



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería



IMPLEMENTACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE  
INFORMACIÓN EN EL CENTRO NACIONAL DE  
METROLOGÍA

**TESINA**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO ELECTRICISTA, ÁREA ELÉCTRICA  
ELECTRÓNICA

PRESENTA:

RODRIGO ALBERTO SALAZAR CASTILLÓN

ASESOR: RICARDO FEDERICO VILLARREAL MARTÍNEZ

MÉXICO D.F.

ABRIL 2010



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco infinitamente a mis padres por haberme dado la vida, una hermosa familia y la oportunidad de estudiar y formarme como un profesional. Todo lo que he logrado se lo debo a ellos sin duda alguna.

Agradezco a mis hermanos por haber sido siempre una guía para mí.

Agradezco a mi amada esposa Lisset y a mi adorable hija Daniela, por su paciencia y comprensión durante la realización del presente trabajo.

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Ingeniería y a su excelente Profesorado, por haberme dado la formación de Ingeniero.

Agradezco al Ing. Ricardo Villarreal, al Maestro Arturo Haro, al Maestro Alejandro Velázquez y al Maestro Maximiliano Benavides, por su valioso apoyo y orientación, en la realización del presente trabajo.

Agradezco al Centro Nacional de Metrología, por permitirme ser parte de su proyecto tan importante para nuestro país.

**Sinceramente.**

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO 1. ASPECTOS GENERALES	8
1.1 Antecedentes	8
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	9
2.1 Cableado de una red de voz y datos	9
2.2 Cableado tradicional	9
2.2.1 Desventajas del cableado tradicional	9
2.3 Cableado estructurado	9
2.3.1 Ventajas del cableado estructurado	10
2.4 Principio de funcionamiento del cableado estructurado	10
2.4.1 Modelo funcional simple de una línea de transmisión	10
2.4.2 Impedancia característica	14
2.4.3 Atenuación	14
2.4.4 Diafonía	15
2.4.5 Velocidad Nominal de Propagación (NVP)	15
2.4.6 Retardo de propagación	15
2.4.7 Retardo Oblicuo	16
2.4.8 Coeficiente de reflexión	16
2.4.9 Pérdida por retorno	16
2.4.10 Pérdida por desacoplamiento	16
2.4.11 Relación señal ruido (SNR)	17
2.4.12 Relación atenuación diafonía (ACR)	17
2.4.13 Relación Power Sum Attenuation diafonía (PSACR)	17
2.5 Desempeño del par trenzado balanceado	17
2.6 Modelo del canal	18
2.7 Parámetros de desempeño	18
2.8 Limitantes en el desempeño por la atenuación	19
2.9 Pérdidas por NEXT	19
2.10 Pérdidas por PSELFEXT (Power Sum Equal Level Far-End Crosstalk)	19

2.11	Pérdidas por PSACR (Power Sum Attenuation-to-Crosstalk Ratio)	19
2.12	Concepto de Ancho de Banda.	20
2.13	Desempeño de los puntos de conexión permanentes	20
2.14	Cordones de parcheo	21
2.15	Propiedades de la fibra óptica	21
2.15.1	Transmisores de fibra óptica	22
2.15.2	Selección de la fibra óptica	22
2.15.3	Centro de longitud de onda	22
2.15.4	Ancho espectral	23
2.15.5	Potencia promedio	24
2.15.6	Frecuencia de modulación	24
2.15.7	Comparación de transmisores	24
2.15.8	Diodo Emisor de Luz (LED)	25
2.15.9	Láser de longitud de onda corta	25
2.15.10	Emisión láser de superficie de cavidad vertical (VCSEL)	26
2.15.11	Diodos Láser (LD)	26
2.15.12	Comparación de Diodos Emisores de Luz, Disco Compacto y Láser	27
2.15.13	Receptores de fibra óptica	27
2.15.14	Sensitividad e intervalo de bit de error (BER)	28
2.15.15	Intervalo dinámico	28
2.15.16	Parámetros para seleccionar el tamaño del núcleo de la fibra óptica	28
2.15.17	Equipo activo	28
2.15.18	Ancho de Banda	29
2.15.19	Mediciones y especificaciones de los sistemas multimodo	32
2.15.20	Clasificación de la fibra	33
<b>CAPÍTULO 3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL SISTEMA DE CABLEADO</b>		
<b>ESTRUCTURADO</b>		
3.1	Estándar EIA/TIA-568-B	35
3.2	Consideraciones de diseño en el uso de cobre	35
3.3	Consideraciones de diseño para la dorsal de fibra óptica	36

3.4	Descripción de los subsistemas	36
3.4.1	Subsistema dorsal de cobre	36
3.4.2	Dorsal de fibra óptica	39
3.4.3	Subsistema horizontal	40
3.4.4	Subsistema de administración	41
3.4.5	Administración de cobre	41
3.4.6	Subsistema de estación de trabajo	42
3.4.7	Subsistema de equipo	43
3.5	Canalización exterior	43
3.6	Canalización interior	44
3.7	Ruta del sistema horizontal	45
3.8	Interferencia electromagnética (EMI)	45
3.9	Tipos de trayectoria horizontal	46
3.10	Dimensionamiento de la trayectoria del cableado horizontal	47
3.11	Espacio utilizable del piso	47
3.12	Densidad de ocupación máxima	47
3.13	Densidad del cable	47
3.14	Diámetro del cable	47
3.15	Determinación del tamaño de la trayectoria	48
3.16	Esquema del cableado horizontal	48
3.17	Tipos de cable	49
3.18	Selección del cableado horizontal	49
3.19	Categorías del cable par trenzado balanceado de 100 ohms	50
3.20	Selección de la categoría	51
3.21	Desempeño del cable de fibra óptica	51
CAPÍTULO 4. DISEÑO FÍSICO Y LÓGICO		52
4.1	Equipo de telecomunicaciones	52
4.1.1	Uso de tecnología de punta	52
4.1.2	Robustez y alto desempeño de los equipos	53

4.1.3	Capacidad de crecimiento y administración _____	53
4.2	Servidores de red _____	53
4.2.1	Uso de tecnología de punta _____	53
4.2.2	Robustez y alto desempeño _____	53
4.2.3	Sistema operativo de servidor _____	54
4.2.4	Especificaciones de Netware 3.12 _____	54
4.2.5	Sistema confiable _____	54
4.2.5.1	Componentes de comunicación de Netware _____	55
4.2.6	Implementación y configuración del ambiente de red _____	56
4.2.7	Administración en grupos _____	56
4.2.8	Configuración del ambiente de impresión _____	56
4.2.9	Carpetas compartidas _____	56
4.2.10	Acciones realizadas para mantener un adecuado desempeño de la red _____	56
4.2.11	Respaldo de la información (Backup) _____	57
4.2.12	Estrategia de respaldo _____	57
4.2.13	Sobre la realización del respaldo _____	57
CAPÍTULO 5. MIGRACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN _____		58
5.1	Descripción de la migración del equipo de telecomunicaciones _____	58
5.2	Situación actual del equipo de telecomunicaciones _____	59
5.3	Sustitución de los servidores de la red de cómputo del CENAM _____	59
5.4	Situación actual de los servidores _____	59
5.5	Descripción de la organización de Departamento de Informática _____	59
5.6	Participación profesional en la implementación descrita _____	61
CAPÍTULO 6. RESULTADOS Y APORTACIONES _____		62
6.1	Realización de los proyectos planteados _____	62
6.2	Ventajas de la implementación de las tecnologías de información _____	62
CONCLUSIONES _____		63
BIBLIOGRAFÍA _____		64

## INTRODUCCIÓN

El presente informe, describe la implementación de las tecnologías de información (TI) en el Centro Nacional de Metrología (CENAM), incluye los criterios de diseño empleados para la instalación del cableado estructurado, las partes que lo componen, su importancia en una red de datos, se explica la norma que rige su construcción y uso, así como también las consideraciones técnicas que permitieron definir el equipo de telecomunicaciones y servidores de cómputo empleados.

El CENAM como nueva institución, no contaba con las tecnologías de información para su operación y desarrollo. En este sentido me correspondió implementar dicha tecnología, así como también llevar a cabo su crecimiento y migración hasta la fecha, de acuerdo a las necesidades del CENAM.

El CENAM, es el responsable de establecer y mantener los patrones nacionales, de ofrecer servicios de metrología tales como la calibración de instrumentos y patrones, la certificación y el desarrollo de materiales de referencia. En materia de educación es el responsable de impartir cursos especializados, así como también el dar asesorías y ofrecer publicaciones en venta. Mantiene una importante relación con otros laboratorios nacionales y con organismos internacionales relacionados con la metrología. Todo esto con el fin de asegurar el reconocimiento internacional de los patrones nacionales de México y por consecuencia, promover la aceptación de los productos y servicios que nuestro país ofrece internacionalmente.

Este trabajo escrito se organiza en los siguientes capítulos: Capítulo 1, presenta los aspectos generales de la implementación de las TI en el CENAM, la importancia del cableado estructurado en una red de cómputo y comunicaciones. En el Capítulo 2 se encontrará información de lo que es el Cableado Estructurado de una Red, cómo se conforma, ventajas y estándares que se utilizan. A continuación en el Capítulo 3, se presenta la metodología del diseño del cableado estructurado de una red de cómputo y comunicaciones, analizando todos los componentes necesarios para llevarlo a cabo, así como también los puntos más importantes que se deben de tomar en cuenta en su construcción. En el Capítulo 4 se explica el criterio de selección y puesta en marcha del equipo de telecomunicaciones y servidores, se incluye la configuración del ambiente de cómputo. En el Capítulo 5 se presenta el proceso de migración de las tecnologías de información en el CENAM. Se explica cómo se obtiene la solución óptima en la implementación referida usando los mejores productos y tecnología. El Capítulo 6 describe los resultados y las ventajas obtenidas, en la realización de los proyectos planteados para la implementación de las tecnologías de información en el CENAM.

En forma complementaria se presentan las conclusiones de todo el trabajo descrito, mencionando las acciones realizadas y los beneficios obtenidos. Por último se indica la referencia bibliográfica consultada en todo momento para el desarrollo del proyecto en el CENAM y del presente trabajo escrito.



## CAPÍTULO 1. ASPECTOS GENERALES

### 1.1 Antecedentes

En el año de 1993 para el inicio de las operaciones del CENAM, se utilizaron los edificios de Conafrut. El campus requería de adecuaciones para la construcción de los laboratorios de metrología y no contaban con las tecnologías de información.

Para el año de 1994, el CENAM estaba conformado por un campus de cinco edificios, los cuales albergaban a las siguientes áreas: Metrología Eléctrica, Metrología Física, Metrología de Materiales, Metrología Mecánica, Servicios Tecnológicos y Administración y Finanzas.

Debido a que no se contaba con una infraestructura de tecnologías de información, con una plantilla de 150 empleados, la operación del CENAM se basaba en el uso de computadoras personales e impresoras rentadas trabajando en forma independiente.

Las computadoras estaban ubicadas en los escritorios de los usuarios, en donde ellos mismos administraban sus recursos informáticos. Para la impresión de documentos se empleaba un sistema manual y sencillo, el cual conectaba las computadoras de una oficina a una impresora. La seguridad de la información se basaba en un programa antivirus instalado manualmente que corría en cada computadora.

Se remodelaron los edificios ya existentes en el CENAM y en forma paralela se construyeron edificios nuevos. Estos trabajos de obra civil retrasaron la implementación de las tecnologías de información.

Las tecnologías de información en el CENAM, debería conformarse por una red única y completa, que conectara tanto a todos los dispositivos de datos tales como: servidores de archivos, servidores de aplicaciones, computadoras de escritorio, impresoras, digitalizadores, etc. como a todos los dispositivos de voz: teléfonos, aparatos de fax y conmutador telefónico.

Las tecnologías de información en el CENAM se implementaron a través de cuatro proyectos:

- Cableado estructurado.
- Equipo de telecomunicaciones.
- Servidores de red.
- Configuración del ambiente de red.

## **CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Cableado de una red de voz y datos**

Es conveniente entender que el cableado de una red de voz y datos es la infraestructura o camino a través del cual viajan los paquetes de información generados por equipos como teléfonos, computadoras, cámaras de video, lectoras de tarjetas, entre otros.

### **2.2 Cableado tradicional**

Anteriormente, la interconexión de diferentes dispositivos y equipos para formar una red, se lograba mediante la construcción de un cableado tradicional, el cual se componía de cables coaxiales. En la mayoría de los casos se usaban diferentes cables especiales para cada equipo en cuestión, lo que provocaba dificultades en la administración de la red del sistema de comunicaciones.

#### **2.2.1 Desventajas del cableado tradicional**

La mayor parte de las fallas en las comunicaciones están relacionadas con el mal funcionamiento, la vejez del cableado y los defectos de una mala instalación.

La vida útil de un cableado tradicional se estima en cinco años. En realidad lo que sucede es que dicho cableado muy pronto presenta características y capacidades técnicas escasas, siendo necesario pensar en una solución con altas características de transporte de información y que funcione 15 años en forma garantizada.

Las principales causas de falla de un cableado tradicional son las siguientes:

- Mala calidad de los componentes.
- La no observación de las normas en su planificación e instalación.
- No exigir la certificación de los componentes. Este punto es el único que garantiza los límites de explotación de los elementos que integran el cableado.
- La instalación del cableado no se realiza con base en un estudio previo de las necesidades futuras de la empresa.
- No considera la implementación un sistema abierto que permita su futura expansión.

### **2.3 Cableado estructurado**

Se refiere a un sistema de interconexión único para la transferencia de voz, datos, imágenes, video y otros servicios tanto actuales como futuros y que está diseñado con una arquitectura integral, abierta, con posibilidades de crecimiento y soporte de nuevas tecnologías.

### 2.3.1 Ventajas del cableado estructurado

- Facilita las tareas de mantenimiento y supervisión, ya que resulta sencillo identificar las partes que lo componen.
- Posibilita la inclusión de una alta densidad de servicios.
- Permite la integridad de diferentes tecnologías de redes.
- Resulta fácilmente ampliable.
- Asegura un funcionamiento óptimo si se cumplen las normas y los requisitos de su instalación.

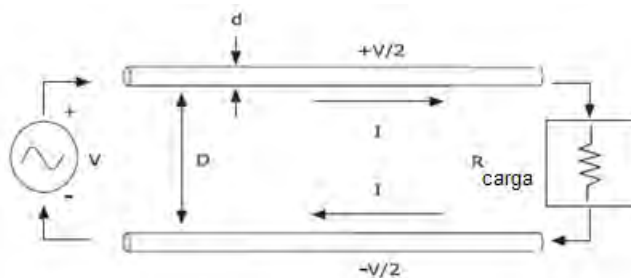
### 2.4 Principio de funcionamiento del cableado estructurado

Conocer el principio teórico de una línea de transmisión, permite entender el funcionamiento del cableado estructurado.

Una línea de transmisión puede estar conformada por un par de conductores que permiten la transferencia de energía eléctrica desde una fuente hacia una carga, y cuyo comportamiento depende de la frecuencia, del medio y de la distancia.

Una línea de transmisión se puede comprender como dos conductores separados por un material dieléctrico uniformemente espaciado a lo largo de su longitud.

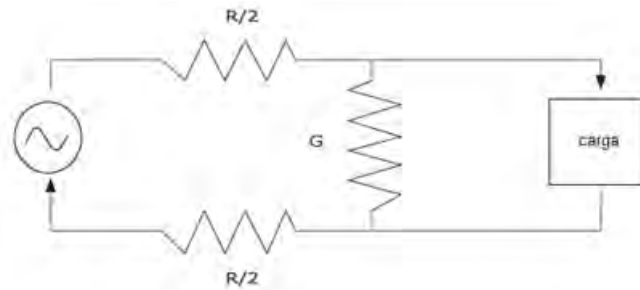
La **figura 2.1** ilustra una línea de transmisión comprendida por dos conductores de un diámetro ( $d$ ) que están físicamente separados por una distancia ( $D$ ). Una tensión eléctrica balanceada ( $V$ ) es aplicada entre los dos conductores. Una intensidad eléctrica ( $I$ ) de igual magnitud y de sentido opuesto, fluye en cada conductor.



**Figura 2.1** Representación eléctrica de una línea de transmisión.

#### 2.4.1 Modelo funcional simple de una línea de transmisión

Se basa solo en pérdidas resistivas como lo ilustra la **figura 2.2**. La tensión eléctrica entregada en cada conductor es directamente proporcional a la intensidad eléctrica y a la resistencia de la línea ( $R$ ) en Ohm. Mientras más grande es el diámetro del conductor más baja es la resistencia.

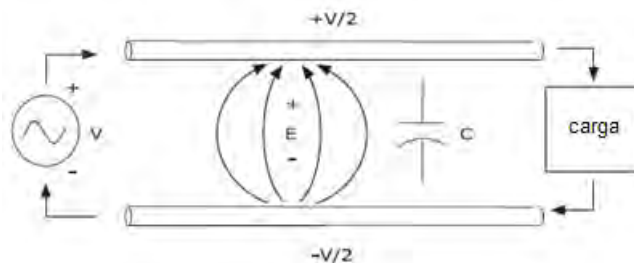


**Figura 2.2** Modelo resistivo de una línea de transmisión.

Un factor adicional es la conductancia ( $G$ ), que representa la fuga de intensidad eléctrica a través de un dieléctrico no ideal.  $G$  es el recíproco de la resistencia entre los dos conductores y es siempre expresada de esta manera para propósitos de cálculo.

Con el manejo de distancias más largas así como también de más altas frecuencias, es claro que el modelo puramente resistivo no es adecuado. Un factor adicional ayuda en la explicación de las limitaciones en la distancia y ancho de banda.

La tensión eléctrica aplicada entre los dos conductores causa un movimiento de cargas eléctricas las cuales son depositadas sobre la superficie de cada conductor como se puede apreciar en la **figura 2.3**.

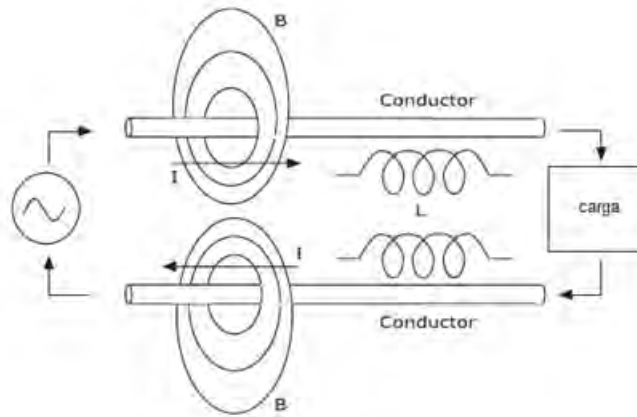


**Figura 2.3** Modelo capacitivo de una línea de transmisión.

La distribución de las cargas eléctricas da lugar a la formación de un campo eléctrico ( $E$ ) en el espacio dieléctrico entre los conductores. Este campo eléctrico es modelado como una capacitancia ( $C$ ). La capacitancia es medida en Farad ( $F$ ).

Con el avance de la tecnología de la transmisión, fue necesario considerar un factor adicional en el modelo de las líneas de transmisión.

La intensidad eléctrica a través de los conductores establece un campo magnético concéntrico en cada conductor, como lo ilustra la **figura 2.4**.

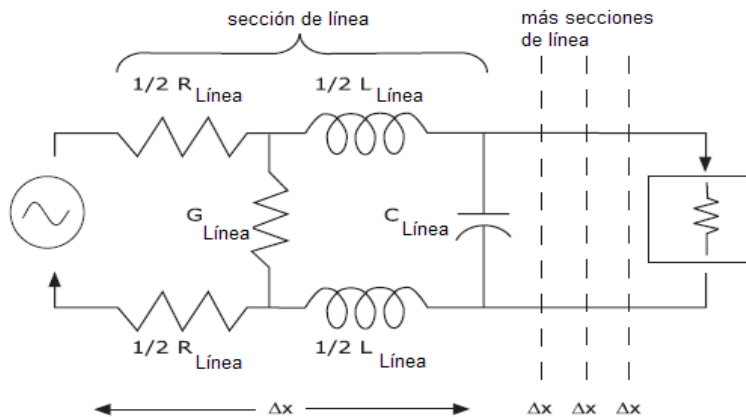


**Figura 2.4** Modelo inductivo de una línea de transmisión.

El campo magnético es más intenso en el espacio comprendido entre los dos conductores y más débil en la zona exterior de ambos conductores. Una separación mayor entre los conductores da como resultado un campo magnético más grande y por consecuencia una mayor inductancia. La magnitud de la inductancia también depende de la permeabilidad magnética de cualquier material magnético alrededor de los conductores.

Un material con alta permeabilidad da como resultado una más alta intensidad de campo magnético para una intensidad eléctrica dada y por consecuencia una inductancia más alta. Los efectos de un campo magnético pueden ser modelados como una inductancia. Las unidades de la inductancia son medidas en Henries (H).

Entonces una línea de transmisión puede ser representada por secciones de pequeña longitud ( $\Delta x$ ) de circuitos eléctricos pasivos, como se observa en la **figura 2.5**.



**Figura 2.5** Representación de una línea de transmisión.

Estos componentes distribuidos se conocen como parámetros primarios de transmisión en donde:

- R está expresada en Ohms, representa la resistencia de un par de conductores para una longitud incremental ( $\Delta x$ ). Las resistencias en serie están relacionadas a las dimensiones y separación de los conductores.

- $L$  expresada en Henries, representa la inductancia de un par de conductores para una longitud incremental ( $\Delta x$ ). Las inductancias en serie están relacionadas a las dimensiones y separación de los conductores.
- $C$  expresada en Farads, representa la capacitancia entre un par de conductores para una longitud incremental ( $\Delta x$ ). La capacitancia está relacionada a las dimensiones y separación de los conductores y a la constante dieléctrica del material aislante.
- $G$  expresada en Siemens, representa la conductancia entre un par de conductores para una longitud incremental ( $\Delta x$ ). La conductancia está relacionada con la pérdida dieléctrica del material aislante.

Los campos eléctricos y magnéticos, los circuitos de intensidad eléctrica y de tensión eléctrica formados, están relacionados por las ecuaciones de Maxwell.

Los parámetros primarios ( $R$ ,  $L$ ,  $G$  y  $C$ ) pueden ser calculados desde el conocimiento del diseño físico del cable, lo cual tiende a ser complejo y dependerá de:

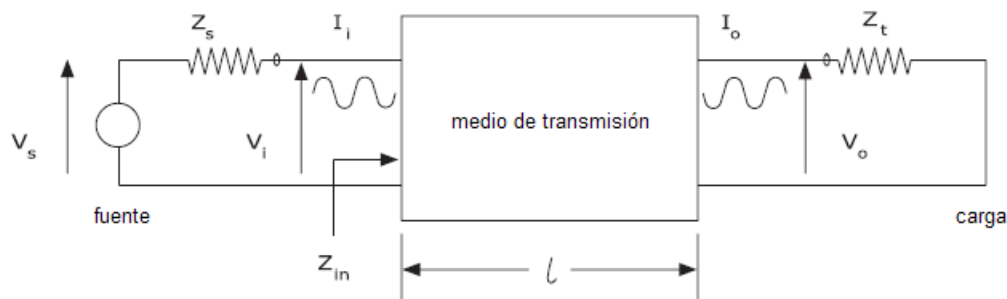
- La geometría del cable.
- De las propiedades del material del cable.
- De la frecuencia de la señal aplicada.

No es esencial conocer la relación entre los parámetros para apreciar los conceptos de las líneas de transmisión.

En forma complementaria se tienen los parámetros secundarios de una línea de transmisión, los cuales son:

- Calculados de los parámetros primarios.
- Obtenidos por mediciones directas.

Los parámetros secundarios pueden ser usados para modelar el comportamiento de una señal eléctrica a su paso por un cable. Para este propósito el cable puede ser considerado como una caja negra como lo ilustra la **figura 2.6**.



**Figura 2.6** Modelo del comportamiento de una señal eléctrica.

## 2.4.2 Impedancia característica

La impedancia característica corresponde a la impedancia de entrada de una línea de transmisión uniforme de longitud infinita:

$$Z_{in} = V_i / I_i = Z_0, \quad l \rightarrow \infty$$

También corresponde a la impedancia de entrada de una línea de transmisión de longitud finita la cual termina con la misma impedancia característica. En general la impedancia característica tiene su componente resistivo y su componente reactivo. La impedancia característica es una función de la frecuencia de la señal aplicada pero no está relacionada con la longitud del cable.

La potencia máxima es transferida desde la fuente a la carga cuando la impedancia fuente ( $Z_s$ ) y la impedancia de terminación ( $Z_t$ ) son iguales al conjugado complejo de la impedancia característica de la línea de transmisión  $Z_0$ .

Dos impedancias son complejas conjugadas si estas tienen el mismo componente resistivo y su componente reactivo tiene signos opuestos.

Bajo estas condiciones, toda la energía es transmitida hacia la carga. En muy alta frecuencia (VHF), la impedancia característica tiende a ser un valor fijo que es resistivo. Por ejemplo un cable coaxial tiene una impedancia de 75 Ohms en altas frecuencias. Típicamente un cable de par trenzado tiene una impedancia característica de 100 Ohms arriba de 1 MHz.

## 2.4.3 Atenuación

- Se expresa en dB por unidad de longitud, ejemplo dB/1000 pies y es la medida de cuanto se debilita la señal o se reduce su amplitud al viajar a través del cable.
- Se debe a las pérdidas en el cobre, las cuales son ineludibles.
- A las pérdidas en el dieléctrico (disipación), debidas a los materiales de aislamiento y recubrimiento de los conductores y el cable.

Corresponde al cociente en dB entre la potencia de entrada y la potencia de salida cuando la carga y la impedancia fuente son iguales a la impedancia característica del cable

$$(Z_s = Z_t = Z_0^*, \text{ donde } Z_0^* \text{ es el conjugado complejo de } Z_0).$$

Como referencia la potencia de entrada se obtiene midiendo directamente la potencia en la carga sin pasar a través del cable. Para el caso en donde las terminaciones no están perfectamente emparejadas, el cociente de la potencia de entrada con la potencia de salida es llamada atenuación.

$$\text{Atenuación (dB)} = 20 \log (V_i/V_o)$$

$$\text{Cuando: } Z_s = Z_t = Z_0$$

Donde:  $V_i$  = Tensión eléctrica de entrada

$V_o$  = Tensión eléctrica de salida

#### 2.4.4 Diafonía

- Acoplamiento no deseado de señales desde el par de transmisión, al par de recepción.
- Se expresa en dB y es una medida de que tan bien están aislados entre si los pares de un cable.
- Mientras mayor es el valor del NEXT en dB menor será el acoplamiento no deseado hacia otros pares, por lo tanto será mejor el cable.

Se refiere a la interferencia de señales entre pares de cable, el cual puede ser causado por un par que toma en forma indeseada la señal de:

- Pares adyacentes del conductor.
- Cables cercanos.
- Está determinada por la longitud del paso del trenzado, mientras más corto sea el paso del trenzado menor será la diafonía.

Por ejemplo, esta interferencia puede resultar de un campo magnético que rodea a un conductor que lleva intensidad eléctrica. La diafonía puede ser inteligible o no, dependiendo del modo de acoplamiento. Existen los siguientes tipos de diafonía: NEXT, near-end crosstalk, FEXT, far-end crosstalk, ELFEXT, equal level far-end crosstalk, PSNEXT, power sum near-end crosstalk y PSELFEXT power sum equal level far-end crosstalk.

#### 2.4.5 Velocidad Nominal de Propagación (NVP)

Una señal que viaja de la entrada a la salida sufre un retardo en el tiempo por una cantidad igual a la longitud del cable dividida por la velocidad de propagación para el medio de transmisión. En el caso de una línea de transmisión ideal consistente de dos conductores en el espacio, la velocidad de propagación es igual a la velocidad de la luz en el vacío.

$$v = \frac{c}{\sqrt{\mu\epsilon}}$$

Donde:  $c$  = velocidad de la luz en el vacío

$\mu$  = permeabilidad relativa del dieléctrico

$\epsilon$  = permisividad relativa del dieléctrico

La NVP corresponde a un porcentaje de la velocidad de la luz, típicamente está en el intervalo de .6 c hasta .9 c.

#### 2.4.6 Retardo de propagación

El desarrollo de nuevas aplicaciones de alta velocidad usando múltiples pares para transmisión en paralelo, ha mostrado la necesidad de especificaciones adicionales de transmisión para sistemas de cableado a 100 Ohms con 4 pares.



La siguiente ecuación es usada para calcular el retardo máximo de propagación permisible entre 1 MHz a la frecuencia más alta referenciada para una categoría de cable dada.

$$\text{Delay (ns/100 m)} = \frac{534 + 36}{\sqrt{\text{freq MHz}}}$$

#### 2.4.7 Retardo Oblicuo

El retardo oblicuo es la diferencia en el retardo de propagación entre cualquiera de los pares dentro del mismo cable. El retardo oblicuo entre el par más rápido y el par más lento en los cables categoría 6/clase E y categoría 5e/clase D no debe exceder 45 (ns) en 100 m.

#### 2.4.8 Coeficiente de reflexión

Si consideramos el caso en donde la impedancia de terminación es diferente a la impedancia característica del cable es decir que  $Z \neq Z_0$ . En este caso, la señal será parcialmente reflejada en la unión cable/carga.

La magnitud de la reflexión está dada por el coeficiente de reflexión ( $\rho$ ). Si  $Z_t < Z_0$  entonces la polaridad de la onda de reflexión es invertida; si  $Z_t > Z_0$  entonces la polaridad de la onda de reflexión es no invertida.

$$\text{Coeficiente de reflexión } (\rho) = (Z_t - Z_0) / (Z_t + Z_0)$$

#### 2.4.9 Pérdida por retorno

Es una medida de la energía reflejada causada por el desacoplamiento de impedancias en el sistema de cableado. Todos los componentes deben contar con los requerimientos mínimos de NEXT de acuerdo a la categoría a la que pertenecen.

La energía de la señal reflejada es llamada pérdida por retorno (RL) por sus siglas en inglés, se da en dB y se deriva del coeficiente de reflexión

$$\text{Pérdida por retorno (RL) en dB} = 10 \log (\rho^2)$$

La pérdida por retorno es un parámetro importante en las redes que manejan velocidades de giga bit que emplean transmisiones full dúplex sobre todos sus pares, ya que cada par lleva información en ambas direcciones.

#### 2.4.10 Pérdida por desacoplamiento

La potencia de una señal transmitida es reducida por una cantidad llamada pérdida por desacoplamiento (M) en dB y se deriva del coeficiente de reflexión.

$$\text{Pérdida por desacoplamiento (M) in dB} = 10 \log (1 - \rho^2)$$

Para cualquier longitud de cable, la atenuación puede ser calculada tomando en cuenta la atenuación del cable más el efecto de múltiples reflexiones en cada terminal del cable.

#### **2.4.11 Relación señal ruido (SNR)**

Es la relación entre el nivel de señal recibida y el nivel de ruido recibido. El nivel de señal recibida debe exceder significativamente el nivel de ruido recibido para tener una transmisión aceptable.

$$\text{SNR (dB)} = 20 \log (V_o/V_n) = 20 \log (V_i/V_n) - 20 \log (V_i/V_o)$$

Donde:  $V_o$  = Nivel de señal de tensión eléctrica recibida

$V_n$  = Nivel de tensión eléctrica de la señal de ruido en el receptor

$V_i$  = Nivel de de señal del tensión eléctrica transmitida

#### **2.4.12 Relación atenuación diafonía (ACR)**

Es la relación obtenida de la resta entre el NEXT y la atenuación en dB. El ACR se da para altas frecuencias y puede ser calculada de la siguiente manera:

$$\text{ACR} = \text{Mínima pérdida por NEXT} - \text{atenuación máxima}$$

#### **2.4.13 Relación Power Sum Attenuation diafonía (PSACR)**

Se determina por la resta entre el Power sum near-end crosstalk menos la atenuación.

$$\text{PSACR} = \text{Minimum PSNEXT loss} - \text{atenuación máxima}$$

### **2.5 Desempeño del par trenzado balanceado**

El cable de par trenzado balanceado es comúnmente utilizado en los edificios para las telecomunicaciones. Las implementaciones exitosas requieren de un adecuado diseño, de una correcta instalación y de la realización de pruebas del cableado instalado en todo el canal. Un canal dentro de un cableado estructurado incluye todos los cables, cordones y conectores desde un extremo hasta el otro.

Las características y comportamiento de los cables, los cordones y de los conectores dependen mucho de la frecuencia de la señal aplicada. Estas diferencias son más aparentes en las frecuencias superiores a 1 MHz.

Los parámetros de transmisión más importantes incluyen lo siguiente:

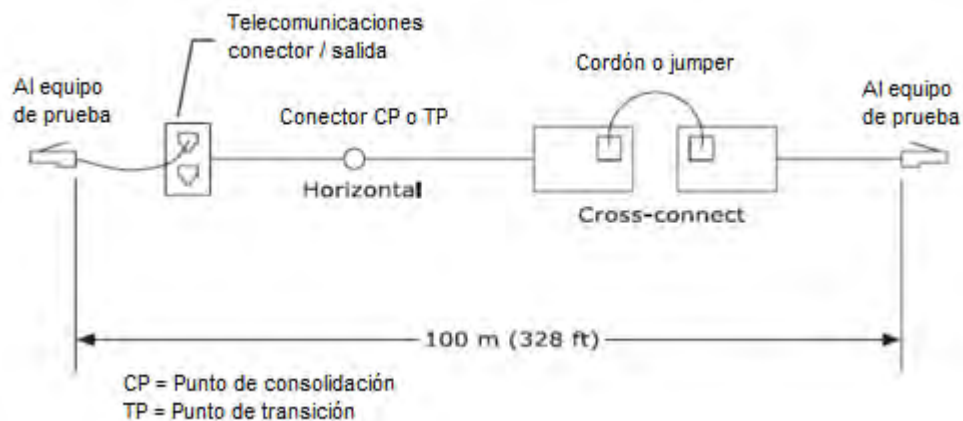
- Atenuación de la señal en función de la frecuencia.
- Reflexión de la señal en las terminaciones.
- Cantidad de ruido en relación con la señal recibida.

El ruido en un cable puede ser producido por conductores adyacentes que comparten la misma cubierta o de una fuente externa.

El cable par trenzado balanceado posee una impedancia característica de 100 Ohms a 100 MHz. La disminución de la atenuación para un cable de alto desempeño se consigue con diseños y materiales mejorados.

## 2.6 Modelo del canal

La **figura 2.7** muestra los componentes de un canal que determinan su nivel de desempeño.



**Figura 2.7** Componentes de un canal.

## 2.7 Parámetros de desempeño

Los parámetros más importantes que afectan el desempeño son: la atenuación, las pérdidas por PSNEXT y las pérdidas por retorno, en el caso de una transmisión bidireccional. Otros parámetros como la velocidad de propagación, delay skew, pérdida por conversión longitudinal y PSELFEXT, son también importantes para ciertas aplicaciones de alta velocidad en donde existen esquemas de

decodificación más complejos en donde se implementa la transmisión dúplex del par trenzado balanceado.

## **2.8 Limitantes en el desempeño por la atenuación**

La atenuación del canal (en la prueba) es igual a la suma de las atenuaciones de sus componentes más la desviación de la atenuación, ajustada por la temperatura. En el peor caso. El canal mostrado en la **figura 2.7** consiste de una longitud de 90 m de horizontal y hasta un total de 10 m de cordones y accesorios combinados. Generalmente los cordones son flexibles y por lo tanto presentan mayores pérdidas por metro que el cableado horizontal.

Todos los componentes deben contar con los requerimientos mínimos de atenuación, de acuerdo a la categoría que corresponden.

## **2.9 Pérdidas por NEXT**

Las pérdidas en el canal por NEXT, es la suma de la diafonía inducida en el cable, en los conectores y en los cordones.

La pérdida por NEXT es dominada por los componentes en zona cercana (<20 m [ $<66$  ft]).

Para verificar el desempeño, la pérdida por NEXT se mide desde el TR y desde conector (outlet). Todos los componentes deben cumplir el mínimo de NEXT para la categoría que les corresponde.

## **2.10 Pérdidas por PSELFEXT (Power Sum Equal Level Far-End Crosstalk)**

Es la composición de señales indeseadas de múltiples transmisores acopladas en el par más cercano medido en el par más lejano. Se mide con base en un algoritmo de sumas de energía. Todos los componentes deben contar con los requerimientos mínimos de PSELFEXT de acuerdo a la categoría que pertenecen.

## **2.11 Pérdidas por PSACR (Power Sum Attenuation-to-Crosstalk Ratio)**

El desempeño balanceado del canal está determinado por las mediciones de las transmisiones sobre los cables que conectan el hardware. Estas mediciones se toman dentro del dominio de la frecuencia. El intervalo de frecuencias que pueden ser exitosamente transmitidas para distancias dadas, determina el ancho de banda disponible para el canal.

Pueden emplearse diferentes criterios para determinar el ancho de banda disponible. Uno de los cuales es el mínimo nivel de señal en la salida de un canal relativo al pico del nivel de ruido NEXT. Este criterio es definido como PSACR.

Para asegurar un aceptable bit error rate (BER), la señal debe ser una réplica razonable de la señal transmitida. La atenuación es un decremento de la magnitud de la señal. Los componentes de más alta frecuencia de una señal digital, incurrir en mayor atenuación sobre un canal de par trenzado balanceado. El efecto next no solo es la reducción de la amplitud si no también un cambio en la figura de la señal transmitida como aparece en el receptor. Adicionalmente, el ruido del NEXT

agrega variaciones abruptas en la magnitud de la señal. La confiabilidad del receptor para detectar cambios en la forma de onda de la señal, es afectada por estas debilidades de las señales.

## 2.12 Concepto de Ancho de Banda.

Existe una relación fundamental entre el ancho de banda de un canal expresada en Hz y la velocidad de los datos expresada en bits/segundo. El flujo del tráfico en una carretera es una buena analogía para ilustrar esta relación. El ancho de banda es similar a la amplitud y número de carriles de la carretera. La velocidad de los datos es similar al flujo del tráfico o al número de vehículos que cruzan por hora. Una manera de incrementar el flujo del tráfico es haciendo más amplia la carretera. Otra forma es mejorando la superficie del pavimento y eliminando los cuellos de botella.

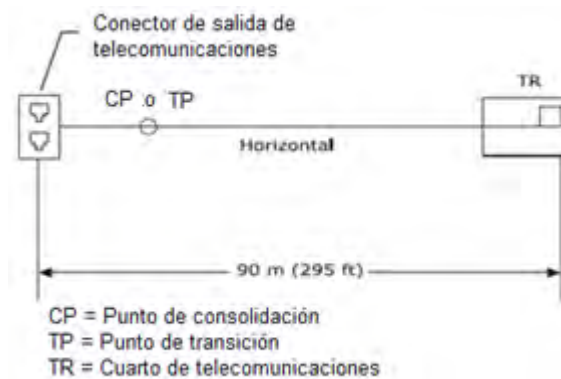
De manera similar, es posible soportar velocidades de datos más altas en cualquier canal, utilizando esquemas de codificación de líneas para empaquetar más a los bits de información por cada Hz de ancho de banda disponible. Las líneas de codificación más elaboradas requieren un más alto SNR, el cual es similar a mejorar o suavizar la superficie de la carretera en nuestra analogía.

El ancho de banda disponible se determina comúnmente como el intervalo de frecuencias en donde el SNR es positivo. Para la mayoría de las redes LAN actuales, la fuente de ruido dominante es la interferencia del NEXT entre todos los pares que transmiten y todos los pares que reciben. Si los cuatro pares son empleados para una transmisión en paralelo, entonces el ruido total por NEXT es PSNEXT. En este caso:

- SNR es el PSACR cuando otras fuentes de ruido son insignificantes y donde,  $PSACR = PSNEXT - \text{atenuación}$ .
- El ancho de banda es el intervalo de frecuencias en donde,  $PSACR > 0$ .

## 2.13 Desempeño de los puntos de conexión permanentes

La **figura 2.8** representa un modelo de los puntos de conexión permanentes



**Figura 2.8** Puntos permanentes en una horizontal.

Los puntos de conexión permanentes consisten de hasta 90 metros de cableado horizontal, incluyendo un conector en cada extremo.

## 2.14 Cordones de parcheo

Los jumpers cross-connect y los cables empleados para patch cords o cordones de parcheo deben cumplir con los mismos requerimientos de desempeño que el cableado horizontal, con las siguientes excepciones:

Para conductores de cable, presentan más atenuación que los conductores sólidos o de un solo hilo. Un requerimiento en la categoría 5e, clase D y categoría 6, clase E, y clase F estándar es la prueba de pérdida por retorno del patch cord. El patch cord es frecuentemente la conexión débil en un sistema de cableado. Esta prueba se requiere antes y después de manipular mecánicamente al patch cord para asegurarse que la impedancia permanece estable dentro de los límites permitidos. Una desviación mayor a  $\pm 5$  Ohms de la impedancia nominal de los 100 Ohms puede dar como resultado una falla. Se ha observado en la práctica que algunos patch cords categoría 5 de cable tienden a presentar variación en su impedancia cuando son manipulados o doblados. Los patch cords categoría 5e y categoría 6 están diseñados para asegurar un desempeño estable referente a la pérdida por retorno.

## 2.15 Propiedades de la fibra óptica

Los dos medios de transmisión que se encuentran más frecuentemente en un sistema de cableado estructurado son el par trenzado de cobre y la fibra óptica. Dentro de este capítulo 2 Marco Teórico, se han descrito las propiedades del par trenzado de cobre. A partir de este inciso 2.15 se tratarán las propiedades de la fibra óptica.

Un modelo simple de un sistema de telecomunicaciones consiste de tres partes:

- Transmisor.
- Medio.
- Receptor.

Dentro de un sistema de fibra óptica el medio por su puesto es una fibra óptica. El transmisor y el receptor están diseñados para acoplarse con las propiedades del medio. Para un sistema de fibra óptica esto significa que el transmisor y el receptor trabajan en frecuencias propias de los sistemas basados en el uso de fibras ópticas.

Los transmisores y receptores ópticos, convierten un tipo de energía a otro. Un transmisor óptico convierte señales eléctricas a señales ópticas para ser transmitidas a través de un cable de fibra óptica. En el receptor, las señales ópticas se convierten de regreso en señales eléctricas. El uso de transceivers ópticos, el cual combina las funciones de un transmisor y un receptor, es muy común en la industria.

### 2.15.1 Transmisores de fibra óptica

Casi toda la electrónica disponible de la fibra óptica se basa en lo siguiente:

- Diodo emisor de luz (LED).
- Emisor láser con superficie de cavidad vertical (VCSEL).
- Diodo láser (LD).

El transmisor es un dispositivo electrónico que:

- Recibe una señal eléctrica modulada.
- Convierte la señal eléctrica modulada en una señal óptica modulada (usualmente digital).
- Lanza la señal óptica modulada dentro de una fibra óptica.

### 2.15.2 Selección de la fibra óptica

Las características de los pulsos de luz emitidos por un transmisor óptico, influyen en la selección de la fibra óptica. Algunas características comunes son:

- Centro de longitud de onda.
- Ancho espectral.
- Patrón de emisión.
- Potencia promedio.
- Frecuencia de modulación.

### 2.15.3 Centro de longitud de onda

Cualquier fuente de luz emite dentro de un intervalo de longitudes de onda. Los transmisores de fibra óptica usados con lentes de fibra óptica normalmente emiten luz en o cerca de una de las siguientes longitudes de onda, medidos en nanómetros (nm):

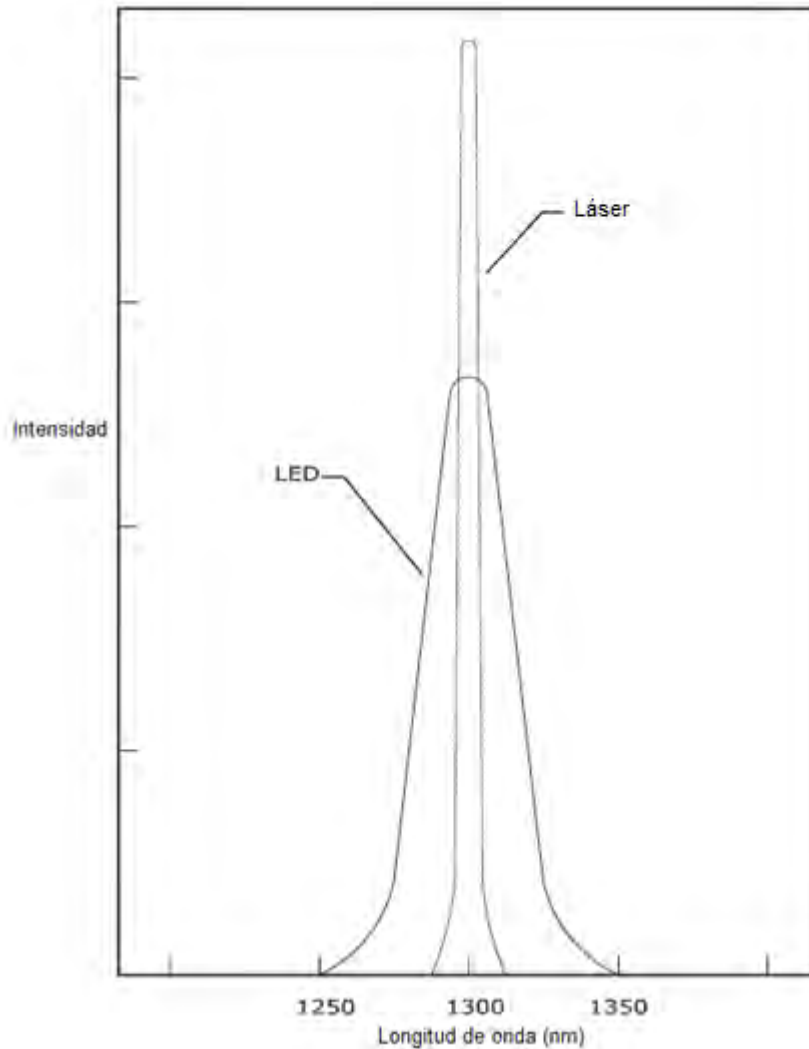
- 850 nm.
- 1300 nm.
- 1310 nm.
- 1550 nm.

Este valor nominal es llamado centro de longitud de onda.

Aunque la periodicidad de la radiación EM emitida por los transmisores ópticos podría ser especificada usando cualquier frecuencia ( $f$ ) o longitud de onda ( $\lambda$ ), es tradicionalmente especificada por longitud de onda. Recordando que la frecuencia y la longitud de onda están relacionadas por la fórmula  $v = f \lambda$ , donde  $v$  es la velocidad de propagación en el medio de transmisión.

#### 2.15.4 Ancho espectral

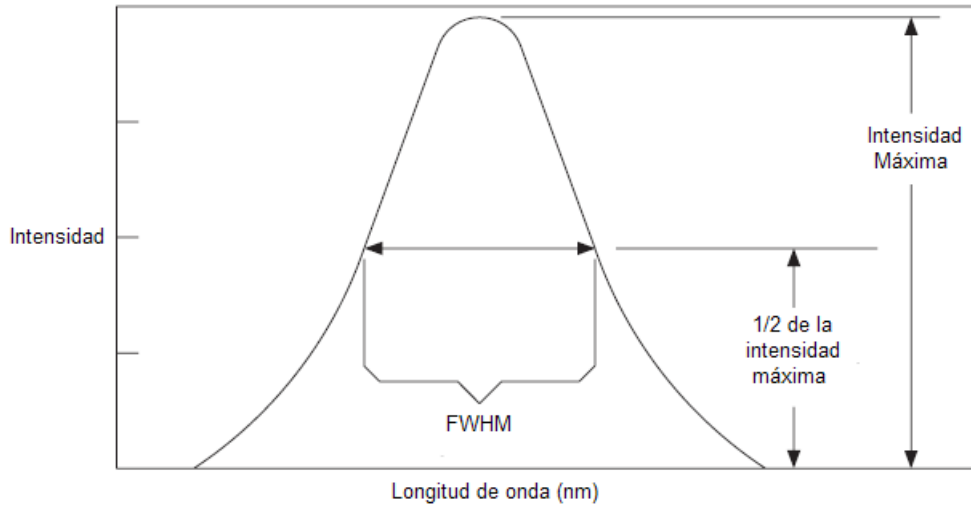
La potencia total emitida por un transmisor es distribuida sobre un intervalo de la longitud de onda alrededor de su centro. Este intervalo es el ancho espectral y típicamente se especifica en nanómetros. Los anchos espectrales varían desde lo angosto para los láseres (varios nanómetros) hasta lo ancho para los LEDs (desde los diez a los cientos de nanómetros como se indica en la figura 2.9).



**Figura 2.9** Comparación del perfil espectral del láser y el LED.

El ancho espectral está dado como el intervalo de longitudes de onda emitido con un nivel de intensidad mayor o igual que la mitad del nivel de intensidad máxima, referido por sus siglas en inglés como full width half maximum (FWHM) spectral width, como se muestra en la figura 2.10.





**Figura 2.10** Ancho máximo medio (FWHM).

### 2.15.5 Potencia promedio

La potencia promedio de un transmisor es la potencia promedio de salida de una fuente de luz dada durante la modulación, se mide en dBm o mW.

### 2.15.6 Frecuencia de modulación

La frecuencia de modulación de un transmisor es el intervalo en el cual la transmisión cambia en intensidad. Típicamente el transmisor es modulado por una cadena de bits que cambian de encendido a apagado su fuente de luz. Los LEDs tienen una baja frecuencia de modulación y están limitados a valores de 622 Mb/s a menos. El láser tiene mucha más alta frecuencia de modulación y puede soportar valores de transmisión de datos mayor a 10 Gb/s.

### 2.15.7 Comparación de transmisores

Los cuatro principales tipos de fuentes transmisoras de luz son:

- Diodos emisores de luz (LED por sus siglas en inglés Light Emitting diodes).
- Láser de longitud de onda corta (CD compact disc).
- Emisión láser de superficie de cavidad vertical (VCSEL vertical cavity surface emitting laser).
- Diodos láser o láser (LD laser diodes).

### 2.15.8 Diodo Emisor de Luz (LED)

El LED es un transmisor común y relativamente barato. La siguiente **tabla 2.1** describe las características típicas de los transmisores basados en LED:

Aspecto	Características
Costo	Relativamente barato
Uso	Principalmente utilizado con sistemas de telecomunicaciones que emplean fibra óptica multimodo
Centro de la longitud de onda	<ul style="list-style-type: none"><li>• De 800 hasta 900 nm</li><li>• De 1250 hasta 1350 nm</li></ul>
Ancho espectral	<ul style="list-style-type: none"><li>• De 30 hasta 60 nm FWHM en la región baja (cerca de los 850 nm)</li><li>• Hasta 150 nm FWHM en la región alta (cerca de los 1300 nm) debido a que la dispersión más baja del LED trabaja cerca de los 850 nm es típicamente más económica. Las transferencias de datos hasta 100 Mb/s usan típicamente LEDs longitudes de onda corta; Los LEDs de longitud de onda larga se emplean para transferencia de datos de 100 hasta 622 Mb/s</li></ul>
Frecuencia de modulación	<ul style="list-style-type: none"><li>• La mayoría son debajo de 200 MHz</li><li>• Pueden ser tan altas como 600 MHz</li></ul>
Nivel de potencia promedio emitida	De -10 hasta -30 dBm dentro de la fibra óptica multimodo

**Tabla 2.1** Características de los transmisores basados en LEDs.

### 2.15.9 Láser de longitud de onda corta

Es comúnmente referido como un láser CD. El CD es un transmisor económico. La **tabla 2.2** describe las características de fuentes CD típicos:

Aspecto	Características
Costo	Relativamente económico
Uso	Principalmente utilizado con sistemas de telecomunicaciones de fibra óptica multimodo con altos niveles de transmisión de datos, que van desde 200 Mb/s hasta 1 Gb/s. Principal aplicación como canal de fibra óptica
Centro de longitud de onda	780 nm
Ancho espectral	Angosto comparado con los LEDs (4 nm)
Frecuencia de modulación	Más alto que el LED (puede exceder 1 GHz), permitiéndoles trabajar en velocidades más altas
Nivel de potencia promedio emitida	+1 hasta 5 dBm

**Tabla 2.2** Características de fuentes típicas de CD.

Nota: El láser CD fue la primer fuente introducida para la fibra multimodo. Aunque todavía es utilizado, el mercado tiende a utilizar VCSELs para aplicaciones multimodo de 1 Gb/s y superior.

### 2.15.10 Emisión láser de superficie de cavidad vertical (VCSEL)

Fueron introducidos como un transmisor multimodo Ethernet Gigabit y canal de fibra óptica. También se emplea para usos futuros con velocidades de transmisión de hasta 40 GB.

Aunque tiene características de desempeño láser, se fabrican fácilmente y su precio es más bajo que el LED. La **tabla 2.3** describe las características de las fuentes VCSEL típicas.

Aspecto	Características
Costo	Relativamente económico
Uso	Empleado con sistemas de telecomunicaciones de fibra óptica multimodo con niveles de transmisión de datos de un Gigabit y superiores
Centro de longitud de onda	850nm y 1300 nm
Ancho espectral	Muy reducido (desde 1 hasta 6nm)
Frecuencia de modulación	Mucho más alto que el LED, permitiendo transmisiones de datos que exceden los 5 GHz
Nivel de energía promedio emitida	+1 hasta -3 dBm en fibra óptica multimodo

**Tabla 2.3** Características de fuentes típicas de VCSEL.

Nota: A diferencia de los LEDs, el nivel completo de la energía emitida de las fuentes VCSEL se da empleando la fibra óptica multimodo de 50/125  $\mu\text{m}$  y 62.5/125  $\mu\text{m}$ .

### 2.15.11 Diodos Láser (LD)

Son típicamente más caros que las fuentes basadas en LEDs y CD. La **tabla 2.4** describe las características de las fuentes de luz LD típicas.

Aspecto	Características
Costo	Más costoso que las fuentes emisoras basadas en LED y CD
Uso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empleado casi exclusivamente en enlaces de fibra óptica monomodo</li> <li>• Algunos sistemas disponibles emplean láser VCSEL con fibra óptica multimodo para maximizar la longitud de la implementación</li> </ul>
Centro de la longitud de onda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Predominantemente 1300 nm</li> <li>• Para los 1550 nm son más populares para largas distancias las comunicaciones para sistemas monomodo</li> </ul>
Ancho espectral	Muy reducido (usualmente de 1 a 6 nm FWHM) comparado con los LEDs
Frecuencia de modulación	Mucho más rápida que la frecuencia de modulación de LEDs. Excede los 5 GHz
Nivel de potencia promedio emitida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Más alta que los LEDs, con valores comunes de +1 a -3 dBm en fibras ópticas monomodo.</li> <li>• Estos niveles de potencia pueden presentar un riesgo de seguridad si las emisiones son vistas en forma directa</li> </ul>

**Tabla 2.4** Características de las fuentes de luz basadas en Diodo Láser

## 2.15.12 Comparación de Diodos Emisores de Luz, Disco Compacto y Láser

La **tabla 2.5** muestra en resumen, la comparación entre los diferentes tipos de transmisores.

Característica a comparar	LED	Láser de longitud de onda corta (CD)	VCSEL	Láser (LD)
Costo	Económico	Económico	Económico	Costoso
Tipo de fibra óptica	Multimodo	Multimodo	Multimodo	Monomodo
Centro de longitud de onda	850 nm 1300 nm	780 nm	850 nm	1310 nm 1550 nm
Ancho espectral	Para 850, 30 a 60 nm FWHM  Para 1300, hasta 150 nm FWHM	4 nm	1 a 6 nm FWHM	1 a 6 nm FWHM
Frecuencia de modulación	Usualmente debajo de 200 MHz	Puede exceder 1 GHz	Hasta 10 GHz	Puede exceder 10 GHz
Nivel de potencia promedio emitida	-10 hasta -30 dBm	+1.0 hasta -5 dBm	+1 hasta -3 dBm	+1 hasta -3 dBm

**Tabla 2.5** Comparativa entre los diferentes tipos de fuentes de luz.

## 2.15.13 Receptores de fibra óptica

Casi todos los tipos de receptores de fibra óptica incorporan un fotodetector para convertir la señal óptica a una señal eléctrica.

Un receptor debe acoplarse al transmisor y a la fibra óptica.

Los parámetros característicos de los receptores de fibra óptica son los siguientes:

- Sensitividad.
- Intervalo de bit de error (BER por sus siglas en inglés Bit Error Rate).
- Intervalo dinámico.

#### **2.15.14 Sensitividad e intervalo de bit de error (BER)**

La sensitividad y el BER se relacionan con lo siguiente:

- La sensitividad de un receptor especifica el nivel de potencia mínima y la señal de entrada que se debe tener para que se lleve a cabo un nivel de desempeño aceptable, el cual usualmente se especifica como un BER.
- El BER es un número fraccional de errores permitidos que ocurren entre el receptor y el transmisor. Por ejemplo, un BER de 10 a la -9 significa un bit de error por cada billón de bits enviados (Este intervalo de error lo manejan los sistemas actuales).

Si la potencia de la señal de entrada cae abajo de la sensitividad del receptor, el número de errores de bits se incrementa más allá del máximo BER especificado para el receptor.

Si se recibe poca potencia en el detector, el resultado puede ser:

- Una señal detectada con elevados errores de bits.
- No se detecta la señal.

#### **2.15.15 Intervalo dinámico**

El exceso de potencia en la señal recibida también puede comprometer la operación del receptor.

Si mucha potencia es recibida en el detector, el resultado puede ser:

- Más alto que el BER aceptable.
- Posible daño físico al receptor.

El intervalo dinámico es el intervalo de potencia que un receptor puede procesar en un BER especificado. Este se determina por la diferencia entre la potencia máxima y la potencia mínima que el receptor puede procesar en un BER especificado.

#### **2.15.16 Parámetros para seleccionar el tamaño del núcleo de la fibra óptica**

Los factores clave para determinar cual fibra óptica usar en una aplicación dada son:

- Equipo activo.
- Distancia.
- Ancho de banda (velocidad de transferencia de los datos).

#### **2.15.17 Equipo activo**

Antes de determinar el tamaño del núcleo de la fibra óptica, se deben evaluar ciertas consideraciones para determinar cómo son seleccionados el cable y los componentes para un enlace de telecomunicaciones, segmento o sistema.

Mientras que el orden puede ser diferente, los elementos que necesitan considerarse son los mismos. En el corazón del diseño se encuentra la aplicación que será atendida. Esto determina que

equipos electrónicos y pasivos estén disponibles que soporten la aplicación. Este puede ser un nuevo servicio o un crecimiento de un servicio existente.

El equipo existente limita las opciones ya que algunos de los parámetros del sistema y especificaciones ya están establecidas. Si no hay equipo existente, el diseño del sistema es más flexible. Un factor importante es la distancia entre los dos puntos finales del sistema. Las características de la fibra óptica y la capacidad del equipo activo, determinan que tan separados pueden estar los extremos o puntos finales.

El intervalo de los enlaces de telecomunicaciones de fibra óptica va desde enlaces cortos entre computadoras y servidores hasta enlaces extensos de troncales de líneas telefónicas. La longitud de extremo a extremo del enlace más largo en el sistema, es la consideración principal en la selección del tipo de la fibra óptica o el tamaño basado en los componentes activos. En algunas redes podría haber más un tipo de fibra óptica aceptable debido a la longitud de los enlaces involucrados, así como también al equipo activo disponible.

Por ejemplo un banco podría usar:

- Fibra óptica multimodo para comunicar entre sus sucursales locales.
- Fibra óptica monomodo para enlazar sus sucursales foráneas.

Incrementar la longitud de un enlace afecta de la siguiente manera:

- Se incrementa la atenuación de la señal de extremo a extremo.
- Se reduce el ancho de banda debido a la dispersión de la señal.
- Se distorsiona la señal debido al fenómeno de retardo el modo diferencial (DMD) en la fibra multimodo.

El equipo activo puede estar basado en LEDs, VCSELs o Láser. Si el equipo tiene LEDs o VCSEL, se puede emplear fibra óptica de 50/125  $\mu\text{m}$  o 62.5/125  $\mu\text{m}$ . Si el equipo activo tiene tecnología Láser estándar entonces se debe usar fibra óptica monomodo de 8/125  $\mu\text{m}$ .

Después de determinar que tipo de fibra óptica debe emplearse considerando las pérdidas, presupuesto, el equipo activo correcto, el equipo pasivo y el tipo de fibra óptica, entonces se puede diseñar el sistema basado también en los parámetros e intervalos que soporta cada componente.

### **2.15.18 Ancho de Banda**

Es la capacidad de transportar información del sistema. El ancho de banda de extremo a extremo de un sistema incluye al ancho de banda de las partes que lo componen.

Para un sistema de fibra óptica lo que determina el ancho de banda es:

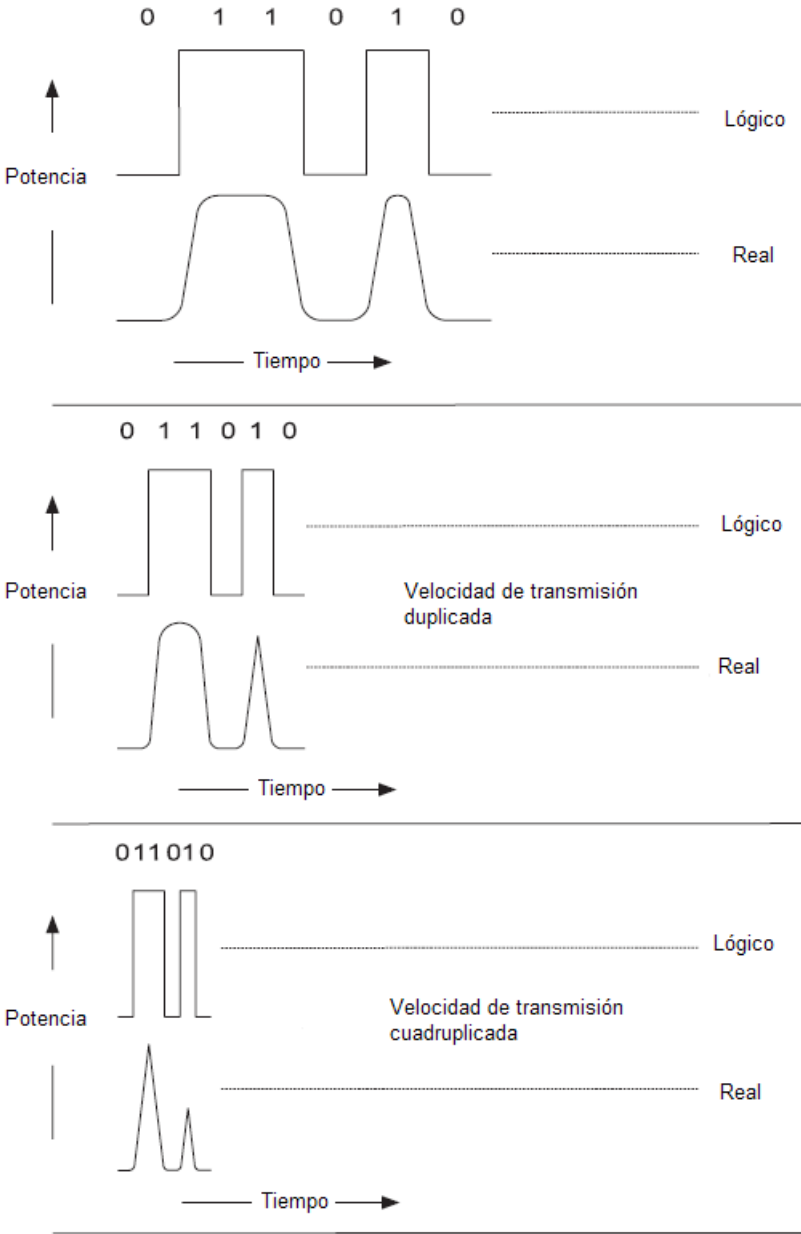
- El transmisor.
- La fibra óptica.

Los procesos de instalación no deben afectar el ancho de banda.

Los transmisores tienen limitaciones en el ancho de banda debido al tiempo que tardan en cambiar de un estado lógico bajo a uno alto, a este periodo se le conoce como tiempo de levantamiento (Rise time).

El tiempo de levantamiento usualmente se mide desde el 10% al 90% del nivel de energía. En un planteamiento simplificado el tiempo de levantamiento se considera como cero. En transferencias de alta velocidad el tiempo de levantamiento se vuelve significativo.

La **figura 2.11** ilustra como el tiempo de levantamiento de un transmisor, limita la transferencia de datos con el incremento de velocidad. Se indica el desempeño lógico contra el desempeño real en cada caso.



**Figura 2.11** Afectación de la transmisión de datos por efecto de la velocidad.

La fibra óptica presenta limitaciones en el ancho de banda debido a la dispersión. La dispersión da lugar a que un pulso de luz se propague a través de la fibra óptica.

Para los sistemas basados en fibra óptica monomodo, ocurre que en lugar del ancho de banda, la dispersión de pulso máxima es usada frecuentemente para definir su capacidad. La dispersión del pulso es una función del ancho espectral del transmisor, de la construcción de la fibra y de su longitud.

La dispersión en sistemas monomodo difícilmente es un aspecto importante en las aplicaciones.

La máxima dispersión es usualmente expresada en picosegundos (ps) entre el producto del ancho espectral en nanómetros y la distancia en kilómetros (ps/nm-km).

La dispersión en los sistemas monomodo es una función de la longitud de onda. Es importante que la especificación de la dispersión de la fibra, coincida con el intervalo de la longitud de onda de operación del transmisor.

En los sistemas basados en fibra óptica multimodo, calcular y predecir los requerimientos de ancho de banda es más complejo que un sistema monomodo, ya que consiste en combinar los efectos de los siguientes tres aspectos:

- Tiempo de levantamiento del transmisor.
- Modalidad de dispersión de la fibra.
- Dispersión cromática.

Esto implica consideraciones y cálculos complejos. Usualmente los fabricantes establecen el ancho de banda necesario para soportar los sistemas dados.

Las aplicaciones más comunes miden pocos kilómetros y típicamente la electrónica de la fibra óptica usa transmisores de LED y fibra óptica multimodo para una transmisión de datos de 155 Mb/s o inferiores. Para una transmisión de datos de 1 Gb/s o superiores, típicamente se usa el transmisor VCSEL.

Para distancias cortas la fibra óptica multimodo con un modo de ancho de banda de 160 MHz.Km en 850 nm soporta transmisiones de datos de arriba de 20 Mb/s para 2 km (1.2 mi). Esta misma fibra óptica soporta transmisiones de datos de hasta un Gb/s (Gigabit Ethernet) para distancias de hasta 300 m (984 ft) utilizando VCSEL. Adicionalmente esta misma fibra óptica con un mínimo de ancho de banda de 500MHz.km a 1300 nm, soporta transmisiones de datos de hasta 155 Mb/s en 2 km (1.2 mi).



### 2.15.19 Mediciones y especificaciones de los sistemas multimodo

Los fabricantes de fibra óptica miden el ancho de banda empleando fuentes láser muy estrechas sobre una longitud fija de fibra óptica debido a la variación de la dispersión cromática con las características de las fuentes (como centro de longitud de onda y ancho espectral) y la longitud de la fibra. El valor del ancho de banda indicado por un fabricante solo representa el efecto del modo de dispersión ya que el ancho espectral de una fuente láser típica es usualmente tan pequeña que hace la dispersión cromática insignificante.

Ya que el ancho de banda reportado por los fabricantes de fibra óptica es el resultado de mediciones hechas con una fuente LD, estas mediciones no aplican para los sistemas basados en LEDs.

El modo de ancho de banda (usualmente llamado ancho de banda por los fabricantes) es comúnmente expresado como un producto de la frecuencia con la distancia (ejemplo MHz.km). Esto significa que una fibra óptica dada puede soportar velocidades de transmisión de datos más altas sobre distancias más cortas que sobre distancias largas.

Por ejemplo un sistema que requiere 90 MHz de extremo a extremo de ancho de banda requiere de un grado más alto de fibra óptica para un enlace de 2 km que para un enlace de un km. Para enlaces de varios cientos de metros o menores, el ancho de banda de la fibra óptica frecuentemente no es una consideración.

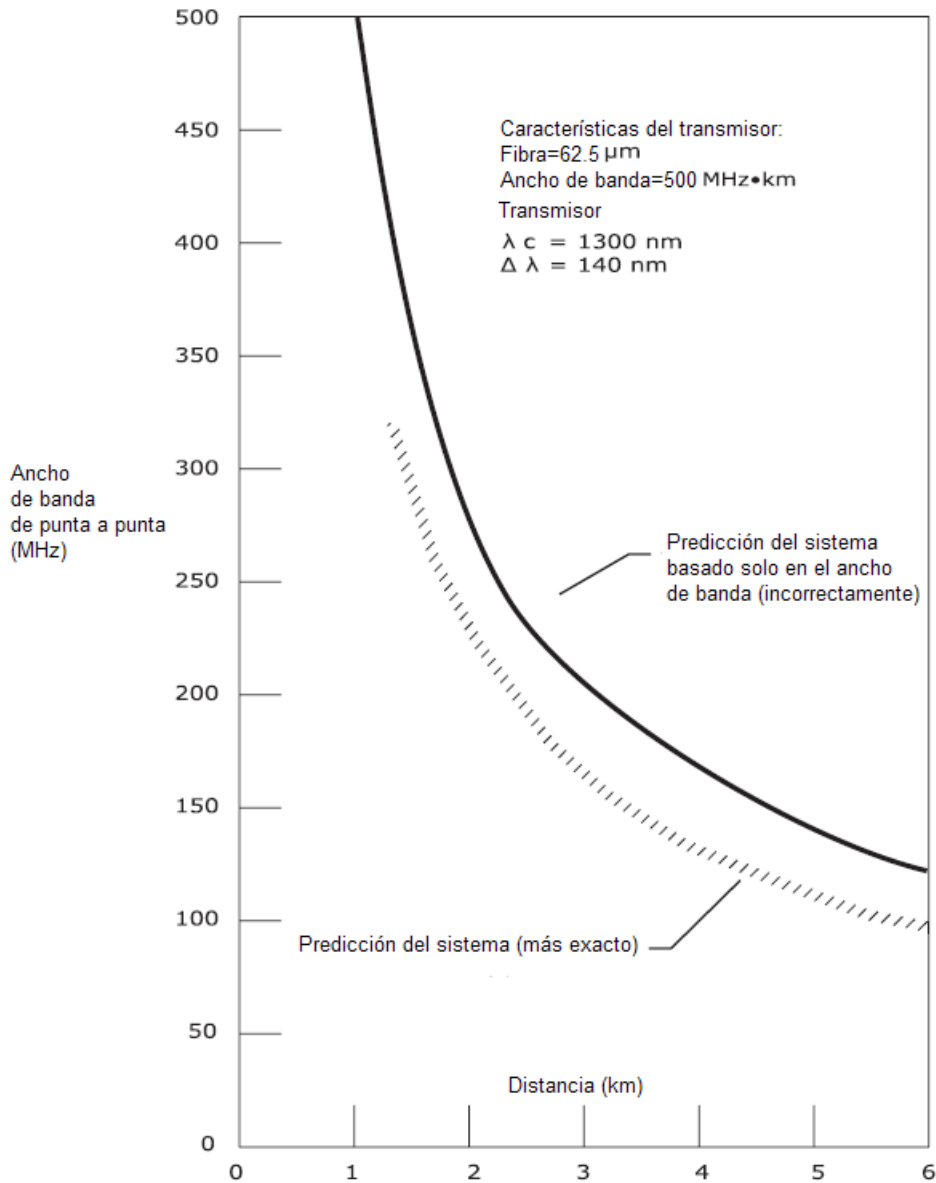
Mucho de la experimentación ha conducido a caracterizar la relación entre:

- El componente del ancho de banda multimodo.
- Ancho de banda del sistema de un canal completo de fibra óptica.

Varios métodos son propuestos para aproximar esta relación y toman en cuenta:

- El comportamiento de la dispersión.
- Las características espectrales del transmisor.

La **figura 2.12** muestra uno de los algoritmos usados para generar una curva de la longitud del sistema contra el ancho de banda del sistema para una fibra óptica multimodo de 62.5/125  $\mu\text{m}$  y un transmisor de LED específico. Si fuera usado solamente el producto ancho de banda por distancia de las especificaciones del fabricante, la curva podría predecir una longitud del sistema realizable más largo. Esto demuestra el error tan dañino de una sobresimplificación del ancho de banda.



**Figura 2.12** Curva del ancho de banda contra la longitud del sistema.

### 2.15.20 Clasificación de la fibra

Las dos principales clasificaciones de la fibra óptica son la fibra óptica multimodo y la fibra óptica monomodo.

La fibra óptica multimodo es la más adecuada para enlaces menores de:

- 2000 m (6560 ft) para velocidades de transmisión de datos de 155 Mb/s o menores.
- 550 m (1804 ft) para velocidades de transmisión de datos de 1 Gb/s o menores.
- 300 m (984 ft) para velocidades de transmisión de datos de 10 Gb/s o menores.

Los NA más altos de la fibra óptica multimodo, permiten el uso de transmisores LED, VCSELs, SW y CD económicos. Estos son más que adecuados para aplicaciones de distancias cortas.

La fibra óptica monomodo es la más adecuada para:

- Requerimientos de banda ancha que exceden las capacidades de la multimodo.
- Distancias que exceden la capacidad de la multimodo
- Cuando las aplicaciones requieren monomodo.

La **tabla 2.6** resume la comparación entre los dos tipos de fibra óptica.

<b>Aspecto</b>	<b>Multimodo 62.5/125 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Multimodo 50/125 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Monomodo</b>
Atenuación	Baja	Baja	Mínima
Ancho de banda	Moderado	Alto	Muy alto
Apertura numérica	Mediana	Pequeña	Mínima
Diámetro externo de la fibra	125 $\mu\text{m}$	125 $\mu\text{m}$	125 $\mu\text{m}$
Longitud de onda	850 nm y 1300 nm	850 nm y 1300 nm	1310 nm y 1500 nm

**Tabla 2.6** Comparación de los dos tipo de fibra óptica.

## **CAPÍTULO 3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO**

### **3.1 Estándar EIA/TIA-568-B**

Para el diseño del sistema de cableado estructurado del CENAM, se apoyó en el estándar EIA/TIA-568-B, el cual define los criterios para la implementación de los sistemas de cableado estructurado para edificios comerciales y entre edificios en campus. Establece los tipos de cables, distancias, conectores, arquitecturas, terminaciones de cables y características de rendimiento, requisitos de instalación de cable y métodos de pruebas de los cables instalados.

### **3.2 Consideraciones de diseño en el uso de cobre**

Referente a la longitud de los tendidos de cobre, se estableció como distancia máxima desde el cuarto de telecomunicaciones (IDF) hacia cada laboratorio u oficina 90 metros.

Se contaba con las siguientes opciones de cable:

- UTP (por sus siglas en inglés Unshielded Twisted Pair ) de cuatro pares a 100 Ohms.
- STP ( por sus siglas en inglés Shielded Twisted Pair ) de dos pares a 150 Ohms.
- Coaxial de 50 Ohms.

Para la implementación del cableado Horizontal se utilizó el cable UTP ya que presenta las siguientes ventajas respecto al cable STP y al cable Coaxial:

- Su colocación es más sencilla por ser más ligero.
- Ocupa menos espacio debido a su diámetro.
- Es más sencilla su conexión debido a que no tiene malla aislante.
- Es más económico.

Adicionalmente se consideró que el sistema de cableado estructurado soportara una densidad de un servicio doble por cada 4 metros cuadrados de espacio, lo que permite que todas las oficinas y laboratorios cuenten con al menos una salida para el servicio de voz y una salida para el servicio de datos.

Las categorías de transmisión de todos los componentes usados en un sistema de cableado, deben ser las mismas con la finalidad de proveer un alto nivel de confiabilidad y un desempeño de transmisión consistente.

El desarrollo de nuevas aplicaciones de alta velocidad de transmisión usando múltiples pares para transmisiones en paralelo, ha mostrado una necesidad adicional en los requerimientos de transmisión, por ejemplo se debe considerar el retardo de propagación y el retardo oblicuo.

Para determinar la conveniencia de un cableado para aplicaciones específicas, el diseñador también debe consultar lo siguiente:

- Proveedores de sistemas de cableado.
- Fabricantes de equipos.
- Integradores de sistemas.

### **3.3 Consideraciones de diseño para la dorsal de fibra óptica**

Debido a la separación que existe entre los edificios del CENAM, se consideró el uso de fibra óptica para su interconexión.

Para cada uno de los edificios del CENAM, se definieron dos rutas de conexión, una principal en estrella y la redundante en anillo.

A continuación describo dos tipos de fibra óptica, las cuales se identifican por su diámetro:

- De 62,5  $\mu\text{m}$ /125  $\mu\text{m}$  o multimodo, en donde el diámetro del recubrimiento corresponde a los 125  $\mu\text{m}$ .
- De 8,3/125  $\mu\text{m}$  o monomodo, en donde también el diámetro del recubrimiento corresponde a los 125  $\mu\text{m}$ .

Se consideró el uso de la fibra óptica de 62,5  $\mu\text{m}$ /125  $\mu\text{m}$  para la dorsal de fibra, ya que es la más conveniente para este tipo de aplicación, debido a que el tamaño de su diámetro ofrece las siguientes ventajas:

- Mayor eficiencia en el acoplamiento de la luz.
- Requiere menos puntos de empalme.
- Se reconoce como el estándar para las aplicaciones LAN.
- Cumple con la norma EIA/TIA-568-B.

### **3.4 Descripción de los subsistemas**

El sistema de cableado que se implementó en el CENAM, se estructuró a través de los siguientes subsistemas:

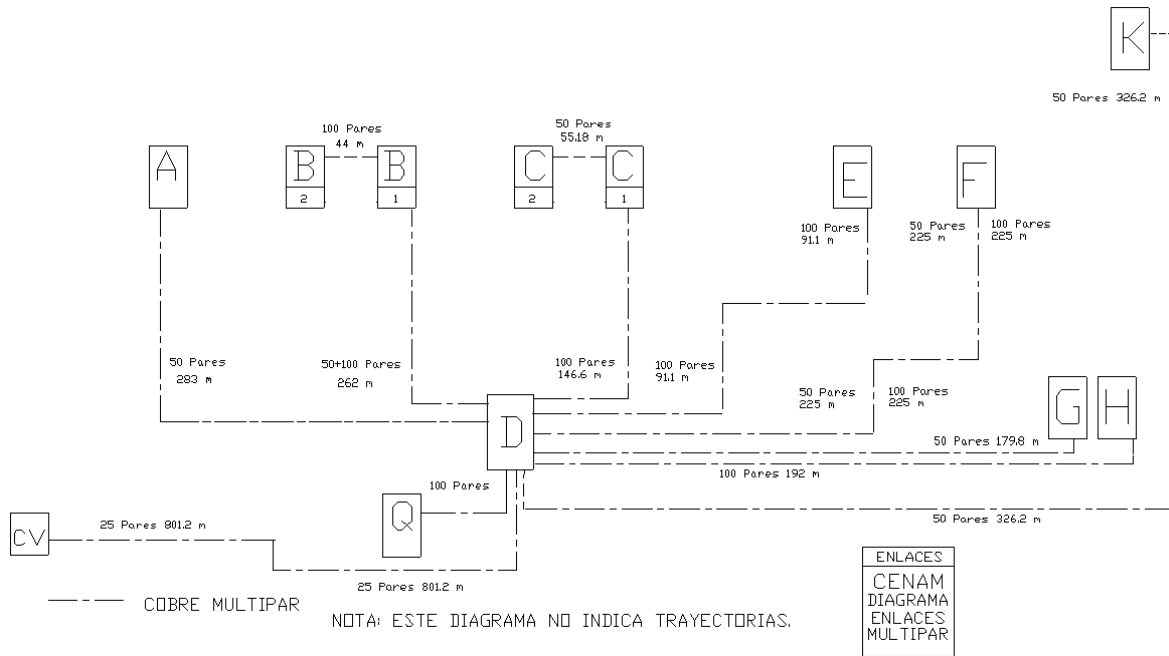
#### **3.4.1 Subsistema dorsal de cobre**

Es el medio con que se interconectó el distribuidor principal (MDF Main Distribution Frame por sus siglas en inglés) con el distribuidor intermedio (IDF Intermediate Distribution Frame por sus siglas en inglés) de cada edificio.

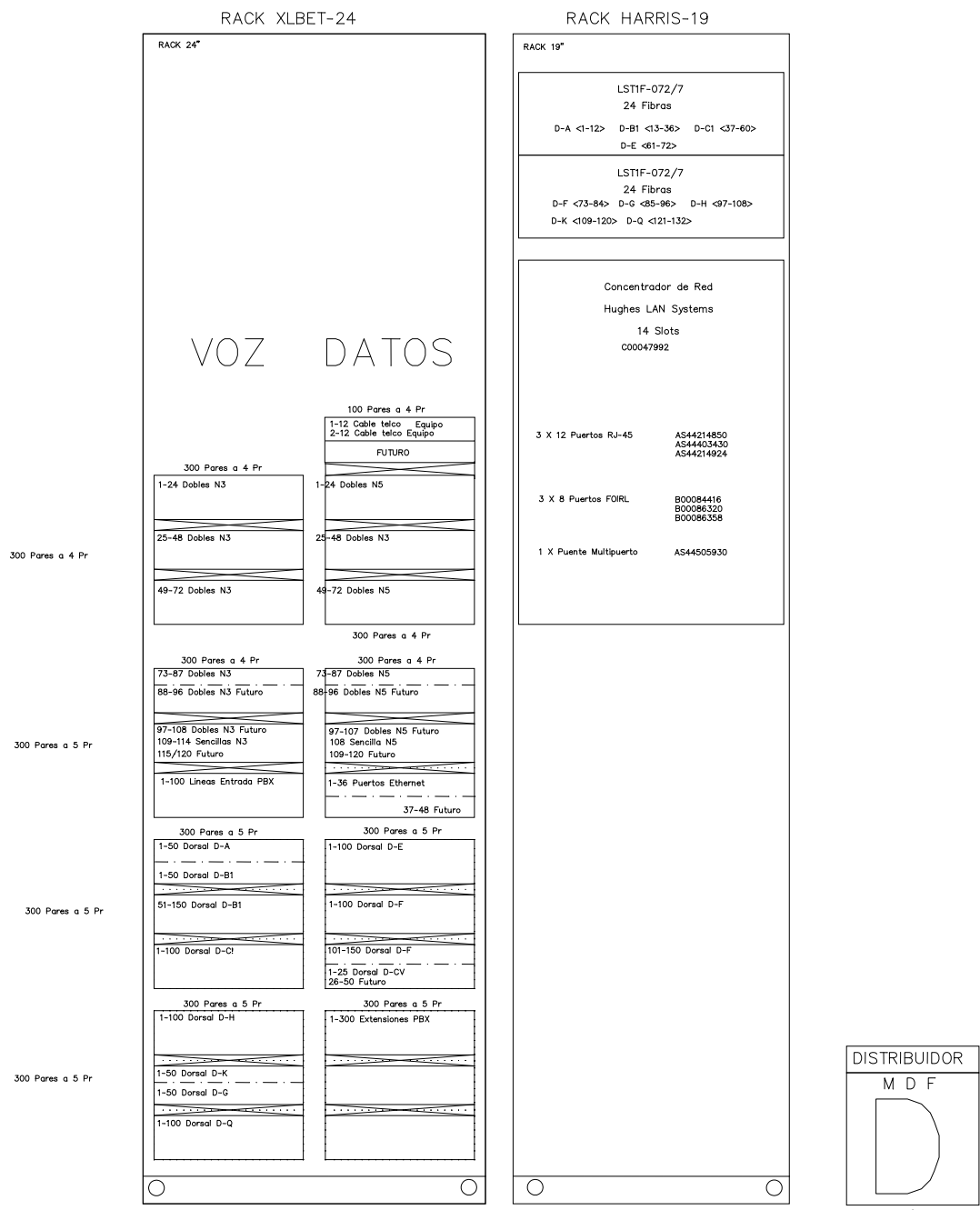
Se diseñó para los servicios de voz analógicos y digitales. Parte desde el cuarto del conmutador telefónico y llega hasta cada distribuidor intermedio de los edificios.

Se conformó una dorsal de cobre en estrella, con centro en el cuarto de comunicaciones del edificio D (lugar en donde se ubica el conmutador telefónico) hasta cada distribuidor de los edificios A, B, C, CV, E, F, G, H, K y Q (figura 3.1).

Se usó cable multipar de 25, 50 y 100 pares para exteriores con núcleo de aire nivel 3 los cuales se remataron en bloques de alambrado 110 alojados en Racks XLBET de 24" (figura 3.2).



**Figura 3.1** Diagrama de enlaces de cobre multipar.

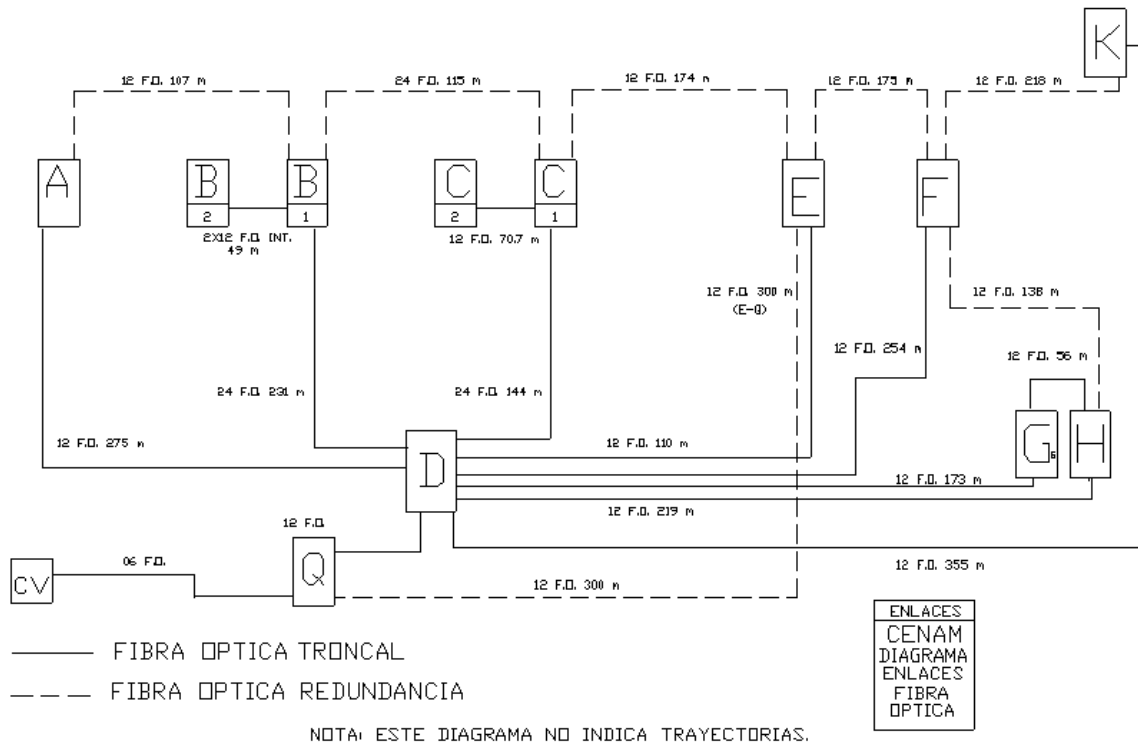


**Figura 3.2** Diagrama del distribuidor de cableado principal.

### 3.4.2 Dorsal de fibra óptica

Es el medio con que se interconectó el distribuidor principal MDF con el distribuidor intermedio de cada edificio IDF y los enlaces redundantes. Se diseñó para las aplicaciones de alta velocidad, como son los servicios de datos y video.

La dorsal de fibra óptica se diseñó con una combinación de estrella para la comunicación de los enlaces principales y en anillo para tener redundancia en cada distribuidor, con lo que se logró una trayectoria alterna para comunicar cada distribuidor (figura 3.3). Para los edificios A y K el cableado estructurado se diseñó para que contaran con solo un transmisor receptor, se instaló redundancia en fibra óptica pero no en equipo activo, por lo que la redundancia no era automática como en los demás edificios. En el caso de la caseta de vigilancia C.V. se implementó la conexión solo con una tarjeta de fibra óptica para PC y un cableado de 6 fibras ópticas. No se estableció un esquema de redundancia.



**Figura 3.3** Diagrama de enlaces de fibra óptica.

Se instaló fibra óptica exterior con forro de polietileno y elementos de tensión de acero. Las fibras quedaron dentro de un tubo de plástico inundado de gel que impide penetrar la humedad. Son del tipo multimodo con diámetro de 62.5/125 micras.

Los enlaces principales se constituyeron por cable de 24 fibras ópticas, la redundancia y los enlaces sencillos como el de la caseta de vigilancia con cable de 12 y 06 fibras respectivamente.



Los cables de fibra óptica se remataron en distribuidores ópticos instalados en racks XLBET de 24" en todos los distribuidores intermedios IDF de cada edificio y en un rack Harris de 19" en el distribuidor principal MDF del edificio D (**figura 3.2**). La fibra óptica se terminó con conectores ST-II cerámicos, alojados en los distribuidores ópticos.

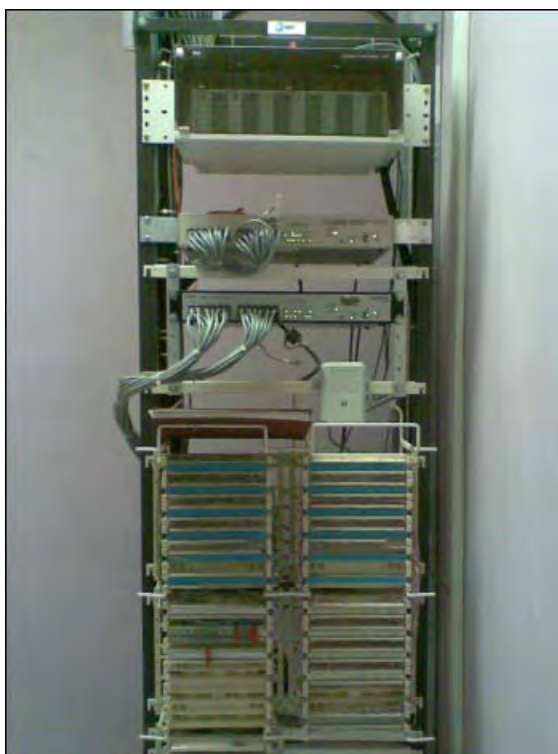
### 3.4.3 Subsistema horizontal

Se diseñaron para la conexión del distribuidor de cada edificio hasta la estación de trabajo. Se formó principalmente por dos corridas de cable que llegan hasta las rosetas de cada salida doble. En algunos casos se instalaron corridas sencillas que llegan a una sola roseta.

Por estandarización se utilizó cable UTP 24 AWG de 4 pares, que soporta aplicaciones en función de la velocidad permitida según el nivel del cable. El cable nivel 3 que soporta 10 Mbps y el cable nivel 5 que soporta 100 Mbps.

El remate de las corridas de cable para este proyecto, se realizó en bloques de alambrado 110, quedando de la siguiente forma:

Para las corridas dobles, el cable nivel 3 en un bloque de alambrado instalado a la izquierda del rack y el cable nivel 5 en otro bloque de alambrado de lado derecho. Se remataron los cables hasta llegar al último par de corridas, dejando los espacios restantes para el crecimiento futuro de salidas.



**Figura 3.4** Fotografía de un distribuidor de cableado intermedio.

### 3.4.4 Subsistema de administración

Es el lugar en donde se hace direccionamiento físico de las señales. Se formó por los bloques de alambrado y componentes en donde se remataron los cables de cobre y/o fibra óptica (MDF/IDF). También se remataron los cables de UTP categoría 3 y categoría 5 para las salidas modulares (rosetas).

### 3.4.5 Administración de cobre

Se diseñó para rematar los cables de cobre de las dorsales y horizontales.

Para este subsistema se implementaron arreglos de bloques instalados en racks de 61 cm (24"), donde cada grupo de bloques está identificado con etiquetas que van dentro de protectores plásticos, con un color en función del campo que está rematado:

- Campo blanco (etiqueta blanca) Cableado vertical.
- Campo azul (etiqueta azul) Cableado horizontal.
- Campo púrpura (etiqueta púrpura) Cableado al equipo.
- Campo gris (etiqueta gris) Cableado de enlace entre IDFs.

Aunque el sistema es indiferente para voz o datos y los componentes funcionan para ambos servicios, para facilidad de administración establecí dos áreas en el rack; izquierda y derecha.

La parte izquierda del rack se usó para los servicios de voz (principalmente dorsales de cobre y horizontales nivel 3).

La parte derecha del rack se usó para los servicios de datos (principalmente para las horizontales nivel 5) y el campo púrpura para los puertos del equipo.

En cada bloque se indicaron las conexiones de cada cable y los números asignados a cada conexión, los espacios sin identificación quedaron de reserva para crecimiento futuro.

Respecto a las salidas de información voz/datos, se usaron solamente placas de doble salida color marfil (**figura 3.5**), instaladas en cajas plásticas de contacto aparente. En el caso de las salidas sencillas de voz o de datos, en el espacio que no lleva salida modular o roseta, se colocaron cubre polvos color marfil.

El código de color para las rosetas utilizadas fue: negro para nivel 3 (voz) y marfil para nivel 5 (datos). Estas rosetas se identificaron con etiquetas transparentes, indicando el edificio, tipo y número de salida.

## IDENTIFICACIÓN DE SALIDA MODULAR

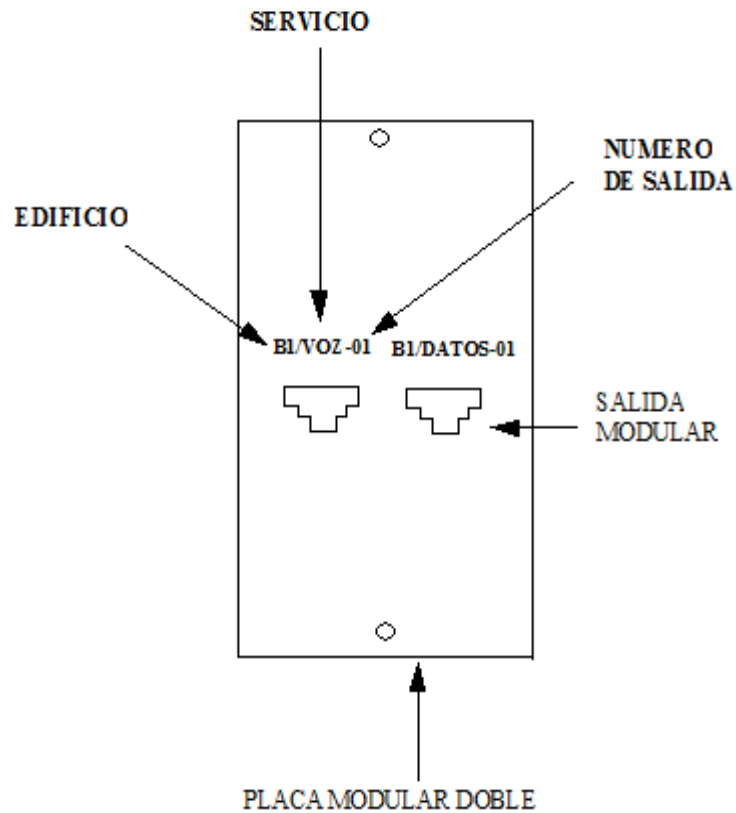


Figura 3.5 Diagrama de una salida de servicios modular doble.

### 3.4.6 Subsistema de estación de trabajo

Es la parte del sistema que conecta las rosetas o salidas modulares con el equipo del usuario.

Para estas conexiones se utilizaron cables D8W nivel 3 y D8AU nivel 5 de 2 y 4 metros de longitud con terminaciones modulares RJ-45.

La conexión para la fibra óptica hacia el equipo se realizó con cordones de parcheo de fibra óptica de 1.8 m de longitud con conectores ST-II cerámicos.

### 3.4.7 Subsistema de equipo

Es la parte de cableado que conecta el equipo activo (concentradores) con el subsistema de administración. Significa proyectar los puertos del concentrador para tenerlos disponibles sobre los bloques de alambrado de un distribuidor (campo púrpura).

Para los requerimientos de CENAM, se utilizaron cables modulares con conector RJ-45 en un extremo y sin conector por el otro extremo. Para la optimización en el uso de los cables, especifiqué cables de 15 metros de longitud con doble conector RJ-45, los cuales se cortaron para formar dos piezas de cada uno al momento de instalarse.

En los bloques de alambrado campo púrpura, se conectaron los 4 pares del extremo sin conector, para darle mayor flexibilidad en cuanto a conexiones de red.

El extremo con conector RJ-45, se conectó a cada puerto de concentrador.

La identificación de los puertos Ethernet en los bloques de alambrado, se realizó en la etiqueta color púrpura, según la cantidad de puertos a conectar en cada edificio, la identificación en el extremo de los cables con conector RJ-45 se hizo con etiquetas numéricas correspondientes al número de puertos de cada edificio.

### 3.5 Canalización exterior

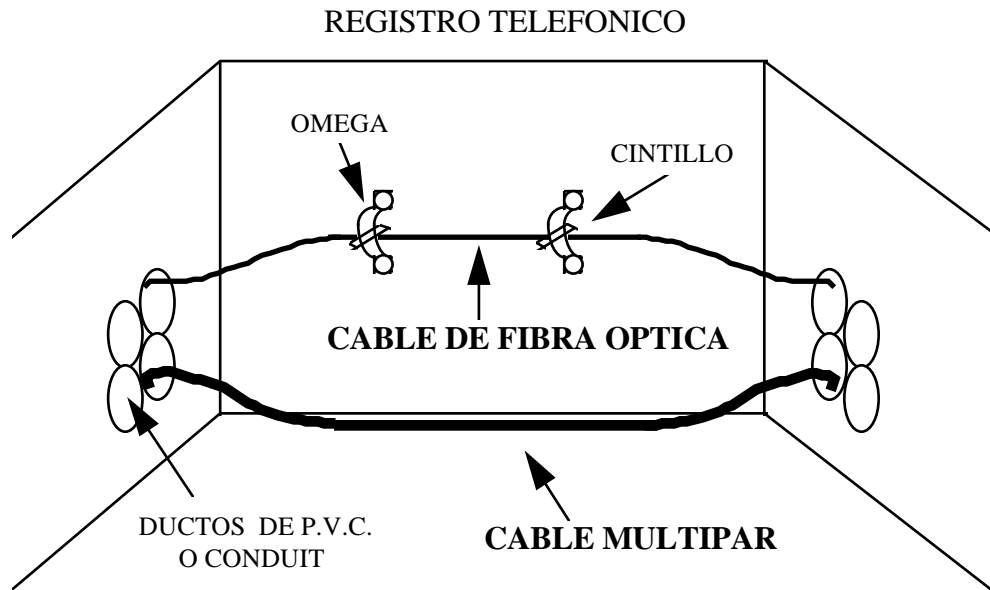
Los cables dorsales de cobre y fibra se instalaron por ductos de PVC de 3" de diámetro existentes (subterráneos) en las instalaciones del CENAM. Las trayectorias sin canalización se realizaron nuevas con ductos PVC 3" de diámetro con construcción de registros de exterior.

La canalización para la redundancia de fibra óptica, se realizó con tubería conduit pared gruesa de 2" de diámetro.

Las acometidas para los distribuidores, se realizaron con tubería conduit de pared gruesa de 2" de diámetro para los diferentes edificios y de 3" de diámetro para el edificio D.

El cableado entre edificios se realizó en ductos PVC de 3" de diámetro, donde los registros se ubicaron a cada 20 metros aproximadamente. En estos registros el cable se fijó con cinchos sobre un herraje (omega), como se muestra en la **figura 3.6**.

En los registros de acometidas donde pasa la fibra óptica, se quedó una gasa o sobrante de cable para no exceder el radio mínimo de curvatura permitido por la constitución del cable (20 veces el diámetro exterior del cable).



**Figura 3.6** Sujeción de cables de registro.

### 3.6 Canalización interior

Los cables horizontales UTP se corrieron por charola metálica, misma que se utilizó para correr la dorsal de fibra óptica (principal y redundancia) y la dorsal de cobre, en el interior de los edificios para llegar a los IDFs. Los cables horizontales que partieron de los IDFs se corrieron por la charola hasta llegar al punto más próximo a las salidas modulares o rosetas y de este punto se corrieron con tubería de 25 mm pared gruesa y tubería de 51 mm pared gruesa sujetos en la parte o estructura idónea, llegando a la bajada de canaleta plástica (parte visible) distribuida en el edificio.

La charola instalada en cada edificio se encuentra conectada por medio de tubería conduit pared gruesa 2" a las acometidas realizadas para este proyecto.

El cable de fibra óptica instalado en la charola o escalerilla metálica de aluminio de 6x12" se sujetó con cinchos o cintillos plásticos para interiores. La charola quedó identificada en los costados con una etiqueta que contiene la leyenda:

"PRECAUCIÓN FIBRA ÓPTICA"

La canaleta plástica, se instaló de acuerdo a la distribución requerida en cada edificio, realizando bajadas y corridas horizontales para llegar a cada punto de los servicios.

### 3.7 Ruta del sistema horizontal

Cuando se diseña un edificio se debe documentar el detalle de la distribución y capacidad de la trayectoria del cableado horizontal en cada piso del edificio, considerando la posibilidad de hacer cambios y mantenimiento tan fácil como sea posible.

Cuando se determina la trayectoria del cableado horizontal se debe considerar:

- La cantidad y tamaño de los cables que la trayectoria va a soportar.
- Permitir el crecimiento durante el ciclo de vida del cableado.

Es una buena práctica cumplir o exceder los estándares correspondientes durante el diseño y construcción de un sistema de cableado.

Consideraciones de diseño:

- Que puedan llevarse a cabo cambios.
- Minimizar las interrupciones a los usuarios cuando se accesa al cableado horizontal.
- Facilitar su mantenimiento.
- Permitir de tres a cuatro pares de cable por cada área de trabajo u oficina, aunque sabemos que típicamente requieren un par de cables, uno para voz y otro para datos, para facilitar futuros cambios y crecimiento de acuerdo a las necesidades de los usuarios.

### 3.8 Interferencia electromagnética (EMI)

Es una importante consideración en el diseño de la trayectoria del cableado. Proporcionando la separación física de las fuentes de EMI para estos elementos de la infraestructura de las telecomunicaciones por consecuencia se provee la separación de sus componentes (ejemplo: el cable y el hardware de conexión).

El diseñador debe ubicar la trayectoria de las telecomunicaciones lejos de las fuentes de EMI, incluyendo:

- Cableado de energía eléctrica y transformadores.
- Fuentes de radio frecuencia (RF).
- Motores grandes y generadores.
- Equipos de rayos X.
- Equipo de fotocopiado.

Para propósitos de seguridad, los cables de energía deben de mantener una separación física de los cables de telecomunicación de acuerdo a la **tabla 3.1**, Distancias de separación mínima de posibles fuentes de interferencia electromagnética que excedan 5kVA

Condición	Separación mínima en cm.
Motores eléctricos y transformadores.	122
Líneas de energía sin blindaje próximas a rutas abiertas o no metálicas.	61
Líneas de energía eléctrica sin blindaje o equipo eléctrico cercano a una ruta de conduit que va a tierra.	30.5
Línea de energía en conduit aterrizado cercano a una trayectoria metálica aterrizada.	15.2

**Tabla 3.1** Distancias indicadas de separación entre cables de energía y de datos.

Para reducir la interferencia de fuentes de EMI, se debe considerar el uso de:

- Ductería metálica aterrizada, la cual reduce la inducción del ruido por acoplamiento entre el cableado de telecomunicaciones y fuentes de EMI. La instalación del cable cerca de superficies metálicas aterrizadas también reducirá el ruido inducido.
- Dispositivos para la protección de picos de tensión eléctrica, el cual limita la propagación de las sobretensiones y de su interferencia asociada.

### 3.9 Tipos de trayectoria horizontal

Existen varios tipos de trayectoria horizontal las cuales incluyen:

- Subterránea.
- Pisos modulares.
- Tubo conduit.
- Charola.
- Acceso a los pisos.
- Distribución por el techo.
- Canaleta.

Muchos edificios requieren de una combinación de dos o más tipos de ductería de acuerdo a las necesidades existentes. Por ejemplo un área de oficina dentro de un edificio puede requerir de la distribución del cableado arriba del techo o por abajo del piso, mientras que las salidas de los servicios de red sean distribuidas por conduit, siempre verificando los estándares, códigos y regulaciones aplicables antes de seleccionar el tipo de trayectoria y ductería.

### 3.10 Dimensionamiento de la trayectoria del cableado horizontal

- Espacio utilizable del piso empleado para la trayectoria.
- Densidad de ocupación máxima (ejemplo: espacio individual requerido para área de trabajo).
- Densidad del cable (ejemplo: cantidad de cables planificados para un área individual de trabajo).
- Diámetro del cable.
- Capacidad de la trayectoria.

### 3.11 Espacio utilizable del piso

Es generalmente considerado el área del edificio usada por los ocupantes para sus funciones de trabajo diarias. Para propósitos de planificación se deben incluir los pasillos, pero no otras áreas comunes como los baños o closets.

### 3.12 Densidad de ocupación máxima

La asignación estándar como espacio de trabajo individual es de 9.3 m<sup>2</sup>. Sin embargo si se requiere de mayor densidad de ocupación, o si se requiere colocar más de una salida o salida doble por área individual de trabajo, deberán hacerse las consideraciones del incremento en todo el diseño del sistema del cableado estructurado.

### 3.13 Densidad del cable

Se debe planificar la trayectoria del cableado para una capacidad de tres cables horizontales por cada área individual de trabajo. Aunque se requieren solo dos cables (uno para voz y otro para datos), esta capacidad adicional permitirá agregar cables horizontales o realizar cambios de acuerdo a las necesidades de los usuarios.

### 3.14 Diámetro del cable

En la **tabla 3.2** muestra los intervalos típicos de diámetros de cable. Estos valores se proveen solamente para propósitos de diseño. El diseñador debe revisar el diámetro real del cable que será utilizado antes de determinar los requerimientos y el tamaño de la trayectoria.

Tipo de cable horizontal	Intervalo típico de diámetro
4-Pares 100-ohm UTP, ScTP, F/UTP o S/FTP	4.1 mm a 9 mm (0.16 in a 0.35 in)
2-Fibras cable de fibra óptica	2.8 mm a 4.6 mm (0.11in a 0.18 in)
F/UTP = Foil UTP	
S/FTP = Screened FTP	
ScTP = Screened twisted-pair	
UTP = Unshielded twisted-pair	

**Tabla 3.2** Intervalos típicos de diámetros de cable.

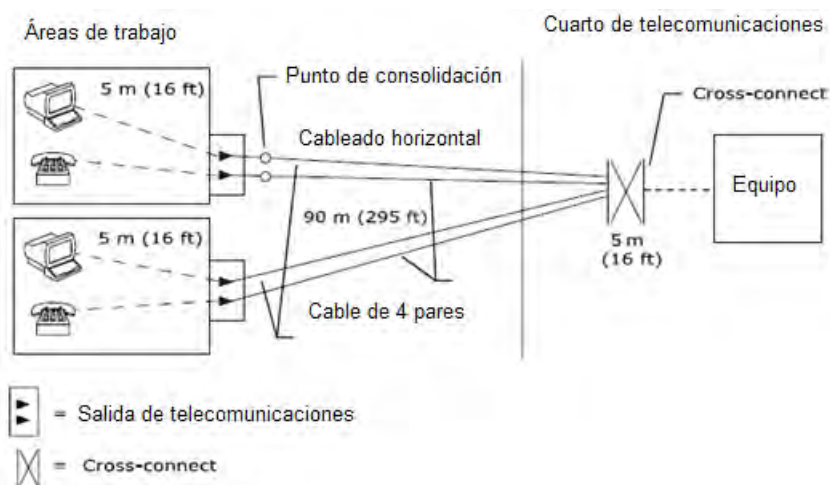


### 3.15 Determinación del tamaño de la trayectoria

Los diferentes tipos de trayectorias tienen diferentes requerimientos dependiendo de los estándares y regulaciones que apliquen en la localidad o lugar en donde estemos instalando el cableado, lo cual deberá ser considerado desde el diseño.

### 3.16 Esquema del cableado horizontal

La **figura 3.7** representa el cableado horizontal en dos áreas de trabajo individual



**Figura 3.7** Dos áreas de trabajo independientes con cableado horizontal.

Aunque se requiere la corrida de dos cables como mínimo, el diseño de la trayectoria (en las secciones del cableado horizontal previas) debe permitir la corrida de al menos tres cables por área de trabajo individual para facilitar la adición y cambios de acuerdo a las necesidades futuras de los usuarios.

La **tabla 3.3** muestra las longitudes máximas que aplican en el cableado horizontal:

Componente del cableado horizontal	Límite de longitud
Desde el HC (FD) al conector de salida	90 m
Patch cords y jumpers de cross-connect en el HC (FD)	5 m

**Tabla 3.3** Longitud máxima permitida para el cableado horizontal.

Notas: En el establecimiento de límites en las longitudes en el cableado horizontal, se permiten 10 metros para la longitud de la combinación de los patch cords y de los cables usados para conectar el equipo en el área de trabajo y el TR o TE. Todos los cordones de los equipos deben contar con los mismos requerimientos de desempeño como los patch cords. Los cordones de los equipos difieren de los patch cords y de los jumpers cross-connect en que se conectan directamente al equipo activo; los patch cords y los jumpers cross-connect no se conectan directamente al equipo activo.

La longitud del enlace BAS horizontal es identificada como el cable desde el HC (FD) a el HCP o BAS outlet/connector y está limitado a 90m independientemente del tipo de media.

### **3.17 Tipos de cable**

Los dos tipos de cable reconocidos en el uso del cableado horizontal son:

- Par trenzado de 4 pares a 100 ohms balanceado.
- Cable de fibra óptica con 2 o más filamentos de 62.5/125 o 50/125 micrómetros.

Nota: Si alguna aplicación específica requiere de otro tipo de cable (ejemplo coaxial de 75 ohms), este debe ser instalado a parte del cable arriba indicado.

El calibre del cable para el par trenzado de 100 ohms balanceado está típicamente en el intervalo de 24 AWG (0.51 mm) hasta 22 AWG(0.64 mm) para el cableado horizontal.

### **3.18 Selección del cableado horizontal**

Para dar soporte a la comunicación de voz y datos en un edificio comercial, se deben de proveer un mínimo de dos cables reconocidos.

Los dos outlets/connectors de cada área de trabajo deberán de soportar múltiples aplicaciones al escritorio

El cable horizontal provisto a cada área de trabajo debe de consistir de outlets/connectors conectados a:

- Par trenzado de 4 pares a 100 ohms categoría 5e, categoría 6 o superior.
- Cable de fibra óptica multimodo de 2 o más hilos de 50/125 micrómetros (láser optimizado recomendado).
- Cable de fibra óptica multimodo de 2 o más hilos de 62.5/125 micrómetros.

Nota: Los outlets que sirven a un área individual de trabajo, deben estar colocados en una o más faceplates

Si alguna aplicación específica requiere de otro tipo de cable (ejemplo: cable coaxial de 75 ohms, o fibra óptica monomodo), este debe ser instalado adicionalmente al cable listado arriba.

Para determinar el cable apropiado para alguna aplicación específica, se debe consultar a los fabricantes de los equipos y a los integradores del sistema de cableado.

### 3.19 Categorías del cable par trenzado balanceado de 100 ohms

Hay varias categorías de desempeño de cable par trenzado de 100 ohms balanceado disponibles. Las categorías de cableado y hardware de conectividad, son especificados en estándares.

El hardware de conectividad y los patch cords usados para la horizontal deben estar especificados para la misma categoría.

La **tabla 3.4** describe las categorías para el cable par trenzado balanceado y el hardware de conectividad.

Categoría	Definición
Categoría 5e	Esta categoría consiste de cables y hardware de conectividad especificados hasta 100 megahertz (MHz).
Categoría 6	Esta categoría consiste de cables y hardware de conectividad especificados hasta 250 MHz.
Categoría 6 aumentada	Esta categoría consiste de cables y hardware de conectividad de especificados hasta 500 MHz.
Categoría 7	Esta categoría consiste de cable blindado y hardware de conectividad especificados hasta 600 MHz.

**Tabla 3.4** Especificación de conectividad del cable de par trenzado.

Nota: Los cables categoría/nivel 1, 2, 3, 4 y 5 ya no se recomienda su utilización.

El desempeño del cable par trenzado se describe empleando una escala basada en clases o categorías definidas por la International Standards Organization (ISO)/International Electro-technical Commission (IEC) y la Telecommunications Industry Association (TIA). ISO define el término de categoría para el desempeño de los componentes y el término clase para el desempeño del sistema.

Mientras que la categoría 3/clase C es el mínimo desempeño aceptable para el cableado de una red, la categoría 5/clase D es el mínimo recomendado para la mayoría de los estándares, ver la **tabla 3.5**.

<b>Categoría/Clase ISO</b>	<b>Categoría TIA</b>	<b>Frecuencia</b>
Categoría 3/Clase C	Categoría 3	16 MHz
Categoría 5/Clase D	Categoría 5e	100 MHz
Categoría 6/Clase E	Categoría 6	250 MHz
Categoría 6A/Clase EA	Categoría 6 Aumentada	500 MHz
Categoría 7/Clase F	No definida	600 MHz
Categoría 7A/Clase FA	No definida	1000 MHz

**Tabla 3.5** Desempeño de la diferentes categorías de par trenzado.

### 3.20 Selección de la categoría

Deben ser instalados a través de todo el sistema componentes de solo una categoría. Esto reduce el riesgo y la confusión de administrar múltiples categorías de un sistema de par trenzado balanceado.

### 3.21 Desempeño del cable de fibra óptica

La fibra óptica multimodo está disponible en tres clases: OM1, OM2 y OM3. La fibra óptica monomodo tiene solo una clase y es la OS1.

La **tabla 3.6** muestra el desempeño de la fibra óptica por su tipo:

<b>Clasificación</b>	<b>Tipo de fibra óptica</b>	<b>Desempeño</b>
OM1	Multimodo de 62.5/125 micrómetros	Ancho de banda mínimo de 200 a 500 megahertz sobre un kilómetro (MHz.km) a 850 y 1300 nanómetros respectivamente.
OM2	Multimodo 50/125 micrómetros	Ancho de banda mínimo de 500 y 500 MHz.km a 850 y 1300 nm respectivamente.
OM3	50/125 micrómetros 859 nm láser multimodo optimizado	Ancho de banda mínimo de 2000 y 500 MHz.km a 850 y 1300 nm, respectivamente.

**Tabla 3.6** Desempeño de la fibra óptica en relación a su clasificación.

## CAPÍTULO 4. DISEÑO FÍSICO Y LÓGICO

### 4.1 Equipo de telecomunicaciones

La implementación del equipo de telecomunicaciones en el CENAM, inició en el año de 1995. Los concentradores se establecieron como el componente principal, ya que se definían como el elemento central en una topología de red.

En esa época los concentradores eran principalmente activos (recordemos que todo equipo activo requiere energía eléctrica para funcionar) debido a que regeneraban y retransmitían las señales de la misma manera que lo hacían los repetidores. De hecho los concentradores contaban con varios puertos en su configuración para conectar a las computadoras a la red, por lo que también eran llamados repetidores multipuertos.

A la fecha algunos tipos de concentradores son pasivos (no requieren energía para funcionar), por ejemplo los racks o paneles de cableado, ya que actúan como puntos de conexión y no amplifican o regeneran las señales.

Los concentradores avanzados permitían la conexión de cables de diferentes tipos. Una red basada en concentradores podía expandirse conectando varios concentradores, eran versátiles y ofrecían varias ventajas sobre los sistemas que no los empleaban.

En una topología de bus lineal, una ruptura en un cable tiraría la red (falla total de la red), sin embargo con los concentradores una ruptura en cualquier cable conectado solo afectaría a esa sección de cable, el resto de la red se mantendría funcionando.

Se podía cambiar o expandir una red como fuera necesario, simplemente conectando otra computadora u otro concentrador.

Se podían usar diferentes tipos de puertos para conectar diferentes tipos de cables.

Se podía centralizar el monitoreo de la actividad de la red. Muchos concentradores activos, contaban con capacidades de diagnóstico para indicar si alguna conexión estaba o no trabajando.

En el diseño físico del sistema de la red del CENAM, se estableció el uso de concentradores de la marca Hughes Lan Systems. Se escogieron los productos de Hughes Lan Systems, debido a las características tecnológicas que se indican en el siguiente inciso.

#### 4.1.1 Uso de tecnología de punta

Se identificó que los concentradores Hughes Lan Systems, estaban diseñados con la tecnología más reciente, con base a la comparación de las especificaciones técnicas entre equipos similares de otras marcas.

### **4.1.2 Robustez y alto desempeño de los equipos**

Estos concentradores estaban compuestos por 3 planos traseros, uno para Ethernet, uno para administración y un plano para ATM (Asynchronous Transfer Mode), lo que daba lugar a una alta capacidad de desempeño puesto que los paquetes los procesaba internamente. Contaban con redundancia en el puerto de comunicación de fibra óptica, e incluían un arreglo de fuentes de poder de carga compartida, con capacidad de redundancia en caso de falla.

### **4.1.3 Capacidad de crecimiento y administración**

Esta capacidad estaba dada por su tipo de construcción, ya que contaban con un chasis de 5 ranuras en los equipos pequeños y con un chasis de 14 ranuras en los equipos grandes, lo que permitía el incremento de tarjetas de puertos que fueran necesarias y la conexión remota vía WAN en caso de requerirse en el diseño.

Las tarjetas que fueron instaladas en cada gabinete, contaban con su agente SNMP (Simple Network Management Protocol), que permitió la administración distribuida e independiente de cada concentrador.

Los gabinetes de cada distribuidor intermedio (IDF) en los edificios, se montaron en Racks XLBET 24" y en el distribuidor principal (MDF) se instaló en un Rack Harris de 19".

La robusta configuración de los concentradores, permitió una utilización de los mismos por un lapso de siete años, por lo que fueron desplazados ya en su totalidad de la infraestructura de la red del CENAM en el año de 2002.

## **4.2 Servidores de red**

Se refiere a las computadoras que ejecutan software especializado para proveer servicios compartidos a los clientes en una red.

En el diseño lógico de la red del CENAM se estableció el uso de dos servidores de la marca Tricord. Se optó por el uso de estas computadoras de alto desempeño con base en los siguientes criterios:

### **4.2.1 Uso de tecnología de punta**

Como en el caso de los concentradores utilizados, los servidores Tricord contaban con la tecnología más reciente, con base a la comparativa que se realizó de sus especificaciones técnicas entre servidores similares de otras marcas.

### **4.2.2 Robustez y alto desempeño**

Se configuraron y adquirieron estos servidores con las siguientes especificaciones técnicas:

- Dos procesadores Intel 80486 a 66 MHZ (Multiproceso).
- 64 MB en memoria RAM.
- 1 GB de Discos duros SCSI en arreglo Disk Mirroring.

- Tarjetas de red redundantes.
- Fuentes de poder de carga balanceada y redundantes.
- Sistema operativo de servidor Novell Netware 3.12.

#### 4.2.3 Sistema operativo de servidor

Es el software que reside en los servidores el cual provee acceso a nivel multiusuario a los servicios de red tales como: almacenamiento de archivo, impresión, administración centralizada, aplicaciones compartidas, comunicaciones y respaldo de información. El sistema operativo de servidor que se empleó para la implementación de la red de cómputo del CENAM fue Netware 3.12 del fabricante Novell.

#### 4.2.4 Especificaciones de Netware 3.12

El sistema operativo seleccionado, era el líder entre los sistemas operativos de red, muy por encima del sistema operativo OS 2 de IBM. Las principales características de Netware 3.12 se describen en la **tabla 4.1**.

COMPONENTE DE LA RED	VALOR
Conexiones lógicas soportadas por servidor	1000
Volúmenes por servidor	64
Discos duros por volumen	32
Tamaño máximo de archivo	4 GB
Tamaño máximo de volumen	32 TB
Tamaño mínimo de almacenamiento en disco	50 MB
Direccionamiento máximo de almacenamiento en disco	32 TB
Memoria RAM mínima	4 MB
Direccionamiento máximo de memoria RAM	4 GB

**Tabla 4.1** Características principales del sistema operativo Netware 3.12.

#### 4.2.5 Sistema confiable

Se consideró el uso de Netware 3.12 como el sistema operativo de los servidores de la red de cómputo del CENAM, debido a sus características de confiabilidad en el manejo de la información y tolerancia a fallas. Adicionalmente y con su implementación sobre un servidor robusto, se redundó en un sistema que ofrecía estabilidad y continuidad en el servicio.

La tolerancia a fallas se incrementó con la incorporación de una fuente de poder ininterrumpible (UPS por sus siglas en inglés). Este equipo UPS de 3000 VA se configuró a través de un puerto serial y un software propietario que permitía el apagado ordenado del servidor, eliminando el riesgo de pérdida de información en caso de falla en el suministro de energía eléctrica.

El sistema operativo tenía la capacidad de hacer la lectura correcta de los datos, de escribirlos también correctamente y de realizar su almacenamiento en un buen medio. Esta característica aseguraba que los datos escritos al disco duro, eran consistentes y correspondían en su totalidad con los datos que todavía se encontraban en memoria.

Adicionalmente el sistema operativo Netware 3.12, contaba con la característica de mapeo dinámico de sectores dañados, lo que proveía al disco duro la detección y corrección de datos. Cuando un bloque de disco duro dañado era detectado durante la operación de escritura, los datos eran trasladados a una área sana y segura del disco. Los bloques inservibles de disco duro eran marcados como dañados y ya no eran utilizados.

La tabla de asignación de archivos FAT que contenía la información que el sistema operativo necesitaba para determinar donde almacenar y recuperar archivos, era automáticamente duplicada en áreas separadas del disco duro, para reducir la posibilidad de perder el acceso a cualquier información.

Se contaba con la duplicación por completo del disco duro en un segundo disco. Si el disco duro original fallaba, el disco duro espejo entraba en funcionamiento en forma automática, sin afectar el funcionamiento de los servicios de red.

#### **4.2.5.1 Componentes de comunicación de Netware 3.12**

- Netware DOS Requester: Punto de conexión entre el software local (DOS) y los servicios de red.
- Protocolo de comunicación: Juego de reglas que determinan el lenguaje usado para mover datos a través de la red. Permite que dos dispositivos se comuniquen. IPX (Internetwork Packet eXchange) es el protocolo de comunicación desarrollado por Novell usado en las redes Netware.
- Open Data-Link ODI: Especificación ODI que permite correr múltiples protocolos sobre el mismo cable de red, incrementando la funcionalidad de la misma. Por ejemplo los protocolos IPX y TCP/IP pueden correr en la misma computadora usando la misma tarjeta de red.
- Link Support Layer: Implementación de la especificación ODI, actúa como un switch en la tarjeta de red para rutear la información de diferentes protocolos entre el driver de la LAN y el software de comunicación apropiado.
- LAN Driver: Software que activa y controla la tarjeta de red, funciona como conexión entre el software de la computadora conectada a la red (servidor o cliente) y los componentes físicos de la red.



#### **4.2.6 Implementación y configuración del ambiente de red**

Esta etapa de la implementación lógica es la que finalmente percibieron los usuarios y se llevó a cabo con base en las siguientes acciones:

- Se identificaron de una manera única a través de ocho caracteres, a cada uno de los empleados del CENAM, que a partir de ese momento tomaban el rol de usuarios.
- Se estableció un mecanismo de firma a la red para que cada usuario ingresara a esta mediante el uso de su nombre de usuario y una contraseña.

#### **4.2.7 Administración en grupos**

Dentro de las mejores prácticas en la administración de redes está presente la administración en grupos. Esto con el fin de evitar la complejidad de manejar numerosas configuraciones personalizadas a nivel de usuario. En este sentido se tomó como referencia el organigrama del CENAM para formar grupos de usuarios. Esta configuración facilitó la implementación de los recursos compartidos como el ambiente de impresión y carpetas de archivos.

#### **4.2.8 Configuración del ambiente de impresión**

En paralelo a la adquisición de los servidores, el CENAM adquirió también las computadoras que usaría el personal así como también las impresoras que conformarían el ambiente de impresión. Dichas impresoras fueron especificadas para trabajo en grupo a través de la red, es decir su configuración era robusta y contaban con una interface de red para ser conectada en forma directa a través de su puerto RJ45 y no a través de una computadora por puerto paralelo.

La forma en que la red reconocía a las impresoras era mediante la instalación del software con que contaba cada impresora.

#### **4.2.9 Carpetas compartidas**

Configuré una carpeta compartida a todos los usuarios llamada Paso. Cualquier usuario firmado a la red podía acceder a ella a través del explorador de la red del sistema operativo de su computadora personal.

#### **4.2.10 Acciones realizadas para mantener un adecuado desempeño de la red**

- Se compartió la carga de usuarios a través del uso de los dos servidores.
- Se estructuró el espacio de disco duro de los servidores, para que cada home directory y la carpeta compartida Paso, tuvieran un tamaño limitado para evitar la saturación del disco duro.

- Se compartió el ambiente de impresión a través de los dos servidores.
- Se configuró un reinicio automático de los servidores a través de los equipos UPS con que contaban, para el adecuado funcionamiento de la memoria RAM (recomendación del fabricante Netware). Dicho reinicio se realizaba todos los sábados a las 23h00.

#### **4.2.11 Respaldo de la información (Backup)**

Debido a que los datos se centralizaron en los dos servidores Netware 3.12, fue fácil asegurar su respaldo (copiados en un medio alterno y permanente como una cinta) regularmente.

#### **4.2.12 Estrategia de respaldo**

Se configuró la realización de un respaldo completo diario.

No requería de mucho tiempo debido a que el volumen de información se mantenía bajo y era controlado. La ventaja de un respaldo completo diario es que se usa solo una cinta para restaurar los datos en caso de requerirse.

#### **4.2.13 Sobre la realización del respaldo**

La información generada en los servidores de la red es el resultado del trabajo de todos los usuarios.

Se debe contar con conocimiento y privilegios en el acceso al servidor, tal y como se indica a continuación:

- Derechos apropiados para respaldar los datos.
- Trabajar con el file system.
- Permiso de lectura y de files scan.
- Conocer la contraseña en los servidores y en la estación de trabajo desde donde se realiza el respaldo de la información.

## CAPÍTULO 5. MIGRACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN

Derivado de las características del cableado estructurado instalado en el año de 1995, las cuales excedían los requerimientos de operación de ese momento, no ha sido necesaria la sustitución de esta tecnología hasta la fecha, resaltando los siguientes beneficios:

- Oportuna asimilación y aprovechamiento de nuevas tecnologías en telecomunicaciones.
- Se ha hecho mínimo el costo de los cambios implicados.
- Disminución de los tiempos de respuesta para atender nuevas necesidades de servicios.
- Disminución de costos de mantenimiento.
- Plataforma física común con independencia de proveedores de equipos de telecomunicaciones.
- Costo menor dentro de todo el ciclo de vida útil.
- Aprovechamiento de espacios en instalaciones.

### 5.1 Descripción de la migración del equipo de telecomunicaciones

El primer proceso de migración del equipo de telecomunicaciones del CENAM, consistió en la sustitución del medio compartido que ofrecen los concentradores o hubs por un medio dedicado que ofrecen los switches. Se inició a finales del año 2000 en una primera etapa, donde se migró el 70% de los puertos de 10Mbps compartidos a puertos 10/100Mbps switcheados. La dorsal de fibra de la red, interconectó los IDF's hacia el MDF principal con enlaces de un Gigabit Ethernet 1000Base-X.

Los equipos instalados son de la marca Cabletron Systems / Enterasys Networks, de alto desempeño y confiabilidad.

El equipo activo en la dorsal de fibra instalado en este primer proceso de migración, fue de la familia Matrix E7, configurado con un chasis de 7 ranuras, 2 switches modulares con 6 puertos 1000Base-X cada uno. Incluyó también un módulo Smart Switch Router para realizar las funciones de enrutamiento de paquetes hacia dentro y fuera de la red CENAM.

A finales del año 2001, el número de puertos switcheados 10/100 Mbps alcanzó un 85% con la inclusión de más equipos de la familia Vertical Horizon para los distintos IDF's de la red del CENAM.

A finales del año 2002, se realizó la implementación de la seguridad perimetral con la inclusión de un firewall CheckPoint Firewall-1 en un equipo Nokia IP-530 y el número de puertos switcheados 10/100 Mbps alcanzó el 100%.

En el año 2003 y con el fin de comunicar a un nuevo edificio (edificio "T"), se adquirió un switch de la familia Matrix E1, con capacidades muy superiores a los Vertical Horizon incluyendo nativamente aspectos de seguridad en la red LAN.

## **5.2 Situación actual del equipo de telecomunicaciones**

El equipo de telecomunicaciones del CENAM en estos momentos presenta un nivel de obsolescencia del 20%. El 80 % del equipo corresponde a tecnología vigente sustituido a través de un segundo proceso de migración.

La obsolescencia del 20% será atendida con la continuación del segundo proceso de migración, el cual depende en su totalidad de la disponibilidad presupuestal del CENAM.

## **5.3 Sustitución de los servidores de la red de cómputo del CENAM**

En el año 2000 se decidió en el CENAM migrar hacia la tecnología Microsoft. Para ese entonces los servidores adquiridos en 1995 estaban obsoletos y su configuración no era suficiente para la puesta en marcha de los sistemas operativos y aplicaciones vigentes.

Fue necesario sustituirlos por servidores nuevos y de configuración robusta, con capacidad de multiproceso, arreglo de discos duros en RAID 5 y fuentes de poder redundantes, para conseguir un mejor nivel de tolerancia a falla que en los servidores anteriores.

## **5.4 Situación actual de los servidores**

A la fecha se ha realizado un segundo proceso de sustitución de los servidores y se han incluido más servicios y aplicaciones a la red de cómputo del CENAM.

La red informática del CENAM cuenta con un total de 31 servidores, con los cuales brinda el servicio requerido a todos sus usuarios. Estos servicios incluyen: Correo electrónico, servicios de páginas web, servicios de intranet, desarrollo de aplicaciones, servicios de monitoreo de red, base de datos, respaldo de información, servicios de actualización y mesa de ayuda.

## **5.5 Descripción de la organización de Departamento de Informática**

El CENAM está integrado por cuatro áreas técnicas (metrológicas), una área Administrativa y una área de Servicios Tecnológicos.

El área de Servicios Tecnológicos a su vez se compone de la división de Apoyo Tecnológico y de la división de Enlace Industrial.

Dentro de la división de Apoyo Tecnológico, se encuentran los siguientes departamentos: Laboratorio de Automatización, laboratorio de Tecnología de Fabricación y el departamento de Informática (actualmente se denomina como Unidad de Informática y Comunicaciones).

La Unidad de Informática y Comunicaciones tiene encomendado dentro de sus funciones, la responsabilidad de ofrecer servicios informáticos y mantener las tecnologías de información, con la finalidad de que las diferentes áreas del CENAM, puedan llevar a cabo sus actividades y cumplir con sus objetivos.

La función que yo realizo es la de Administrador de Cómputo y Comunicaciones dentro de la Unidad de Informática y Comunicaciones. A mi ingreso en el CENAM me correspondió la implementación de la infraestructura de tecnologías de información ya que el CENAM se encontraba en sus inicios.

La estructura orgánica de la Unidad de Informática y Comunicaciones se integra como lo indica la **figura 5.1**.



**Figura 5.1** Organigrama de la Unidad de Informática y Comunicaciones.

Las actividades que realiza en la actualidad se pueden describir de la siguiente manera:

- Mantenimiento y administración del Internet, Intranet y el correo electrónico.
- Desarrollo y mantenimiento de programas de cómputo.
- Desarrollo y Mantenimiento de Bases de Datos.
- Soporte técnico para telefónica y cómputo.
- Administración de la red interna.
- Evaluación y monitoreo de nuevas tecnologías de información.

## 5.6 Participación profesional en la implementación descrita

Mi participación en la implementación de las tecnologías de información en el CENAM consistió en lo siguiente:

1. Identificación de necesidades.
2. Establecer los criterios en la implementación de las tecnologías de información, los cuales menciono a continuación:
  - 2.1 Uso de tecnología de punta.
  - 2.2 Arquitectura abierta.
  - 2.2 Facilidad de expansión y cambios.
  - 2.4 Facilidad para migración a nuevas tecnologías.
  - 2.5 Confiabilidad y redundancia.
- 3 Análisis de las tecnologías y productos que se encontraban en el mercado.
- 4 Reuniones técnicas con fabricantes de tecnologías y productos.
- 5 Visitas a empresas que ya contaban con la tecnología y productos implementados en sus instalaciones.
- 6 Supervisión en la ejecución de los trabajos de implementación de las tecnologías de información.
- 7 Aprobación y recepción de los trabajos ejecutados en lo referente a los proyectos de cableado estructurado y de los equipos de telecomunicaciones.
- 8 En lo referente al proyecto de los servidores de red y configuración del ambiente de red yo los llevé a cabo en su totalidad.

## **CAPÍTULO 6. RESULTADOS Y APORTACIONES**

### **6.1 Realización de los proyectos planteados**

Para la implementación de las tecnologías de información en el CENAM, se llevaron exitosamente a cabo y en su totalidad los siguientes proyectos:

- Cableado estructurado.
- Equipamiento de telecomunicaciones.
- Implementación de Servidores de red.
- Configuración del ambiente de red.

### **6.2 Ventajas de la implementación de las tecnologías de información**

- Maximizar la velocidad, eficiencia y seguridad de la información que viaja sobre la red.
- Soporta los frecuentes cambios de tecnología y el incremento de servicios.
- El sistema de cableado no presenta interrupciones en su funcionamiento debido a la reestructuración y crecimiento de laboratorios y oficinas en el campus.
- El cableado es la plataforma universal sobre la que se construye la estrategia general de los sistemas de información y comunicaciones del CENAM presentes y futuros.
- Todos los usuarios pueden compartir sus archivos de datos a través de directorios compartidos.
- Tiene acceso a impresoras de red.
- Se cuenta con computadoras de alto desempeño para atender los requerimientos de los usuarios de manera eficiente así como también mantener la seguridad de la información que almacena. Debido al tamaño de la red del CENAM, fue necesario contar con 31 servidores distribuyendo las tareas de red entre ellos, se aseguró que cada una sea realizada de la manera más eficiente posible.

## CONCLUSIONES

- Se mejoró la condición de trabajo y operación del CENAM.
- El análisis y la metodología empleada permitieron establecer y realizar los proyectos necesarios para la implementación de las tecnologías de información en el CENAM.

Las acciones realizadas permitieron alcanzar los siguientes resultados:

- Atender las necesidades informáticas del CENAM de una manera eficiente y confiable.
- Alta disponibilidad de los servicios implementados.
- Protección de la inversión.
- Los proyectos establecidos permitieron obtener el resultado esperado.
- La capacidad analítica y el conocimiento que proporciona la formación de ingeniero, permitieron alcanzar la implementación de las tecnologías de información en el CENAM.
- Se obtuvo la ventaja inherente de bajos costos operativos y calidad de servicio.
- Mayor aprovechamiento en la implantación y asimilación de presentes y futuras tecnologías.
- Es ampliamente recomendable integrar en un solo proyecto la construcción del cableado estructurado con la remodelación o construcción de los edificios.



## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Manual de curso, **Sistemas de cableado estructurado Systemax de AT&T**, Descripción General Productos y Aplicaciones ND3300/ND3310. Derechos reservados 1994 por AT&T, impreso en julio de 1994, Descripción General, páginas 12-72.
- 2.- Bitácora, Memoria técnica, **Sistema de distribución de señales**, IBM de México S. A. de C. V. Referencia IBM-RR95/037, México D. F. a 06 de septiembre de 1995, Apéndice A y Apéndice B.
- 3.- Manual, **Telecommunications Distribution Methods**, 11 th Edition, Volume 1, Bicsi, advancing information transport system, Tampa FL 2006, Chapter 1: Principies of Transmission.
- 4.- Manual de curso, **Netware 3.1x Administration**, Student Manual, Novell Education Course 508, Revision 1.0, Made in U.S.A. 1994. Unit 1, Unit 2.
- 5.- Sitio web, del Centro Nacional de Metrología, <http://www.cenam.mx>, 23 de enero de 2010, km 4.5 Carretera a los Cués Municipio, El Marqués , C.P. 76246, Querétaro, México.
- 6.- Libro, **Metodología de la investigación**, cuarta edición, Dr. Roberto Hernández Sampieri, Mc Graw Hill, Derechos reservados 2006, México D.F. Capítulo 4, páginas 73-77.
- 7.- Bitácora, Memoria técnica, **Migración del equipo de telecomunicaciones del CENAM**, Proestel S. A. de C. V. Cholula Puebla a 18 de diciembre de 2000. Páginas 3-7.
- 8.- Manual, **Planning Implementing and Maintaining a Microsoft Windows Server 2003 Active Directory Infrastructure**, Course Number: 2279B. 2003 Microsoft Corporation, Printed in Mexico. Module 2, Module 5, Module 10.