicionalmente en una cámara intermedia entre dos empalmes, se dejará una cantidad de reserva mínima de cable de 10 metros para futuras operaciones de mantenimiento.

Las tecnologías utilizadas, descritas a continuación, son la más adecuadas para el tendido de cable de fibra óptica.

#### **5.4.2 Tendido con tracción**

La tecnología de tendido del cable con tracción es extremadamente simple y prevé el uso de un winche.

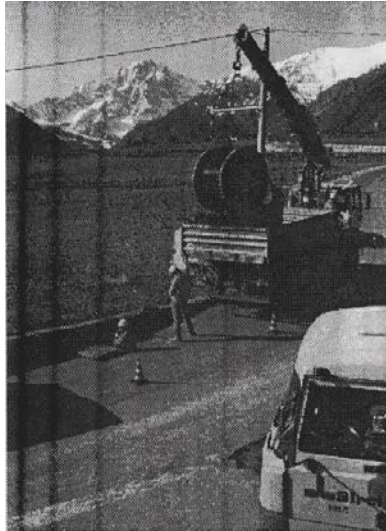
Antes de comenzar el tendido se efectuará un estudio, del trayecto y de las infraestructuras para establecer el plan de tendido.

Este estudio incluirá:

- Dirección de tendido: según las características topográficas del trayecto.
- Número de fases de tendido por cada carrete de cable:
  - Se pueden hacer todo el tendido de un carrete de cable en una dirección utilizando órganos intermedios
  - Se puede hacer el tendido de un carrete en dos direcciones, desde un punto intermedio respecto al lugar previsto; en este caso es necesario, una vez instalada la primera parte del carrete de cable desenrollar el resto del cable y ponerlo sobre el terreno en forma de "8" con un diámetro suficiente para no tener que torcerlo cuando se desenrolle
  - Máxima fuerza de tracción prevista, que debe ser inferior a la admitida para el cable suministrado.

La secuencia operativa del tendido de cable con tracción prevé las siguientes operaciones:

- Instalación de cuerda de nylon mediante un utensilio adecuado que permite inyectar aire comprimido y simultáneamente el cordoncillo, se efectúa la colocación de éste, arrastrado en el tubo por un pilotín hermético.
- Posicionamiento del winche en el punto establecido y enganche del extremo de la cuerda de nylon.
- Posicionamiento del carrete de cable y preparación de la cabeza mediante manga metálica de tracción.
- Colocación de eventuales poleas de reenvío, rodillos de deslizamiento y winches intermedios.
- Tendido del cable, mediante tracción (ver Fig. 17 y 18) 1 winche trabajará bajo control de un dispositivo automático que limita su fuerza de tracción para que no pueda superar los valores admitidos por el cable suministrado; para mantener bajo el coeficiente de roce, la superficie del cable será cubierta con una emulsión lubricante, que no contiene sustancias contaminantes.



**Figura 17 – Winche**

*Fuente: [http: Manual de entrenamiento – SIRTI / Colombia Telecomunicaciones S.A. ESP](http://Manual de entrenamiento – SIRTI / Colombia Telecomunicaciones S.A. ESP)*



**Figura 18 - Winche elevadores de Caballetes**

*Fuente: <http://www.maquinariaenventa.com/imagenes/productos/762002122262630.jpg>*

Los principales equipos necesarios para este tipo de tendido de cable son los siguientes:

- Winche de tracción (preciso, sensible, con monitoreo de la tracción).

- Accesorios como poleas de reenvío, rodillos, winche intermedio (si sirve).
- Bobina para desenrollar el carrete de cable.

### **5.4.3 Tendido con aire**

Esta tecnología de tendido de cable utiliza el aire bombeado en el interior de la tubería para hacer avanzar el cable: mediante el flujo de aire se aplica sobre el cable una fuerza distribuida que está determinada por el gradiente de presión que se genera en el interior de la tubería y por la fuerza de arrastre debida a la viscosidad.

En la entrada de la tubería una máquina empuja-cable suministra otra fuerza de empuje mediante un caterpillar o mediante ruedas y permite regular la velocidad de avance del cable. A la cabeza del cable se puede poner un pistón que suministra otra fuerza de tracción gracias a la presión ejercida por el aire.

Un dispositivo hermético, llamado inyector, permite soplar aire en el interior del ducto; entre el compresor y el inyector se encuentra un dispositivo que permite evaporar la emulsión lubricante.

Sobre la cabeza del cable se monta un capuchón metálico que permite aplicar una lámina flexible que limita el flujo del aire, recibiendo al mismo tiempo un empuje fluido-dinámico que provoca una ligera tracción sobre la cabeza del cable.

La secuencia operativa del tendido de cable con aire prevé las siguientes operaciones:

- Control de la integridad de la tubería mediante el envío de un pilotín que contiene una resonancia magnética pasiva que permita su localización en caso de bloqueo.

- Posicionamiento de los equipos de tendido y del carrete de cable en el punto de inicio
- Preparación de la cabeza del cable
- Tendido del cable mediante el aire introducido a presión en el ducto

Los principales equipos necesarios para este tipo de tendido de cable son los siguientes:

- Compresor de presión nominal adecuada
- Dispositivo de inyección del aire
- Dispositivo empuja-cable
- Bobina para desenrollar bajo control el cable, con regulación de la velocidad.

#### **5.4.4 Tendido de cable aéreo.**

El tendido del cable sobre postes se llevará a cabo mediante el uso de herramientas y accesorios adecuados según las Especificaciones Técnicas de la empresa que desarrolla el proyecto.

El cable será colocado provisionalmente sobre poleas fijadas a los postes para facilitar la tensión del mismo y para que no esté sometido a daños o abrasiones durante las fases de tendido.

En presencia de cruces con líneas de alta tensión, las actividades serán planificadas y llevadas a cabo de manera tal que se evite cualquier contacto accidental con los conductores.

El cable de subida a poste irá por el interior de éste, por lo tanto se construirá una cámara tipo 2FR al lado de los postes de inicio / final y de ubicación de empalme de los tramos aéreos. Tales cámaras contarán con su respectiva acometida a estos postes.

Las flechas serán tales que la distancia de seguridad mínima no sea inferior a 14 metros para postes de 18 metros de altura y a 16 metros para postes de 20 metros de altura.

#### **5.4.5 Tendido en la central.**

Las partes terminales del trayecto de cada enlace están ubicadas en el interior de los edificios de Central.

El tendido del cable en la Central se efectuará sobre estructuras especiales como estantes, bandejas o escalerillas para los trayectos horizontales y sobre columnas montantes o escalerillas para los trayectos verticales.

## 6. DISEÑO DEL ENLACE

Para el caso específico del enlace en referencia y teniendo en cuenta que se utilizará la infraestructura de Colombia Telecomunicaciones S.A., se hará el diseño con fibra óptica monomodo, la cual es utilizada por Telecom en todas sus redes.

El enlace total tendrá una distancia aproximada de 28 km, dividido en cuatro secciones, así:

N° Sección	Descripción	L. Óptica (m)	Att. Sección (dB)
1	Piedecuesta – Nodo Alterno	14371	3.15
2	Nodo Alterno - Cabecera	6189	2.61
3	Cabecera – RLU Estadio	5666	2.41
4	RLU Estadio - UIS	1800	1.45
<b>TOTAL</b>		<b>28026</b>	<b>9.62</b>

*Tabla 1 - Secciones UIS – Guatiguará*

*Fuente: Autor*

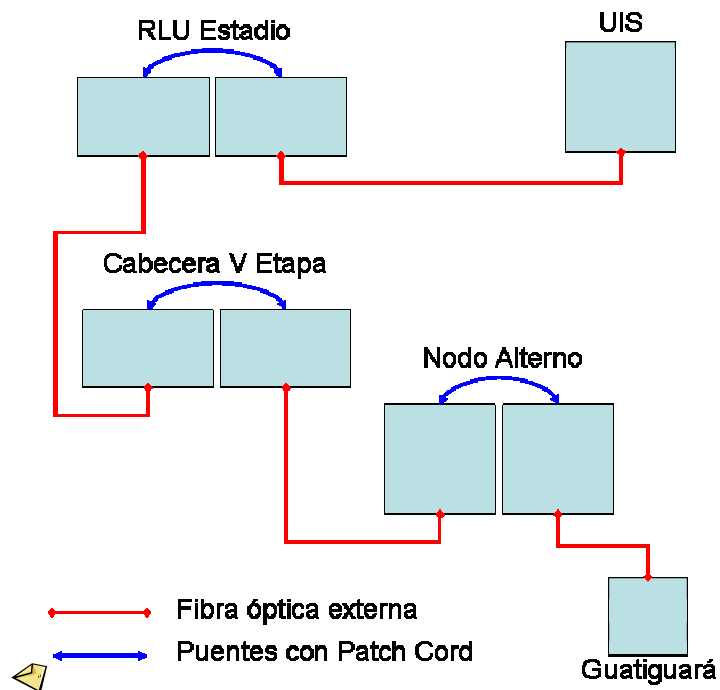


Figura 19 - Esquema general de conexión

Fuente: Autor

## 6.1 CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA

A continuación se describen las características fundamentales de la fibra óptica monomodo utilizada por Colombia Telecomunicaciones S.A. ESP y por la cual se estará realizando la conexión del proyecto:

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	FIBRA MONOMODO	
		STANDAR	OPTIMIZADA
PROPIEDADES ÓPTICAS:			
• Atenuación media:			
• @ 1310 nm	dB/km	≤ 0,38	
• @ 1550 nm	dB/km	≤ 0,22	≤ 0,20
	dB	≤ 0,1	≤ 0,1

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uniformidad de atenuación</li> </ul>	μm	9,3 ± 0,5	9,3 ± 0,5
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diámetro de campo modal</li> </ul>	nm	1100 – 1280	1100 – 1280
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitud de onda de corte</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitud de onda para dispersión nula</li> </ul>	nm	1300 – 1324	1300 – 1324
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pendiente de la dispersión nula</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispersión total máxima:</li> </ul>	ps/nm.km	≤ 3,5	≤ 3,5
<ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entre 1285 – 1330 nm</li> </ul> </li> </ul>	ps/nm.km	≤ 6,0	≤ 6,0
<ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entre 1270 – 1350 nm</li> </ul> </li> </ul>	ps/nm.km	≤ 19,0	≤ 19,0
<ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A 1550 nm</li> </ul> </li> </ul>			
PROPIEDADES GEOMETRICAS:	μm	125 ± 3	125 ± 3
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diámetro de revestimiento</li> </ul>	μm	< 1	< 1
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Error de concentricidad campo modal</li> </ul>	%	< 2	< 2
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No circularidad del revestimiento</li> </ul>			
CONT. PROP. GEOMETRICAS:	μm	250 ± 15	250 ± 15
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diámetro sobre 1ª protección</li> </ul>	μm	15	15
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Error de concentricidad 1ª protección</li> </ul>			
PROPIEDADES MECANICAS:	kpsi	≥ 100	≥ 100
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga (Tensión) de rotura</li> </ul>		G.652	G.654
OTRAS CARACTERISTICAS:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recomendación UIT-T</li> </ul>			

## 6.2 CARACTERISTICAS DEL ENLACE

Como ya se mostró en la figura 19, para realizar el enlace entre UIS - Guatiguará y el Campus principal, se requiere pasar por tres estaciones de Colombia Telecomunicaciones: Nodo Alterno el Lago, ubicado en el barrio Cañaveral Panamericano, en donde llegaremos a un ODF en el cual termina el cable que viene de Piedecuesta, con una longitud óptica superior a los 14 Km. En esta estación es necesario realizar un puente mediante patch cord, entre el ODF de Piedecuesta y el ODF del Anillo de Grandes Clientes (AGC), en el cual existen seis fibras disponibles entre el Nodo Alterno y la estación de Cabecera V etapa, con una longitud óptica de aproximadamente 6.2 Km. En esta estación se encuentra un Nodo de Datos y un concentrador (Remote Local Unit – RLU) de Bucatel. Aquí llegamos al ODF de grandes clientes y realizamos otro puente con patch cord hasta el ODF de Bucatel con dirección RLU Estadio (lado west), el cual se encuentra a una distancia óptica de casi 6 km. Una vez llegamos allí por el lado east, realizamos el último puente con patch cord hacia el lado west con dirección al RLU La Juventud, este cable es el que pasa por la esquina de la calle 9<sup>a</sup>, con carrera 25, sitio en el cual se realizará el empalme de derivación hasta la UIS, con una longitud desde Estadio cercana a los 2 km. En la tabla 1 se discriminan cada una de estas secciones con sus correspondientes longitudes ópticas y atenuaciones, con un total de 28 km y 9,6 dB de atenuación total. Esta atenuación se refiere únicamente a los valores obtenidos en las pruebas de aceptación de cada uno de los tramos de red de fibra y no contempla conectores, puentes con patch cord, ni acopladores.

Para determinar la atenuación total del enlace tendremos en cuenta los siguientes puntos:

- Atenuación de las secciones existentes, medidas OTDR desde los ODF de las estaciones involucradas. En el caso de Piedecuesta – Nodo Alterno, se realiza

una aproximación del valor medido desde Telecom Piedecuesta y el punto de derivación, que va a ser frente al Instituto Colombiano del petróleo.

- Cálculo de la atenuación del cable adicional que se requiere tender (aproximadamente 2600 m): 0,22 dB/km para 3ª ventana (1550 nm) y 0.35 dB/km para 2ª ventana (1310 nm)
- Atenuación por empalmes adicionales (0,1 dB bidireccional ó 0,3 dB unidireccional).
- Número total de terminaciones (0,5 dB por cada una)
- Atenuación de los patch cord que se van a utilizar, medidos también con el banco de atenuación. (entre 1 y 2 dB por cada uno)
- Margén de diseño, generalmente se toma como 2 dB
- Margén de mantenimiento, utilizado por la posibilidad de realizar empalmes adicionales, debido a daños en la misma, para un enlace de esta longitud y por tratarse de una zona bastante estable y urbana en su gran mayoría, con 0,5 dB de márgen es suficiente.

### **6.3 CARACTERISTICAS GENERALES DE EQUIPAMIENTO OPTICO:**

Como se describe en la figura 2, en la UIS Bucaramanga existe un Switch central Cajun P880, el cual tiene un puerto Fast Ethernet (100Mbps) libre para fibra multimodo el cual se puede aprovechar para la interconexión con Guatiguará.

Por tratarse una conexión por fibra oscura se puede pensar también en aprovechar al máximo la capacidad que ofrece en ancho de banda, pensando también en la alternativa de conexión Giga Ethernet (1000Mbps), Para esto es necesario implementar un par de switches adicionales que soporten esta velocidad.

### 6.3.1 Conexión a 100Mbps (Fast Ethernet):

Para efectos del presupuesto del enlace, es importante determinar los equipos convertidores de medio (fibra multimodo / fibra monomodo) que satisfacen con esta necesidad, a continuación se describen las especificaciones técnicas del *Convertidor de medios de fibra monomodo a multimodo para ATM o Fast Ethernet*, marca TRANSITION Network:, el cual convierta interfaces de 155Mbps multimodo a fibra monomodo sobre una base de puerto a puerto y extienda ATM o Fast Ethernet sobre fibra monomodo hasta 80 KM.



**Figura 20 - Convertidor Transition F-SM-MM-02(LH)**

**Fuente:** [http://www.transition-spanish.com/products/mcon\\_platform/standalone/atm/fsmm](http://www.transition-spanish.com/products/mcon_platform/standalone/atm/fsmm)

## Switch Fast Ethernet

## Switch Fast Ethernet

*Figura 21 -- Utilizando puerto 100Mb SC - fibra multimodo*

*Fuente: [http://www.transition-spanish.com/products/mcon\\_platform/standalone/atm/fsmm](http://www.transition-spanish.com/products/mcon_platform/standalone/atm/fsmm)*

### **Especificaciones:**

- Estándares: IEEE 802.3®
- Conectores: 2 fibra óptica dúplex – SC
- Ventana de Operación: 1310 nm (MM-SM)
- Especificaciones para los conectores de fibra óptica:
  - Multimodo:
    - TX PWR mínimo: -19.0 dBm
    - TX PWR máximo: -14.0 dBm
    - Sensibilidad RX: -30.0 dBm
    - In PWR máxima: -14.0 dBm
    - Presupuesto de enlace: 11.0 dB
  - Monomodo: F-SM-MM-02(LH)
    - TX PWR mínimo: -8.0 dBm
    - TX PWR máximo: -2.0 dBm

- Sensibilidad RX: -34.0 dBm
- In PWR máxima: -7.0 dBm
- Presupuesto de enlace: 26.0 dB
- Dimensiones: 25 x 99 x 76 mm
- Ambiente: 0 – 60°C; 5% – 95% humedad no condensada; 0 – 10,000 pies de altitud
- Peso de envío: 2 lb. (.9 kg)
- Compatibilidad: Listado por UL; listado por C-UL, Marca CE, FCC Clase A, CISPR/EN55022 Clase A
- Garantía: Vida útil

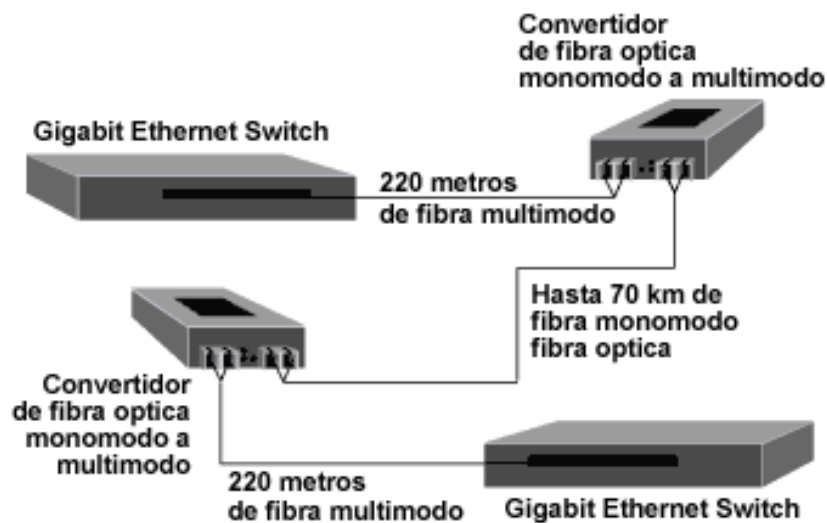
### 6.3.2 Conexión a 1000Mbps (Giga Ethernet):

Para la implementación de esta alternativa el Convertidor de medios monomodo a multimodo Gigabit Ethernet F-SM-MM-04(LW), de TRANSITION Network, puede extender Gigabit Ethernet sobre fibra monomodo hasta 65 Km. Convirtiendo los puertos 1000BASE-SX de un switch Gigabit Ethernet a 1000BASE-LX en una base de puerto a puerto. Es Ideal para redes de área universitaria u otras aplicaciones que requieran las ventajas de la distancia de la fibra monomodo.



**Figura 22 - Convertidor Transition -SM-MM-04(LW)**

**Fuente:** [http://www.transition-spanish.com/products/mcon\\_platform/standalone/gigabit](http://www.transition-spanish.com/products/mcon_platform/standalone/gigabit)



*Figura 23 - Utilizando puerto 100Mb SC - fibra multimodo*

*Fuente: [http://www.transition-spanish.com/products/mcon\\_platform/standalone/gigabit](http://www.transition-spanish.com/products/mcon_platform/standalone/gigabit)*

### **Especificaciones:**

- Estándares: IEEE 802.3®
- Conectores: 2 fibra óptica dúplex – SC
- Ventana de Operación: 15500 nm (MM-SM)
- Especificaciones para los conectores de fibra óptica:
  - Multimodo:
    - TX PWR mínimo: -10.0 dBm
    - TX PWR máximo: -4.0 dBm
    - Sensibilidad RX: -17.0 dBm
    - In PWR máxima: 0.0 dBm
    - Presupuesto de enlace: 7.0 dB
  - Monomodo: F-SM-MM-04(LW)
    - TX PWR mínimo: -2.0 dBm
    - TX PWR máximo: +3.0 dBm
    - Sensibilidad RX: -23.0 dBm
    - In PWR máxima: -3.0 dBm

- Presupuesto de enlace: 20.0 dB
- Dimensiones: 25 x 119 x 76 mm
- Ambiente: 0 – 60°C; 5% – 95% humedad no condensada; 0 – 10,000 pies de altitud
- Peso de envío: 2 lb. (.9 kg)
- Compatibilidad: Listado por UL; listado por C-UL, Marca CE, FCC Clase A, CISPR/EN55022 Clase A
- Garantía: Vida útil

#### 6.4 PRESUPUESTO DEL ENLACE:

Para el diseño del enlace por fibra óptica se consideran dos factores fundamentales: *las pérdidas totales del enlace* y el *máximo ancho de banda*. Estos factores depende en gran parte de la longitud total del enlace, por este motivo se centrará el análisis del presupuesto, al enlace de 28 Km por fibra óptica monomodo.

##### 6.4.1 Pérdidas Totales del Enlace:

- Información del equipo óptico:

	a 100 Mbps	a 1000 Gbps
LONGITUD DEL ENLACE	28 Km	
VENTANA DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS	1310 nm	1550 nm
ATENUACION RECOMENDADA DE LA FIBRA (dB/Km)	0,35	0,22
LONGITUD MAXIMA RECOMENDADA (Km)	40	65
POTENCIA DE SALIDA (dBm)	-2,0	3,0
SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR (dBm)	-34,0	-23,0

*Tabla 2 - Datos del equipamiento óptico*

Fuente: Autor

- Evaluación Técnica Óptica:

		Atenuación (dBm/km)	
		a 100 Mbps	a 1000 Mbps
<b>PERDIDAS EN LA FIBRA OPTICA</b>	<b>L.óptica (Km.)</b>	<b>0,35</b>	<b>0,22</b>
Guatiguará - Nodo Alterno	14,4	5,04	3,17
Nodo Alterno - Cabecera	6,2	2,17	1,36
Cabecera - Estadio	5,7	2,00	1,25
Estadio - UIS	1,8	0,63	0,40
<b>TOTAL PERDIDAS EN LA FIBRA OPTICA (dBm)</b>		<b>10,19</b>	<b>6,40</b>

Tabla 3 - Pérdidas en la fibra óptica

Fuente: Autor

Con los datos de distancias dado en la tabla 1, se calculan las pérdidas en el cable de fibra óptica por cada una de las secciones involucradas en el enlace, para cada una de las alternativas planteadas, teniendo en cuenta las características de atenuación para cada una de las ventanas de trabajo: 0,35 dB/Km para 1310 nm (2ª ventana) y 0,22 dB/Km para 1550 nm (3ª ventana).

<b>PERDIDAS POR EMPALMES</b>	<b>Cantidad</b>	<b>0,1 dB/emplame</b>
Guatiguará - Nodo Alterno	10	1,00
Nodo Alterno - Cabecera	3	0,30
Cabecera - Estadio	3	0,30
Estadio - UIS	2	0,20
<b>TOTAL PERDIDAS POR EMPALMES (dBm)</b>		<b>1,90</b>
<b>PERDIDAS POR TERMINACION</b>	<b>Cantidad</b>	<b>0,5 dB/Terminación</b>
Guatiguará - Nodo Alterno	2	1,00
Nodo Alterno - Cabecera	2	1,00
Cabecera - Estadio	2	1,00
Estadio - UIS	2	1,00
<b>TOTAL PERDIDAS POR TERMINACION (dBm)</b>		<b>4,50</b>
<b>PERDIDAS POR PATCH CORD (dB)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>2 dB/P. Cord</b>
Nodo Alterno	1	2,00
Cabecera	1	2,00

<b>TOTAL PERDIDAS POR P. CORD (dBm)</b>	<b>4,00</b>
---	-------------

**Tabla 4 - Otras pérdidas en el enlace**

**Fuente: Autor**

Para determinar estas pérdidas se asumen valores máximos los cuales no se pueden sobrepasar en el momento de realizar las pruebas de aceptación:

- 0,1 dB por empalme, medido bidireccionalmente
- 0,5 dB por terminación, en la terminación se cuenta el emplame de transición, el pig tail que se conecta a la parte posterior del ODF.
- 2,0 dB por cada uno de los patch cord que se utilizaran para realizar los puentes entre ODF, para darle continuidad al enlace.

	<b>a 100 Mbps</b>	<b>a 1000 Gbps</b>
<b>TOTAL PERDIDAS EN LA FIBRA OPTICA (dBm)</b>	10,19	6,40
<b>TOTAL PERDIDAS POR EMPALMES (dBm)</b>	1,90	1,90
<b>TOTAL PERDIDAS POR TERMINACION (dBm)</b>	4,50	4,50
<b>TOTAL PERDIDAS POR P. CORD (dBm)</b>	4,00	4,00
<b>MARGEN DE DISEÑO</b>	1,00	1,00
<b>MARGEN DE MANTENIMIENTO</b>	1,00	1,00
<b>TOTAL ATENUACION DEL TRAYECTO</b>	<b>22,59</b>	<b>18,80</b>

**Tabla 5 - Resumen de atenuaciones**

**Fuente: Autor**

A la sumatoria de las pérdidas anteriores se le adicionan dos términos que se utilizan para evitar errores en el presupuesto:

- **Márgen de diseño:** posibles problemas en los patch cord, conexiones deficientes, etc.
- **Márgen de mantenimiento:** para posibles contingencias que requieran la elaboración de nuevos empalmes, suciedad en los ODF, etc.

Conociendo el valor de atenuación total del trayecto calculamos el rango de trabajo del equipamiento que esta dado por la potencia de salida expresada en dBm, menos la sensibilidad del receptor expresada también en dBm.

La diferencia entre estos dos valores nos determina el margen de trabajo del sistema, el cual, si es superior a cero nos indica que en el diseño del enlace se han escogidos los equipos y el cable adecuado.

	a 100 Mbps	a 1000 Gbps
<b>TOTAL ATENUACION DEL TRAYECTO</b>	<b>22,59</b>	<b>18,80</b>
<b>RANGO DE TRABAJO DEL EQUIPAMIENTO</b>	<b>32,0</b>	<b>26,0</b>
<b>MARGEN DE TRABAJO</b>	<b>9,42</b>	<b>7,20</b>

*Tabla 6 - Margen de trabajo del sistema*

*Fuente: Autor*

Con los datos obtenidos de margen de trabajo, podemos afirmar que con los equipos escogidos y por el cable de fibra óptica monomodo existente de Colombia Telecomunicaciones S.A., es posible realizar la interconexión entre las dos sedes de la UIS: Guatiguará y Bucaramanga, bien sea en Fast Ethernet (100Mbps) o en Giga Ethernet (100 Mbps), al menos desde el punto de vista de atenuación.

Para complementar el diseño del enlace es necesario realizar los cálculos de ancho de banda máximo que la fibra óptica puede soportar sin problemas

#### **6.4.2 Máximo Ancho de Banda:**

En el caso de nuestro diseño, la fibra óptica utilizada es monomodo, por tanto los factores que limitan el ancho de banda son: la dispersión cromática por material y la dispersión cromática de guía de onda, dadas en picosegundos/(nanometro.X

kilometro) (ps/nm x Km), lo cual nos dice cuantos picosegundo se ensancha un pulso de entrada de 1 nm, a lo largo de un tramo de fibra de 1 Km.

Con el propósito de alcanzar una baja distorsión de la señal transmitida por el enlace, este debe tener un ancho de banda suficiente y para efectos del presente diseño tendremos en cuenta los siguientes datos:

<b>DATOS DE LA FIBRA</b>			
Dispersión total máxima:	ps/nm.km	3,5	19,0
Longitud del enlace	km	28,0	
<b>DATOS DEL EQUIPO OPTICO</b>			
Velocidad de Transmisión	(Mbps)	100	1000
Método de modulación Óptica		NRZ	NRZ
Ancho espectral del generador de luz	nm	20,0	1,0
Longitud de onda de trabajo	nm	1310	1550

**Tabla 7 - Datos requeridos**

**Fuente: Autor**

Se asumen valores característicos del método modulación y ancho espectral de los generadores de luz, el cual nos indica la anchura espectral a la mitad de la potencia (3dB), en nm, de la fuente de luz, la cual es frecuentemente un láser.

Como se observa en la tabla 7, las características del laser para trabajar en 3ª ventana, son más exigentes que en 2ª ventana, debido a las características de dispersión en cada una de ellas, que como se observa también en la misma tabla,

son más altas en 3ª ventana que en 2ª., repercutiendo directamente en el precio del equipo.

A continuación se describe el procedimiento para la evaluación del ancho de banda:

1. Determinamos el ancho de banda eléctrico para cada uno de los casos, de la siguiente manera:

$$B_{\text{sis. Electric. (Mhz)}} = V_{\text{trans. (Mbps)}} / 2$$

2. Calculamos el tiempo de subida cromático usando los valores de dispersión de la fibra a la longitud de trabajo determinada.

$$T_{\text{crom. (ns)}} = D_{\text{crom. (ns / nm x km)}} \times W_{\text{spec. (nm)}} \times d_{\text{inst. (km)}}$$

3. Calculamos el ancho de banda cromático

$$B_{\text{crom. (Ghz)}} = 0,35 / T_{\text{crom. (ns)}}$$

CARACTERISTICAS	UNIDAD	FIBRA MONOMODO	
		1310 nm	1550 nm
Ancho de banda sistema eléctrico	Mhz	50	500
Tiempo de subida cromático	ns	1,96	0,53
Ancho de banda cromático	Ghz	0,179	0,658
	Mhz	179	658

**Tabla 8 - Ancho de banda cromático**

**Fuente: Autor**

En este punto podemos afirmar que de acuerdo a las condiciones dadas, la fibra utilizada se adapta sin problemas a cualquiera de las velocidades de transmisión planteadas.

Otro punto que sería importante tener en cuenta es la comparación entre el tiempo de subida cromático y el tiempo de subida de los equipos, este último se calcula de la siguiente manera:

$$T^2_{\text{Equipo}} (ns) = T^2_{\text{sistema}} (ns) - T^2_{\text{generador}} (ns) - T^2_{\text{detector}} (ns)$$

$$T_{\text{sistema}} (ns) = 0,35 / B_{\text{electr.}} (Ghz)$$

Una vez conocidos los tiempos de subida del generador y el detector, calculamos el valor del tiempo de subida del sistema. Si el tiempo de subida total de la fibra  $T_{\text{crom}} (ns)$  es igual o menor que el tiempo de subida total de los equipos  $T_{\text{equipo}} (ns)$ , podemos asegurar que los equipos escogidos se adaptan a las características del enlace.

Es claro que cuando el fabricante determina valores máximos de enlace en sus equipos, ya ha determinado estas características previamente. Por este motivo no indican, en las hojas de datos, estos valores.

## 7. MEDICIONES OPTICAS

### 7.1 LIMPIEZA Y CONEXIÓN DE CONECTORES

#### 7.1.1 Características:

Una correcta limpieza y conexión son operaciones muy importantes para minimizar la pérdida de inserción y de retorno de dichos conectores.

Los conectores utilizados por Colombia Telecomunicaciones S.A. ESP son del tipo FC-PC, este tipo de conector está constituido por dos férulas cilíndricas en contacto físico, provistas de un dispositivo a llave antigiratoria; éstas interactúan mediante un casquillo cilíndrico cortado longitudinalmente. La llave antigiratoria posee doble función, la de optimizar la pérdida y la de fijar unívocamente el plano de inserción de la férula.



*Figura 24 - Conector Tipo FC-PC*

### **7.1.2 Limpieza de los conectores:**

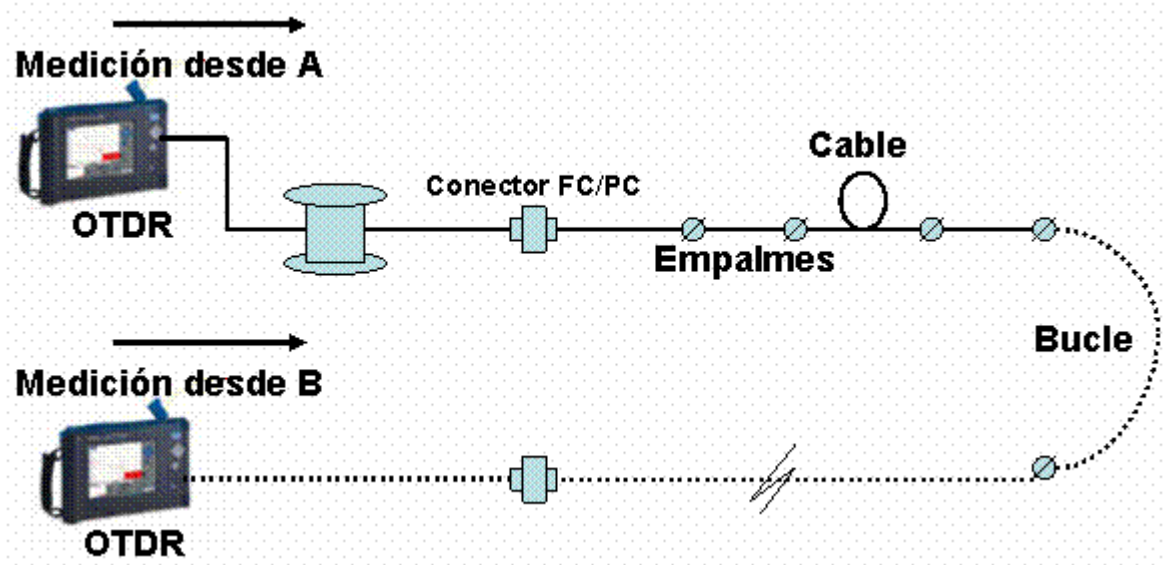
Es recomendable, antes de efectuar toda conexión, emplear un cilindro de aire comprimido y un pañito de limpieza (con alcohol isopropílico si las superficies están muy sucias), procediendo con una minuciosa limpieza de la superficie de las fibras de la férula, frotandola de forma vertical sobre el pañito y en contacto con una superficie rígida.

Para la conexión es indispensable verificar y disponer la alineación entre la llave de referencia del conector y el alojamiento del manguito, a continuación enroscar la férula hasta el tope sin aplicar mucha fuerza.

### **7.2 CONTROL DE LOS EMPALMES DE LINEA**

Para realizar esta primera prueba se requiere los siguientes instrumentos:

- OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)
- Patch Cord y/o Bobina de lanzamiento



*Figura 25 - Esquema de medición de Potencia de retrodifusión*

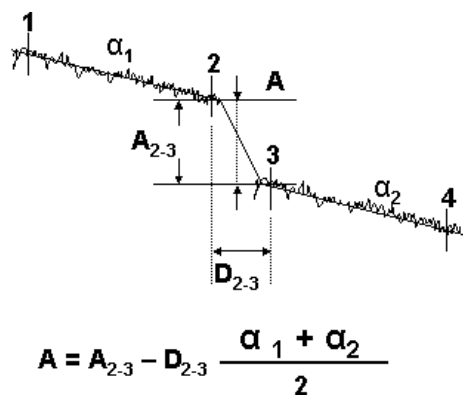
*Fuente: Autor*

Las mediciones deben realizarse bidireccionalmente, por cada una de las secciones a evaluar.

Una vez concluidas todas las operaciones de empalme y acomodación del empalme, siguiendo el esquema de la figura 25 a la longitud de onda de trabajo de los equipos a conectar.

Se ajusta el instrumento según las siguientes indicaciones:

- Rango Dinámico: Debe ser compatible con la longitud de la sección a examinar.
- Índice de refracción (IOR): Indicado por el fabricante, para el caso del cable que se va a utilizar es de 1.46475.
- Impulso: deberá ser el más estrecho posible y compatible con la dinámica de la medición.
- Escalas: Automática



**Figura 26 - Método de medición LSA**

**Fuente: Autor**

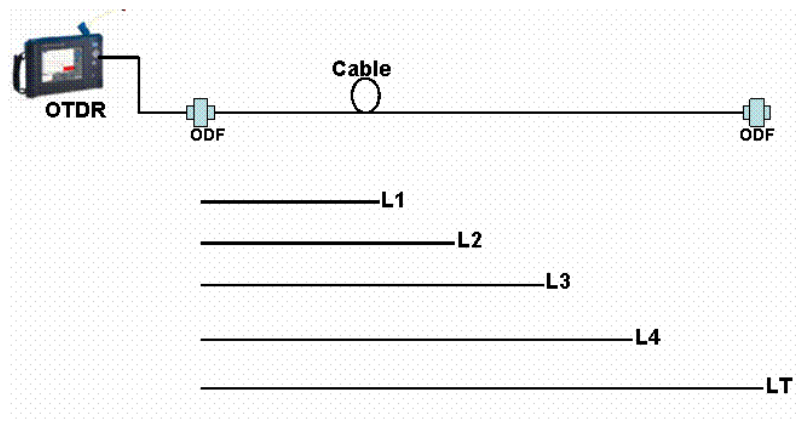
La medición debe ser efectuada con el método LSA (aproximación por mínimos cuadrados) gracias al cual, usando 4 o 6 marcas, es posible calcular la mejor recta de interpolación de los segmentos situados antes y después del empalme (figura 26).

El instrumento de medida (OTDR), realiza esta medición automáticamente con gran precisión.

### **7.3 LONGITUDES OPTICAS**

Para realizar esta prueba se requiere los siguientes instrumentos:

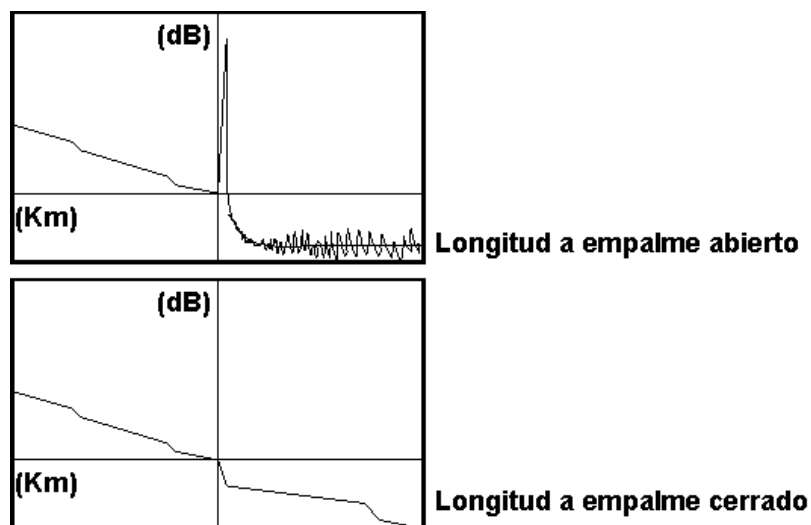
- OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)
- Patch Cord y/o Bobina de lanzamiento



**Figura 27 - Esquema de medición - longitud óptica**

**Fuente: Autor**

Se deberán efectuar, a partir de las terminaciones, las mediciones progresivas de las longitudes ópticas de los puntos de empalme, si es posible, antes de la ejecución de dichos empalmes por cada sección, por lo menos en una de las fibras.



**Figura 28 - Curvas OTDR**

**Fuente: Autor**

## 7.4 PERDIDA DE LAS TERMINACIONES

Para realizar esta prueba se requiere los siguientes instrumentos:

- OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)
- Patch Cord y/o Bobina de lanzamiento

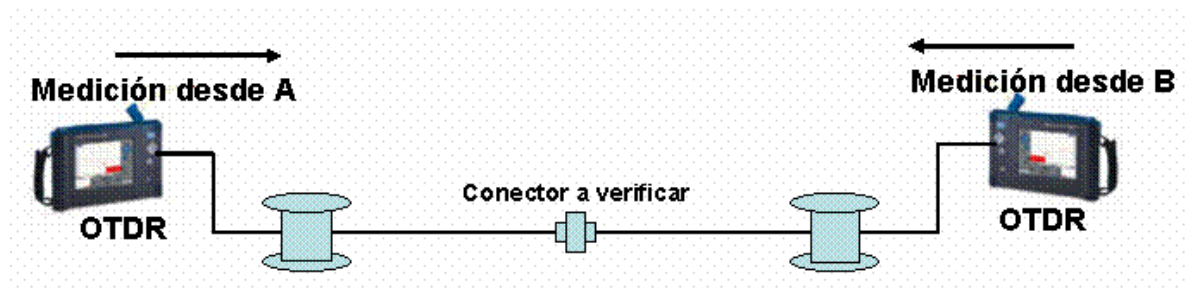


Figura 29 - Esquema inicial de medición - Pérdida de Terminaciones

Fuente: Autor

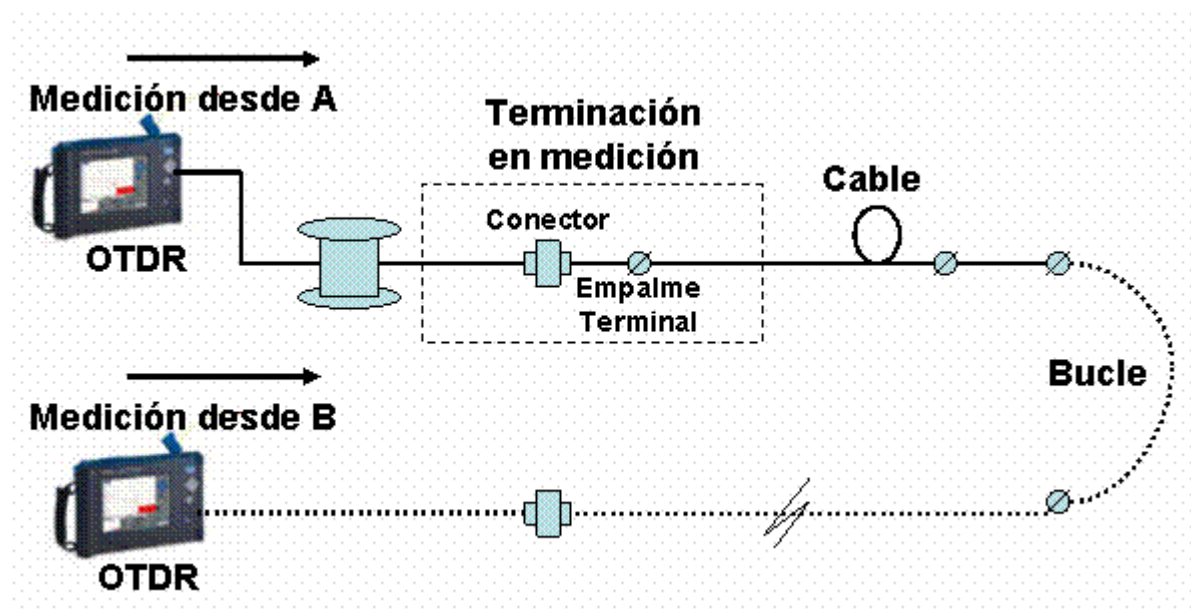


Figura 30 - Medición - Pérdida de terminación

Fuente: Autor

En el esquema inicial (figura 29) se ajusta la referencia de las bobinas de lanzamiento.

Una vez determinadas las referencia se realiza la medición tal como se observa en la figura 30, a la longitud de onda de trabajo de los equipos.

Se deben hacer como mínimo tres inserciones, determinando sus valores bidireccionales, sin variar durante la medición de A y B. La atenuación total de la terminación (conector más empalme terminal) resulta de la semisuma algebraica de los valores leídos en ambas direcciones.

El valor característico para esta medida debe ser  $< 0,5$  dB.

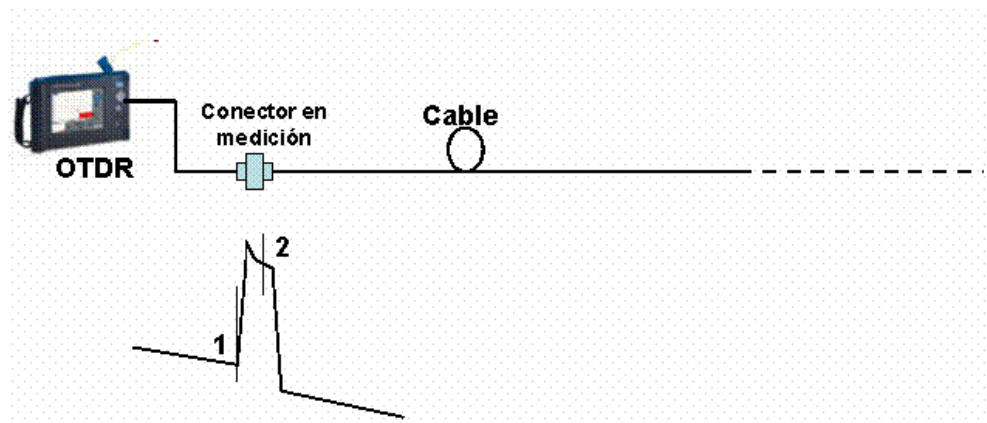
## **7.5 PERDIDAS DE RETORNO**

Para realizar esta prueba se requiere los siguientes instrumentos:

- OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)
- Patch Cord y/o Bobina de lanzamiento

Inicialmente se realiza la misma implementación de ajuste de referencia de las bobinas de lanzamiento de la figura 29

Esta medida debe realizarse unidireccionalmente y el valor característico debe ser  $\sim 40$  dB..



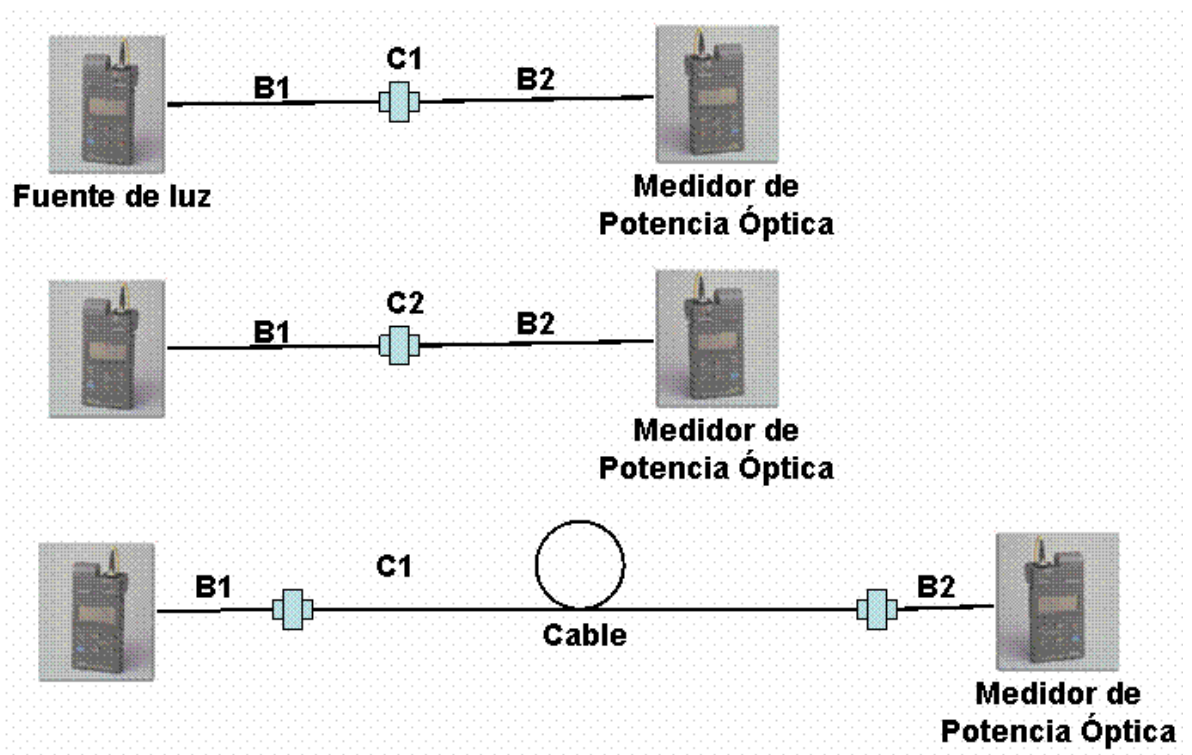
**Figura 31 - Esquema de medición - Pérdidas de retorno**

*Fuente: Autor*

## **7.6 ATENUACION TOTAL DE SECCION**

Para realizar esta prueba se requiere los siguientes instrumentos:

- Banco de atenuación (Fuente láser y Medidor de potencia)
- Patch cord de referencia FC/PC
- Adaptadores FC/PC



*Figura 32 - Esquema de medición - Atenuación total*

*Fuente: Autor*

La medición se efectúa en tres fases, como se observa en la figura 32 a la longitud de onda de trabajo:

1ª Fase:

Se ajusta 0 dBm en la fuente láser y se implementa el primer esquema de la figura 32, para determinar las pérdidas de los patch cord 1 y 2, y el adaptador FC/PC 1.

El valor indicado en el medidor de potencia óptica corresponde al primer nivel de referencia (offset 1).

2ª Fase:

Se realiza la misma medida, pero utilizando el adaptador FC/PC 2, el valor indicado en el medidor de potencia óptica corresponde al primer nivel de referencia (offset 2).

Una vez determinadas estas referencias, ajustamos el valor adecuado de offset en el medidor óptico y se procede a realizar las mediciones de atenuación total como lo indica el tercer diagrama de la figura 32.

Es conveniente realizar varias inserciones (mínimo tres) en los ODF, sin variar el esquema de conexión a los equipos de medición.

## **CONCLUSIONES**

La interconexión por fibra óptica planteada en este trabajo, es una solución real y realizable.

La inversión que debe hacer la Universidad para interconectar esta sedes es mínima, gracias al aprovechamiento de la Infraestructura existente.

Una de las grandes ventajas de este proyecto es la posibilidad de interconectarse a Giga Ethernet, de acuerdo a los cálculos de ancho de banda realizados.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**Optical Networks**, R. Ramaswami and K.N. Sivarajan, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1998.

**Fiber-Optic Communications Systems**, G. Agrawal, Wiley-Interscience, 1997

**Fiber Optic Communications Design Handbook**, R.J. Hoss, Prentice Hall, 1990

**Fundamentos de Comunicaciones Ópticas**, J. Capmany, Síntesis - Ingeniería, 1998.

**Dispositivos de Comunicaciones Ópticas**, J. Capmany, Síntesis - Ingeniería, 1999

**Fiber Optic Test and Measurement**, D. Derickson, Prentice Hall, 1998.

**Diseño e Implementación de redes de fibra óptica**, Sirti S.p.A., Empresa Nacional de Telecomunicaciones, 1997