

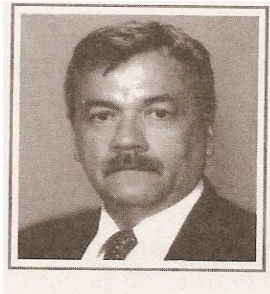
ISBN 978-958-8817-43-9.

Este texto describe gran parte de los aspectos básicos y las características estructurales y funcionales de los *medios de transmisión guiados*, más referenciados, así como sus principales aplicaciones, y los requerimientos y procesos esenciales de sus tendidos, en las diversas redes en las cuales presta su servicio.. .

Tanto los conceptos, que se exponen en este texto, así como la ejecución de los ejemplos que contienen cada uno de los capítulos, se exponen y desarrollan de la forma más descriptiva posible, dentro de un contexto académico y práctico, de tal manera que puedan servir de apoyo en la realización de las actividades profesionales que sean pertinentes.

La lectura de este libro está concebida a ser afable y motivadora en el despertar del espíritu de investigación, en la profundización y complementación del conocimiento de los avances y perspectivas que ofrecen *los medios de transmisión guiados*.

El contenido de este libro es el resultado de la reflexión sobre los diferentes tópicos tratados por los autores de los documentos relacionados en la bibliografía de cada capítulo, los cuales hacen referencia a la temática del mismo. Así como de los conocimientos y experiencias que ha logrado adquirir el autor de este texto, durante su larga vida profesional y académica, en el ámbito de *las telecomunicaciones*.



Autor
(Jaime Ramírez Artunduaga)

Ingeniero Electrónico. Especialista en Administración y Planeación Urbana y Regional; Especialista en Pedagogía y Docencia Universitaria; Especialista en Telecomunicaciones Móviles. Magíster en Teleinformática. Estudios completos en Maestría en Sistemas y en Administración Pública. Experto en Evaluación y Formulación de Proyectos. Diplomado en: Pedagogía y Didáctica de las Ciencias Básicas y la Ingeniería; Diplomado en Formación en Investigación para Docentes; Diplomado en Gestión de Conocimiento y Producción de Investigación; Diplomado en Didáctica y Pedagogía de la Educación Superior. Ingeniero Jefe Estación de Comprobación Técnica del Ministerio de Comunicaciones (1971-1973). Director de la Red de Radio-comunicaciones Sistemas Nacional de Salud (1974-1991). Asesor en sistemas de radiocomunicaciones para el sector salud de la OPS (Organización Panamericana de Salud) (1982). Miembro del Consejo Superior de la Universidad Distrital (1984-1988). Ingeniero Jefe de Ingeniería y Mantenimiento del Fondo Nacional Hospitalario (1992-1993). Director del Centro de Ingeniería e Investigación de equipo médico-hospitalario de la Universidad El Bosque (1994-1995). Miembro de GITEM (Grupo de Investigación en Telemedicina: Universidad Distrital 2000-2003). Director Caja de Compensación Familiar Cafandina Huila (1996-1997). Jurado en procesos de selección de Docentes Universitarios (Universidad: Nacional de los Llanos y Universidad Distrital). Director, asesor y evaluador de más de 100 trabajos de grado en Ingeniería Electrónica, Sistemas y Telecomunicaciones. Profesor Universitario Asociado durante 52 años. Actualmente ejerce el cargo de Profesor Asociado II de tiempo indefinido, en el Programa de Ingeniería Electrónica, de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas de la Fundación Universitaria los Libertadores y Profesor de cátedra categoría Asociado en el Programa Mecatrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Militar Nueva Granada. Distinción como el mejor profesor de la Facultad de Ingeniería y también de toda la Universidad (2010 -2011), por el Consejo Directivo de la Universidad de San Buenaventura.

PRÓLOGO

El 16 de agosto de 1858, se envió el siguiente mensaje “*Glory to God in the highest, and on earth, peace, good will to men*”, desde Valentia Harbour, en Irlanda y Trinity Bay, en Newfoundland, siendo el primer mensaje, intercontinental, que se transmitía a través de un cable submarino.

Como es bien sabido, uno de los elementos fundamentales en la estructura básica de todo sistema de transmisión de señales, sea cual fuese su naturaleza, tecnología y/o complejidad, es el medio por el cual se transmite estas señales, entre las cuales se resaltan: las eléctricas, tanto de energía de potencia como de comunicación y las electromagnéticas, tanto las radioeléctricas como las ópticas.

Estos medios o canales, a través de los cuales se transmiten o difunden estas señales, se pueden clasificar en dos grandes grupos: No Guiados y Guiados. Los primeros son aquellos canales donde la señal transmitida o difundida no se guía (*no se encapsula*), como es el caso del espacio libre (*señales de radio*) y los segundos, la señal es guiada (*encapsulada*), como es el caso del cable coaxial, par trenzado, cable abierto paralelo, cables gemelos, entre otros, para señales eléctricas, y para señales electromagnéticas: las guías de ondas y la fibra óptica, principalmente.

En este texto se hace mención de los principales medios de transmisión de los de *clase guiados*, describiendo su concepción y tipos de cada uno de ellos, así como sus principales características estructurales y funcionales, haciendo una complementación con sus aplicaciones más frecuentes, y de los diversos criterios y procesos utilizados para el correspondiente tendido de los mismos.

Para lograr que una red de transmisión de energía o de comunicaciones cumpla eficientemente su función, se debe definir e implementar, en estas redes, los medios o canales de transmisión que permitan que las respectivas señales sean transmitidas de manera eficaz. Esto implica que las características estructurales y funcionales de los medios de transmisión a emplear en estas redes, dependen de las características intrínsecas de las señales a ser transmitidas a través de los mismos.

El libro está conformado por 10 capítulos, empezando por la descripción conceptual de los principales tipos de *medios de transmisión guiados*, que corresponden a la temática central de este texto, resaltando la utilización más frecuente de los mismos. De la misma forma, y de manera particular, se hace una descripción de las características estructurales y funcionales básicas globales de las *líneas de transmisión*, las cuales hacen parte fundamental de los *medios de transmisión guiados*. Consecutivamente se hace una descripción individual de cada uno de los tipos de *medios de transmisión guiados*, seleccionados en este texto, resaltando sus particularidades estructurales y funcionales, así como los parámetros operacionales de los mismos, y los diferentes tipos de tendidos utilizados para cubrir las áreas de servicio de las redes donde son requeridos.

Con la finalidad de visualizar la utilidad y aplicabilidad de los *medios de transmisión guiados*, en el contenido de la temática de cada uno de ellos, se describe la fundamentación de la estructura y funcionamiento básico de las redes de los sistemas de comunicación y de distribución de energía eléctrica, donde hacen parte esencial estos medios, tanto en la conformación como en el desarrollo de estas.

En esencia lo que este texto pretende, es hacer más asequible y afable el conocimiento de las características de los *medios de transmisión guiados*, más utilizados en las redes de transmisión eléctricas y electromagnéticas, así como en su manejo y aplicabilidad. Complementariamente, en cada uno de los capítulos se desarrollan diferentes ejemplos, correspondiente a los temas tratados en los mismos, así como al final de ellos existe una serie de preguntas y de ejercicios a desarrollar, con el propósito de fundamentar la parte conceptual ahí tratada.

En concordancia con las vivencias tenidas durante las experiencias de su vida profesional y académica universitaria, el autor de este texto ha creído conveniente plasmar sus conocimientos sobre esta temática, de manera sucinta, teniendo además como apoyo los diversos textos y documentos indicados en la referencia bibliográfica, de donde se han fundamentado la mayoría de los conceptos esenciales tratados en este texto, así como las expresiones y/o modelos matemáticas, figuras, ejemplos, ejercicios y tablas que en el mismo aparecen; referencias que se recomienda consultar para ampliar y profundizar sobre los diferentes aspectos y características estructurales, técnicas, funcionales y de aplicabilidad que estos medios de transmisión ofrecen.

El contexto de este libro está orientado, esencialmente, a la descripción de los fundamentos tecnológicos básicos, de los principales *medios de transmisión guiados*, que puedan servir de cimiento para la profundización de las diversas tendencias y desarrollos que los mismos vienen presentando, buscando fomentar el espíritu investigativo en esta temática. Así mismo se pretende que este libro pueda servir de apoyo documental para los estudiantes, entre otros, de los programas de las ingenierías de: Electrónica, Telecomunicaciones, Mecatrónica, Teleinformática, Eléctrica y afines.

CONTENIDO

Prólogo.

Capítulo 1: Concepto, tipos y utilización de los medios de transmisión guiados

- 1.1 Introducción
 - 1.2 Estructura básica de los sistemas transferencia de señales
 - 1.2.1 Estructura básica de los sistemas de comunicación electrónica
 - 1.2.2 Estructura básica de los sistemas de transmisión de energía
 - 1.2.2.1 Estación y red de transmisión
 - 1.2.2.2 Sub-estación y red de reparto
 - 1.2.2.3 Sub-estación y red de distribución.
 - 1.3 Clases de medios de transmisión
 - 1.4 Concepto de medios de transmisión guiados
 - 1.5 Tipos de medios de transmisión guiados.
 - 1.6 Utilización de medios de transmisión guiados
 - 1.6.1 Transmisión de señales de información
 - 1.6.1.1 Sistemas de telefonía fija.
 - 1.6.1.2 Sistemas de transmisión de datos
 - 1.6.1.3 Sistemas de televisión por cable CATV
 - 1.6.1.4 Sistemas de circuitos cerrados de televisión CCTV
 - 1.6.1.5 Sistemas de televisión por Internet IPTV
 - 1.6.1.6 Sistemas de radio por Internet iRadio
 - 1.6.1.7 Sistemas de comunicaciones mediante línea de potencia (PLC).
 - 1.6.1.8 Sistemas de distribución de señal TV.
 - 1.6.1.9 Sistema de antena comunitaria de TV
 - 1.6.1.10 Sistemas de interconexión a los transmisores de radio difusión
 - 1.6.2 Transmisión de señales de energía
 - 1.6.2.1 Sistemas de distribución de energía eléctrica.
 - 1.6.2.2 Sistemas de redes eléctricas locales
 - 1.6.2.3 Red eléctrica inteligente (REI):
 - 1.7 Circuito eléctrico equivalente de los medios de transmisión guiados conductivos.
 - 1.7.1 Potencial y corriente eléctrica en las líneas de transmisión
- Preguntas y ejercicios Capítulo 1.
- Referencias bibliográficas: Capítulo 1

Capítulo 2: Concepto, tipos y aplicaciones de las líneas de transmisión

- 2.1 Introducción
 - 2.2 Tipos de líneas de transmisión
 - 2.2.1 Cables abiertos paralelos
 - 2.2.2 Cables paralelos gemelos
 - 2.2.3 Cables de par trenzado
 - 2.2.4 Cables coaxiales
 - 2.2.5 Cintas planas conductoras paralelas
 - 2.3 Características eléctricas de las líneas de transmisión
 - 2.4 Parámetros de propagación de las líneas de transmisión.
 - 2.5 Líneas de transmisión especiales.
 - 2.5.1 Líneas de transmisión sin pérdidas.
 - 2.5.2 Líneas de transmisión sin distorsión.
 - 2.6 Impedancia de entrada de las líneas de transmisión.
 - 2.7 Onda estacionaria.
 - 2.8 Coeficiente de reflexión.
 - 2.9 Relación de onda estacionaria (ROE).
 - 2.10 Adaptador de impedancias.
 - 2.10.1 Transformador de un cuarto de longitud de onda.
 - 2.10.2 Acoplador sencillo en paralelo.
 - 2.10.3. Balanceo de línea y adaptador de impedancias.
 - 2.11 El diagrama de Smith.
 - 2.12 Cableado de las redes eléctricas
 - 2.12.1 Cables abiertos paralelos
 - 2.12.2 Cables para redes eléctricas residenciales.
 - 2.13 Dimensionamiento de los conductores
- Preguntas y ejercicios Capítulo 2.
- Referencias bibliográficas: Capítulo 2

Capítulo 3: Cables abiertos paralelos

- 3.1 Introducción.
- 3.2 Conformación de los cables abiertos paralelos
- 3.3 Tipos de cables abiertos paralelos
- 3.4 Estaciones y tendido de las redes eléctricas
 - 3.4.1 Estación y red de transmisión
 - 3.4.1.1 Conformación básica
 - 3.4.1.2 Tipo de cableado
 - 3.4.1.3 Aislamiento
 - 3.4.1.4 Cortacircuitos de potencia
 - 3.4.1.5 Catenaria y flecha
 - 3.4.2 Subestación y red de reparto
 - 3.4.3 Subestación y red de distribución
 - 3.4.4 Redes eléctricas de grandes consumidores
 - 3.4.4.1 Red de distribución.
 - 3.4.4.2 Línea de acometida

- 3.4.4.3 Caja general de comando y protección
 - 3.4.4.4 Línea repartidora
 - 3.4.4.5 Caja de derivación.
 - 3.4.4.6 Caja colectiva de contadores.
 - 3.4.4.7 Derivación individual.
 - 3.4.4.8 Dispositivos de seguridad.
 - 3.4.4.9 Contadores de energía eléctrica
 - 3.4.4.10 Cuadro privado de mando y protección.
 - 3.4.4.11 Instalación interior del abonado.
 - 3.4.4.12 Tomas eléctricas.
 - 3.4.5 Redes eléctricas residenciales
 - 3.4.5.1 Tipos de redes
 - 3.4.5.2 Transformadores de distribución
 - 3.4.5.3 Línea de acometida eléctrica
 - 3.4.5.4 Cableado eléctrico
 - 3.4.5.5 Puesta a tierra
 - 3.4.5.6 Tendido global de una red eléctrica residencial
 - 3.5 Resistividad del terreno
 - 3.6 Resistencia puesta a tierra
 - 3.7 Medición de la resistencia puesta a tierra
 - 3.8 Fuerza magnética entre cables eléctricos rectos paralelos
 - 3.9 Normas técnicas para las instalaciones eléctricas.
 - 3.10 Redes Eléctricas Inteligentes
 - 3.11 Redes de comunicación a través de líneas de potencia
 - 3.11.1 Concepto y aspectos generales
 - 3.11.2 Componentes básicos de la red interna PLC
 - 3.11.3 Bobina de onda portadora
- Preguntas y ejercicios Capítulo 3.
- Referencias bibliográficas: Capítulo 3.

Capítulo 4: Cables de par trenzado

- 4.1 Introducción.
- 4.2 Concepto y características.
- 4.3 Reseña histórica.
- 4.4 Tipos de cables par trenzado
- 4.5 Categorías de cables par trenzado
- 4.6 Conectores para cables par trenzado
- 4.7 Aplicaciones del cable par trenzado.
- 4.8 Ventajas y desventajas.
 - 4.8.1 Ventajas.

- 4.8.2 Desventajas.
 - 4.9 Variaciones en el cable par trenzado.
 - 4.10 Kit de herramientas para ponchar los cables par trenzado.
 - 4.11 Proceso para ponchar un cable par trenzado.
 - 4.12 Cableado estructurado.
 - 4.12.1 Áreas de trabajo
 - 4.12.2 El cableado horizontal
 - 4.12.3 El cableado vertical.
 - 4.12.4 Cuarto de equipos (ER).
 - 4.12.5 Conexión a tierra.
 - 4.13 Aspectos generales para el diseño: Red de Cableado Estructurado.
 - 4.14 Estructura Básica de un sistema de Cableado Estructurado.
 - 4.15 Organismos y estándares sobre cableado estructurado.
 - 4.15.1 Organismos.
 - 4.15.2 Normas del cableado estructurado
 - 4.16 Ejemplo de diseño de un sistema de cableado estructurado
 - 4.16.1 Definición de los puntos terminales por piso
 - 4.16.2 Identificación los requerimientos de la Red.
 - 4.16.3 Identificación los requerimientos del usuario.
 - 4.16.4 Determinación de los equipos y dispositivos.
 - 4.16.5 Definición de las Vlan's.
 - 4.16.6 Estructura física de la Red.
 - 4.16.7 Componentes del cableado estructurado
- Preguntas y ejercicios Capítulo 4.
- Referencias bibliográficas: Capítulo 4.

Capítulo 5: Concepto, estructura y aplicaciones del cable coaxial

- 5.1 Introducción.
- 5.2 Concepto y conformación
- 5.3 Características eléctricas.
 - 5.3.1 Impedancia característica
 - 5.3.2 Conductancia.
 - 5.3.3 Capacitancia
 - 5.3.4 Inductancia
- 5.4 Velocidad de propagación
- 5.5 Atenuación
- 5.6 Potencial eléctrico
- 5.7 Distribución de los campos electromagnéticos

- 5.8 Potencia transmisible
 - 5.9 Pérdida por retorno estructural.
 - 5.10 Aplicaciones comunes de los cables coaxiales.
 - 5.10.1 Instalación individual entre antenas y televisor.
 - 5.10.2 Instalación de antenas comunitarias.
 - 5.10.3 Instalación a antenas transmisoras y/o receptoras
 - 5.10.4 Instalación en redes de transmisión de datos.
 - 5.10.4.1 Red de Área Local (LAN).
 - 5.10.4.2 Red de Área Amplia (WAN)
 - 5.10.5 Redes telefónicas.
 - 5.10.5.1 Tendido aéreo
 - 5.10.5.2 Tendido subterráneo.
 - 5.10.5.3 Tendido submarino
 - 5.10.6 Redes de televisión por cable: CATV
 - 5.10.6.1 Dispositivos pasivos de las redes CATV.
 - 5.10.6.2 Servicios complementarios de las redes CATV.
 - 5.10.6.3 Red de acceso a CATV
 - 5.10.7 Redes de circuitos cerrados de televisión
 - 5.10.7.1 Conformación y funcionamiento
 - 5.10.7.2 Consideraciones técnicas para la implementación de un sistema integrado de CCTV.
 - 5.10.8 Redes de distribución de señal de televisión personalizada.
 - 5.10.9 Transmisión de audio digital
 - 5.11 Instalación y conexión del cable coaxial
 - 5.12 Construcción del cable coaxial
 - 5.13 Avances tecnológicos en los cables coaxiales
- Preguntas y ejercicios Capítulo 5.
- Referencias bibliográficas: Capítulo 5.

Capítulo 6: Guías de ondas

- 6.1 Introducción.
- 6.2 Concepto de guías de ondas
- 6.3 Modos de Propagación
- 6.4 Tipos de guías de ondas
- 6.5 Características de las guías de ondas rectangulares
 - 6.5.1 Estructura de la guía de ondas rectangular
 - 6.5.2 Modos de propagación en las guías de ondas rectangulares
 - 6.5.2.1 Modo de propagación TE_{mn} en las guías de ondas rectangulares
 - 6.5.2.2 Modo de propagación TM_{mn} en las guías de ondas rectangulares
 - 6.5.2.3 Equivalentes de TE_{mn} y TM_{mn} , en las guías de ondas rectangulares
 - 6.5.2.4 Frecuencia de corte en las guías de ondas rectangulares
 - 6.5.2.5 Impedancia característica de las guías de ondas rectangulares

- 6.5.2.6 Longitud de onda en las guías de ondas rectangulares
 - 6.5.2.7 Velocidades de onda en las guías de ondas rectangulares
 - 6.5.2.7.1 Velocidad de fase
 - 6.5.2.7.2 Velocidad de grupo (propagación)
 - 6.5.2.8 Potencia media en las guías de ondas rectangulares
 - 6.5.2.9 Constante de atenuación en las guías de ondas rectangulares
 - 6.6 Características de las guías de ondas circulares
 - 6.6.1 Estructura de la guía de ondas circular
 - 6.6.2 Modos de propagación en las guías de ondas circulares
 - 6.6.2.1 Modo de propagación TE en las guías de ondas circulares
 - 6.6.2.2 Modo de propagación TM en las guías de ondas circulares.
 - 6.6.2.3 Función de Bessel
 - 6.6.2.4 Longitud de onda y frecuencia de corte en las guías de ondas circulares.
 - 6.6.2.5 Impedancia característica de las guías de ondas circulares.
 - 6.7 Características de las guías de ondas elípticas.
 - 6.7.1 Estructura de la guía de ondas elíptica
 - 6.7.2 Modos de propagación en las guías de ondas elípticas
 - 6.7.3 Tipos de guías de ondas elípticas
 - 6.8 Aplicaciones de las guía de ondas
 - 6.8.1 Guías de ondas como medio de transmisión de microondas
 - 6.8.2 Guías de ondas como altavoz
 - 6.8.3 Guías de ondas como antena.
 - 6.8.3.1 Guías de ondas como antena de apertura
 - 6.8.3.2 Guías de ondas como antena ranurada
 - 6.8.4 Guías de ondas como acoplador direccional
 - 6.8.5 Guías de ondas como filtro
 - 6.8.6 Guías de ondas como circuladores
 - 6.8.7 Guías de ondas como acopladores de modo en sistemas satelitales.
 - 6.9 Transición guía-coaxial
 - 6.10 Innovaciones en la guías de ondas.
 - 6.10.2 Guías de ondas dieléctricas
 - 6.11 Accesorios de las guías de ondas
- Preguntas y ejercicios Capítulo 6.
- Referencias bibliográficas: Capítulo 6.

Capítulo 7: Cintas conductoras paralelas planas y acopladores RF

- 7.1 Introducción
- 7.2 Composición básica de las líneas planas
- 7.3 Impedancia característica de las líneas planas
- 7.4 Potencial eléctrico en las líneas planas
- 7.5 Distribución de los campos electromagnéticos
- 7.6 Interconexión: transmisor AM y torre radiador

- 7.7 Reflexión de potencias en las líneas de transmisión
- 7.8 Relación de onda estacionaria (ROE)
- 7.9 Medición de ROE
- 7.10 Acopladores de antena
- 7.11 Imágenes cajas de sintonías
- 7.12 Impedancia de entrada caja de sintonía
- 7.13 Microcintas
 - 7.13.1 Estructura
 - 7.13.2 Modo de propagación
 - 7.13.3 Impedancia característica
 - 7.13.3 Aplicaciones
 - 7.13.3.1 Antenas microstrip
 - 7.13.3.2 Filtros microstrip
- Preguntas y ejercicios Capítulo 7.
- Referencias bibliográficas: Capítulo 7.

Capítulo 8: Concepto, características y aplicaciones de la fibra óptica

- 8.1 Introducción
- 8.2 Concepto y estructura de la fibra óptica
- 8.3 Principios de funcionamiento
 - 8.3.1 Principio de Huygens
 - 8.3.2 Ley de la reflexión
 - 8.3.3 Índice de refracción
 - 8.3.4 Fenómeno de la refracción
 - 8.3.5 Ley de Snell
 - 8.3.6 La reflexión total
- 8.4 Parámetros de funcionamiento de la fibra óptica
 - 8.4.2 Ángulo de aceptación total
 - 8.4.3 Propagación de la luz dentro de fibra
- 8.5. Ventanas de operación
- 8.6 Tipos de fibra óptica
 - 8.6.1 Según forma de propagación
 - 8.6.2 Según la dispersión
 - 8.6.3 Según el tipo de índice de refracción
- 8.7 Número de modos de una fibra óptica
- 8.8 Diámetro máximo permisible del núcleo
- 8.9 Aplicaciones de la fibra óptica
 - 8.9.1 Conexión a la Internet
 - 8.9.2 Sistemas de comunicaciones
 - 8.9.3 Sistemas sensoriales
 - 8.9.4 Sistemas de Iluminación
 - 8.9.5 Intervenciones médicas

- 8.9.6 Inspecciones industriales
 - 8.9.7 Investigaciones arqueológicas
 - 8.9.8 Aplicaciones militares
 - 8.9.9 Aplicaciones vehiculares
 - 8.9.10 Mapa conceptual: principales aplicaciones de la fibra óptica
 - 8.10 Alcance en enlaces ópticos
 - 8.11 Estructura de los cables ópticos según el tendido
 - 8.12 Conectores para fibra óptica
 - 8.13 Acopladores y empalmes ópticos
 - 8.13.1 Acopladores ópticos
 - 8.13.2 Empalmes ópticos
 - 8.13.2.1 Empalme por fusión
 - 8.13.2.2 Empalme mecánico
 - 8.14 Mapa conceptual: principales formas de uniones ópticas
 - 8.15 Fabricación de la fibra óptica
 - 8.15.1 Fabricación de la fibra óptica de vidrio
 - 8.15.2 Fabricación de la fibra óptica de plástico
 - 8.16 Mapa conceptual: fabricación de las fibras ópticas de vidrio
 - 8.17 Características mecánicas de los cables ópticos
 - 8.18 Asignación de espectro óptico
 - 8.19 Dimensionamientos estructurales de la fibra y del cable óptico
 - 8.19.1 Dimensionamientos estructurales de la fibra óptica
 - 8.19.2 Dimensionamientos estructurales del cable óptico
 - 8.20 Atenuación de la señal óptica
 - 8.21 Medición de atenuación en la fibra óptica
 - 8.21.1 Medidor de potencia óptica
 - 8.21.2 Reflectómetro óptico
 - 8.22 Ancho de banda de las fibras ópticas
 - 8.23 Tiempo de subida de total del pulso óptico
 - 8.24 Dispersión cromática
 - 8.25 Compendio de características de la fibra óptica
- Preguntas y ejercicios Capítulo 8.
- Referencias bibliográficas: Capítulo 8.

Capítulo 9: Tendidos de cableado óptico

- 9.1 Introducción
- 9.2 Tipos de tendidos del cable óptico
 - 9.2.1 Tendido aéreo
 - 9.2.1.1 Tendido aéreo a través de torres de la red eléctrica
 - 9.2.1.2 Tendido aéreo a través de postes
 - 9.2.2 Tendido subterráneo
 - 9.2.2.1 Tendido manual
 - 9.2.2.2 Tendido mediante método de soplado

- 9.2.2.3 Consideraciones generales en tendidos subterráneos
- 9.2.2.4 Pérdidas por curvaturas
- 9.2.2.5 Cálculo del radio de curvatura
- 9.2.2.5 Redes de cableado óptico terrestre
- 9.2.3 Tendido submarino
 - 9.2.3.1 Barcos cableros
 - 9.2.3.2 Robot de arrastre y tendido
 - 9.2.3.3 Aspectos en el tendido
 - 9.2.3.4 Proceso de tendido del cable óptico
 - 9.2.3.5 Proceso de tendido en ambos sentidos
 - 9.2.3.6 Marco legal de los tendidos submarinos
 - 9.2.3.7 Principales redes de cableado óptico submarino existente
 - 9.2.3.8 Cables ópticos submarinos que conectan a Colombia
 - 9.2.3.9 Mapa mundial de los cables ópticos submarinos.
 - 9.2.3.10 Recientes redes de cableado óptico submarino.
- 9.3 Estructura básica de un enlace óptico submarino
- 9.4 Aspectos básicos para el diseño de enlaces ópticos
 - 9.4.1 Requerimientos del enlace
 - 9.4.2 Pérdidas en el enlace
 - 9.4.3 Aspectos de implementación
 - 9.4.4 Cálculo de potencia en recepción teórico ideal
 - 9.4.5 Cálculo de potencia en recepción teórico real
 - 9.4.5.1 Márgenes del enlace (Mar)
 - 9.4.5.2 Penalidades del enlace (Pn)
 - 9.4.6 Factores a considerar en el diseño final del enlace
- 9.5 Detección y corrección de error
- 9.6 Funcionamiento básico del OTDR
- 9.7 Redes ópticas inteligentes
- 9.8 Pérdidas por acoplamiento entre fibras con características diferentes
- 9.9 Pérdidas en acoplamiento entre fuente a fibra
- 9.10 Pérdidas por micro-curvaturas

Preguntas y ejercicios Capítulo 9.

Referencias bibliográficas: Capítulo 9

Capítulo 10: Componentes básicos de los enlaces ópticos

- 10.1 Introducción
- 10.2 Emisores ópticos
- 10.3 Detectores ópticos
 - 10.3.1 Funcionamiento del fotodiodo
 - 10.3.2 Parámetros del fotodiodo

- 10.4 Transmisor y receptor óptico
 - 10.4.1 Transmisor óptico
 - 10.4.2 Receptor óptico
- 10.5 Repetidores o amplificadores en enlaces ópticos
 - 10.5.1 Repetidores o amplificadores opto-electrónicos
 - 10.5.2 Repetidores o amplificadores ópticos
- 10.6 Las tarjetas de red óptica
- 10.7 Divisores ópticos
 - 10.7.1 Divisores ópticos FBT
 - 10.7.2 Divisores ópticos PLC
- 10.8 Multiplexación / Demultiplexación óptica
 - 10.8.1 CWDM
 - 10.8.2 DWDM
 - 10.8.3 Diferencias entre CWDM y DWDM
- 10.9 Conmutadores ópticos
- 10.10 Filtros ópticos
 - 10.10.1 Filtros de interferencia
 - 10.10.2 Filtros de absorción
 - 10.10.3 Filtros de cuña
 - 10.10.4 Filtro de Faraday
- 10.11 Nodos ópticos
- 10.12 Fuente de alimentación

Preguntas y ejercicios Capítulo 10.

Referencias bibliográficas: Capítulo 10