



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
COMUNICACIONES**

TEMA:

**“LABORATORIO DE APRENDIZAJE DE COMUNICACIONES ÓPTICAS
BASADO EN NORMAS INTERNACIONALES PARA LA FACULTAD DE
INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.”**

Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Comunicaciones Ópticas

AUTOR: Cáceres Mayorga Paúl Alejandro

TUTOR: Ing. Edgar Freddy Robalino Peña, Mg.

Ambato - Ecuador
Diciembre 2015

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: “ LABORATORIO DE APRENDIZAJE DE COMUNICACIONES ÓPTICAS BASADO EN NORMAS INTERNACIONALES PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.”, del señor Cáceres Mayorga Paúl Alejandro, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Diciembre 2015

EL TUTOR

Ing. Freddy Robalino Peña, Mg.

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: “ LABORATORIO DE APRENDIZAJE DE COMUNICACIONES ÓPTICAS BASADO EN NORMAS INTERNACIONALES PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Diciembre 2015

Paúl Alejandro Cáceres Mayorga

CC: 180296674-5

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato, Diciembre 2015

Paúl Alejandro Cáceres Mayorga

CC: 180296674-5

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Geovanni Brito Mg e Ing. Carlos Serra Mg, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “ LABORATORIO DE APRENDIZAJE DE COMUNICACIONES ÓPTICAS BASADO EN NORMAS INTERNACIONALES PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”, presentado por el señor Paúl Alejandro Cáceres Mayorga de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Vicente Morales, Mg.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Geovanni Brito Mg.

DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Carlos Serra Mg.

DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

A Dios el principal promotor y gestor de este objetivo cumplido; por darme las capacidades y herramientas necesarias.

Al constante apoyo, sostén y palabras de ánimo en mis horas de flaqueza brindadas por mi madre Carmen Mayorga, a la garra, corazón de lucha, entrega y endereza transmitidos por mi padre Vinicio Cáceres, a la contante ayuda y comprensión por parte de mi hermanita Vivian Anahí.

Y a mi mayor orgullo; por ser motivo de vida, darme las fuerzas necesarias para cumplir con este objetivo, por su risa que me dio la paz necesaria y sus abrazos, que junto con sus palabritas “haciendo tesis YA” constituyeron el pilar fundamental para llegar a la meta de este objetivo: mi hijo Dorian Stephano Cáceres Yallico.

Paúl Cáceres M.

AGRADECIMIENTOS

“A mi tutor por aclarar mis dudas, ayudarme, guiarme y compartirme sus conocimientos, que fueron de mucho apoyo en la elaboración del presente escrito. A la carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, por haberme formado como profesional, y amparado en sus aulas donde viví momentos inolvidables que marcaron mi vida. A mis amigos y familiares que siempre están pendientes y velan por mí, que me extendieron sus manos mientras culminaba mi proyecto. A la luz de mis ojos Pamela Yallico quien fue mi fuente de apoyo en momentos cruciales de la elaboración de mi proyecto. A mi hermana Vivian Anahí que entre juegos y palabras, colaboro en la construcción del cuerpo de mi TEMI.”

Paúl Cáceres M.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO 1.....	1
EL PROBLEMA.....	1
1.1 Tema	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.3 Delimitación.....	3
1.4 Justificación	3
1.5 Objetivos.....	4
1.5.1 Objetivo General.....	4
CAPÍTULO 2.....	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 Antecedentes investigativos.....	5
2.2 Fundamentación teórica	6
2.2.1 Norma ISO 17025.....	6
2.2.2 Fibra Multimodo (MM – Multi Mode).....	6
2.2.3 Multimodo de Índice de Escala	7

2.2.4	Fibra Multimodo de Índice Gradual	8
2.2.5	Fibras Multimodo (62,5 mm y 125 mm Revestimiento)	9
2.2.7	Fibra Monomodo (SM – Single Mode)	11
2.2.8	Fibra Dispersión Desplazada (DS – Dispersion Shifted).....	13
2.2.9	Fibra Dispersión No Cero Desplazado (NZDS – Non-Zero Dispersion Shifted).....	14
2.2.10	Clasificación ISO 11801	16
2.2.11	Recomendaciones del Estándar ANSI/TIA 568-C	17
2.2.12	Estándar UIT-T para Fibra Óptica	18
2.2.13	UIT-T G.652	18
2.2.14	UIT-T G.651.1	19
2.2.15	UIT-T G.653	21
2.2.16	UIT-T G.655	22
2.2.17	Elementos de un Sistema de Comunicaciones Ópticas	24
2.2.19	Cables Ópticos	26
2.3	Propuesta de solución	30
CAPÍTULO 3.....		31
METODOLOGÍA		31
3.1	Modalidad de la investigación	31
3.2	Población y Muestra	32
3.3	Recolección de la información	32
3.4	Procesamiento y análisis de datos.....	32
3.5	Desarrollo del proyecto.....	32
CAPÍTULO 4.....		33
DESARROLLO DE LA PROPUESTA		33
4.1	Temas de las prácticas de comunicaciones ópticas.	33

4.2	Prácticas propuestas para el laboratorio de Comunicaciones Ópticas	34
4.3	Planificación de las Prácticas.....	37
4.4	Equipos de Comunicaciones Ópticas a usarse en el Laboratorio	39
4.5	Características Técnicas de los Equipos Ruiyan.....	43
4.6	Desarrollo de las Prácticas Propuestas.....	49
4.7	Materiales para las Prácticas	49
4.8	Manual De Prácticas	54
4.8.1	Práctica N° 1	54
	Identificación de Cables Ópticos	54
4.8.2	Práctica N° 2	57
	Empalmes de Fibra Óptica.....	57
4.8.3	Práctica N° 3	63
	Medida de la Apertura Numérica.....	63
4.8.4	Práctica N° 4	68
	Modos de Propagación en la Fibra Óptica.....	68
4.8.5	Práctica N° 5	71
	Pérdidas por Curvaturas.....	71
4.8.6	Práctica N° 6	74
	Pérdidas por Empalmes	74
4.8.7	Práctica N° 7	76
	Pérdidas por conectores ópticos.....	76
4.9	Inmobiliario del Laboratorio.....	79
4.9.1	Diseño Estructural.....	82
4.9.2	Diseño Eléctrico.....	82
4.9.3	Diseño Red de Datos.....	82

4.9.4 Presupuesto	82
CAPITULO 5.....	84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
5.1 Conclusiones.....	84
5.2 Recomendaciones	85
Bibliografía y referencias.....	87
ANEXOS	89
ANEXO A.....	90
Sílabo de Comunicaciones Ópticas de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato.....	90
ANEXO B.....	150
Planos del Laboratorio de Comunicaciones Ópticas	150
PLANO ARQUITECTÓNICO	151

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1: Recorrido de los rayos de luz en fibra escalón multimodo	8
Figura 2. 2: Recorrido de los rayos de luz en fibra gradual multimodo	9
Figura 2. 3: Dimensiones de fibras multimodo.....	10
Figura 2. 4: Dimensiones spot size para fuentes de luz.	11
Figura 2. 5: Recorrido de los rayos de luz en fibra dispersión desplazada.....	14
Figura 2. 6: Sistema de Comunicación óptico	24
Figura 2. 7: Cable tipo Loose.....	27
Figura 2. 8: Cable tipo Tight.....	28
Figura 2. 9: Cable tipo Groove	29
Figura 2. 10: Cable tipo Ribbon.....	30
Figura 4. 1: Etapas de las Prácticas.....	38
Figura 4. 2: Cable de Fibra Óptica Monomodo 2 hilos	49
Figura 4. 3: Cable de Fibra Óptica Multimodo 2 hilos	50
Figura 4. 4: Funda con cierre	50
Figura 4. 5: Guantes Quirúrgicos.....	51
Figura 4. 6: Cánulas o fundas termo-retráctiles	51
Figura 4. 7: Paño Húmedo	52
Figura 4. 8: Alcohol	52
Figura 4. 9: Pantalla de Proyección.	53
Figura 4. 10: Bobinas de Cable de Fibra Óptica.....	53
Figura 4. 11: Esquema Práctica N°1	56
Figura 4. 12: Pelado Mecánico	58
Figura 4. 13: Corte de Fibra Óptica	58
Figura 4. 14: Esquema Práctica N°2	62
Figura 4. 15: Apertura numérica.....	64
Figura 4. 16: Modelo de la construcción de la práctica.	65
Figura 4. 17: Curva de Apertura numérica	66
Figura 4. 18: Esquema Práctica N°3	67
Figura 4. 19: Modelo de implementación de la práctica N°3	69
Figura 4. 20: Esquema de la Práctica N°4	70

Figura 4. 21: Medición de la atenuación por curvaturas.....	73
Figura 4. 22: Inmobiliaria Laboratorio	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1: Parámetros Técnicos geométricas Fibra Multimodo	7
Tabla 2. 2: Parámetros Técnicos Fibra Índice Escalonado	8
Tabla 2. 3: Parámetros Técnicos Fibra Índice Gradual	9
Tabla 2. 4: Parámetros Técnicos Fibra Multimodo	10
Tabla 2. 5: Parámetros Técnicos Fibra Monomodo.....	12
Tabla 2. 6: Parámetros Técnicos Fibra Dispersión Desplazada.....	13
Tabla 2. 7: Parámetros Técnicos Fibra Dispersión No Cero Desplazada.....	15
Tabla 2. 8: Clasificación ISO 11801	16
Tabla 2. 9: Parámetros del cable multimodo 62,5/125 μm	17
Tabla 2. 10: Parámetros del cable multimodo 50/125 μm	17
Tabla 2. 11: Parámetros del cable monomodo.....	17
Tabla 2. 12: Parámetros del estándar UIT-T G.652.....	19
Tabla 2. 13: Parámetros del estándar UIT-T G.651.1	20
Tabla 2. 14: Parámetros del estándar UIT-T G.653.....	21
Tabla 2. 15: Parámetros del estándar UIT-T G.655.....	23
Tabla 4. 1: Lista de Prácticas Propuestas.....	34
Tabla 4. 2: Modelo de Informe Final	36
Tabla 4. 3: Fusionadoras de Fibra Óptica	40
Tabla 4. 4: Fusionadoras RUIYAN	43
Tabla 4. 5: Cortadoras de fibra óptica.....	46
Tabla 4. 6: Fuente de luz óptica	47
Tabla 4. 7: Kit de herramienta de fibra óptica de fibra óptica	48
Tabla 4. 8: Presupuesto del Laboratorio de Aprendizaje de Comunicaciones Ópticas ..	83

RESUMEN

En este proyecto se expone los resultados obtenidos de la propuesta de diseño de un laboratorio de Comunicaciones Ópticas basado en la Norma ISO 17025 que es una normativa internacional desarrollada por ISO (International Organization for Standardization) en la que se establecen los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración acoplándolos a un laboratorio didáctico, por otra parte, la creación de un manual de prácticas y la aplicación en la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de un laboratorio de Comunicaciones Ópticas.

Las prácticas propuestas se considera un material fundamental de las acciones previstas en el proyecto, en especial en aquellas actividades que necesitan reconocimiento visual para su correcto entendimiento como lo son: Componentes de un sistema de fibra óptica, Atenuación, pérdidas de acoplamiento, Tipos de fibra, Empalmes y conectores, etc.

Como resultado del trabajo y la investigación se elaboró un Manual de Prácticas de Laboratorio que reúne los temas más relevantes del módulo de Comunicaciones expuestos en el párrafo anterior, previo análisis del sílabo y cotejando con la adaptación de los materiales y equipos propuestos en esta tesis.

ABSTRACT

In this project there are exposed the results obtained of the offer of design of a laboratory of Optical Communications based on the ISO Norm 17025 that it is an international regulation developed by ISO (International Organization for Standardization) in that there are established the requirements that must fulfill the laboratories of test and calibration them connecting to a didactic laboratory, on the other hand, the creation of a manual of practices and the application in the Faculty of Engineering in Systems, Electronics and Manufacturer of a laboratory of Optical Communications.

The proposed practices it is considered a fundamental material of the actions foreseen in the project, especially in those activities that need visual recognition for his correct understanding they it are: Components of a system of optical fiber, Attenuation, asked of coupling, Types of fiber, Junctions and connectors, etc.

As result of the work and the investigation there was elaborated a Manual of Laboratory practices that assembles the most relevant topics of the module of Communications exposed in the previous paragraph, previous analysis of the sílabo and arranging with the adjustment of the materials and equipment proposed in this thesis.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación constituye el diseño de laboratorio y la creación de un manual de prácticas aplicable a la fibra óptica, tomando en cuenta las recomendaciones ANSI, UIT e ISO, la principal Norma es la ISO 17025 creada para laboratorios de medición y calibración, en este trabajo se encontró la forma para que estos requerimientos pueda ser aplicable hacia el Laboratorio de Comunicaciones Ópticas, cumpliendo con todo y cada uno de los puntos establecidos en dicha Norma Internacional.

En el Capítulo I se realiza el análisis y se identifica el problema, la falta de prácticas de laboratorio que familiaricen a los futuros Ingenieros en Electrónica y Comunicaciones con la Fibra Óptica; complementando con la delimitación de la investigación, la justificación y el trazado de los objetivos a cumplir al culminar la investigación.

En el Capítulo II, se realiza una fundamentación teórica abordando los conceptos necesarios de comunicaciones ópticas, así como Normas y Estándares que regirán el laboratorio que ayudan en la investigación.

En el Capítulo III, se indica la metodología utilizada para la investigación, como son: modalidades de la investigación, recolección, procesamiento y análisis de datos. También se define las etapas para el desarrollo del proyecto investigativo.

En el Capítulo IV, se determinan los temas necesarios dentro del avance programático para realizar prácticas metódicas y sistemáticas en el laboratorio; también, la selección de los equipos multifunción que ayudan al desarrollo de los talleres, posteriormente el análisis de las recomendaciones, estándar y Norma, con las que se basa el laboratorio, finalmente se encuentra el diseño del mismo.

En el Capítulo V, se presenta las conclusiones y recomendaciones obtenidas al realizar la investigación para el diseño del laboratorio de comunicaciones ópticas y las recomendaciones que se definieron en el transcurso del desarrollo del proyecto investigativo.

En la parte final del documento, se adjunta los anexos del Sílabo de la asignatura de Comunicaciones Ópticas de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, los planos del diseño, y el manual de los equipos que utilizaremos en el Laboratorio.

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA

1.1 Tema

Laboratorio de aprendizaje de Comunicaciones Ópticas basado en normas internacionales para la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato.

1.2 Planteamiento del problema

A nivel mundial, la tecnología en Comunicaciones Ópticas ha avanzado, por tal motivo universidades en todo el mundo tales como la Universidad Politécnica de Catalunya Barcelona TECH, Instituto de Física de Cantabria, Universidad de Cantabria (Santander – España), Universidad Politécnica de Madrid (Madrid – España), Universidad de Sevilla (Sevilla - España), Universidad Autónoma de San Luis Potosí (Potosí - México), Universidad de León (León – México), entre otras, se han visto en la necesidad de reforzar sus conocimientos teóricos con prácticas implementando y solucionando la falta de laboratorios; que permitan difundir a la sociedad profesionales capacitados totalmente en el área de su especialización.

En Latinoamérica, la inmersión de las comunicaciones ópticas como necesidad debido al enorme crecimiento tecnológico es una realidad, que evoluciona rápidamente en países tales como Brasil, Chile y Argentina, los que optan por la inserción de la fibra óptica en sus redes de transmisión de datos, sus principales universidades se ven en la necesidad de dotarse con un laboratorio de Comunicaciones Ópticas para que los

futuros profesionales tengan destreza y conocimiento práctico sólido que contraste lo enseñado teóricamente.

En el país, las comunicaciones ópticas están reemplazando al cableado de cobre a pesar del costo con el que se maneja esta tecnología. Las universidades del Ecuador apuntan a la formación académica en esta rama de comunicaciones para el desenvolvimiento profesional de los estudiantes, garantizando la calidad de la educación impartida y elevando el nivel de enseñanza brindada en dichas instituciones. Por tal motivo, los jóvenes graduados en las universidades nacionales con conocimientos prácticos de comunicaciones ópticas podrán brindar un mayor soporte al desarrollo de esta tecnología en el país; a la vez que se dará un buen servicio y se tiene mayores posibilidades de acceder a oportunidades laborales.

En la provincia de Tungurahua, empresas de comunicaciones ópticas están forzadas a contar con personal extranjero, debido a que los profesionales de la provincia no tienen el conocimiento de campo para manejar los equipos necesarios para la implementación de los sistemas de comunicaciones que usan fibra óptica. Los ingenieros nativos deben migrar a cursos de capacitación en otras provincias como Pichincha y Guayas, para por fin tener contacto de cómo funcionan ciertos equipos de comunicaciones ópticas, siendo un plus; cuando esto debería ser parte de la formación académica que brinda la Universidad.

En consulta con profesores de la carrera de Electrónica y Comunicaciones de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial pude conocer de la necesidad de reforzar sus espacios físicos como los laboratorios para impartir una educación que pueda llegar de mejor manera a cada uno de los estudiantes universitarios. Una de las áreas en la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones es el laboratorio de “Comunicaciones Ópticas”, el cual, debido a la falta de apoyo económico y de un estudio de factibilidad para su diseño no ha sido implantado.

1.3 Delimitación

Área: Comunicaciones.

Línea: Tecnologías de Comunicación.

Sublínea: Comunicaciones Ópticas.

Delimitación espacial: Huachi, Av. De los Chasquis y Río Guayllabamba, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

Delimitación temporal: El presente proyecto investigativo se realizó desde el 27 de Febrero hasta el 21 de Agosto del 2015.

1.4 Justificación

La utilidad práctica del proyecto está enfocada al apoyo docente como soporte práctico de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, siendo los principales beneficiarios los estudiantes. Este proyecto permitió tener un primer acercamiento a las prácticas de comunicaciones ópticas tales como identificación del tipo de cable óptico, Atenuación y Dispersión en Fibras Ópticas, Empalmes de Fibra óptica y Pérdidas en cables ópticos, que ayudarán a la formación de profesionales en el área de Electrónica y Comunicaciones con la asistencia de un laboratorio acorde a los principales requerimientos dentro del entorno didáctico.

Se considera que la implementación del laboratorio contribuirá al interés de los estudiantes en realizar trabajos de calidad, acorde a las necesidades del entorno y adquiriendo conocimientos que les permitirá tener más probabilidad de adquirir oportunidades laborales

La Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, al contar con un laboratorio de Comunicaciones Ópticas puede ser dotada de un aporte educativo y tecnológico importante que incentivará la investigación y práctica de los estudiantes y docentes de forma especializada.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Diseñar un laboratorio de aprendizaje de comunicaciones ópticas basado en normas internacionales ISO, UIT y ANSI para la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Analizar los contenidos programáticos del módulo de comunicaciones ópticas.
- Definir los requerimientos técnicos para el desarrollo de prácticas de laboratorio.
- Determinar y estructurar las prácticas de laboratorio requeridas para el aprendizaje de comunicaciones ópticas, aplicables en los diferentes módulos formativos.
- Implementar el modelo del laboratorio bajo requerimientos establecidos en las prácticas.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos

Realizada la búsqueda acerca del tema de investigación se determina que el diseño de laboratorio de Comunicaciones Ópticas tiene un crecimiento impresionante, países subdesarrollados están empezando a implementar esta tecnología por lo que algunos resultados son presentados a continuación:

Andrea Caicedo en su tesis de grado de la Universidad de Cuenca afirma que “En el caso específico de las redes basadas en fibra óptica implican una verdadera revolución tecnológica para el sector de las telecomunicaciones, pues reemplazar el cobre por fibra permite mejorar drásticamente las prestaciones de las redes actuales, alcanzando velocidades de acceso de más de 100 Mbps e incrementando el número y la calidad de los servicios que se prestan.” [1]

Lucía Monar en su tesis de grado de la Universidad de Cuenca afirma que: “Además, el despliegue de estas redes presenta nuevos desafíos que permiten la entrada de nuevos actores en el sector y obligan a los operadores tradicionales y al sector académico a actualizarse a la par con los avances de la tecnología, manteniendo un equilibrio entre lo práctico y lo teórico dentro de la formación del estudiante.” [2]

Gerardo Berrones en su tesis de grado de la Universidad Católica de Guayaquil de Cuenca afirma que “En la actualidad el crecimiento y cambio tecnológico en los

diferentes dispositivos electrónicos existente obliga a que las instituciones educativas de nivel superior dispongan de verdaderos laboratorios para el aprendizaje práctico.” [3]

María Capito en su tesis de grado de la Escuela Politécnica Nacional de Quito afirma que “Todas las carreras de Ingeniería requieren complementar las clases teóricas con prácticas de laboratorio, resultando un poco costosa la implementación del mismo por la cantidad de equipo que será requerido.” [4]

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Norma ISO 17025

“La norma ISO 17025 amplía el objetivo de las normas ISO 25 y EN 45001 ya que tiene en cuenta el muestreo y que los métodos de ensayo pueden ser no normalizados o bien pueden estar desarrollados por el propio laboratorio. Otra novedad de la norma es que establece que algunas cláusulas no serán aplicables a todos los laboratorios, en concreto aquellas relacionadas con actividades que el laboratorio no lleve a cabo, como por ejemplo el muestreo o el desarrollo de nuevos métodos.” [6]

(La Norma ISO 17025 rige el funcionamiento de laboratorios de ensayo y medición, en este trabajo investigativo se analizan y adecuan los campos requeridos por dicha norma para que sean aplicados al laboratorio de Comunicaciones Ópticas).

2.2.2 Fibra Multimodo (MM – Multi Mode)

Poseen mayor núcleo $50\ \mu\text{m}$ y $62,5\ \mu\text{m}$ que las fibras monomodo, motivo por el cual fueron las primeras en comercializarse y los equipos de comunicaciones ópticas presentan en su configuración como defecto la opción de fibra multimodal.

Permiten que varios rayos de luz se propaguen al mismo tiempo en su interior, una fibra multimodo puede tener más de mil modos de propagación de luz.

Debido a su popularidad los conectores SC y FC, al igual que los transmisores ópticos utilizados en multimodo led, laser, vcsel sean más económicos.

En la Tabla 2.1, se muestran las características técnicas de la fibra multimodo.

Tabla 2. 1: Parámetros Técnicos geométricas Fibra Multimodo

ÍTEM	MULTIMODO			
	OM1	OM2	OM3	OM4
Diámetro de Campo Modal	(47,7 - 52,5) μm	(60 - 65) μm	(47,7 - 52,5) μm	(47,7 - 52,5) μm
Error de concentricidad Núcleo/Recubrimiento	1,5 μm	1,5 μm	1,5 μm	1 μm
Diámetro del primer recubrimiento	(124 - 126) μm	(124 - 126) μm	(124 - 126) μm	(123,8 - 125,8) μm
No circularidad del recubrimiento	1%	1%	1%	1%
Error de concentricidad Recubrimiento 125/250 μm	12 μm	12 μm	12 μm	12 μm
Diámetro Recubrimiento de 250 μm	(238 - 252) μm	(238 - 252) μm	(238 - 252) μm	(238 - 252) μm

Fuente: Investigar basado en <http://www.estec.cl/>

2.2.3 Multimodo de Índice de Escala

La configuración de este tipo de fibra se lo realiza en el panel general y se lo selecciona previo a la fusión debido a su núcleo compuesto por un material homogéneo de índice de refracción constante y siempre superior al del revestimiento.

Las fibras de índice de escala son más simples, y sus características son inferiores a los demás tipos de fibras, la banda de paso es muy estrecha, restringiendo así la capacidad de transmisión de la fibra.

Las pérdidas sufridas por la señal transmitida son bastantes altas en comparación a las fibras monomodo, obviando las aplicaciones de distancia y capacidad de transmisión en la actualidad ya no se comercializan.

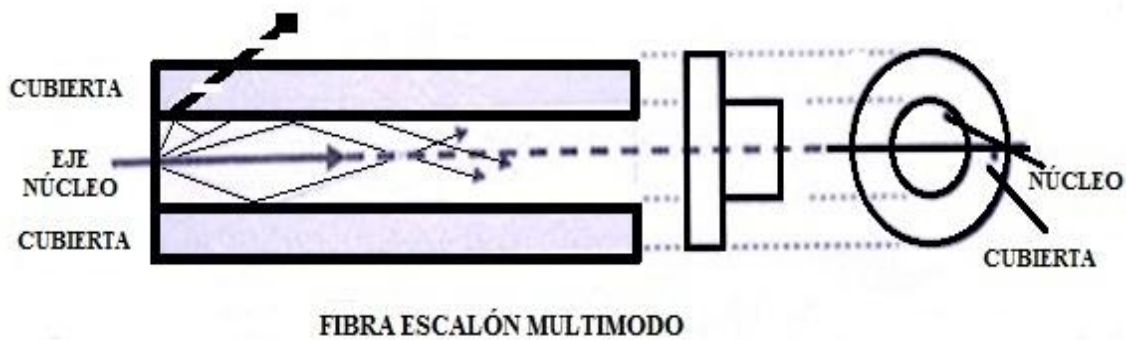


Figura 2. 1: Recorrido de los rayos de luz en fibra escalón multimodo
Fuente: Investigador basado en certificación FURUKAWA

En la Tabla 2.2, se muestran los parámetros técnicos de la fibra de índice escalonado.

Tabla 2. 2: Parámetros Técnicos Fibra Índice Escalonado

Parámetro	Valor
Ancho de Banda	100 MHz/Km
Pérdidas	5 A 20dB/Km
Diámetro del Núcleo	200 A 1000 μ m
Fuente de Luz	LED
Longitud de Onda	660 - 1060 nm

Fuente: Investigador

2.2.4 Fibra Multimodo de Índice Gradual

Su núcleo está formado por índices de refracción variables, que permiten la reducción de la ampliación del pulso luminoso.

Su fabricación es más compleja, por lo cual su configuración para usarla en los equipos de comunicaciones ópticas es diferente debido a que el índice de refracción gradual es necesario dopar el núcleo de la fibra con dosis diferentes, provocando reducción gradual del índice de refracción del centro del núcleo hasta el revestimiento.

Pero, en la práctica ese índice hace que los rayos de luz recorran caminos diferentes con velocidades diferentes y lleguen a la otra extremidad de la fibra prácticamente al mismo tiempo, aumentando la banda de paso y la capacidad de transmisión de fibra óptica.

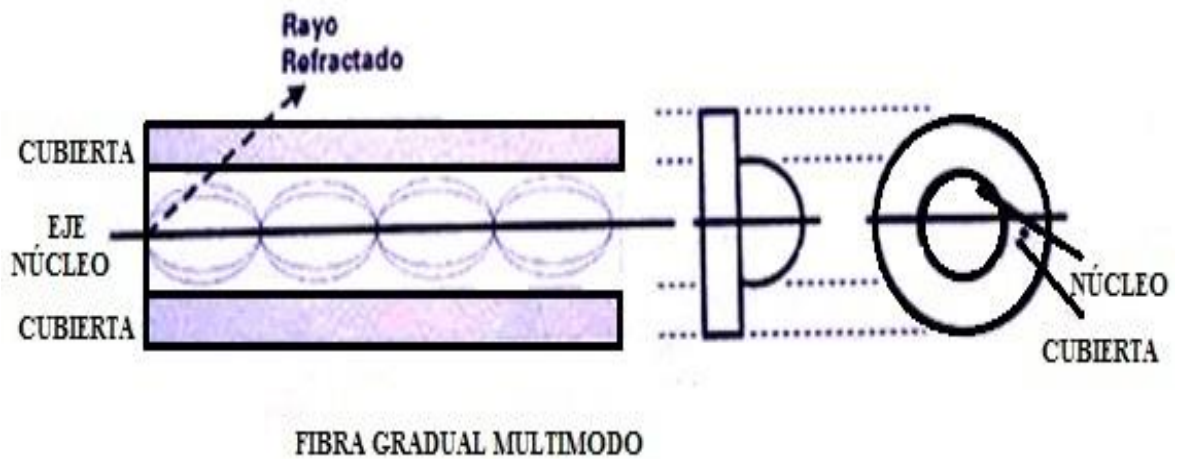


Figura 2. 2: Recorrido de los rayos de luz en fibra gradual multimodo
Fuente: Investigador basado en certificación FURUKAWA

En la Tabla 2.3, se muestran los parámetros técnicos de la fibra de índice gradual.

Tabla 2. 3: Parámetros Técnicos Fibra Índice Gradual

Parámetro	Valor
Ancho de Banda	4 MHz/Km
Pérdidas	0,3 A 0,5dB/Km
Diámetro del Núcleo	8 A 10 μ m
Fuente de Luz	Emisores específicos
Longitud de Onda	1330 - 1550 nm

Fuente: Investigador

2.2.5 Fibras Multimodo (62,5 mm y 125 mm Revestimiento)

El mercado americano utiliza fibras de núcleo 62,5/125 μ m debido a la estandarización Ethernet 10Base-F, y es importante tener conocimiento para poder configurar el empalme de la fibra en los equipos.

En la Tabla 2.4, se muestran las características técnicas de transmisión la fibra multimodo.

Tabla 2. 4: Parámetros Técnicos Fibra Multimodo

Ítem	Longitud de Onda	Multimodo			
		OM1	OM2	OM3	OM4
Coeficientes de Atenuación (dB/Km)	850nm	2,3	2,7	2,4	2,3
	1300nm	0,6	0,6	0,7	0,6
Ancho de Banda OFL	850nm	1500	1500	1500	3500
	1300nm	500	500	500	500
AB (MHZ*KM)	850nm	600	200	2000	4700
10 GB Ethernet SX(m)	850nm	86	26	300	550
1 GB Ethernet SX(m)	850nm	600	220	1000	1000
1 GB Ethernet LX(m)	1300nm	1000	600	600	600

Fuente: Investigar basado en <http://www.estec.cl/>

En la figura 2.3, se muestra las dimensiones de la fibra multimodo.

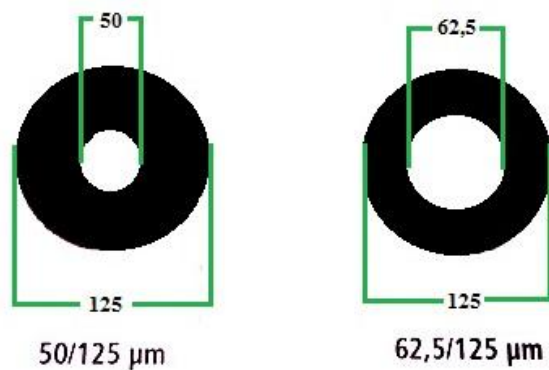


Figura 2. 3: Dimensiones de fibras multimodo.

Fuente: Investigador basado en certificación FURUKAWA

2.2.6 Fuentes de Luz

El núcleo grande facilita la alineación de conectores y el uso de los LEDs como transmisores, el LED aplica potencia luminosa sobre toda la región del núcleo, utilizando todos los modos disponibles para transportar la señal óptica.

Si la región iluminada es inferior al diámetro del núcleo, la energía se transportará por algunos modos y puede sufrir una gran dispersión, que será crítica según aumente la velocidad de transmisión de la señal.

La región iluminada por la fuente óptica se llama spot size, la utilización del láser en las fibras multimodo (VCSEL) produjo algunos problemas que no eran significativos en la transmisión con LED.

Debido a que la cantidad de modos de transmisión está directamente relacionada al diámetro del núcleo, donde menor el diámetro los modos son menores.

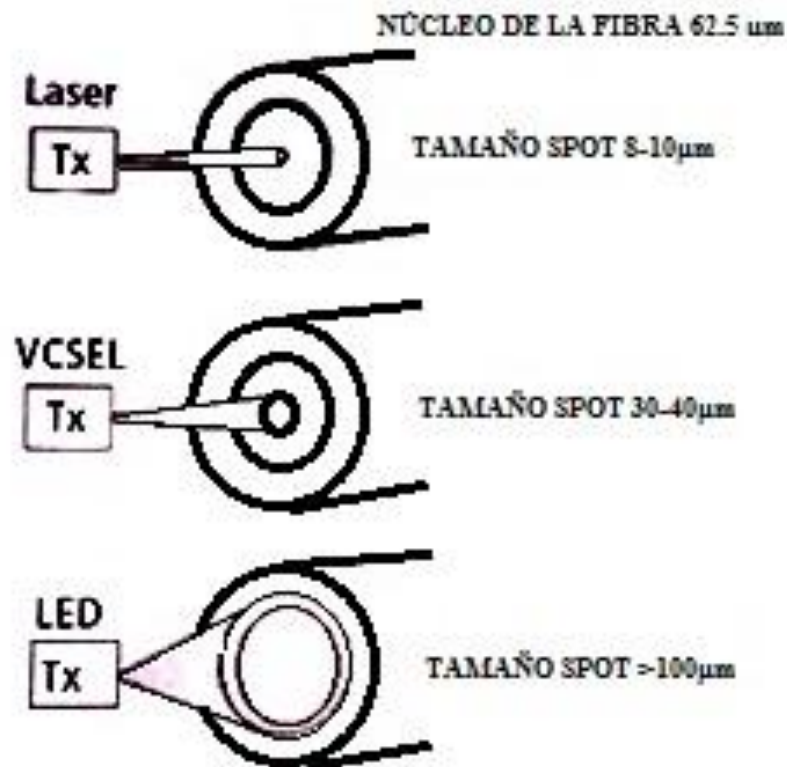


Figura 2. 4: Dimensiones spot size para fuentes de luz.
Fuente: Investigador basado en certificación FURUKAWA

2.2.7 Fibra Monomodo (SM – *Single Mode*)

Debido al menor tamaño de núcleo que presenta la fibra monomodo respecto a la multimodo, los equipos de comunicaciones ópticas deben tener una configuración

diferente a la multimodal, la medida de su núcleo es 9 μm y presentan un único modo de propagación.

Los rayos de luz recorren el interior de la fibra por un único camino, la variación del índice de refracción del núcleo en la relación al revestimiento determina la configuración con la cual, los equipos operan para diferenciar con que fibra se trabaja monomodo y multimodo.

Siendo monomodo de dispersión desplazada y dispersión no cero desplazada.

Las características de estas fibras son muy superiores a las multimodo, con banda de paso más ancha, que aumenta la capacidad de transmisión, presentan pérdidas más bajas, aumentando la distancia entre las transmisiones sin utilizar repetidores de señal.

En la Tabla 2.5, se muestran las características geométricas de la fibra monomodo.

Tabla 2. 5: Parámetros Técnicos Fibra Monomodo

Ítem	Estándar	Bajo Pico de Agua	Optimizada para curvaturas
	ITU-T G.652.B	ITU-T G652.D	ITU-T G657.A
Diámetro del revestimiento(μm)	124-126	124,03-125,07	124,03-125,07
Diámetro del Recubrimiento Primario (μm)	235-255	235-245	
No circularidad del Revestimiento	<2%	<1%	
Error de Concentricidad(μm)	<12	<12	
Error de Concentricidad del Campo(μm)	<0,8	<0,5	

Fuente: Investigar basado en certificación FURUKAWA

2.2.8 Fibra Dispersión Desplazada (DS – *Dispersion Shifted*)

En la gama de fibras que se pueden usar en los equipos de comunicaciones ópticas se encuentra la fibra de dispersión desplazada donde se tienen pérdidas bajísimas <3 nm y un mayor ancho de banda 5000 (MHZ*KM), sin embargo, presentan desventajas con relación a la fabricación, que exige técnicas avanzadas y de difícil manejo, con costo muy superior a las fibras de tipo multimodo.

Estas fibras trabajan en la 3ra ventana (1550 nm), con dispersión cromática cero, para atender la necesidad de los sistemas DWDM (Densed Wavelength Division Multiplexing). Tiene efectos no lineales, como la generación de armónicos.

Las normas que rigen y dan las características a este tipo de fibras son las establecidas por el sector de normalización de las Telecomunicaciones UIT que estudia los aspectos técnicos de explotación, y tarifarios; publica normativas sobre los mismos con vista a la normalización de las Telecomunicaciones a nivel mundial.

La Norma UIT-T 653 establecen las características que deben respetar las fibras de dispersión desplazada.

En la Tabla 2.6, se muestran las características geométricas de la fibra dispersión desplazada.

Tabla 2. 6: Parámetros Técnicos Fibra Dispersión Desplazada

Características Técnicas	Estándar	Bajo Pico de Agua	Optimizada para Curvaturas
	ITU-T G.652.B	ITU-T G.652.D	ITU-T G.657.A
Prueba de Resistencia(Gpa)	0,7(1,0%)	0,7(1,0%)	0,7(1,0%)
Índice de Refracción 1310nm	1,467	1,467	1,467
Índice de Refracción 1550nm	1,468	1,468	1,468

Fuente: Investigar basado en certificación FURUKAWA

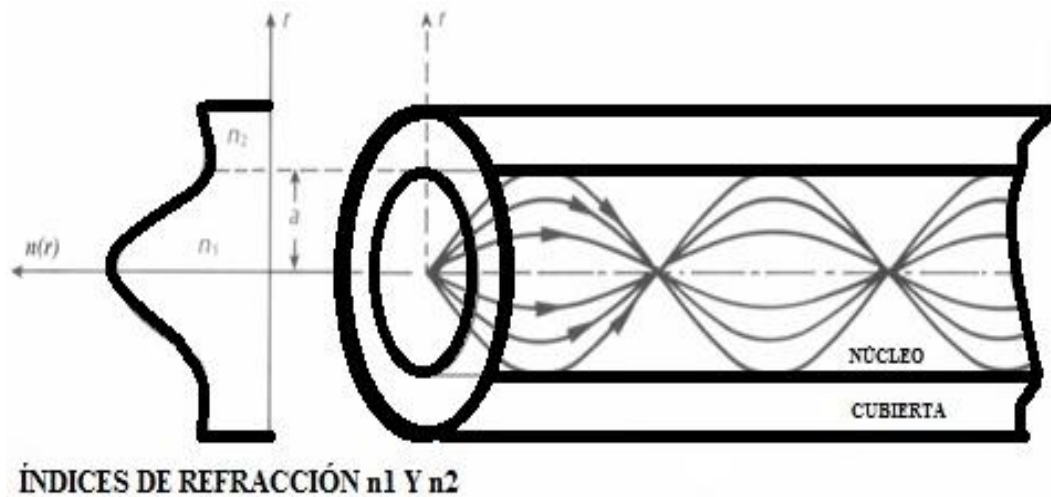
2.2.9 Fibra Dispersión No Cero Desplazado (NZDS – *Non-Zero Dispersion Shifted*)

Debido a su dispersión baja, pero no nula en 1550 nm, varía su configuración al momento de fusionar dicha fibra, su única diferencia es que el pequeño valor controlado de dispersión resuelve el problema de los efectos no lineales de la fibra de dispersión desplazada.

En este tipo de fibra la fabricación varía, y su núcleo que es por donde viajan el pulso óptico presenta diversas impurezas colocadas de forma controlada por los fabricantes, las cuales son las encargadas de absorber parte de luz, con distintos objetivos.

La ruta que siguen los rayos de luz se abre y se cierran, en forma de balones, modificando los índices de refracción mediante las impurezas del núcleo, esto es muy útil para transmisiones de video, ya que su sincronización es ideal.

En la Figura 2.5, se muestra el camino que sigue los pulsos ópticos dentro del núcleo de la fibra óptica.



ÍNDICES DE REFRACCIÓN n_1 Y n_2
Figura 2. 5: Recorrido de los rayos de luz en fibra dispersión desplazada
Fuente: Investigador basado en certificación Grupo Orión

En la Tabla 2.7, se muestran las características de transmisión de la fibra dispersión no cero desplazada.

Tabla 2. 7: Parámetros Técnicos Fibra Dispersión No Cero Desplazada

Características Técnicas		Estándar	Bajo Pico de Agua	Optimizada para Curvaturas	
		ITU-T G.655.B	ITU-T G.655.D	ITU-T G.657.A	
Diámetro del Campo Moda(μm)	1310nm	8,8-9,8	8,8-9,6	8,5-9,3	
	1550nm	9,6-11,2	9,9-10,9	9,5-10,5	
Longitud de Onda de Operación(nm)		1310-1550	1260-1625	1260-1625	
Atenuación Óptica Típica(dB/Km)	1310nm	0,33	0,33	0,33	
	1383nm	N/A	0,33	0,33	
	1550nm	0,19	0,186	0,186	
Atenuación Óptica Máxima(dB/Km)	1310nm	0,37	0,36	0,36	
	1383nm	2	0,36	0,36	
	1550nm	0,23	0,23	0,23	
Longitud de Onda de Corte(nm)		<1270	<1260	<1260	
Dispersión Cromática(ps/nm*Km)	1310nm	<3	<2,5	<2,5	
	(1285-1330)nm	<3,5	<3	<3	
	1550nm	<18	<17	<17	
	(1525-1575)nm	<20	<18	<18	
PMD(ps/Km)	Típico	0,15	0,06	0,06	
	Máximo	0,2	0,1	0,1	
Atenuación por Macro Curvatura					
Rayo de Curvatura(mm)			30	30	10,0-15
Número de Vueltas			100	100	1-10,0
Atenuación Óptica Máxima(dB)	1550nm		NA	NA	0,25-0,75
	1625nm		0,1	0,1	1-1,5

Fuente: Investigar basado en certificación FURUKAWA

2.2.10 Clasificación ISO 11801

En la Tabla 2.8, se muestra la clasificación ISO 11801 de las fibras ópticas por largo de onda y tecnología.

Tabla 2. 8: Clasificación ISO 11801

CLASIFICACIÓN ISO 11801	DIÁMETRO NÚCLEO (MICRONS)	NOMBRE COMERCIAL	VENTANA (NM)	ANCHO DE BANDA MÍNIMO (MHZ/KM)		DISTANCIA MÁXIMA (M)	CANAL ETHERNET
OM1	62,5	MM 62,5/125 Standard	850	200	n.e	275	1000BASE-SX
							10GBASE-SR
			1300	500	n.e	550	1000BASE-LX
							10GBASE-LX4
OM2	50	MM 50/125 Standard	850	500	n.e	550	1000BASE-SX
							10GBASE-SR
			1300	500	n.e	550	1000BASE-LX
							10GBASE-LX4
OM3	50	LaseWave 300	850	1500	2000	970	1000BASE-SX
							10GBASE-SR
			1300	500	500	600	1000BASE-LX
							10GBASE-LX4
OM4	50	LaseWave 550	850	3500	4700	1040	1000BASE-SX
							10GBASE-SR
			1300	500	500	600	1000BASE-LX
							10GBASE-LX4

Fuente: Investigador basado en certificación FURUKAWA

2.2.11 Recomendaciones del Estándar ANSI/TIA 568-C

El mundo de la fibra óptica existen diversos tipos cables y accesorios ópticos, los cuales deben respetar diferentes factores para ser utilizados en el campo de comunicaciones, la ANSI/TIA 568-C define como estándar los cables multimodo y monomodo, de acuerdo a las siguientes tablas:

En la Tabla 2.9, se puede observar los parámetros del cable de fibra óptica multimodo.

Tabla 2. 9: Parámetros del cable multimodo 62,5/125 μm

Largo de Onda (nm)	Atenuación Máxima (dB/km)	Ancho de Banda (MHz/km)
850	3,5	160
1300	1,5	500

Fuente: Investigador basado en certificación FURUKAWA

En la Tabla 2.10, se observa los parámetros del cable de fibra óptica multimodo 50/125 μm .

Tabla 2. 10: Parámetros del cable multimodo 50/125 μm

Largo de Onda (nm)	Atenuación Máxima (dB/km)	Ancho de Banda (MHz/km)
850	3,5	500
1300	1,5	500

Fuente: Investigador basado en certificación FURUKAWA

En la Tabla 2.11, se muestra los parámetros del cable de fibra óptica monomodo.

Tabla 2. 11: Parámetros del cable monomodo

Largo de Onda (nm)	Atenuación Máxima (dB/km)	Ancho de Banda (MHz/km)
	Cable Externo	Cable Interno
1310	0,5	1,0
1550	0,5	1,0

Fuente: Investigador basado en certificación FURUKAWA

La atenuación máxima de empalme debe tener como valor máximo 0,3 dB, los conectores que recomienda utilizar la el estándar es de tipo SC la vida útil de los conectores debe tener como mínimo 1000 operaciones, y la atenuación por conector

debe ser menor a 0,75dB; las pérdidas por retorno están especificadas en: monomodo < 26dB y multimodo < 20 dB.

2.2.12 Estándar UIT-T para Fibra Óptica

Definido por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), que rigen las normativas que deben cumplir los distintos tipos de cables de fibra óptica para fibra Monomodo (SM) UIT-T G.652; Multimodo (MM) UIT-T G.651.1; Dispersión Desplazada (DS) UIT-T G.653; Dispersión No Cero Desplazada (NZDS) UIT-T G.655.

Para comunicaciones ópticas a gran distancia se emplean cables de fibras ópticas monomodo, que son formados por grupos de fibra bajo una misma cubierta de protección, motivo por el cual se establecen valores máximos y mínimos en diferentes ventanas de transmisión que deben respetar y cumplir los cables monomodo para una óptima y correcta transmisión de datos, debido sobre todo a su gran ancho de banda.

2.2.13 UIT-T G.652

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) define como recomendaciones ITU-T G.652 para regularizar la fibra monomodo estándar, primero se la creo para su uso en la región de longitud de onda de 1310 nm

También puede ser utilizado en la región de longitud de onda de 1550 nm, presenta cero de dispersión ($0.092 \text{ ps/nm}^2 * \text{Km}$) en segunda ventana en 1300 a 1324 nm de longitud de onda, adecuada para multiplexación por división de longitud de onda gruesa (CWDM).

Puede utilizarse en segunda ventana con peor atenuación (0.4 dB/Km) o en tercera ventana con peor dispersión, pero mejorables con dispositivos compensadores de dispersión.

La fibra óptica monomodo, para lograr rendimientos ópticos de acuerdo a aplicación distinta, se incluyen diversos dopajes en el vidrio (impurezas agregadas controladamente).

En la Tabla 2.12, se muestran los parámetros que deben cumplir los cables de fibra óptica monomodo.

Tabla 2. 12: Parámetros del estándar UIT-T G.652

Atributos de la Fibra		
Ítem	Detalle	Valor
Diámetro	Longitud de Onda	1310 nm
	Rango nominal	8.6-9.5 μ m
	Tolerancia	0.6 μ m
Diámetro de la Cubierta	Nominal	125.0 μ m
	Tolerancia	1 μ m
Error de Concentricidad del Núcleo	Máxima	0.6 μ m
No-circularidad de la cubierta	Máxima	1.0%
Corte de Longitud de Onda	Máxima	1260 nm
Pérdida de Macrocurvatura	Radio	30 nm
	Número de Concentricidad	100
	Valor Máximo en la 4ta Ventana	0.1 DBm
Tensión	Mínima	0.69
Coeficiente de Dispersión Cromática	Longitud de Onda Mínima	1300 nm
	Longitud de Onda Máxima	1324 nm
	Dispersión Máxima	0.092 ps / nm x km
Atenuación	Máxima en la 3ra Ventana	0.5 dB/km
	Máxima en la 4ta Ventana	0.4 dB/km
PMD	M	20 cables
	Q	0.01%
	Máximo	0.5 ps/km

Fuente: Investigador basado en International Telecommunications Union <https://www.itu.int/>

2.2.14 UIT-T G.651.1

La UIT define como recomendaciones UIT-T G.651.1 para regularizar la fibra multimodo estándar, primero se la creo bajo la recomendación UIT-T G.651 y fue suprimida el 16 de agosto del 2008, pues su contenido ha quedado obsoleto y está ahora cubierto por la nueva Recomendación UIT-T G.651.1 sobre las aplicaciones de fibra

multimodo en redes de acceso óptico, y especifica las características de los cables de fibra óptica multimodo que entro en vigor desde diciembre del 2008.

En la Tabla 2.13, se muestran los parámetros que deben cumplir los cables de fibra óptica multimodo.

Tabla 2. 13: Parámetros del estándar UIT-T G.651.1

Atributos de la Fibra		
Ítem	Detalle	Valor
Diámetro de la Cubierta	Nominal	125 μ m
	Tolerante	2 μ m
Diámetro del Núcleo	Nominal	50 μ m
	Tolerante	3 μ m
Error de Concentricidad del Núcleo-Cubierta	Máxima	3 μ m
No-circularidad del Núcleo	Máxima	6%
No-circularidad de la Cubierta	Máxima	2%
Longitud de Corte	Nominal	0.20
	Tolerante	0.015
Pérdida de Macrocurvatura	Radio	15 mm
	Número de Concentricidad	2
	Máxima en la 1ra Ventana	1 dB
	Máxima en la 3ra Ventana	1 dB
Tensión	Mínimo	0.69 Gpa
Longitud de Onda Modal	Máxima en la 1ra Ventana	500 MHz – km
	Máxima en la 3ra Ventana	500 MHz – km
Coeficiente de Dispersión Cromática	Longitud de Onda Mínima	1295 nm
	Longitud de Onda Máxima	1340 nm
	Dispersión Máxima 1295 < λ_0 < 1340 nm	<0.105 ps/nm x km
	Dispersión Máxima 1310 < λ_0 < 1340 nm	<375 x (1590 -) x 10 ps/nm – km
Coeficiente de Atenuación	Máximo 850 nm	3.5 dB/km
	Máximo 1300 nm	1.0 dB/km

Fuente: Investigador basado en International Telecommunications Union <https://www.itu.int/>

2.2.15 UIT-T G.653

La UIT define como recomendación UIT-T G.653, para regularizar la fibra de dispersión desplazada (Dispersión - *shifted fiber*), características de los cables y fibras ópticas monomodo con dispersión desplazada presenta los mejores valores de dispersión y atenuación a en la longitud de onda 1550 nm. En la práctica al tener dispersión cero a la longitud de onda de emisión, se incrementa un fenómeno llamado mezclado de cuatro ondas (FWM), que degrada la transmisión, y dificulta la multiplicación WDM. Entro en vigencia en julio del 2010.

En la Tabla 2.14, se muestran los parámetros que deben cumplir los cables de fibra óptica de dispersión desplazada.

Tabla 2. 14: Parámetros del estándar UIT-T G.653

Atributos de la Fibra		
Ítem	Detalle	Valor
Diámetro del campo modal	Longitud de Onda	1550 nm
	Rango	7.8-8.5 μ m
	Tolerante	0.8 μ m
Diámetro de la Cubierta	Nominal	125 μ m
	Tolerante	1 μ m
Error de Concentricidad del Núcleo	Máxima	0.8 μ m
No-circularidad de la Cubierta	Máxima	2.0%
Longitud de Corte	Máxima	1270 μ m
Pérdida de Macrocurvatura	Radio	30 nm
	Número de Concentricidad	100
	Máxima en la 4ta Ventana	0.5 DBm
Tensión	Mínimo	0.69 Gpa
Coeficiente de Dispersión Cromática	Longitud de Onda Mínima	1525 nm
	Longitud de Onda Mínima	1575 nm
	D Max	3.5 ps/(nm x km)
	λ_0 min	1500 nm
	λ_0 max	1600 nm
	Dispersión Máxima	0.085ps/(nm x km)
Coeficiente de Atenuación	Máxima en la 4ta Ventana	0.35 dB/km
PMD	M	20 cables
	Q	0.01%
	Máximo	0.5 ps km

Fuente: Investigador basado en International Telecommunications Union <https://www.itu.int/>

2.2.16 UIT-T G.655

La UIT define como recomendación UIT-T G.655, para regularizar la fibra de dispersión desplazada no nula (NZDSF), el efecto práctico de esto es tener una cantidad pequeña pero finita de dispersión cromática en 1550 nm, en el caso de la UIT-T G.655 C, para el rango de 1530-1565 nm puede llegar hasta (1.0 a 10 ps/nm* Km), lo que minimiza los efectos no lineales como la FWM, SPM y XPM.

Utiliza división de longitud de onda densa (DWDM), este sistema permite la operación de equipos sin necesidad de emplear dispositivos compensadores de dispersión, pudiendo ser empleadas en redes.

Y define las características de fibras y cables ópticos con dispersión desplazada no nula, entro en vigor en noviembre del 2009, su antecesor fue la recomendación obsoleta publicada en marzo del 2006.

Esta recomendación regulariza las características que deben tener las fibras ópticas dentro de las ventanas de transmisión, para una transmisión sin problemas, sin dispersiones elevadas, ni tampoco atenuación excesiva de la señal.

Las rutas que sigue los pulsos lumínicos son redondeados en abriéndose y cerrándose, debido a su dopación controlada del núcleo, la dispersión cromática que recomienda la UIT debe ser mínima en la cuarta ventana para minimizar los efectos no lineales, que requieren la transmisión de datos.

Las versiones anteriores de esta recomendación fueron recicladas debido a la evolución de los equipos de transmisión ópticos como son Láser, LED, VCSEL, y a la multiplexación utilizada por los convertidores eléctricos – ópticos, estas variaciones se ven reflejadas en las pruebas y pérdidas detalladas en la tabla 2.15

En la Tabla 2.15, se muestran los parámetros que deben cumplir los cables de fibra óptica de dispersión desplazada no nula.

Tabla 2. 15: Parámetros del estándar UIT-T G.655

Atributos de la Fibra		
Ítem	Ítem	Ítem
Diámetro del campo modal	Longitud de Onda	1550 nm
	Nominal	8-11 μm
	Tolerante	0.7
Diámetro de la Cubierta	Nominal	125 μm
	Tolerante	1 μm
Error de Concentricidad del Núcleo	Máximo	0.8 μm
No-circularidad de la Cubierta	Máximo	2.0%
Longitud de Corte	Máximo	1450 nm
Pérdida de Macrocurvatura	Radio	30 nm
	Número de Concentricidad	100
	Máximo	0.50 dB
Tensión	Mínimo	0.69 Gpa
Coeficiente de Dispersión Cromática rango: 1530.1565nm	λ_{min} y λ_{max}	1530 nm y 1565 nm
	Mínimo	1.0 ps/nm-km
	Máximo	10.0 ps/nm-km
	Símbolo	Positivo o Negativo
	Dispersión	< 5.0 ps/nm-km
	λ_{min} y λ_{max}	TBD
Coeficiente de Dispersión Cromática rango: 1565.1625nm	Dispersión Mínima	TBD
	Dispersión Máxima	TBD
	Símbolo	Positivo o Negativo
PMD	Máximo	(Note 1)

Fuente: Investigador basado en International Telecommunications Union <https://www.itu.int/>

Esta Recomendación fue aprobada en el mes de noviembre del 2009, y puesta a disposición de los usuarios en 19 de mayo del 2010 bajo el número de artículo E 35569.

Debido a que se basa en la transmisión DWDM dificulta su aplicación en WDM, tiene un fenómeno llamado FWM que es el mezclado de cuatro ondas; debido al tener una dispersión cero a la longitud de onda de emisión.

2.2.17 Elementos de un Sistema de Comunicaciones Ópticas

Utilizados para transmitir audio, video o datos de un lugar a otro; su principal componente es la señal óptica, está compuesto por un transmisor óptico, un canal la fibra óptica y un receptor óptico, de ser necesario si la distancia del enlace es extensa y se experimentan atenuaciones o pérdidas de señal a estos componentes básicos se debe añadir una repetidora para que inyecte potencia a la señal óptica.

El cuerpo de un sistema de comunicaciones ópticas está constituido por:

Transmisor óptico: su principal componente es la fuente de información el codificador que modula la señal para prepararla al momento de transmitir y la fuente de luz. Transforma la señal de información a pulsos ópticos adecuándola para el uso del sistema y su posterior transmisión.

Canal de Comunicaciones: Es el cuerpo del sistema que conecta al transmisor óptico con el receptor óptico el cual es la fibra óptica.

Receptor óptico: La señal ingresa al detector óptico para después dar paso al decodificador y demodulador la señal para finalmente obtener la señal recuperada. Recibe la señal óptica y la transforma a su estado de origen.

La figura 2.6 muestra un sistema de comunicación óptico en diagrama de bloques.

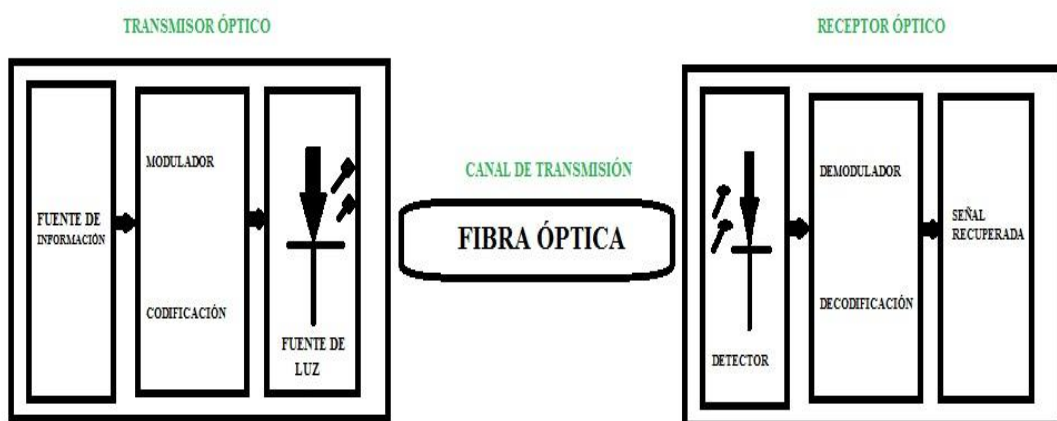


Figura 2. 6: Sistema de Comunicación óptico

Fuente: Investigador basado en Optical Fiber Communications (Segunda edición), Mc. Graw Hill

2.2.18 Elementos de un Sistema de Comunicaciones Óptico

Un sistema de comunicación óptico está compuesto por un transmisor (emisor óptico), cuerpo (fibra óptica) y un receptor (emisor óptico); el emisor óptico es una fuente de luz el cual puede ser un láser, LED, VCSEL, o un convertidor electro/óptico en general cuya función es convertir una señal eléctrica en un pulso eléctrico para que pueda ser transmitida a través del cuerpo del sistema la fibra óptica monomodo o multimodo dependiendo de la necesidad y la configuración de los requerimientos del mismo, los pulsos ópticos viajan por los canales ópticos de la fibra y llegan al receptor el cual es un emisor óptico transformando los pulsos ópticos provenientes de la fibra en su señal de origen.

El transmisor óptico es el primer elemento de un sistema de comunicación óptico su función es proporcionar el pulso luminoso en el cual está integrada la información a enviar, con una potencia de salida necesaria para que recorra el canal sin ningún problema, así como la velocidad binaria necesaria, convirtiendo la señal eléctrica en señal óptica.

El canal de comunicación óptico es la fibra óptica que está constituida por: núcleo y recubrimiento; el núcleo está compuesto por fibra de vidrio que es por donde se propaga la luz, la capa exterior es el revestimiento el cual actúa como guía y da la dirección de propagación de los pulsos luminosos que pasan en el núcleo.

La señal luminosa a medida que se propaga a lo largo de la fibra presenta varios inconvenientes la dispersión de la señal que se debe a las diferentes velocidades con las que viaja la luz por el núcleo de la fibra y la atenuación que es provocada por la absorción de luz por las impurezas del núcleo.

Estos problemas explicados anteriormente hacen que la señal emitida sufra alteraciones y pueda no ser reconocida por el receptor óptico, para evitar esto se debe regenerar la señal mediante el uso de un repetidor, el cual amplifica y regenera el nivel de la señal óptica convirtiendo la señal O/E (óptica/eléctrica) a señal E/O (eléctrica/óptica) inyectándola nuevamente en la fibra

El receptor tiene un detector óptico, en este elemento se convierte la señal óptica en una señal eléctrica, además de tener un pequeño amplificador el cual regula la señal y la entrega a su nivel necesario para que pueda ser reconocida por el equipo destinatario de la información.

Para que la información pueda ser transmitida mediante un sistema de comunicación óptico debe tener sincronización y una etapa de alimentación, además de los elementos antes citados transmisor, canal y receptor.

2.2.19 Cables Ópticos

En el mundo de las comunicaciones ópticas existen diversos cables con los que se trabaja y es importante tener conocimiento de los principales, debido a la fragilidad de la fibra óptica usada en comunicaciones ópticas, es importante recubrirla adecuadamente de elementos protectores que permitan su instalación en campo. La utilización de cables ópticos, con múltiples fibras y recubrimientos, persigue tres objetivos básicos:

- Dureza mecánica, evitando la rotura de la fibra.
- Duración del enlace, evitando el envejecimiento del canal óptico.
- Curvaturas, evitarlas para disminuir la atenuación.

El diseño de un cable óptico se estructura en dos fases: tipo recubrimiento primario, y agrupamiento de las fibras ópticas. El recubrimiento primario proporciona resistencia que proteja a la fibra óptica.

Existen varios tipos de cables ópticos dirigidos a diferentes aplicaciones y los principales son:

- Loose
- Tight
- Groove
- Ribbon

Cable Loose

Los cables ópticos de tipo Loose presentan las fibras ópticas sueltas, acondicionadas en el interior de un tubo plástico, que ofrece la primera protección mecánica.

En el interior de esos tubos generalmente se agrega una especie de gel sintético de petróleo, que proporciona un mejor relleno y, principalmente, una gran protección de las fibras ópticas contra la humedad y golpes mecánicos.

Además de ese tubo, normalmente se introduce un elemento de tracción que recibe el revestimiento final.

Este tipo de cable es bastante utilizado en instalaciones externas aéreas y subterráneas y principalmente, en sistemas de comunicaciones de largas distancias.

En la figura 2.7, se muestra el cable tipo Loose en donde se aprecian las fibras ópticas sueltas, con protección mecánica.



Figura 2. 7: Cable tipo Loose

Fuente: Investigador basado en <http://www.redbroadband.com>

Cable Tight

En los cables ópticos de tipo Tight las fibras ópticas reciben un revestimiento primario de plástico y sobre éste otro revestimiento de material plástico, que ofrece más protección a las fibras, denominándose elemento óptico cada fibra con su respectivo revestimiento.

Los elementos ópticos se reúnen alrededor de un elemento de tracción que, junto con los demás, recibe un revestimiento final, que resulta en el cable óptico de tipo Tight.

Este cable fue uno de los primeros que se utilizaron en las redes de telefonía; no obstante, actualmente, estos cables se están utilizando en pocas aplicaciones donde sus características demuestran ser bastante favorables, como instalaciones internas de cortas distancias, donde es necesario realizar conectorización.

En la figura 8, se muestra el cable tipo Tight en donde se aprecian a las fibras ópticas con un revestimiento primario de plástico, cada fibra tiene su propio revestimiento.



Figura 2. 8: Cable tipo Tight

Fuente: Investigador basado en <http://www.redbroadband.com>

Cable Groove

En los cables tipo groove, las fibras ópticas se acomodan en los surcos de una estructura interna, dispuestos en dirección longitudinal.

Generalmente este cuerpo en estrella presenta un elemento de tracción en su centro, que le proporciona una mayor resistencia mecánica al cable, el cual es bastante utilizado en aplicaciones donde se necesita un gran número de fibras ópticas.

Es muy útil y adecuado para su uso en instalaciones en vías públicas, bajo tierra, en sectorizaciones y para ser enterrada.

Esta fibra sirve para conectar ciudades, provincias, e incluso países, debido a su resistencia y a sus canales de distribución, facilitando la localización de la rotura en caso de existir.

En la figura 2.9, se muestra el cable tipo groove en donde se aprecian las fibras ópticas ubicadas dentro de una estructura interna.



Figura 2. 9: Cable tipo Groove

Fuente: Investigador basado en <http://www.redbroadband.com>

Cable Ribbon

En los cables tipo ribbon es posible concentrar 4000 fibras ópticas en un único cable, a través del uso de la misma estructura interna de tipo groove, aunque sustituyendo las fibras por conjuntos de fibra apiladas y fijadas en cintas.

Formando un bloque compacto, que a su vez se acomoda en las ranuras de las estructuras en estrella del cable, su estructura es muy parecida a la del cable Groove, su canalización ayuda a la organización de pares y ubicación de fibras defectuosas.

En la figura 2.10, se muestra el cable tipo ribbon en donde se aprecian hasta 4000 fibras dentro de una sola estructura.

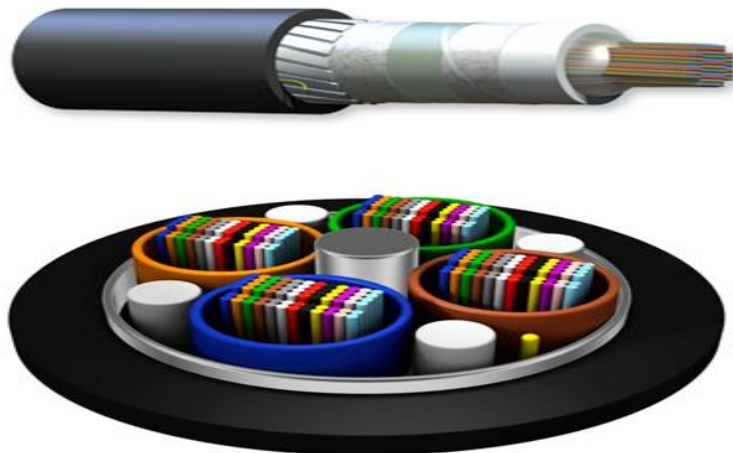


Figura 2. 10: Cable tipo Ribbon
Fuente: Investigador basado en <http://www.redbroadband.com>

2.3 Propuesta de solución

Con el diseño de un laboratorio de Comunicaciones Ópticas se reforzó la enseñanza y se dio soporte práctico en el área de comunicaciones ópticas, mejorando la calidad en la formación académica y profesional de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones de la Universidad Técnica de Ambato.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1 Modalidad de la investigación

La presente propuesta investigativa se sujetó a un enfoque de carácter cualitativo y cuantitativo; cualitativo ya que busca mejorar la calidad en la formación de los futuros profesionales, cuyos conocimientos sean garantizados en los aspectos teóricos, prácticos y sobre todo experimentales lo que les permita estar a la par con el vertiginoso mundo digital y tecnológico. Mientras que cuantitativo porque buscó despertar el interés académico profesional de estudiantes y docentes con el fin de contribuir al cumplimiento de la misión institucional.

Campo: Porque es necesario involucrarse con la población académica y conocer de cerca las necesidades reales del entorno educativo.

Bibliográfica: Debido a que es necesario dar un sustento teórico que justifique el proyecto propuesto y conocer las leyes teorías o definiciones de las fortalezas del Diseño del laboratorio de Comunicaciones Ópticas.

Experimental: Lo cual permite determinar los parámetros de operatividad del laboratorio de Comunicaciones Ópticas y su aplicación práctica con el fin de aprovechar al máximo sus bondades y mejorar la comprensión de la teoría a partir de la práctica.

3.2 Población y Muestra

No requiere población y muestra.

3.3 Recolección de la información

No requiere Recolección de Información.

3.4 Procesamiento y análisis de datos

Una vez que se ha obtenido la información apropiada de la investigación, ésta formará parte de un proceso de análisis en conjunto con los docentes de área del módulo para determinar las prácticas a efectuarse en el laboratorio.

3.5 Desarrollo del proyecto

Para el desarrollo de la investigación se efectuó los siguientes pasos:

- Investigación de los temas para las prácticas de comunicaciones ópticas.
- Selección y planificación de los temas de las prácticas.
- Análisis de requerimiento de equipos necesarios para las prácticas
- Selección de los equipos de mejor desempeño (multifunción).
- Elaboración del manual de prácticas del laboratorio.
- Investigación de las normas y estándares que regirán el laboratorio.
- Diseño del laboratorio de prácticas de comunicaciones ópticas.

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

El desarrollo del presente proyecto se elaboró para la formación y preparación de futuros Ingenieros en Electrónica y Comunicaciones, mediante el cual el laboratorio de comunicaciones ópticas se conseguirá en contacto de los estudiantes con los instrumentos principales que deberán manejar a diario en su vida profesional; conociendo, empleado y manipulando cables ópticos formando sistemas de comunicación óptica, mediante la elaboración de prácticas y talleres de instrumentación con el uso de fibra óptica, cortándola, pelándola y fusionándola; así como, observando y analizando las pérdidas y atenuaciones provocadas por diversos factores, tales como las curvaturas y los conectores.

4.1 Temas de las prácticas de comunicaciones ópticas.

Para el estudio de las prácticas con factibilidad para realizarse en el laboratorio de Comunicaciones Ópticas; se analizó el módulo de la materia, tomando en cuenta la necesidad pedagógica del estudiante para reforzar la teoría impartida en clase.

4.2 Prácticas propuestas para el laboratorio de Comunicaciones Ópticas

Este proyecto persigue, por una parte, el cumplimiento de los requisitos que establece la Norma ISO 17025 que es una normativa internacional desarrollada por ISO (International Organization for Standardization) en la que se establecen los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración acoplándolos a un laboratorio didáctico, por otra, la implantación y aplicación en la estructura de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de un laboratorio de Comunicaciones Ópticas.

Las prácticas en el módulo de Comunicaciones Ópticas, es una parte fundamental de las acciones previstas en el mencionado proyecto, en especial en aquellas actividades que necesitan reconocimiento visual para su correcto entendimiento como lo son: Componentes de un sistema de fibra óptica, Atenuación, pérdidas de acoplamiento, Tipos de fibra, Empalmes y conectores, etcétera; dichas actividades forman parte del Sílabo de Comunicaciones Óptica que lo podemos encontrar en el anexo A.

En la tabla 4.1, se muestran los temas de las prácticas propuestas y el esquema general para desarrollarlas.

Tabla 4. 1: Lista de Prácticas Propuestas

LISTA DE PRÁCTICAS	
No.	TEMA
1	Identificación de Cables Ópticos
2	Empalmes de Fibra Óptica
3	Medida de la Apertura Numérica
4	Modos de Propagación en la Fibra Óptica
5	Pérdidas por Curvaturas
6	Pérdidas por Empalmes
7	Pérdidas en conexiones ópticas

Fuente Investigador

Se facilita al personal docente e investigador de la Universidad Técnica de Ambato la preparación de prácticas para alumnos en talleres con fibra óptica, de manera que se tengan en cuenta y se aplique todos los estatutos que dicta la Norma ISO 17025; norma que rigen a laboratorios de ensayo y calibración siendo acoplada para el funcionamiento de nuestro laboratorio cumpliendo las siguientes disposiciones:

- Objetivos
- Estándar y Normas para consulta
- Materiales y Equipos
- Definiciones
- Control de documentos
- Especificaciones Técnicas de los Materiales
- Equipos
- Toma de las medidas
- Comparación de resultados
- Informe de los resultados
- Bibliografía

En la tabla 4.2, se muestra el modelo del informe final de las prácticas propuestas, se debe realizar respetando cada ítem propuesto para cumplir con la Norma ISO 17025 en la que se establecen los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración acoplándolos a un laboratorio didáctico, previo análisis y cotejamiento de requerimientos, investigando cada subíndice expuesto anteriormente, obteniendo como conclusión la posibilidad de utilizar esta Norma ISO en nuestro laboratorio.

Tabla 4. 2: Modelo de Informe Final

Modelo de Informe									
1. Tema									
"Tema de la Práctica"									
2. Datos Personales									
Nombre					Nombre y Apellido del Estudiante				
Módulo					Comunicaciones Ópticas				
Instructor					Nombre y Apellido del Docente				
3. Objetivos									
Objetivos de cada práctica									
4. Estándar y Normas para consulta									
Elaborar un cuadro informativo completo de los estándares y normas de los materiales usados por ejemplo, fibra monomodo, fibra multimodo, fibra de índice graduado, ITU G.652/ITU G.653/CLASIFICACIÓN ISO 11801/ANSI-TIA 568-C Ver tabla 12-15									
5. Materiales y Equipos									
Enumerar los materiales y equipos utilizados en la práctica									
6. Definiciones									
Se deberá llenar este campo con los conceptos de cada material y equipo utilizado en la práctica									
7. Control de documentos									
Hacer una lista de chequeos de los materiales a utilizar para que la práctica sea realizada en condiciones óptimas. Apoyarse en anexos, definiciones, libros, manuales, etc.									
8. Especificaciones Técnicas de los Materiales									
Utilizar la información del DataSheet de cada equipo									
9. Equipos									
Enumerar los equipos necesarios para la construcción de la práctica									
10. Toma de las medidas									
Anotar los resultados o culminar los objetivos de la práctica									
11. Comparación de resultados									
Cálculos Valores reales (medidos) vs Valores Ideales (óptimos, calculados)									
12. Informe de los resultados									
Tabla o gráficos de las medidas de la práctica									
13. Conclusiones y Recomendaciones									
14. Bibliografía									

Fuente: Investigador

4.3 Planificación de las Prácticas

En la planificación de las prácticas de laboratorio de comunicaciones ópticas se analizó diferentes actividades que se deben cumplir antes de la ejecución de una práctica de laboratorio como son: capacitación (uso y empleo), riesgos (peligros de pedazos de fibra óptica), cuidado (fragilidad de equipos), etcétera y se estableció un doble enfoque que regirá cada taller:

Planificación de las prácticas: La Planificación de las prácticas se basa en organizar y determinar los pasos a seguir para cumplir con los objetivos planteados en cada práctica, controlando los mismos mediante la adopción de las medidas pertinentes como son relacionar equipos, materiales a usar con cada taller, verificación del estado de los materiales, analizar los pasos de cada taller, entrega del informe final y la información necesaria de cada actividad a realizar.

Formación e información: La formación e información es extendida a todos los estudiantes que van a participar en las prácticas. Debe haber una formación inicial, previa al comienzo de las actividades, y una información específica suministrada en cada práctica para evitar un mal uso de los equipos y materiales.

Cada práctica debe respetar una serie de etapas analizadas en el enfoque “Planificación de las prácticas” que rige el laboratorio de comunicaciones ópticas, para un correcto desarrollo de cada actividad del taller.

INFORMACIÓN

FASES

RESULTADOS

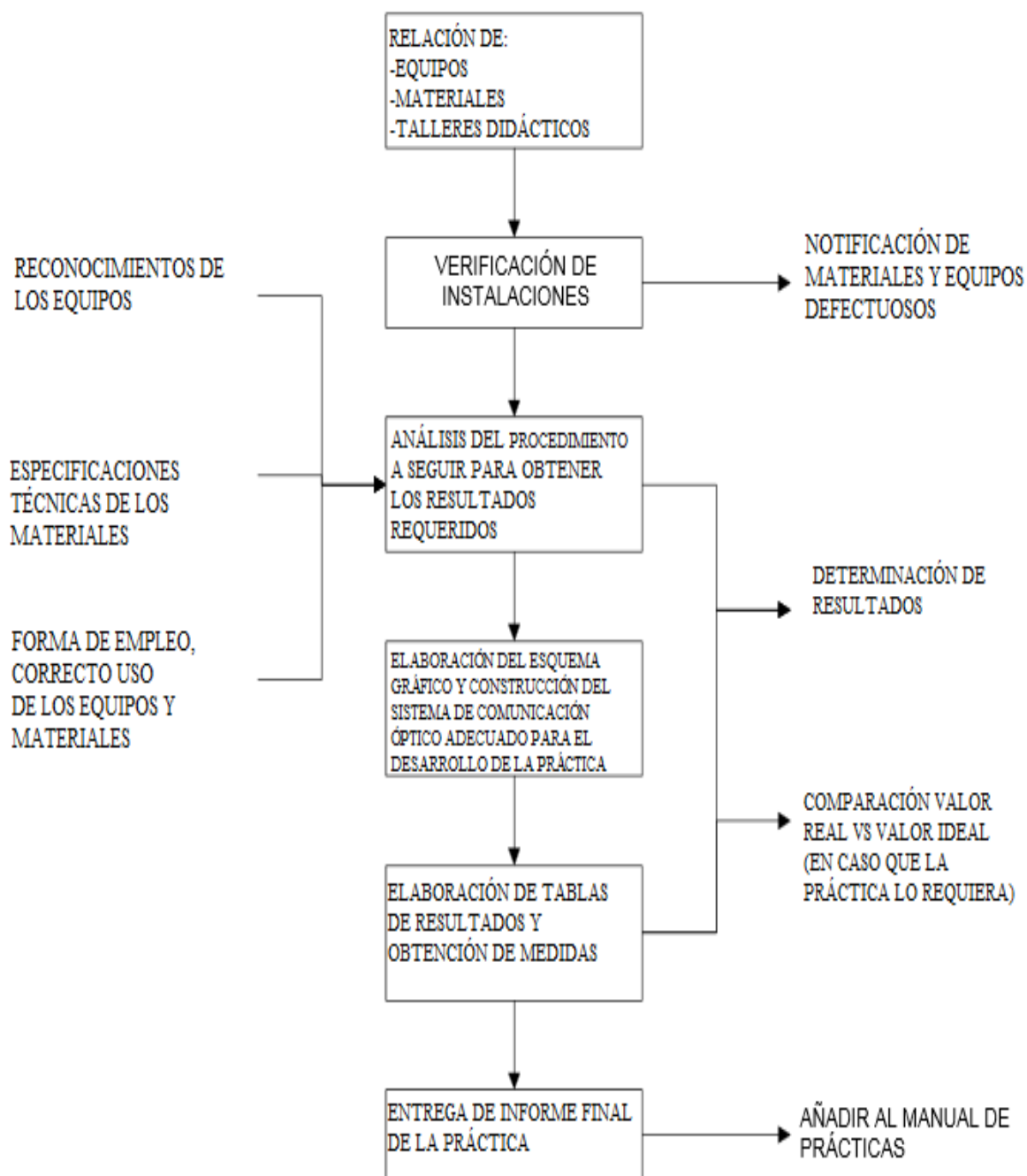


Figura 4. 1: Etapas de las Prácticas
Fuente: Investigador

4.4 Equipos de Comunicaciones Ópticas a usarse en el Laboratorio

A medida que evolucionaron las comunicaciones no solo se utilizaron los cables en la transmisión de voz, sino que también se comenzó a utilizar en la transmisión de datos; dando lugar a la introducción de la fibra óptica, por su capacidad de transmitir mayor cantidad de datos que los métodos convencionales de cable de cobre.

Requiriendo equipos especiales para la creación de un sistema de comunicaciones ópticas, motivo por el cual se introdujeron nuevos equipos especializados en fibra óptica, como son: fusionadora, cortadora de diamante, peladora de filamentos, fundas termo-retráctiles, etc.

Con estos nuevos artículos el mundo de las comunicaciones no volvió a ser el mismo, la primera generación de dichos equipos debido a su prematuro nacimiento fueron dedicados a una sola función por ejemplo la fusionadora solo realizaba la fusión de fibra óptica, la peladora de cable solo pelaba el cable de fibra óptica, la cortadora de fibra óptica solo cortaba en un solo ángulo, etcétera, teniendo un valor altísimo y casi imposible de costear para personas naturales.

La segunda generación de equipos ópticos tomando en cuenta las deficiencias de sus predecesores, agrupó en su composición distintos enfoques siendo capaces de realizar varias funciones siendo enfocadas en su principal característica la “MULTIFUNCIÓN”.

Así su evolución fue evidente ahora las fusionadora incluían hornillo para acoplar las cánulas o fundillas termo-retráctiles a la fibra soldada.

Las peladoras de filamento eran capaces de limpiar la fibra acorde a la necesidad del usuario, con estas características los costos se abarataron notablemente siendo asequible para la mayoría de usuarios.

Con la nueva generación de equipos especializados en fibra óptica y a medida de la evolución y cambios relevantes en los sistemas de comunicaciones, la renovación de cables de cobre hacia fibra óptica fue eminente, gracias a su gran ventaja de la sustentabilidad del costo hizo posible la migración de sistemas.

No paso mucho tiempo hasta que la mayor parte del planeta se vio cubierta por fibra óptica y la evolución de los equipos se afectó, no en su enfoque ya que la multifuncional que presenta la segunda generación es óptima, sino en su portabilidad; la tercera generación se caracteriza por tener equipos de bolsillo para facilitar el análisis de fallos en la continuidad de la red óptica distribuida a lo largo del mundo.

En la Tabla 4.3, se muestra la comparación entre diferentes fusionadoras de diversas firmas comerciales.

Tabla 4. 3: Fusionadoras de Fibra Óptica

MARCA	JILONG	SUN	FUJIKURA	RUIYAN
Modelo	KL – 300T	SUN-FS950	TCW-605C	RY-F600
Fibras Aplicables	SM MM DS NZDS	SM MM DS NZDS	SM MM DS NZDS SMF	SM MM DS NZDS
Diámetro de la Fibra	80-150 μ m	80-150 μ m	80-150 μ m	80-150 μ m
Número de Fibras	Un Solo Hilo	Un Solo Hilo	Un Solo Hilo	Un Solo Hilo
Fibra Troceada	12- 16mm	12 -16 mm	8 – 16 mm	10 – 16mm
Pérdida de Empalme	0.02dB (sm), dB (mm), dB (ds), dB (nzds)	0.02 (SM); 0.01 (MM); 0.04 (DS/NZDS)	0.02dB (sm), dB (mm), dB (ds), dB (nzds)	0.02dB (sm), dB (mm), dB (ds), dB (nzds)
Tiempo de Empalme	Típica 9 seg (fibra estándar sm)	Típica 9 seg (fibra estándar sm)	Típica 8 seg	Típica 8 seg
Pérdida de Retorno	> 60dB	> 60dB	> 60dB	> 60dB

MARCA	JILONG	SUN	FUJIKURA	RUIYAN
Modo de Fusión	Auto Calibración normal especial	Automático, manual	Automático, manual	Automático, manual
Método de Alineación	Meticuloso, core, clad, manual	Meticuloso, core, clad	Advanced Profile Alignment System (pas)	Meticuloso, core, clad
Programa de Empalme	40	9	10	40
Programa de calentamiento	24	30	30	32
Tiempo de Calentamiento de Tubo	Típica 30 seg	Típica 30 seg	Típica 30 seg	32 seg
Protección	60mm, 40mm	60mm, 40mm	60mm 40mm	60mm, 40mm
Almacenamiento	4000 resultados	2000 resultados	4000 resultados	4000 resultados
Ampliación de Fibra Imagen	300x (x o y vista), 150x (x e y de la vista)	300x (x o y vista), 150x (x e y de la vista)	300x (x o y vista), 150x (x e y de la vista)	300x (x o y vista), 150x (x e y de la vista)
Capacidad de la Batería	Típico 160 ciclos (empalme/tubo de calor con interior li-batería)	Típico 400 ciclos (empalme/tubo de calor con interior li-batería)	Soporte 220 ciclos (empalme y calefacción tubo) con una sola carga (3.5 horas) por lo menos	Típico 400 ciclos (empalme/tubo de calor con interior li-batería)

MARCA	JILONG	SUN	FUJIKURA	RUIYAN
Monitor	5.7 pulgadas LCD monitor en color	5.5 pulgadas LCD monitor en color	5.6 pulgadas LCD monitor en color	5.1 pulgadas LCD monitor en color
Prueba de Tensión	2N	2N	2N	2N
Vida del Electrodo	2500	2500	4000	5000
Terminal	USB	USB	Puerto USB y VGA	Puerto USB y VGA
Alimentación	Li-batería 11.8 V, AC100-240V DC13.5V/a	Li-batería 11.8 V, AC100-240V DC13.5V/a	Li-batería 11.1 V, AC100-240V DC13.5V/a	Li-batería 11.8 V, AC100-240V DC12.6V/a
Dimensión	150mm (l) x 150 mm (w) x 150 mm (h)	150mm (l) x 150mm (W) x 135mm (h)	620mm (l) x 420mm (W) x 360mm (h)	169mm (l) x 152mm (W) x 155mm (h)
Peso	2.55 Kg excepto la batería, 3.05 kg incluyendo la batería	3.0(including battery)	2.3 kg (sin batería) con adaptador ac/dc, 2.8 kg (incluyendo la batería).	2.4 kg (sin batería) con adaptador ac/dc, 2.9 kg (incluyendo la batería).
Precio	\$ 12000	\$ 8000	\$ 10000	\$ 6000

Fuente: Investigador basado en <http://www.jilong.com/>,
[http:// www.suntelecom.com.tw/](http://www.suntelecom.com.tw/), <http:// www.fujikura.com/> y
<http://www.ruiyantek.com/>

El análisis de los equipos determina que la marca RUIYAN presenta entre su catálogo una gran cantidad de herramientas que son las más adecuados para construir el diseño del laboratorio de comunicaciones ópticas, por sus características, factor económico, por prestaciones tecnológicas, y multifuncionalidad son las adecuadas para cumplir con los objetivos planteados en todas las prácticas que se muestran en el literal 4.6.

RUIYAN es una firma mundialmente conocida por su extenso y completo catálogo en el mundo de la Fibra óptica, además de ser una de las pocas marcas que cuentan con fusionadora, cortadora, fuente de luz, peladora y cables, en el contorno de sus fabricaciones; debido a la compatibilidad que nos ofrece al momento de elaborar un sistema de comunicaciones ópticas.

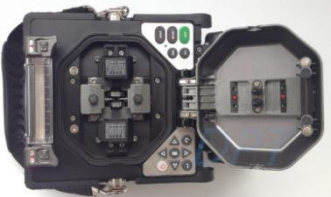
La calidad y la durabilidad de la batería de sus equipos lo hacen la marca ideal para realizar prácticas con sus equipos, a esto se debe sumar que cuenta con un puerto VGA y USB, que nos brinda mayor compatibilidad con otros equipos de laboratorio.


4.5 Características Técnicas de los Equipos Ruiyan

En la tabla 4.4 se encuentra las características técnicas del catálogo de equipos de fibra óptica en la marca Ruiyan, que vamos a utilizar para la construcción de nuestro laboratorio.

Tabla 4. 4: Fusionadoras RUIYAN

FUSIONADORAS ÓPTICA RUIYAN		
EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	PRECIO
<p>R Y-F600</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfoque automático. • Núcleo de la fibra con claridad Individual y simultáneamente. • Detección automática de cara final. • Fibra de presentación y el desplazamiento angular. 	<p>6000 USD</p>

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	PRECIO
<p style="text-align: center;">RY-F600H</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfoque automático. • 5.6 pulgadas TFT LCD monitor en color con pantalla digital de la imagen clara. • Interfaz USB y VGA. • Actualización de software a través de interfaz USB. • • Núcleo de la fibra con claridad Individual y vista simultáneamente. • Detección automática de cara final. • Fibra de presentación y el desplazamiento angular. • Pantalla principal y vestida de desplazamiento. • 5.6 pulgadas TFT LCD monitor en color con pantalla digital de la imagen clara. • USB y VGA interface. • Actualización de software a través de interfaz USB. 	<p style="text-align: center;">6500 USD</p>

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	PRECIO
<p data-bbox="327 387 560 421">RY-F600P FTTH</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="639 304 1015 421">• 10 segundos de empalme, 36 segundos de calentamiento. <li data-bbox="639 477 1015 551">• Vista simultánea en los ejes X Y <li data-bbox="639 562 1015 636">• Compatibilidad con equipos USB. <li data-bbox="639 647 1015 680">• Fibra Holders. <li data-bbox="639 692 1015 808">• Fibra 310X Simultánea X e y de la vista, o X/y Vista. <li data-bbox="639 864 1015 1061">• Alineación Multimodo: alineación de revestimiento, la alineación del núcleo, la alineación manual. <li data-bbox="639 1122 1015 1196">• Almacenar 1000 resultados de empalme. <li data-bbox="639 1252 1015 1352">• Almacenamiento de tiempos de descarga de electrodo. <li data-bbox="639 1375 1015 1572">• Transferencia de datos USB de la ayuda 5 pulgadas de alta resolución LCD de color. <li data-bbox="639 1594 1015 1711">• Nueva chaqueta suave es de gran alcance en la prueba del viento. <li data-bbox="639 1722 1015 1877">• Capacidad de la batería Indicación y el apagado automático en batería baja. 	<p data-bbox="1034 304 1174 338">8000 USD</p>

Fuente: Investigar basado en <http://www.ruiyantek.com/>

Las fusionadoras Ruiyan poseen transferencia de datos USB, interface VGA la cual nos da una extensa gama de compatibilidad con equipos no modernos de laboratorios y puertos USB, visualización en una pantalla LCD de 5 a 5.6 pulgadas, almacenamiento interno de los empalmes realizados, las cortadoras de diamante son esenciales para el proceso de pre-fusionado.

En la Tabla 4.5 se muestran las características físicas y técnicas de las cortadoras de fibra óptica basadas en puntas de diamante.


**Tabla 4. 5: Cortadoras de fibra óptica
CORTADORAS ÓPTICA RUIYAN**

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	PRECIO
<p style="text-align: center;">RY – S6</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Con su diseño ergonómico y peso ligero, la cuchilla RY – S6 ofrece al operador la versatilidad para escindir en un banco de trabajo o en la palma de su mano. • Basta con pulsar la palanca completa el cleave fibra y de forma automática los residuos. • Con 16 posiciones, la larga hoja de por vida alcanza 50,000 escinde fibra. • Vida útil (2000-3000/spot) de corte ajustable • Longitud: 10-20mm. • Peso ligero, ángulo de corte: <1 grados. 	<p>400 USD</p>

Fuente: Investigar basado en <http://www.ruiyantek.com/>

En la Tabla 4.6 se muestran las características físicas y técnicas de la fuente de luz óptica de la firma RUIYAN.

Tabla 4. 6: Fuente de luz óptica
FUENTES DE LUZ ÓPTICA RUIYAN


EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	PRECIO
<p style="text-align: center;">RY3100C</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Proporciona 1 ~ 4 longitudes de onda de salida que puede ser opcional según las necesidades de los estudiantes: 850nm, 1490nm, 1550nm • CW, 2Hz Salida de modulación en 650nm • CW, 270Hz, 1 KHz, 2 KHz • Salida de modulación en otras longitudes de onda • Alta estabilidad de la potencia de salida • Longitud de onda de salida estable • Retroiluminación de la pantalla LCD • Soporta la operación de noche • Gran pantalla LCD 	<p>600 USD</p>

Fuente: Investigar basado en <http://www.ruiyantek.com/>

La fuente de luz óptica es un equipo esencial en el entorno del laboratorio de comunicaciones ópticas, debido a sus diversas longitudes de onda que permiten cumplir los distintos objetivos de las prácticas propuestas; la multifuncionalidad de 850nm, 1490nm y 1550nm.

En la Tabla 4.7 se muestran las características físicas y técnicas de herramientas ópticas de la firma RUIYAN.

**Tabla 4. 7: Kit de herramienta de fibra óptica de fibra óptica
KIT DE HERRAMIENTA DE FIBRA ÓPTICA RUIYAN**

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	PRECIO
<p>7 en 1 de fibra óptica</p> <p>FTTH Tool Kit</p> <p>7pcs/set FTTH Tool Bag</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Kit de herramientas incluye: • Cortador de diamante FC-6S • Medidor de potencia TL-510A • Mini-fuente de luz 10 mW • Pelacables HW-8FS • Separador de fibra óptica CFS-2 1 • Tijeras para Klevar • Bolsa de transporte Herramienta 	<p>569,23 USD</p>

Fuente: Investigar basado en <http://www.ruiyantek.com/>

El Kit 7 en 1 de Ruiyan incluye todos los elementos básicos para realizar un empalme; así como para el empleo de fibra óptica.

Es catalogado como un kit estudiantil debido a la inclusión de una cortadora de diamante y una fuente de luz, herramientas que se venden por separado para la elaboración de los sistemas de comunicaciones ópticas.

4.6 Desarrollo de las Prácticas Propuestas

Las prácticas expuestas a continuación se las realizó con la ayuda de un análisis previo a los requerimientos necesarios de los estudiantes, investigando y adaptando dichas prácticas a los equipos previamente citados en el apartado 4.5, realizando un manual completo de mi autoría.

Cada práctica deberá cumplir con los objetivos propuestos al inicio de las mismas, siguiendo los pasos indicados a cabalidad, para obtener los resultados deseados.

El marco teórico necesario para el entendimiento de las siete prácticas expuestas en el manual se encuentra en el apartado “Introducción”.

Los talleres están distribuidos de forma programática, es decir que tienen un orden específico por lo cual no se puede saltar ninguna práctica, y se debe respetar su disposición.

4.7 Materiales para las Prácticas

Para realizar las prácticas a más de los equipos seleccionados anteriormente se necesitan materiales específicos, para obtener los objetivos señalados en cada taller, a continuación detallaremos cada uno de los materiales necesarios:

- Cable Monomodo de dos hilos

Compatible en su totalidad con la cortadora RY – S6, y perfecto para la fusión de fibras, en la figura 4.2 podemos observar la composición de este cable de Fibra Óptica.



Figura 4. 2: Cable de Fibra Óptica Monomodo 2 hilos
Fuente: Investigador Basado en Listado de materiales 3m solutions

➤ Cable Multimodo 2 hilos

En la figura 4.3, podemos observar el cable multimodo de 2 hilos.



Figura 4. 3: Cable de Fibra Óptica Multimodo 2 hilos
Fuente Investigador: Basado en Listado de materiales 3m solutions

➤ Funda Plástica

La fibra óptica necesita de mucho cuidado estas fundas resguardaran la fibra con la que trabajaremos, y gracias a su cierre evita caídas que ocasionan destrucción del núcleo de vidrio de la fibra, lo cual lo deja inservible.

En la figura 4.4, podemos observar la funda plástica que protegerá la fibra óptica permitiendo etiquetarla.



Figura 4. 4: Funda con cierre
Fuente: Investigador Basado en Listado de materiales Zipper

➤ Guantes

Al permanecer en contacto con la fibra óptica necesitamos protección y mantener un ambiente limpio, por lo cual el uso de guantes ayuda a evitar mantener contacto físico (piel/fibra) y así ensuciando el núcleo de la Fibra Óptica, los guantes seleccionados para este tipo de trabajo son de uso quirúrgico, por la sanidad que presentan los mismos.

En la Figura 4.5, podemos observar los guantes que se utilizarán en las prácticas de Laboratorio de Comunicaciones Ópticas.



Figura 4. 5: Guantes Quirúrgicos
Fuente: Investigador Basado en Listado de materiales Great Glove

➤ Cánula o funda termo-retráctil

Estas fundillas sirven para la fusión de la fibra óptica, en su etapa final se la coloca en el hornillo de la fusionadora junto con el cable fusionado, para fortalecer la unión.

En la Figura 4.6, podemos observar las Cánulas o fundas termo-retráctiles



Figura 4. 6: Cánulas o fundas termo-retráctiles
Fuente: Investigador Basado en Listado de materiales 3m solutions

➤ Paño Húmedo

La fibra óptica es un material que necesita mucho cuidado y limpieza al momento de su manipulación, por lo cual se utilizará paños húmedos para su limpieza.

En la Figura 4.7, podemos observar los paños húmedos.



Figura 4. 7: Paño Húmedo

Fuente: Investigador Basado en Listado de materiales EcoWipes

➤ Alcohol

Se utiliza para la limpieza del lugar de trabajo antes de realizar las prácticas.

En la Figura 4.8, podemos observar la botella de Alcohol.



Figura 4. 8: Alcohol

Fuente: Investigador Basado en Listado de materiales JGB.

- Pantalla de tela brillante de 210mm x 297mm

Se emplea en la proyección de los haces de luz provenientes de la fibra óptica, para observar los resultados de las prácticas.

En la Figura 4.9, podemos observar la pantalla de proyección.



Figura 4. 9: Pantalla de Proyección.
Fuente: Investigador Basado en Listado de materiales Líder Papel.

- Bobinas de Cable de Fibra Óptica

Las bobinas de cable de fibra óptica cuentan con varios conectores en la entrada superior se encuentra dos conectores donde está distribuido cincuenta metros de fibra óptica monomodo de dos hilos, en el segundo nivel están dos conectores donde está distribuido cien metros de fibra óptica monomodo de dos hilos y en su último nivel se encuentran dos conectores donde está doscientos metros de fibra óptica monomodo de dos hilos, lo cual nos ayuda a realizar la práctica de pérdidas de conectores.

En la figura 4.10, podemos observar la bobina de fibra óptica.



Figura 4. 10: Bobinas de Cable de Fibra Óptica.
Fuente Investigador: Basado en Listado de materiales DEGEM SYSTEMS

4.8 Manual De Prácticas

4.8.1 Práctica N° 1

Identificación de Cables Ópticos

a) Objetivos

- Analizar la composición de los diferentes tipos de cables ópticos utilizados en los sistemas de comunicaciones ópticas.
- Examinar las distintas cubiertas de los cables de Fibra Óptica
- Estudiar el funcionamiento de los cables de Fibra Óptica

b) Introducción

Debido a la fragilidad de la fibra óptica usada en comunicaciones ópticas, es importante recubrirla adecuadamente de elementos protectores que permitan su instalación en campo. La utilización de cables ópticos, con múltiples fibras y recubrimientos, persigue tres objetivos básicos:

- Dureza mecánica, evitando la rotura de la fibra.
- Duración del enlace, evitando el envejecimiento del canal óptico.
- Curvaturas, evitarlas para disminuir la atenuación.

El diseño de un cable óptico se estructura en dos fases: tipo recubrimiento primario, y agrupamiento de las fibras ópticas. El recubrimiento primario proporciona resistencia que proteja a la fibra óptica.

Existen varios tipos de cables ópticos dirigidos a diferentes aplicaciones y los principales son:

- Loose
- Tight
- Groove

- Ribbon

LOOSE

c) Materiales

- Cortadora de fibra óptica RY – S6
- Cables de fibra óptica de diferentes tipos (Loose, Tight, Groove, Ribbon)

d) Desarrollo de la práctica

En esta práctica se analizará la constitución de diversos cables ópticos. Cada grupo elegirá varios de estos cables, y ayudándose de las hojas de características proporcionadas por el fabricante, deberá:

- Observar las distintas capas de protección, identificando su material.
- Examinar el tipo, número y disposición de los canales de fibra óptica.
- Identificar el tipo de cable y su aplicación, de acuerdo a su estructura, utilizando la información proporcionada por el fabricante.

La práctica se puede resumir con el siguiente esquema:

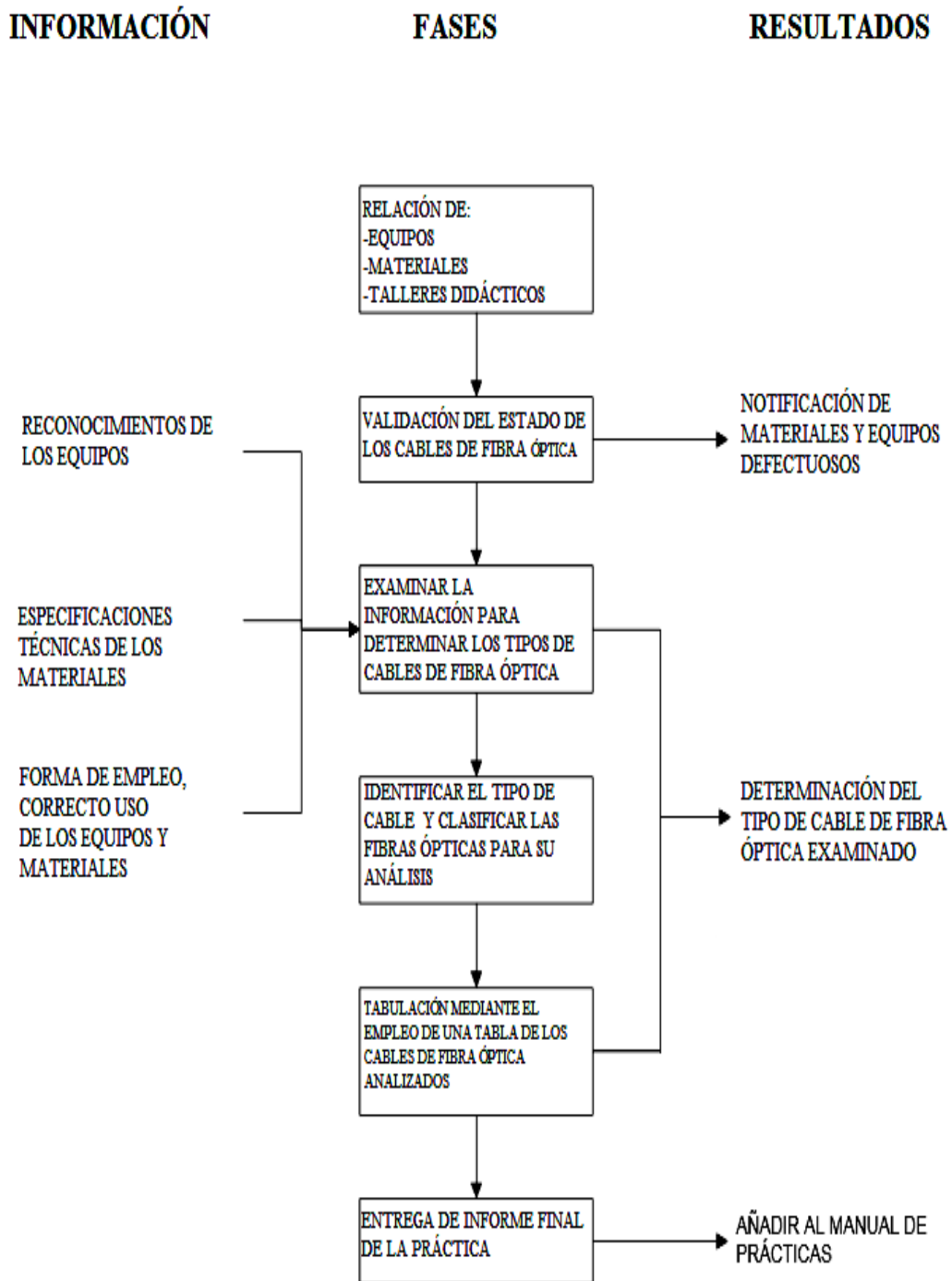


Figura 4. 11: Esquema Práctica N°1
Fuente: Investigador

e) **Conclusión**

- La culminación exitosa de la práctica nos permite, familiarizarnos y conocer la Fibra Óptica.

4.8.2 Práctica N° 2

Empalmes de Fibra Óptica

a) Objetivos

- Analizar las diversas formas de pelarla Fibra Óptica.
- Examinar los distintos cortes de Fibra Óptica, previo a la fusión.
- Estudiar los pasos para fusionar la Fibra Óptica.

b) Introducción

En la actualidad los sistemas de comunicaciones ópticas utilizan una fibra de dióxido de silicio (SiO₂), de 125 μm. con un núcleo de aproximadamente 9 μm de diámetro. Para la segunda y tercera ventana de transmisión, 1300 y 1550 nm respectivamente.

La operación básica que se realiza sobre la fibra óptica es la preparación de su extremo, para introducir o extraer luz, y para soldar dos fibras; prolongando el canal óptico. Para lo cual se realizar dos operaciones:

- Pelado de la fibra.- Se remueve todas las cubiertas protectoras de la misma, dejando libre sólo el canal óptico.

Existen dos técnicas:

- Pelado mecánico, se utiliza básicamente un pelacables, sin embargo los recubrimientos de Klevlar o aramida requieren una herramienta especial.

Para cortar la capa protectora más interna, denominada cubierta primaria, existen herramientas específicas, que se caracterizan por un diámetro de corte calculado con mucha precisión para evitar dañar el núcleo de la fibra.

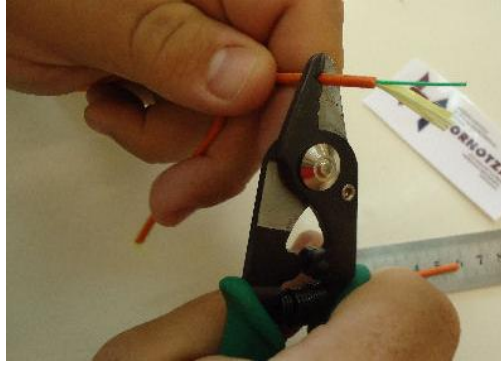


Figura 4. 12: Pelado Mecánico
Fuente: Investigador

- Pelado químico, empleado para eliminar la cubierta primaria. Para el recubrimiento de acrilato se utiliza di-cloro-metano (Cl_2CH_2). La cubierta de poliamida es más difícil de eliminar: típicamente se emplea ácido sulfúrico (SO_4H_2) a alta temperatura.

Se produce una fisura superficial en la fibra, a continuación, se aplica una tensión que propaga la fisura hasta producir la rotura. El corte así producido es perfectamente plano y perpendicular.

El corte puede realizarse de forma manual o automática: para ello, existen máquinas que se encarga de pasar una cuchilla sobre la fibra para producir la micro-fisura, para luego tensionarla y provocar la ruptura.

- Corte, se lo aplica para que el extremo sea perfectamente plano y perpendicular al eje de la fibra, y permitir el acoplo perfecto de la luz.

Un buen corte es esencial para que la unión de las fibras sea íntegra.



Figura 4. 13: Corte de Fibra Óptica
Fuente: Investigador

En la figura 4.13 podemos observar dos tipos de cortes; las fibras de la izquierda presentan un corte defectuoso, mientras que las de la derecha un corte perfecto.

Con esta técnica se evita la reflexión hacia atrás de la luz que ocurre normalmente en la interfaz fibra-aire de un conector de fibra óptica cuando el corte es perpendicular.

Varias situaciones pueden exigir la confección de empalmes de fibras de cables ópticos:

- Dar continuidad a un tramo de cable óptico que se esté instalando;
- Unir un cable a una extensión óptica con conector;
- Convertir un tipo de cable a otro;

Deben respetarse los siguientes procedimientos antes de realizar un empalme:

Limpieza: después de retirar convenientemente el revestimiento del cable, deberán retirarse los residuos de su interior, como el gel de petróleo, utilizando gasa o pañuelos de papel embebidos en alcohol isopropílico o anhidro (baja concentración de agua).

Decapado: las extremidades de las fibras ópticas deben someterse al proceso de decapado de su revestimiento externo (acrilato).

Nuevamente, las fibras decapadas deberán pasar por la misma limpieza ejecutada inicialmente.

Este proceso de limpieza debe realizarse varias veces hasta que la fibra esté perfectamente limpia.

Clivaje: consiste en el corte de las fibras en un ángulo de 90° , ellas estarán paralelamente posicionadas en el momento del empalme, para ofrecer un empalme de buena calidad, con bajos niveles de atenuación.

Este proceso de corte se realiza a través de herramientas especialmente proyectadas para esta función, denominados clivadores.

Existen dos procesos de empalmes en fibras ópticas:

- Mecánico
- Fusión

El proceso de empalme mecánico puede realizarse por bloqueo mecánico o a través de conectores.

El primero consiste en utilizar alineadores de precisión donde se introducen las fibras ópticas, para que queden frente a frente, lo más cercano posible, a continuación, se introduce un gel ecualizador de Índice de refracción en el espacio entre las dos fibras, para reducir la atenuación resultante.

Finalmente, a través del monitoreo con equipos de medición (power meter, OTDR) se ajustan las fibras y se traban en la posición de menor atenuación.

Este proceso de empalme es bastante utilizado en situaciones de emergencia, en carácter provisorio, pues la atenuación es muy superior a la obtenida con máquinas de fusión, con el agravante de empeorar con el transcurrir del tiempo.

El proceso de empalme por fusión se realiza con la máquina de empalmes, que funde las dos fibras ópticas juntas, y donde la atenuación es muy inferior a la de los procesos mecánicos, las etapas de empalme son las siguientes:

La segunda forma de empalme mecánico consiste en la utilización de conectores ópticos, vistos en detalle más adelante, en conjunto con adaptadores que aproximan, alinean y fijan los conectores en la posición adecuada.

Considerando que los conectores ya estén preparados, esta operación es bastante fácil de realizar, ofrece flexibilidad durante la interconexión de las fibras, los DIO (Distribuidores Internos ópticos) son accesorios que funcionan con base en ese tipo de empalme.

La fusionadora realiza los siguientes procesos:

Posicionamiento (alineación de los extremos de la fibra previamente cortados)

Pre-fusión (Eliminación de polvo mediante un arco eléctrico)

Fusión (Unión de las fibras con la ayuda de un tubo y un movimiento axial)

Post-fusión (Estabilización de la soldadura)

c) Materiales

- Cortadora de Fibra Óptica RY – S6
- Alcohol
- Cable Monomodo de Fibra Óptica de 2 hilos
- Paño
- Pelacables (Fibra Óptica)
- Cánula o funda termo-retráctil
- Guantes
- Funda Plástica
- Fusionadora RY-F600

d) Desarrollo de la práctica

- a) Introducir la cánula o funda termo-retráctil en la fibra óptica
- b) Pelar la fibra 3 a 5 cm
- c) Retirar la segunda protección de 250u del cable de fibra óptica
- d) Limpiar la fibra con una toallita con alcohol o paño húmedo
- e) Procedemos a cortar la fibra con la ayuda de la cortadora
- f) Limpiar la Fibra Óptica.
- g) Introducir la fibra aproximadamente 16 mm (la cortadora incluye medida)
- h) Utilizamos la cortadora con un corte rápido y preciso
- i) Limpiar la Fibra Óptica.
- j) Abrir la cortadora y retirar la fibra
- k) Fibra lista para introducir en la fusionadora
- l) Repetir el los pasos b al k para el otro extremo de la fibra
- m) Introducir los dos extremos de la fibra en la fusionadora, alineada los fillos de la fibra en los electrodos
- n) Cerramos los seguros e iniciará la fusión
- o) La máquina comprueba los cortes y realizará los procesos automáticamente
- p) Deslizar el tubo protector sobre la fibra
- q) Introducir la fibra en el horno de la fusionadora
- r) Cerrar y encender
- s) Retiramos la fibra

Para una perfecta unión o fusionado de la Fibra Óptica se debe seguir todos los pasos antes citados, y obtener los resultados de los gráficos, caso contrario deberá ser repetido el proceso paso por paso; la pérdida mínima reflejada por la fusionadora en la prueba de

tensión debe ser entre 0 DBm (ideal) hasta 0,5 dBm como máximo dependiendo del requerimiento del instructor.

La práctica se puede resumir con el siguiente esquema:

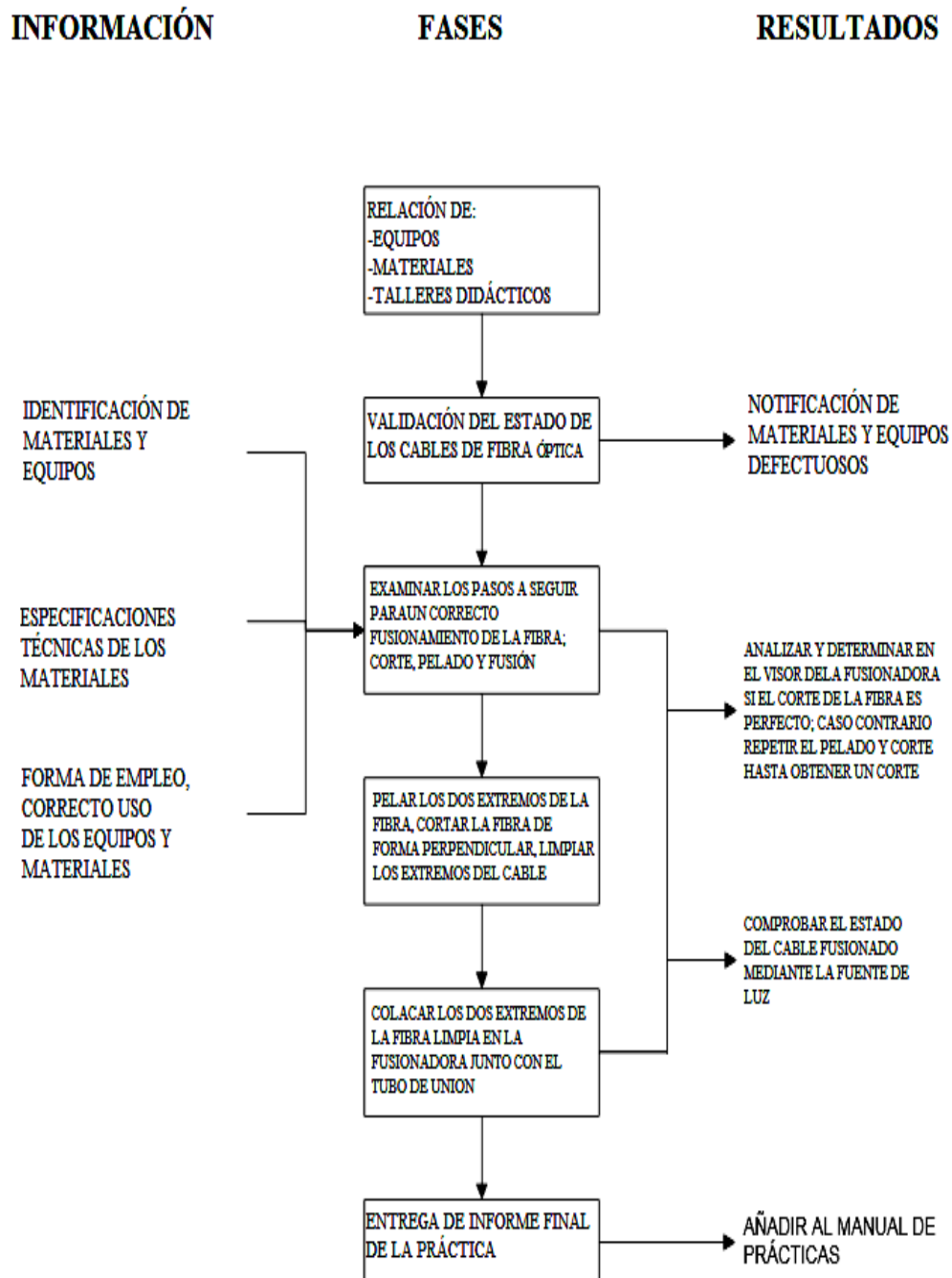


Figura 4. 14: Esquema Práctica N°2
Fuente: Investigador

e) **Conclusión**

- Para lograr una fusión perfecta debemos realizar un excelente corte y limpiar correctamente la fibra óptica.

4.8.3 **Práctica N° 3**

Medida de la Apertura Numérica

a) **Objetivos**

- Analizar la variación del valor de la apertura numérica al modificar el cono de aceptación.
- Emplear un método basado en la medición de la potencia óptica introducida en la fibra para distintas posiciones angulares de la misma.

b) **Introducción**

La apertura numérica de una fibra óptica es un parámetro relacionado con la cantidad de luz que se puede introducir en la misma, así como la dirección angular de la luz emitida por la misma al final de un canal de comunicaciones ópticas.

Se define como el seno del ángulo máximo de aceptación cuando el medio externo es aire ($n_0 = 1$) donde n_1 es el índice de refracción del núcleo y n_2 el de la cubierta Θ_{\max} es el ángulo máximo de aceptación: los rayos que lleguen a la fibra con un ángulo mayor, no se propagarán por la misma.

Esta definición de apertura numérica es aplicable únicamente a fibras de salto de índice, y supone un comportamiento todo/nada, es decir, o bien toda la luz es recogida por la fibra, o no lo es en absoluto, dependiendo de su ángulo de incidencia.

En la práctica, sin embargo, la potencia óptica acoplada a la fibra decrece progresivamente al aumentar el ángulo, y se ha tomado el convenio de que el ángulo máximo de aceptación es aquel para el que la potencia capturada por la fibra o emitida por la misma es un 5% de la máxima.

El montaje práctico se basa en lanzar un frente de ondas plano sobre la entrada de la fibra, monitorizando la potencia óptica propagada por la misma.

Variando el ángulo de incidencia de este frente de ondas se puede determinar el ángulo máximo de aceptación (cuando la potencia de la luz propagada es el 5% de la máxima), y de ahí se deduce la apertura numérica.

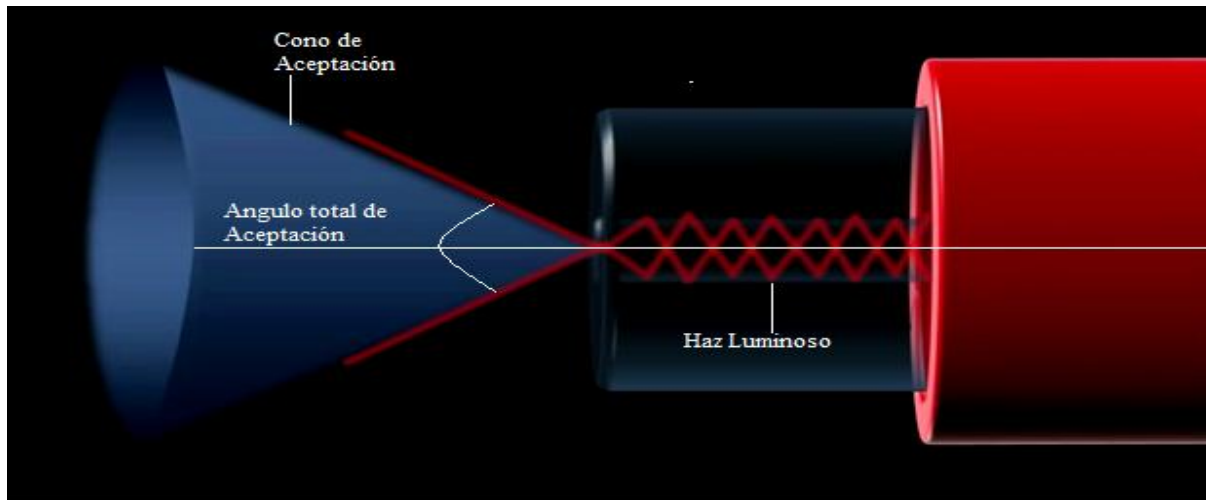


Figura 4. 15: Apertura numérica
Fuente: Investigador

Si el haz lumínico se propaga por fuera del cono de aceptación existirá total dispersión de dicho haz; el valor a tolerar para que exista transmisión es equivalente al ángulo de aceptación.

c) Materiales

- Fuente de luz (láser) 10 mW
- Cable de fibra óptica Multimodo 2 hilos 2m
- Pantalla de tela brillante de 210mm x 297mm
- Medidor de Potencia Óptica TL 510-A

d) Desarrollo de la práctica

La implementación del sistema de comunicación necesario para esta práctica se puede observar en la siguiente figura.

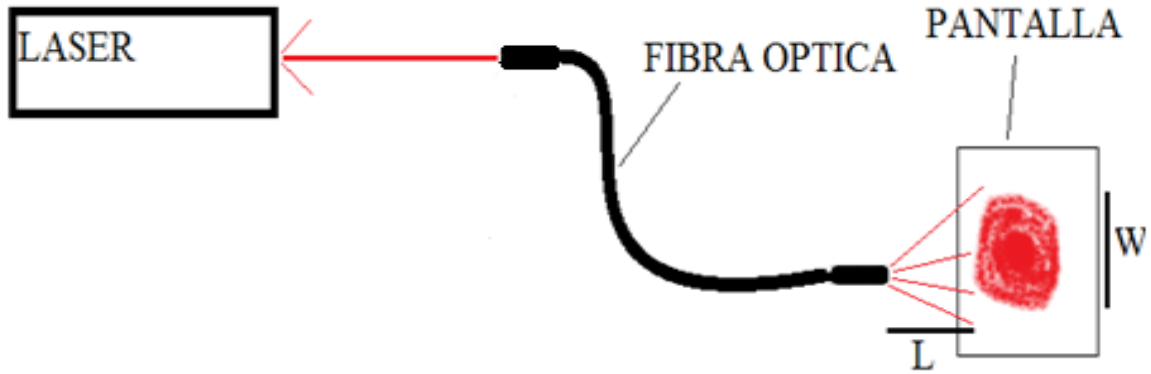


Figura 4. 16: Modelo de la construcción de la práctica.

Fuente: Investigador

El spot del láser incide en la fibra óptica, de forma que puede moverse para obtener el máximo acoplo de potencia.

En primer lugar debe alinearse el extremo de la fibra óptica respecto al haz emitido por el láser. A continuación, mover ligeramente el láser hasta que su haz incida directamente sobre la fibra, provocando un aumento brusco de la potencia óptica acoplada a la misma.

En estas condiciones, la fibra está alineada con el haz del láser, a la vez que el centro de giro coincide con su extremo. Anotar el tipo de fibra óptica y la potencia óptica máxima recogida.

Se debe mover la fibra hacia una dirección cualquiera, y detenerse en el momento en que la potencia óptica medida sea despreciable frente a la máxima.

Se iniciarán entonces las medidas, moviendo la fibra en la dirección contraria (hacia el máximo de nuevo), en pasos de media división (1 grado), y anotando la potencia óptica medida en cada punto, con la ayuda del medidor de potencia óptica.

Las medidas finalizarán cuando la potencia óptica haya descendido nuevamente hasta un valor despreciable, al menos, inferior al 5% de la potencia máxima.

Es normal que la potencia emitida por el láser sufra fluctuaciones, especialmente tras el encendido. Es conveniente promediar las medidas. Anotar las medidas de potencia óptica en función del ángulo de giro.

Con estos datos debe confeccionarse un gráfico con la potencia óptica en el eje de ordenadas y el ángulo en el de abscisas. Este gráfico debe tener forma de campana.

Dibujar aproximadamente el gráfico resultante, se buscan entonces los ángulos θ_1 y θ_2 para los que la potencia es el 5% de la máxima, siendo entonces la apertura numérica:

$$\phi_{max} = \left(\frac{1}{2} \frac{W}{L} \right)$$

En donde L=distancia FO (fibra óptica) y W= diámetro del SOPT (proyección del láser)

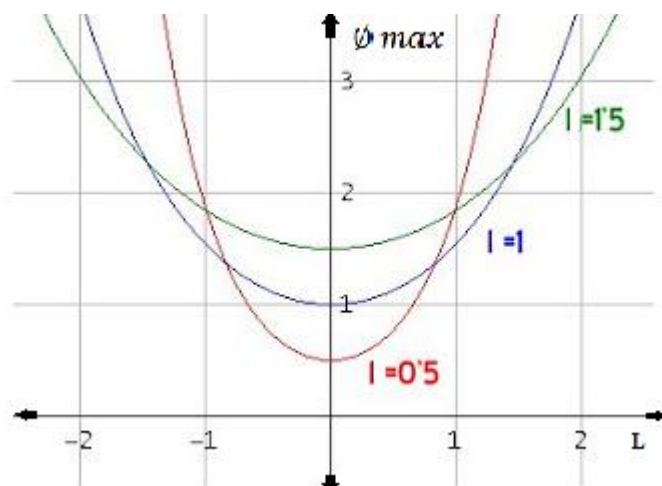


Figura 4. 17: Curva de Apertura numérica
Fuente: Investigador

La secuencia de la práctica se puede resumir con el siguiente esquema:

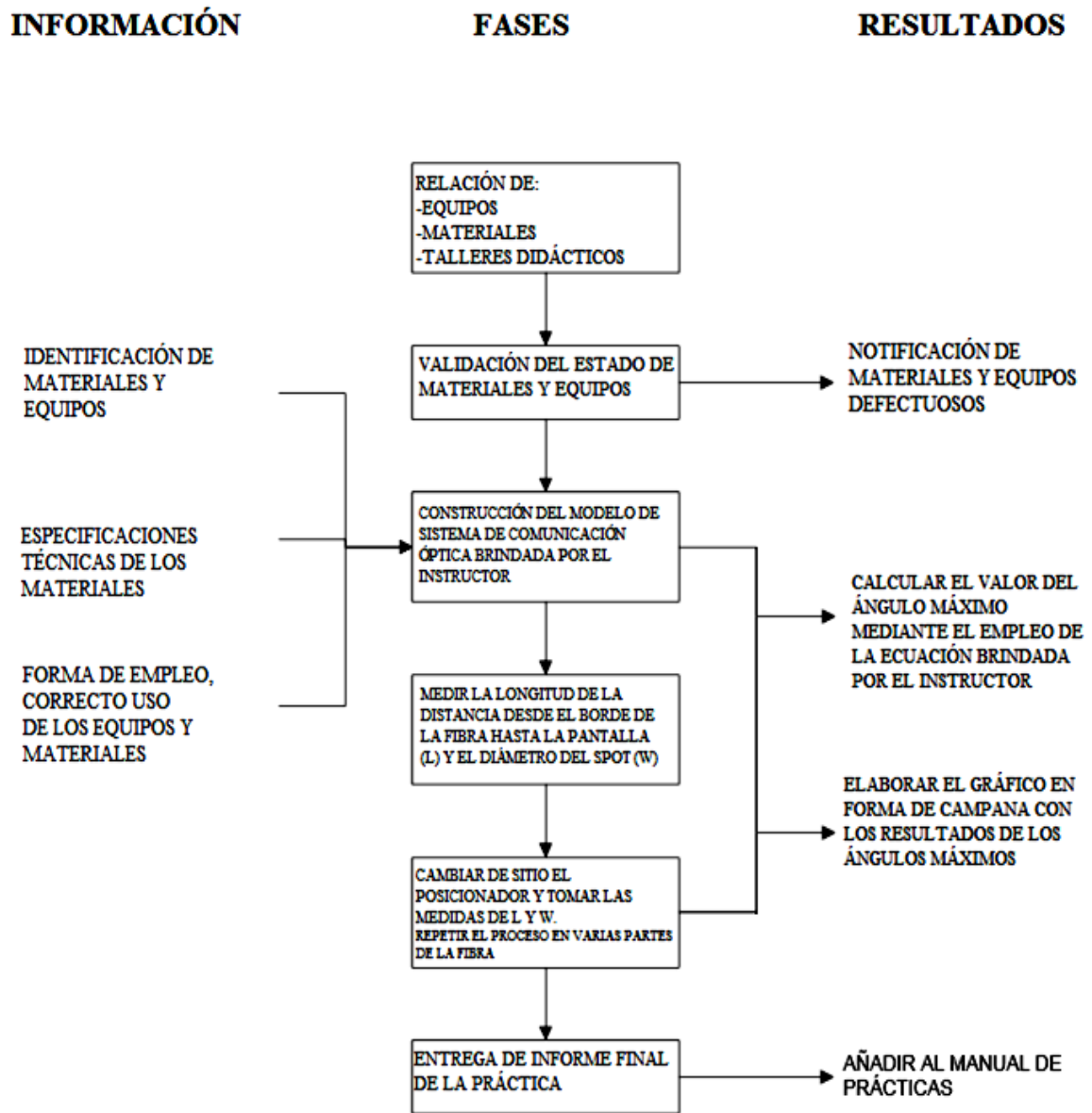


Figura 4. 18: Esquema Práctica N°3
Fuente: Investigador

e) Conclusión

- Para obtener propagación de luz dentro del cable de Fibra Óptica, los haces de luz deben estar en el rango de valores de los ángulos de aceptación, como pudimos observar en la práctica si la luz está dentro del cono de aceptación no se produce pérdidas de datos, a medida que sobrepasa el valor del cono la transmisión será defectuosa.

4.8.4 Práctica N° 4

Modos de Propagación en la Fibra Óptica

a) Objetivos

- Comprobar como una fibra óptica monomodo en 2ª y 3ª ventana se convierte en una guía-onda multimodo usando una longitud de onda suficientemente corta.
- Observar la distribución espacial del campo de los modos guiados por la fibra, que pueden excitarse individualmente modificando la forma de introducir luz en la misma y verse fácilmente, a simple vista, proyectando la luz propagada por la fibra sobre una pantalla.

b) Introducción

La fibra óptica monomodo se diseña para longitudes de onda de 1.3 ó 1.55 μm (segunda y tercera ventana de transmisión).

Para estas longitudes de onda, la fibra es una guía-onda Monomodo, pero esta condición se pierde si la longitud de onda es suficientemente pequeña (longitud de onda de corte).

Cambiando las condiciones de introducción de luz a la fibra (especialmente el ángulo de incidencia, es decir, la orientación espacial de la fibra respecto a la fuente de luz) y doblando la fibra para anular los modos superiores, es posible modificar las condiciones de propagación y seleccionar alguno de estos cuatro modos.

El spot de iluminación de salida de la fibra puede proyectarse sobre una pantalla, e identificar el(los) modo(s) propagado(s) a partir de la distribución de luz encontrada.

c) Materiales

- Fuente de luz (laser) 10mW
- 1 m de Cable de fibra óptica multimodo 2 hilos
- Pantalla de tela brillante de 210mm x 297mm

d) Desarrollo de la práctica

El sistema a utilizar incluye una fuente de luz (láser), un tramo de fibra óptica y la pantalla.

La luz procedente del láser se proyecta sobre la fibra óptica. La posición y dirección del extremo de fibra puede cambiarse para modificar el ángulo de incidencia de la luz, y así excitar adecuadamente los distintos modos.

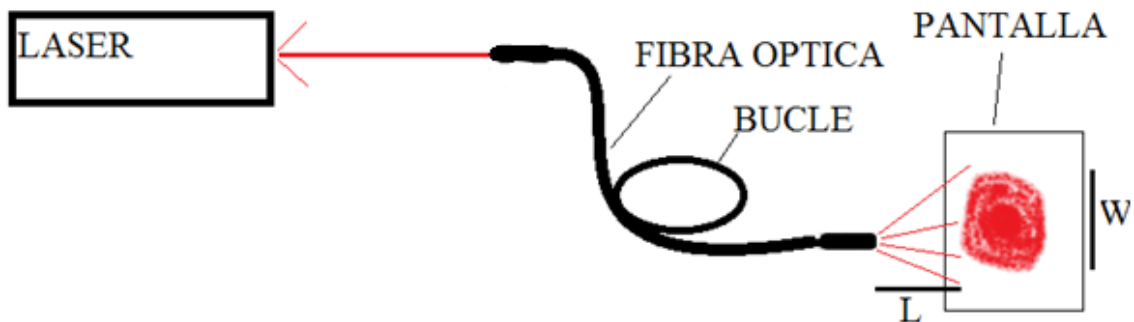


Figura 4. 19: Modelo de implementación de la práctica N°3
Fuente: Investigador

El patrón de radiación de la fibra puede observarse en una pantalla situada enfrente del extremo final de la fibra óptica.

1. En primer lugar se maximizará la potencia óptica acoplada, moviendo los posicionadores del inicio de la fibra hasta que la luminosidad del spot observado en la pantalla sea máxima.
2. A continuación se curvará manualmente la fibra para cambiar el número de modos propagados.
3. Se excitará alguno de los 4 modos propagados, variando:
 - Realizando bucles de diferente diámetro en la fibra.
 - La posición del extremo de fibra.
 - La dirección (posición angular) del extremo de fibra.

- Se comparará el patrón de radiación con el de los primeros modos linealmente polarizados. Tener en cuenta que puede excitarse más de un modo simultáneamente.

La secuencia de la práctica se puede resumir con el siguiente esquema:

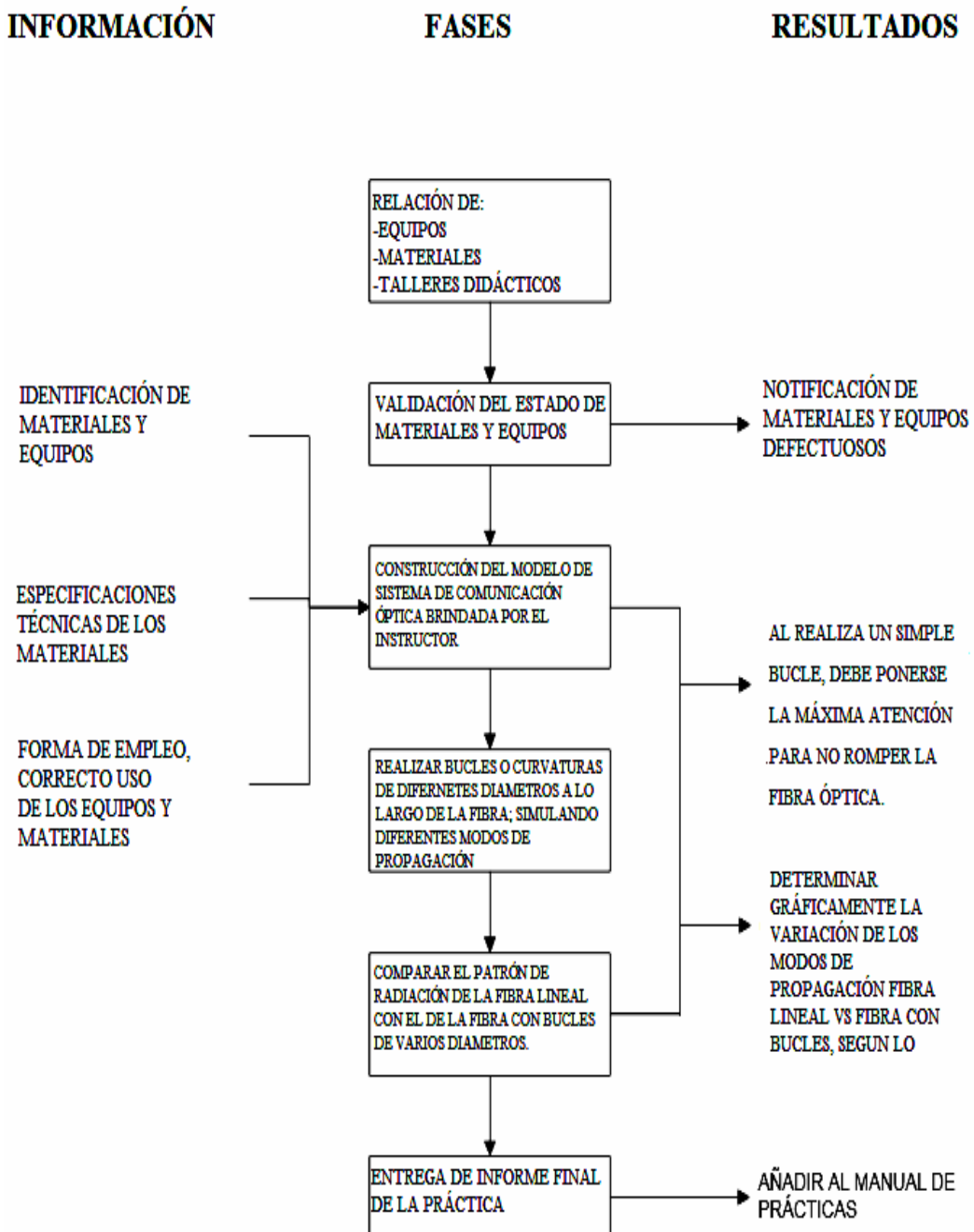


Figura 4. 20: Esquema de la Práctica N°4
Fuente: Investigador

e) Conclusión

- Una Fibra Monomodo con el empleo de una longitud de onda corta pueda convertirse en una Fibra Multimodo.

4.8.5 Práctica N° 5

Pérdidas por Curvaturas

a) Objetivos

- Analizar el efecto que producen las curvaturas sobre un canal de fibra óptica, caracterizando la atenuación que se introduce en el canal en función del radio de la misma.
- Determinar el valor de las pérdidas provocadas por los diferentes diámetros de curvaturas.

b) Introducción

Las curvaturas pueden producir efectos perjudiciales en un canal de fibra óptica, debido a la distorsión provocada en la guía de onda, y que suele traducirse en una pérdida de potencia (atenuación), afectando negativamente a las prestaciones del enlace.

Se considera que la atenuación α provocada por una curvatura depende exponencialmente del radio R de la misma según la ecuación:

$$\alpha = C_1 \cdot e^{-C_2 \cdot R} \text{ [dB]}$$

donde C1 y C2 son dos coeficientes que dependen de las características de la fibra óptica y de la longitud de onda de la radiación transportada; y R es el radio de la curvatura.

Por lo tanto, cuanto menor es el radio de la curvatura, mayor es la atenuación sufrida por la luz propagada.

Esta dependencia inversa entre el radio de curvatura y la atenuación debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar e instalar un enlace de fibra óptica.

Así, se considera que existe un radio mínimo de curvatura, denominado radio crítico R_C , que no debe nunca alcanzarse porque se provocarían pérdidas elevadas que podrían hacer peligrar el funcionamiento del enlace.

Este radio mínimo, para fibras monomodo, está dado por la siguiente expresión empírica:

$$R_C \approx \frac{20 \cdot \lambda}{(n_1^2 - n_2^2)^2} \left(2,748 - 0,996 \cdot \frac{\lambda}{\lambda_C} \right)^{-3}$$

mientras que, para fibras en régimen multimodo viene dado por:

$$R_C \approx \frac{3 \cdot n_1^2 \cdot \lambda}{4 \cdot \pi \cdot (n_1^2 - n_2^2)^{3/2}}$$

Donde, n_1 es el índice del núcleo, n_2 el de la cubierta, λ es la longitud de onda de trabajo y λ_C la longitud de onda de corte de la fibra.

En cualquier caso, siempre que sea posible, conviene evitar cualquier curvatura de menos de 10 cm de radio en una instalación.

La medida de las pérdidas en curvaturas se realizará mediante el método de las pérdidas de inserción.

Éste se basa simplemente en inyectar luz por un extremo de la fibra y medir la potencia óptica al final del tramo.

Realizando esta medición con y sin curvatura, es posible determinar con precisión la atenuación introducida por la misma.

c) Materiales

- Fuente de Luz (láser) 10mW
- 1 metro de cable de fibra óptica monomodo 2 hilos
- Medidor de potencia óptica TL 510-A

d) Desarrollo de la práctica

Para el desarrollo de la práctica se empleará una fuente de luz y un cable de fibra óptica, ambos integrados en un medidor de potencia óptica (MPO).

Se mide la potencia inicial del cable de fibra sin ningún tipo de bucle.

En primer lugar se realiza un bucle en la fibra anotando su diámetro, conectando un extremo al emisor de luz y el otro al receptor del MPO.

Activar la fuente de luz y medir la potencia óptica recogida al final del canal. Esta potencia óptica debe apuntarse y servirá de referencia para el cálculo de las pérdidas en las diferentes curvaturas.

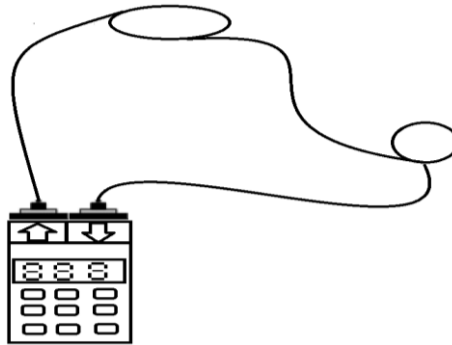


Figura 4. 21: Medición de la atenuación por curvaturas
Fuente: Investigador

A continuación, se curva un tramo de fibra óptica (en el extremo final del canal, pero lo más lejos posible del receptor) y se introduce en cada uno de círculos calibrados, anotando en cada caso la potencia óptica recogida y el radio aplicado.

Las pérdidas se calculan restando la potencia óptica en dBm recogida con cada curvatura, de la potencia óptica inicial de referencia.

Confeccionar una tabla en la que se recojan los diferentes radios de curvatura junto con las pérdidas provocadas con cada uno.

Representar gráficamente los valores obtenidos.

e) Conclusión

- En un sistema de comunicación óptico se debe tomar precauciones de la no-linealidad en el canal de comunicación por que pueden producir efectos perjudiciales en la fibra óptica, debido a la distorsión provocada en la guía de onda, y provoca pérdida de potencia (atenuación), afectando negativamente al enlace.

4.8.6 Práctica N° 6

Pérdidas por Empalmes

a) Objetivos

- Realizar una soldadura entre dos cables de fibra óptica.
- Analizar las pérdidas resultantes en el empalme.
- Determinar las pérdidas provocadas por empalmes en un sistema de comunicaciones ópticas.

b) Introducción

Se propone en esta práctica utilizar el método de las pérdidas de inserción.

Éste se basa simplemente en inyectar luz por un extremo de la fibra y medir la potencia óptica al final del tramo.

Realizando esta medición antes y después de efectuar el empalme, es posible determinar con precisión las pérdidas del mismo.

c) Materiales

- Fuente de Luz (láser) 10mW
- 1 metro de cable de fibra óptica multimodo
- Medidor de potencia óptica TL 510-A
- Fusionadora RY-F600

d) Desarrollo de la práctica

Se utilizará una bobina completa de fibra óptica, la fusionadora de fibra, así como una fuente de luz, integrados en el medidor de potencia óptica.

Las medidas se repetirán para la misma longitud variando el número de empalmes.

1. En primer lugar se realiza un bucle con la bobina completa de fibra, conectando los extremos al emisor y al receptor ópticos del MPO, tal y como se indica en la figura 1 (Pérdidas por Curvaturas, Práctica N°5). Se mide la potencia óptica en estas condiciones, potencia que denominaremos P1.
2. Anotar el valor de potencia P1.
3. A continuación se rompe la fibra a un metro aproximadamente del final (extremo conectado al receptor del medidor de potencia óptica) y se fusionan los dos extremos resultantes.
4. La nueva potencia óptica medida (P2), comparada con el valor antes de empalmar, indica las pérdidas en el empalme:
5. Anotar el valor de P2 y calcular las pérdidas obtenidas.

Es muy importante, durante el transcurso de la práctica, no modificar la conexión óptica al medidor, especialmente en la parte del emisor, pues un pequeño cambio de posición de los conectores ópticos puede alterar la potencia introducida en la fibra óptica y afectar a la medida realizada.

e) Conclusión

- Cualquier alteración en el canal de comunicación, afectará la transmisión de datos como pudimos observar en la práctica a mayor cantidad de empalmes realizados en la Fibra, mayor será el valor de la atenuación provocada.

4.8.7 Práctica N° 7

Pérdidas por conectores ópticos

a) Objetivos

- Realizar un sistema de comunicación óptico de varios metros (a elección).
- Analizar las pérdidas resultantes por los conectores ópticos.
- Determinar la las pérdidas provocadas por los conectores ópticos en un sistema de comunicaciones ópticas.

b) Introducción

Uno de los factores indispensables para ser tomado en cuenta al momento de realizar el balance en un sistema de comunicaciones ópticas es las pérdidas por conectores, debido a que en todos los sistemas se emplea numerosos diseños de conectores para entrelazar el cuerpo del sistema.

Las terminaciones ópticas se realizan a través de la instalación de conectores en las puntas de las fibras para su interconexión a los equipos de red y de medición. Los conectores ópticos son accesorios formados por un cerrojo, donde está la terminación de la fibra óptica, y un cuerpo, responsable por la fijación de esas fibras. Este, a su vez, está formado por una estructura donde se fija la fibra y por un revestimiento, que protege mecánicamente el cable del cual se retiró la fibra. En la extremidad del cerrojo se realiza un pulimento para reducir los problemas relacionados con la reflexión de la luz.

Los conectores también contribuyen en el aumento de la atenuación de las señales recibidas a través de dos efectos denominados pérdida de inserción y pérdida de retorno. La pérdida de inserción, más conocida como atenuación, es la pérdida de potencia luminosa que ocurre durante el paso de la luz a través de las conexiones. Existen varios factores que favorecen a esta pérdida. Las principales causas están relacionadas con irregularidades en el alineamiento de los conectores, pero existen otras inherentes a las fibras ópticas.

En la práctica, es la pérdida de inserción la que contribuye para la suma total de la atenuación o pérdida de potencia óptica de todo el tramo de cables. La pérdida de

retorno, conocida también por reflectancia, consiste en la cantidad de potencia óptica reflejada en la conexión, siendo que esta luz regresa a la fuente luminosa en el sentido inverso al que se envió. La causa principal está relacionada con las características de la cara de los cerros en los conectores. Esta pérdida, aunque no influya directamente en la atenuación total de la señal, puede degradar el funcionamiento de la fuente luminosa y, de esa forma, perjudicar la comunicación.

La pérdida de retorno puede evitarse tomando los siguientes cuidados durante la conectorización:

- Mantener limpio el entorno donde se realizará la conectorización.
- Controlar la temperatura del entorno.
- Garantizar un bajo nivel de humedad en el entorno de montaje.

Esas condiciones proporcionan conectorizaciones de buena calidad y bajos niveles de atenuación, además de garantizar la uniformidad de la conectorización.

Debe evitarse ejecutar la conectorización en campo, especialmente cuando se realiza a través de procedimientos manuales que dependen exclusivamente de la habilidad del profesional involucrado, porque los valores de las tolerancias en esas terminaciones pueden ser críticos, haciendo que las diferencias entre la atenuación esperada y la realmente obtenida provoquen un mal funcionamiento de todo el sistema de comunicación.

Cordón óptico: el conector se aplica en las dos extremidades de la fibra óptica.

Cable multi-cordón: el conector se aplica en un cable con varias fibras de tipo Tight.

c) **Materiales**

- Fuente de Luz (láser) 10mW
- Cable de fibra óptica 1m monomodo 2 hilos
- Medidor de potencia óptica TL 510-A
- 2 Bobinas de 50m
- 2 Bobinas de 100m
- 1 Bobina de 200m

d) Desarrollo de la práctica

Se utilizará una bobina completa de fibra óptica, la fusionadora de fibra, así como una fuente de luz, integrados en el medidor de potencia óptica. Las medidas se repetirán para la misma longitud variando el número de conectores ópticos.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Se mide la potencia de un sistema de comunicación óptico de x metros (elección del instructor), sin ningún tipo de conector. Por ejemplo 300m con 2 conectores (entrada del medidor y salida del medidor).
2. Anotar el valor de potencia P_1 .
3. A continuación se construye un sistema de comunicación de los mismos x metros, con diferentes conectores. Por ejemplo, usamos las bobinas de 100m, y 200m; con un total de 6 conectores (1 entrada de la fuente de luz, 1 entrada de la bobina de 100m, 1 salida de la bobina de 100m, 1 entrada de la bobina de 200m, 1 salida de la bobina de 200m, 1 entrada del medidor).
4. Anotar el valor de la potencia P_2 .
5. La nueva potencia óptica medida (P_2), comparada con el valor P_1 , indica las pérdidas por los conectores ópticos.
6. Calcular las pérdidas obtenidas restando el valor P_1 menos el valor P_2 .
7. A continuación se construye un sistema de comunicación de los mismos x metros, con diferentes conectores. Por ejemplo, usamos las bobinas de 200m, 50m, y 50m; con un total de 8 conectores (1 entrada de la fuente de luz, 1 entrada de la bobina de 200m, 1 salida de la bobina de 200m, 1 entrada de la bobina de 50m, 1 salida de la bobina de 50m, 1 entrada de la bobina de 50m, 1 salida de la bobina de 50m, 1 entrada del medidor).
8. Anotar el valor de la potencia P_3 .
9. La nueva potencia óptica medida (P_3), comparada con el valor P_1 y P_2 , indica las pérdidas por los conectores ópticos.
10. Calcular las pérdidas obtenidas restando el valor P_1 menos el valor P_3 .

Es muy importante, durante el transcurso de la práctica, no modificar la conexión óptica al medidor, especialmente en la parte del emisor, pues un pequeño cambio de posición

de los conectores ópticos puede alterar la potencia introducida en la fibra óptica y afectar a la medida realizada.

e) Conclusión

- En un balance de potencia óptica los conectores ópticos son factores de atenuación considerables, a mayor número de conectores mayor será la atenuación del sistema.

4.9 Inmobiliario del Laboratorio

Para el diseño del Laboratorio se tomó en cuenta que las instalaciones deben permitir que las actividades de los talleres se desarrollen con el espacio necesario y respetando varias normas de seguridad.

El espacio físico para la implementación del laboratorio está diseñado en un aula promedio de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial que tienen las siguientes dimensiones: 6.2 m de ancho x 2.9 m de alto x 8.9 m de profundidad.

El laboratorio puede ser ocupado por 4 grupos conformado por 4 estudiantes cada grupo, simultáneamente, teniendo 4 mesas de dos niveles, debido al cuidado con el que se debe manipular los equipos de ópticos, el segundo nivel será ocupado para el uso exclusivo de la fusionadora, siendo la única forma para la operación de los equipos; mantenerse de pie para tener más precaución, 16 sillas, 4 computadoras, un escritorio y una silla para el uso del docente. Analizando el peso y la estatura de estudiantes promedios de octavo semestre que están entre las edades de 21 a 25 años se diseñó los escritorios y las sillas.

Las sillas estarán construidas de metal y deben tener las siguientes dimensiones: 0.5 m de ancho x 1 m de alto y 0.5 de profundidad, de adecuado para la comodidad del estudiante basado en su tamaño y peso, el diseño de las mesas y sillas se puede observar en la figura 4.22.

Las mesas están distribuidas con dos niveles en una sola estructura su material es madera pura; el primer nivel (0.83 m de altura) está diseñado para colocar la computadora y material de apunte, que se usará para obtener información complementaria del manual de prácticas.

Mientras que el segundo nivel (1.30 m de altura) se utilizará para realizar las actividades de los talleres facilitando la entera visibilidad por parte del instructor, evitando mal uso y posible daño de los equipos.

En la parte frontal se ubicará una pizarra de tiza líquida que servirá para capacitación, así la vista de los estudiantes está dirigida hacia la puerta que en caso de emergencia es la salida, como dictan los cánones de seguridad en espacios cerrados.

Para facilitar la rápida evacuación en caso de cualquier acontecimiento grave como incendios, terremotos, o escenas de peligro, la ubicación de la pizarra es en la misma dirección y sentido de la puerta, facilitando la evacuación del personal que se encuentre en el laboratorio.

En la parte posterior del laboratorio se construirá un anaquel que sirva como bodega para los instrumentos a emplearse en las prácticas, sus dimensiones son 6 m de ancho x 0.85 m de alto x 0.7 m de profundidad, dejando 10 cm de cada lado de separación de las paredes.

El escritorio que utilizará el instructor tendrá las siguientes dimensiones 2 m de ancho x 1 m de alto x 1 m de profundidad, que facilitará la ubicación de sus materiales, tales como laptop, libros, papers, manuales, etc.

En la figura 4.22, se muestra la mobiliaria del Laboratorio.

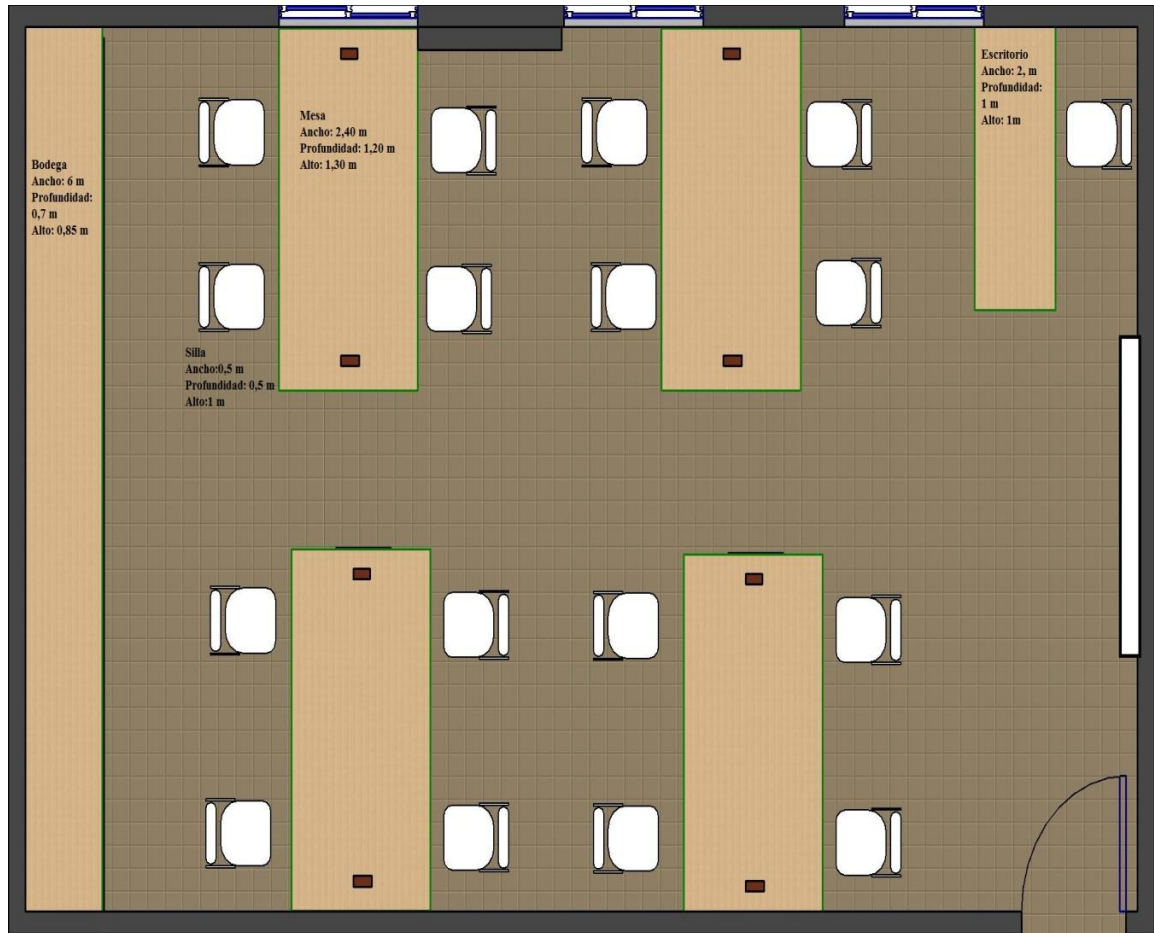


Figura 4. 22: Inmobiliaria Laboratorio

Fuente: Investigador basado en Maqueta Física Laboratorio de Comunicaciones Ópticas de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial

Desde la fecha de implementación del laboratorio se prevé que no requerirá modificaciones importantes durante 5 años, debido a derechos de autor, y sus implementos tales como; mesas, sillas deberán pasar por una evaluación encabezada por las autoridades de turno de la Facultad para su posible cambio, por motivos de desgaste y envejecimiento.

En 8 años a partir de su primer funcionamiento, ya que el volumen de trabajo puede variar en ese periodo de tiempo, si el cambio o evolución de la tecnología lo amerita puede exigir la evolución de las comunicaciones ópticas cambios de relativa importancia, como la redistribución de muebles y añadidura de los mismos o modificación de estándares.

4.9.1 Diseño Estructural

El Laboratorio de Comunicaciones Ópticas cuenta con cuatro mesas de metal, 16 sillas, una bodega que servirá para guardar los equipos, una pizarra, un escritorio, y una silla para uso del profesor, la entrada y salida de los estudiantes y maestro se la realizara por la puerta ubicada al costado de la pizarra.

En Anexo B, podemos observar el plano de distribución y ubicación de los muebles dentro del laboratorio.

4.9.2 Diseño Eléctrico

El laboratorio de Comunicaciones Ópticas contara con diez puntos eléctricos, cuatro lámparas, tres a cada costado, dos en la parte posterior, una en la parte frontal y una en el centro, la caja térmica de breakers o tablero de control estará ubicado en la parte superior derecho atrás de la puerta, contara con dos fuentes de iluminación en la parte superior o techo.

Los cables estarán guiados por una tubería de $\frac{3}{4}$ ", cada toma eléctrica tendrá una distancia de 40 cm de separación del suelo.

En Anexo B, podemos observar el plano eléctrico del laboratorio.

4.9.3 Diseño Red de Datos

El laboratorio de Comunicaciones Ópticas contara con cuatro puntos de red, uno a cada costado y dos en la parte posterior, el tablero de control estará ubicado en la parte superior derecho junto a la caja térmica.

Los cables estarán guiados por una tubería de $\frac{3}{4}$ ", cada toma eléctrica tendrá una distancia de 40 cm de separación del suelo, junto a las tomas eléctricas.

En el Anexo B, podemos observar el plano de conexiones especiales del laboratorio.

4.9.4 Presupuesto

En la tabla 4.8, se muestra el presupuesto necesario para el laboratorio de aprendizaje de comunicaciones ópticas.

Tabla 4. 8: Presupuesto del Laboratorio de Aprendizaje de Comunicaciones Ópticas

PRESUPUESTO DEL LABORATORIO				
N°	CANTIDAD	DETALLE	V. UNIDAD	V. TOTAL
1	5	kit 7 en 1 (cortador, pelacables, fuente, medidor de potencia, separador, tijeras, bolsa)	569,23	2846,15
2	5	Fusionadora RY-F600	6000	30000
3	5	Botella de Alcohol (4L)	13,83	69,15
4	3	Tubo de Paños (100 Und)	5,76	17,28
5	1	Tubo Termoretráctil (50und)	20	20
6	2	Cajas de Guantes (100 unds)	20	40
7	100	Fundas con Cierre	0,5	5000
8	5	Pantalla	4	85
9	5	Cable Loose (1m) Multimodo	12	60
10	5	Cable Ribbon (1m) Multimodo	10	50
11	5	Cable Groove (1m) Multimodo	8	40
12	5	Cable Tight (1m) Multimodo	7	35
13	100	Cable monomodo (1m) 2 hilos	1,50	150
14	100	Cable multimodo (1m) 2 hilos	1,50	150
15	5	Medidor de Potencia Óptica RY3100C	400	2000
16	10	Bobina de Cable Óptico (25m) 2 hilos	50	500
17	5	Bobina de Cable Óptico (50m) 2 hilos	100	500
18	5	Bobina de Cable Óptico (100m) 2 hilos	150	750
19	5	Mesas	180	900
20	31	Sillas	25	775
21	1	Escritorio	200	200
22	4	Lámparas	20	80
23	2	Cable Eléctrico 100m	40	80
24	50	Tubería	3	150
25	5	Faceplace dobles	15	75
26	1	Cable UTP	80	80
27	1	Caja Térmica	20	20
28	1	RACK	500	500
			SUBTOTAL	45172,58
			IVA 12%	5420,71
			TOTAL	50593,29

Fuente: Investigador

El análisis financiero realizado sirvió para determinar cuál será la inversión aproximada necesaria para adquirir e importar los equipos para que el laboratorio de Comunicaciones Ópticas sea implementado.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Como resultado del proyecto presentado podemos plantear las siguientes conclusiones:

- Se logró realizar el diseño de laboratorio de Comunicaciones Ópticas basado en la norma ISO 17025, que fue creada como norma para la regulación de todos los Laboratorios de medición y calibración, posee importantes características que lo hacen adaptable a nuestro laboratorio; son catorce campos técnicos que se deben cumplir y uno de las más relevantes es que necesita control de documentos y especificaciones técnicas de los materiales y equipos a usar, esto evita realizar modificaciones a las prácticas propuestas debido a que se debe utilizar los materiales específicos detallados en el manual, informando y capacitando a los usuarios acerca de los equipos y materiales a usar.

- Se estableció la creación de un manual de prácticas bajo el criterio de la multifunción de equipos que es otra de las ventajas con los que está diseñado el laboratorio de Comunicaciones Ópticas, ya que con un mismo equipo como son la fusionadora, cortadora, el kit 7 en 1 de Fibra Óptica se pueden realizar varias prácticas creadas; esto debido al análisis de los contenidos del sílabo de Comunicaciones Ópticas. Además de que se orientó las prácticas de Laboratorio a la teoría impartida en clase.

- La estructura de las prácticas de laboratorio de Comunicaciones Ópticas es totalmente programático cuenta con siete prácticas, por lo que para realizar por ejemplo la práctica cuatro, se necesitan realizar todas las prácticas previas (uno, dos y tres). Por tal motivo el tutor deberá optar por la reutilización de algunos equipos y materiales, como son: cable monomodo fusionado, cable multimodo fusionado, etc.; pues son materiales compatibles con el prácticas planteadas posteriormente.
- En la comparación de los equipos para su elección se tomó en cuenta características técnicas de corte y fusión de fibra que pueden alcanzar, un corte aproximadamente de 4 fibras más que las cortadoras existentes en el mercado, una fusión configurable a la necesidad del usuario con fibra de índice no desplazado o con fibra de índice desplazado, fusión que solo realiza maquinas especiales, este aumento de capacidad y multifuncionalidad fue importante al momento de seleccionar los equipos del laboratorio de Comunicaciones Ópticas y representará un significativo ahorro económico para la adquisición de los equipos de laboratorio de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato.
- Con la creación del diseño del laboratorio para prácticas de comunicaciones ópticas, se estableció la creación de un modelo para el informe final en el cual rigen los campos de redacción basados en la norma ISO 17025. Bajo estos parámetros se creó un modelo didáctico de aprendizaje para el laboratorio de prácticas de comunicaciones ópticas de la facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

5.2 Recomendaciones

- Actualizar la información acerca de las recomendaciones establecidas por la UIT para tratamiento de fibras ópticas según las necesidades presentadas en el transcurso del tiempo, así como también, de los equipos con mejoras en

características técnicas debido al constante avance y evolución de la tecnología respecto a las comunicaciones ópticas.

- Cumplir a cabalidad los pasos especificados en el manual de prácticas porque aporta con información y conceptos para un entrenamiento programático y real de situaciones cotidianas en el entorno profesional de las comunicaciones ópticas
- La fibra óptica tiene componentes de fibra de vidrio los cuales deben manejarse con precaución para evitar accidentes. La fuente de luz deberá ser utilizada de forma responsable y madura solamente para transmitir a través del cable óptico, se recomienda utilizar guantes para evitar cortaduras y pinchazos que puede provocar la fibra desnuda, así como colocar los residuos de la fibra cortada en el contenedor del cortador de diamante.
- Promover la creación de nuevos proyectos y prácticas, fomentando y alimentando la capacidad de análisis e investigación de los estudiantes con un enfoque dinámico de la materia y que contagie interés por el aprendizaje continuo de las Comunicaciones Ópticas.

Bibliografía y referencias

- [1] A.C. Caicedo, “Plan de Acreditación y Diseño de un Laboratorio de Redes Ópticas del DEEE”, MS thesis. Ingeniería en Telecomunicaciones, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador, Febrero de 2013.
- [2] L.D. Monar, “Plan de Acreditación y Diseño de un Laboratorio de Redes Ópticas del DEEE”, MS thesis. Ingeniería en Telecomunicaciones, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador, Febrero de 2013.
- [3] G.A. Berrones, “Análisis y estudio para el mejoramiento del laboratorio de telecomunicaciones de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo”, MS thesis. Ingeniería en Telecomunicaciones, Universidad Católica de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, Septiembre del 2013.
- [4] M.E. Capito, “Implementación de un laboratorio virtual de Fibra Óptica”, MS thesis. Ingeniería en Telecomunicaciones, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2003.
- [5] H. Murata, “Handbook of Optical Fibers and Cables”. First Edition, Japan, 2010, pp 22-25
- [6] T. Tatsutat, Y. Yoshida, e Y. Meada, “Standardization of G-PON (Gigabit Passive Optical Network) in ITU-T, Global Standardization Activities “. First Edition, Japan, No.7 Oct 2003, pp 23
- [7] W.D.Reeve, “Subscriber Lop Signaling and Transmition Handbook – IEEE Telecommunication Handbook Series – IEEE Press”, First Edition, UK, 2009, pp 45
- [8] FURUKAWA. Data Cabling System. “Optical Fiber”, ES 301 754, February 2013. <http://www.furukawa.com.br/>.
- [9] BICSI. Bicsi Learning Academy, ICT Education. “Optical Fiber”, ES 208 564, June 2007. <http://www.bicsi.org>
- [10] BROTHER. Manuales, “Materiales Ópticos”, ES 365 897, October 2012. <http://www.brother.com.br>

- [9] FLUKE. Fluke Networks, *Networking solutions*. “Optical Fiber”, EN 621 654, January 2015. [http:// www.fluke.com](http://www.fluke.com)
- [10] IPT, *IPT at a Glance*. “Technical Units”, EN 260 955, January 2015. [http:// www.ipt.br](http://www.ipt.br)
- [11] FURUKAWA. Data Cabling System. “Optical Fiber”, ES 356 756, July2013. <http://www.ofsoptics.com>
- [12] TRANSITION NETWORKS. Transition Networks Vertical Application. “SFP/XFP”, EN 145 566, February 2014. [http:// www.transition.com](http://www.transition.com)
- [13] FLOOR & CEILING SOLUTIONS. Techne, “Proyectos Vencedores”, ES 356 756, July2014. <http://www.remaster.com.br>
- [14] TIA. Data Cabling System “Conectores Ópticos”, ES 656 956, July2004. <http://www.tia.org>
- [15] USP. Upsnet Cabling “Optical Fiber”, EN 695 324, April 2011. <http://www.uspnet.usp.br>
- [16] F. Díaz, “Didáctica y currículo: un enfoque constructivista”, Primera Edición. España, 2005, pp33
- [17] O. Zuluaga “Pedagogía e historia”, Primera Edición. España, 2000, pp12

ANEXOS

ANEXO A

**Sílabo de Comunicaciones Ópticas de la Facultad de Ingeniería en Sistemas,
Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

MODALIDAD PRESENCIAL

MÓDULO FORMATIVO

(SYLLABUS)

COMUNICACIONES ÓPTICAS

8° CICLO

PLANIFICADOR

JUAN PABLO PALLO NOROÑA

Ingeniero Electrónico en Comunicaciones,

Diplomado Superior en Gestión para el Aprendizaje Universitario,

Magister en Redes y Telecomunicaciones.

AMBATO - ECUADOR

OCTUBRE 2014 – MARZO 2015



NOCIÓN BÁSICA

El presente módulo pretende que los estudiantes adquieran las capacidades integradas de:

1. Comprender un sistema de telecomunicaciones basado en fibra óptica.
2. Analizar todos los parámetros técnicos en Tx y Rx en comunicaciones ópticas.
3. Analizar las técnicas de multiplexación en redes ópticas.
4. Diseñar una red LAN y WAN en fibra óptica con parámetros técnicos

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Página
I. Datos básicos del Módulo	4
II. Ruta formativa	5
III. Metodología de formación	6
IV. Planeación de Evaluación	9
V. Guías instruccionales	15
VI. Material de apoyo	17
VII. Validación del módulo	18

I.- DATOS BÁSICOS DEL MÓDULO

COMUNICACIONES ÓPTICAS

CÓDIGO: FISEI- E- 801		PRERREQUISITOS: REDES DE COMUNICACIÓN DE DATOS	
COMPETENCIA ESPECÍFICA: Analizar y diseñar una red de acceso con fibra óptica para servicios multimedia, utilización de criterios técnicos de acuerdo a normas y estándares de calidad.			
CRÉDITOS: 4 horas clase = 4 créditos	CICLO DE ESTUDIO: 8º	CORREQUISITOS: COMUNICACIONES DIGITALES.	
NIVEL DE FORMACIÓN: Terminal de Tercer Nivel	HORAS CLASE SEMANAL: 4 Nº DE HORAS TRABAJO AUTÓNOMO SEMANAL : 4 TOTAL HORAS CLASE DEL CICLO DE ESTUDIO : 80 Nº DE HORAS TRABAJO AUTÓNOMO: 80		

DATOS DE LA TUTORÍA DEL MÓDULO

Nombre del docente: Ing. Mg. Juan Pablo Pallo Noroña
Título y Grado Académico: Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones Magister en Redes y Telecomunicaciones Diplomado Superior en Gestión para el Aprendizaje Universitario
Área Académica por Competencia Global: Comunicaciones Digitales
Horario de atención: Lunes, Martes y Viernes 9H00 – 10H00
Teléfonos: 0995315378
E-mail: jppn.elec20@gmail.com ; juanppallo@uta.edu.ec

II. RUTA FORMATIVA

NODO PROBLEMATIZADOR:

Como dirigir departamentos de redes de transmisión de datos y sistemas de telecomunicaciones?

COMPETENCIA GLOBAL:

Dirigir departamentos de redes de transmisión de datos y sistemas de telecomunicaciones.

COMPETENCIA ESPECIFICA QUE CONFORMAN LA COMPETENCIA GLOBAL:

Analizar y diseñar una red de acceso con fibra óptica para servicios multimedia,

MÓDULOS QUE CONFORMAN LA COMPETENCIA ESPECÍFICA

Comunicaciones Ópticas

DESCRIPCIÓN DE LA COMPETENCIA ESPECÍFICA:

Seleccionar componentes y especificaciones para sistemas de comunicación óptica para transmisión, recepción y enrutamiento utilizando índices de confiabilidad.

ELEMENTOS DE COMPETENCIA A DESARROLLAR CON EL MÓDULO:

1. Comprender un sistema de telecomunicaciones basado en fibra óptica.
2. Analizar todos los parámetros técnicos en Tx y Rx en comunicaciones ópticas.
3. Analizar las técnicas de multiplexación en redes ópticas.
4. Diseñar una red LAN y WAN en fibra óptica con parámetros técnico

ÁREAS DE INVESTIGACIÓN DEL MÓDULO:

- Redes ópticas DWDM
- Comunicaciones Digitales
- Biomedicina
- Robótica.

VINCULACIÓN CON LA SOCIEDAD A TRAVÉS DEL MÓDULO:

- Proyectos de investigación con los sectores de comunicaciones de datos.
- Proyectos de investigación con empresas de servicios de voz ,datos y video

III.- METODOLOGÍA DE FORMACION

ENFOQUE DIDÁCTICO GENERAL:					
Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)					
AMBIENTES DE APRENDIZAJE: Aula, Laboratorio y biblioteca					
ELEMENTOS DE COMPETENCIA	CONTENIDOS COGNOSCITIVOS (QUÉ SABERES O CONTENIDOS NECESITA PARA ALCANZAR ESE ELEMENTO)	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES* (QUÉ HACERES O PRÁCTICAS DEBE EJECUTAR PARA LOGRAR MEJORES APRENDIZAJES)	CONTENIDOS ACTITUDINALES (QUÉ VALORES Y ACTITUDES DEBEN TRABAJARSE TRANSVERSALMENTE)	ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS ESPECÍFICAS* (CUÁLES SON LAS ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS RELACIONADAS CON EL ABP)	TIEMPO
1. Comprender un sistema de telecomunicaciones basado en fibra óptica.	<ul style="list-style-type: none"> - Introducción - Historia - Espectro electromagnético - Modelo de Telecomunicaciones basado en fibra óptica - Ventanas de operación 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición del tema. - Aplicación de las características de los medios de Tx. - Interpretación, 	<ul style="list-style-type: none"> - Respeto al trabajo en equipo. - Responsabilidad - Tolerancia 	<ul style="list-style-type: none"> Exposición Problemática -Determinar el problema -Realizar el encuadre del 	20

	<ul style="list-style-type: none"> - Ventajas, desventajas - Aplicaciones - Principio Físico de la propagación - Índice de Refracción - Ley de Snell - Ángulo Crítico - Cono de Aceptación - Apertura numérica - Atenuación - Dispersión - Factor de calidad 	<p>planteamiento y solución de problemas en redes ópticas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Disposición al trabajo. -Valoración de su capacidad de razonamiento lógico. Interés por trabajo en equipo - Actitud crítica y propositiva frente al problema del conocimiento. 	<p>problema</p> <ul style="list-style-type: none"> -Comunicar el conocimiento -Formulación de la hipótesis. -Determinar los procesos para resolver problemas -Encontrar la solución 	
<p>PRODUCTO: Informe escrito de los parámetros técnicos de un modelo de telecomunicaciones basado en fibra óptica</p>					

<p>2. Analizar todos los parámetros técnicos en Tx y Rx en comunicaciones ópticas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tipos de fibra - Perfil del índice - Recomendaciones de la ITU –T - Error de concentricidad y no circularidad - Fibras de dispersión modificada - Fabricación de la fibra - Fabricantes - Construcción de la fibra - Tendido de la fibra - Empalmes y conectores - Cables de fibra óptica - Transmisores ópticos - Receptores óptic. 	<p>- Exposición del tema.</p> <p>-Aplicación de las características de los Tx y Rx ópticos</p> <p>-Interpretación, planteamiento y solución de problemas en redes ópticas.</p> <p>- Análisis de las tecnologías aplicadas en redes óptic.</p>	<p>- Respeto al trabajo en equipo.</p> <p>- Responsabilidad</p> <p>- Tolerancia</p> <p>- Disposición al trabajo.</p> <p>-Valoración de su capacidad de razonamiento lógico.</p> <p>Interés por trabajo en equipo</p> <p>- Actitud crítica y propositiva frente al problema del conocimiento.</p>	<p>Estudio de casos</p> <p>-Presentación del caso</p> <p>-Determinación de actividades individuales o de equipo para resolver el caso</p> <p>-Lectura e interpretación de textos</p> <p>-Análisis y elaboración de cuadros y esquemas</p> <p>-Simulaciones</p> <p>-Manejo de fuentes estadísticas</p> <p>-Realización de entrevistas</p> <p>-Normar el funcionamiento</p> <p>-Establecer criterios de evaluación</p>	<p>20</p>
--	--	---	--	---	-----------

PRODUCTO: Informe Técnico de la selección de componentes de una red de fibra óptica de acuerdo a los requerimientos del usuario					
<p>3. Analizar las técnicas de multiplexación en redes ópticas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Generalidades - Redes de Alta Velocidad SDH/SONET - PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) - Infraestructura de SDH/SONET - Aplicaciones, Ventajas e Inconvenientes de WDM - Aplicaciones y Ventajas x WDM - Técnicas de Multiplexación x WDM 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición del tema. - Aplicación de los sistemas ópticos. - Interpretación técnica de la arquitectura de los sistemas ópticos. -Análisis del diseño sistema óptico. 	<p>Respeto al trabajo en equipo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Responsabilidad - Tolerancia - Disposición al trabajo. - Valoración de su capacidad de razonamiento lógico. <p>Interés por trabajo en equipo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Actitud crítica y propositiva frente al problema del conocimiento. 	<p>- Aplicar</p> <p>Determinar el objeto de aplicación</p> <p>Confirmar el dominio de los conocimientos que se pretende aplicar</p> <p>Interrelacionar los conocimientos con las características del objeto de aplicación</p> <p>Elaborar conclusiones de los nuevos conocimientos que explican el objeto y que enriquecen los conocimientos anteriores</p>	<p>20</p>

PRODUCTO: Realiza un cuadro comparativo de las técnicas de multiplexación de la fibra óptica aplicadas a las redes LAN y WAN.

<p>4. Diseñar una red LAN y WAN en fibra óptica con parámetros técnicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Introducción - Características Principales - Redes Ópticas Pasivas (PON) -Planta externa - Planta interna -Diseño de una red LAN - Diseño de una red WAN 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición del tema. -Aplicación de las características de los redes ópticas. -Interpretación, planteamiento y solución de problemas en redes ópticas. - Análisis de las tecnologías aplicadas en redes ópticas. -Diseño de redes de acceso con tecnología de fibra óptica 	<ul style="list-style-type: none"> - Respeto al trabajo en equipo. - Responsabilidad - Tolerancia - Disposición al trabajo. -Valoración de su capacidad de razonamiento lógico. Interés por trabajo en equipo - Actitud crítica y propositiva frente al problema del conocimiento. 	<p>Búsqueda parcial</p> <ul style="list-style-type: none"> -Determinar el problema -Fundamentar científicamente -Organizar la búsqueda de la solución -Ejecutar la búsqueda de la solución -Probar la solución parcial 	<p>20</p>
---	--	--	---	--	-----------

PRODUCTO: Realiza un diseño técnico-económico de una red de acceso de fibra óptica

PRODUCTO: Realiza un cuadro comparativo de la fibra óptica de nuestro país con el resto del mundo

PRODUCTO FINAL: Desarrolla proyectos de telecomunicaciones con medios de TX guiados y no guiados de acuerdo a los requerimientos del cliente bajo normas internacionales.

IV. PLANEACIÓN DE LA EVALUACIÓN

Escala de Valoración (Nivel ponderado de aspiración)

Nivel Teórico práctico innovador: 9.0 a 10.0	Acreditable – Muy Satisfactorio
Nivel Teórico práctico experto: 8.0 a 8.9	Acreditable – Satisfactorio
Nivel teórico – práctico básico: 7.0 a 7.9	Acreditable - Aceptable
Nivel teórico avanzado (análisis crítico): 5.5 a 6.9	No acreditable
Nivel teórico básico (comprensión): < a 5.5	No acreditable

Competencia Específica a desarrollar a través del módulo:

Analizar y diseñar una red de acceso con fibra óptica para servicios multimedia, utilización de criterios técnicos de acuerdo a normas y estándares de calidad.

No	NIVELES DE DESARROLLO	INDICADORES DE LOGROS
1	Comprender un sistema de telecomunicaciones basado en fibra óptica.	<ul style="list-style-type: none"> - Identifica las características de los medios de Tx ópticas. - Conoce las técnicas de Tx en las redes ópticas - Conoce los parámetros básicos de una red óptica. - Determina y relaciona los parámetros en los sistemas de redes ópticas.
2	Analizar todos los parámetros técnicos en Tx y Rx en comunicaciones ópticas.	<ul style="list-style-type: none"> - Conceptualiza los parámetros y componentes de un sistema de comunicación óptico. - Resuelve casos reales en aplicaciones de redes ópticas. - Analiza las tecnologías de las redes ópticas adecuadamente

		<ul style="list-style-type: none"> - Analiza problemas y fallas que se dan en las redes ópticas.
3	Analizar las técnicas de multiplexación en redes ópticas.	<ul style="list-style-type: none"> - Identifica las características de las técnicas de multiplexación en redes ópticas - Conoce las técnicas de Tx en las redes ópticas - Determina y relaciona los parámetros en los sistemas de redes ópticas.
4	Diseñar una red LAN y WAN en fibra óptica con parámetros técnicos	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensiona los componentes de un sistema óptico. - Cambia las condicionantes de un sistema óptico, para adaptar a una necesidad, a través de las experiencias y cambio de parámetros técnicos. - Intercala métodos y técnicas para poder optimizar los recursos en un sistema óptico. - Cambia las configuraciones de equipos y sistemas en una red óptica estableciendo las diferencias y similitudes - Diseña una red óptica básica. - Diseña un sistema óptico bajo parámetros y condiciones reales

PROCESO DE VALORACIÓN

Competencia Específica a desarrollarse a través del módulo:

Analizar y diseñar una red de acceso con fibra óptica para servicios multimedia, utilización de criterios técnicos de acuerdo a normas y estándares de calidad.

Aplicación de la auto-evaluación, co-evaluación, hetero-evaluación a partir de evidencias, con el empleo de técnicas e instrumentos de valoración de las competencias.

ELEMENTOS DEL MÓDULO	EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA	EVALUACIÓN FORMATIVA	EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO	
			PRODUCTO	SUSTENTACIÓN
1. Comprender un sistema de telecomunicaciones basado en fibra óptica.	<p>Presenta el problema</p> <p>Determina las reglas para la solución del problema</p> <p>Emite criterios para la formulación de la hipótesis</p> <p>Da normativas para la solución de problemas</p> <p>Aplicación de criterios para la solución de</p>	<p>Investigación 20%</p> <p>Pruebas 40%</p> <p>Trabajos 40 %</p>	<p>Contenido 40 %</p> <p>Calidad de la presentación</p> <p>40 %</p> <p>Entrega 20%</p>	<p>Presenta el problema</p> <p>Determina las reglas para la solución del problema</p> <p>Emite criterios para la formulación de la hipótesis</p> <p>Da normativas para la solución de problemas</p> <p>Aplicación de criterios para la solución de</p>

	<p>problemas</p> <p>Rapidez en la solución de problemas</p> <p>Grado de efectividad</p> <p>Responsabilidad en el trabajo</p>		<p>Análisis 40 %</p> <p>Procedimiento 40%</p> <p>Resultado 20%</p>	<p>problemas</p> <p>Profundidad en la aplicación de conceptos sobre máquinas secuenciales</p> <p>Rapidez en la solución de problemas</p> <p>Grado de efectividad.</p>
<p>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS:</p>	<p>Observación</p> <p>Guía de observación</p> <p>Entrevista.</p> <p>Guías de entrevista</p>	<p>Observación</p> <p>Registros</p> <p>Pruebas</p> <p>Guía de preguntas</p>	<p>Observación</p> <p>Registros</p> <p>Pruebas</p> <p>Guía de preguntas</p>	<p>Observación</p> <p>Registros</p> <p>Pruebas</p> <p>Guía de preguntas</p>
<p>2. Analizar todos los parámetros técnicos en Tx y</p>	<p>- Resolución de casos reales en sistemas de radiocomunicación</p>	<p>Recepta el caso presentado por el profesor para su</p>	<p>Investigación 20%</p>	<p>Contenido 40 %</p> <p>Calidad de la</p>

<p>Rx en comunicaciones ópticas.</p>	<p>aciones.</p>	<p>análisis.</p> <p>Organiza equipos de trabajo</p> <p>Delega tareas individuales a realizar</p> <p>Elabora un resumen sobre las lecturas presentadas por el profesor.</p> <p>Emiten criterios para la elaboración de cuadros y esquemas.</p> <p>Organiza para presentar la simulación del caso.</p> <p>Establece conclusiones sobre las estadísticas presentadas</p>	<p>Pruebas 40%</p> <p>Trabajos 40 %</p>	<p>presentación</p> <p>40 %</p> <p>Entrega 20%</p> <p>Análisis 40 %</p> <p>Procedimiento 40%</p> <p>Resultado 20%</p>
--------------------------------------	-----------------	---	---	---

		<p>Elabora y aplica el cuestionario para entrevistas</p> <p>Organiza comisiones para el debate</p> <p>Norma el desarrollo de los debates</p> <p>Aplica la autoevaluación y heteroevaluación</p> <p>Rapidez en la solución de problemas</p> <p>Grado de efectividad</p> <p>Organización y limpieza en los procesos de trabajo</p>		
--	--	--	--	--

		<p>Responsabilidad en el trabajo</p> <p>Solidaridad y honestidad demostrada</p> <p>Respeto, al ambiente natural y al ser humano</p> <p>Solución de problemas sobre fuentes de alimentación no reguladas utilizando filtros capacitivos.</p>		
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS:	<p>Observación de Guía de observación</p> <p>Entrevista. Guías de entrevista</p>	<p>Observación</p> <p>Registros</p> <p>Pruebas</p> <p>Guía de preguntas</p>	<p>Observación</p> <p>Registros</p> <p>Pruebas</p> <p>Guía de preguntas</p>	<p>Observación</p> <p>Registros</p> <p>Pruebas</p> <p>Guía de preguntas</p>
3. Analizar las técnicas de	- Conocimiento del funcionamiento	Expone herramientas para la solución de	Investigación	Contenido 40 %

<p>multiplexación en redes ópticas.</p>	<p>o de un sistema óptico.</p>	<p>problemas</p> <p>Distingue las técnicas de multiplexación en redes ópticas</p> <p>Realiza una síntesis de las aplicaciones de las técnicas de multiplexación en redes ópticas.</p> <p>Profundidad en los procesos de solución de ejercicios.</p> <p>Optimiza la resolución.</p> <p>Rapidez en la solución de problemas</p> <p>Grado de efectividad</p> <p>Organización y</p>	<p>20%</p> <p>Pruebas 40%</p> <p>Trabajos 40 %</p>	<p>Calidad de la presentación 40 %</p> <p>Entrega 20%</p> <p>Análisis 40 %</p> <p>Procedimiento 40%</p> <p>Resultado 20%</p>
---	--------------------------------	---	--	--

		<p>limpieza en los procesos de trabajo</p> <p>Responsabilidad en el trabajo</p> <p>Solidaridad y honestidad demostrada</p> <p>Respeto, al ambiente natural y al ser humano</p>		
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS:	<p>Observación</p> <p>Guía de observación</p> <p>Entrevista.</p> <p>Guías de entrevista</p>	<p>Observación</p> <p>Registros</p> <p>Pruebas</p> <p>Guía de preguntas</p>	<p>Observación</p> <p>Registros</p> <p>Pruebas</p> <p>Guía de preguntas</p>	<p>Observación</p> <p>Registros</p> <p>Pruebas</p> <p>Guía de preguntas</p>
4. Diseñar una red LAN y WAN en fibra óptica con parámetros	- Manejo de parámetros técnicos de un sistema óptico para el diseño de una red	<p>Presentación del problema por parte del profesor</p> <p>Conocer en el internet</p>	<p>Investigación 20%</p> <p>Pruebas 40%</p> <p>Trabajos 40 %</p>	<p>Contenido 40 %</p> <p>Calidad de la presentación 40 %</p>

		<p>las características de diseño una red LAN y WAN en fibra óptica</p> <p>Aplicar organizadores gráficos de los pasos a seguir para la solución del problema.</p> <p>Ejercicios de aplicación para la solución del problema</p> <p>Análisis de las soluciones de los ejercicios de aplicación</p> <p>Profundidad en los razonamientos en los procesos de resolución.</p> <p>Optimiza las soluciones propuestas.</p>		<p>Entrega 20%</p> <p>Análisis 40 %</p> <p>Procedimiento 40%</p> <p>Resultado 20%</p>
--	--	---	--	---

		<p>Rapidez en la solución de problemas</p> <p>Determina el problema más común en el diseño de una red fibra óptica</p> <p>Soluciona problemas, sobre el diseño de redes ópticas con profesionalismo, eficiencia y ética</p>		
<p>TÉCNICAS</p> <p>E</p> <p>INSTRUMENTOS:</p>	<p>Observación</p> <p>Guía de observación</p> <p>Entrevista.</p> <p>Guías de entrevista</p>	<p>Observación</p> <p>Registros</p> <p>Pruebas</p> <p>Guía de preguntas</p>	<p>Observación</p> <p>Registros</p> <p>Pruebas</p> <p>Guía de preguntas</p>	<p>Observación</p> <p>Registros</p> <p>Pruebas</p> <p>Guía de preguntas</p>

V. GUÍAS INSTRUCCIONALES

Competencia a desarrollar a través del módulo:

Analizar y diseñar una red de acceso con fibra óptica para servicios multimedia, utilización de criterios técnicos de acuerdo a normas y estándares de calidad.

ELEMENTOS	INSTRUCCIONES	RECURSOS	PRODUCTO
1. Comprender un sistema de telecomunicaciones basado en fibra óptica.	<ul style="list-style-type: none"> - Leer los conceptos relativos fundamentales de los sistemas ópticos. - Conocer el funcionamiento de las redes ópticas. - Analizar el funcionamiento de los Tx y Rx ópticos. - Analizar las redes PON. - Simular los circuitos anteriores en un software. 	<ul style="list-style-type: none"> -Pizarra. -Proyector de datos. -Bibliografía referente. -Internet. -Apuntes personales del estudiante. 	El estudiante identifica, analiza y relaciona todos los elementos de las redes ópticas, tomando como base los temas tratados en el aula, complementándolos con conocimientos adquiridos mediante procesos investigativos.
2. Analizar todos	<ul style="list-style-type: none"> - Leer el funcionamiento y características de los Tx y Rx 	<ul style="list-style-type: none"> -Pizarra. 	El estudiante

<p>los parámetros técnicos en Tx y Rx en comunicaciones ópticas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar el cable de fibra óptica - Entender las configuraciones de los equipos de un sistema óptico. - Diseño de un sistema óptico. - Simular los circuitos de sincronización en redes ópticas. 	<ul style="list-style-type: none"> -Proyector de datos. -Bibliografía referente. -Internet. -Apuntes personales del estudiante. 	<p>identifica, analiza y relaciona todos los elementos de las redes SDH/SONET, tomando como base los temas tratados en el aula, complementándolos con conocimientos adquiridos mediante procesos investigativos.</p>
<p>3. Analizar las técnicas de multiplexación en redes ópticas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Analizar las redes PDH , SONET -Estudiar las redes WDM -Comprender las técnicas de multiplicación xWDM -Seleccionar los componentes para una red de acceso con tecnología xWDM. -Simular en OPTISI MM para observar los parámetros de calidad de TX en la red. 	<ul style="list-style-type: none"> -Pizarra. -Proyector de datos. -Bibliografía referente. -Internet. -Apuntes personales del estudiante. 	<p>El estudiante diseñe una red con fibra óptica que satisfaga las necesidades de aplicaciones específicas, tomando como base los temas tratados en el</p>

			aula, complementándolos con conocimientos adquiridos mediante procesos investigativos.
4. Diseñar una red LAN y WAN en fibra óptica con parámetros técnicos	<ul style="list-style-type: none"> - Entender las configuraciones de los equipos de un sistema óptico. - Diseño de un sistema óptico. - Simular los circuitos de sincronización en redes ópticas. 	<ul style="list-style-type: none"> -Pizarra. -Proyector de datos. -Bibliografía referente. -Internet. -Apuntes personales del estudiante. 	El estudiante identifica, analiza y relaciona todos los elementos de las redes ópticas, tomando como base los temas tratados en el aula, complementándolos con conocimientos adquiridos mediante procesos investigativos.

VI. MATERIAL DE APOYO

BIBLIOGRAFÍA COMENTADA

- ✓ [564a/605a] **Sistemas de Comunicaciones Electrónicas TOMASI 4 ED.** 2003 Electrónica Pearson Educación México. Capítulo 11, Analiza todos los contenidos de las características y componentes de una red de fibra óptica poniendo énfasis desde el punto de vista técnico, además contiene una gran variedad y cantidad de ejercicios resueltos y propuestos de cada uno de los temas.

- ✓ [870a/977a] **Sistemas y Redes Ópticas de Comunicaciones, José Martín Pereda,** 1 ed., 2004, Pearson Educación, Madrid Describe acerca de la red de comunicaciones en fibra óptica, muy sencillo para entender y práctico para su análisis, de tal forma que para los alumnos que están empezando a estudiar comunicaciones ópticas es un material de gran apoyo.

BIBLIOGRAFÍA VIRTUAL COMENTADA

- [Ebrary] **Óptica avanzada, Calvo Padilla, María Luisa Campos, Juan Cheven, Pavel,** 2005, 2Da edición, España, Editorial Ariel, <http://site.ebrary.com/lib/utasp/docDetail.action?docID=10075927&p00=fibra+optica>
Es un libro muy completo para conceptos básicos y tecnologías actuales.

MATERIAL COMPLEMENTARIO

- ✓ Folleto de Comunicaciones Ópticas, Ing. Mg. Juan Pablo Pallo, Segunda Edición 2010, Editorial Carlos Molina, 98 páginas. Es una recopilación de varios autores donde se describe todos los conceptos fundamentales, componentes de red y tecnologías aplicadas en redes actuales, en nuestro país y el mundo.

RECURSOS DIDÁCTICOS:

GUÍAS INSTRUCCIONALES COMPLEMENTARIAS: SERÁN ELABORADAS Y ENTREGADAS SEGÚN NECESIDADES ESPECÍFICAS DE LOS ESTUDIANTES.

RECURSOS QUE SE ENCUENTRAN EN LA WEB.

www.optisimm.com

En esta página podemos simular redes ópticas bajo casos reales, donde se puede medir y analizar datos técnicos como en la vida real

VII. VALIDACIÓN DEL MÓDULO FORMATIVO

Fecha de elaboración: 02 de Octubre del 2014.

DOCENTE PLANIFICADOR UTA

FIRMA

Ing. Mg. Juan Pablo Pallo Noroña

Ing. Mg. Carlos Serra

Ing. Mg. Julio Cuji

Coordinador de Área Académica

Coordinador de Carrera

Evaluador del Módulo

Aval del Módulo

Dr. Mg. Gustavo Salinas

Ing. Mg. Mario García

Miembro Comisión Revisión

Subdecano de la Facultad

Visto Bueno

Visto Bueno

Notas:

1. La firma del Coordinador del Área se la realizará una vez que se ha evaluado el módulo en el Área Académica respectiva, por lo cual son corresponsables del mismo.
2. La firma del Coordinador de Carrera, sirve de aval del trabajo desplegado por los miembros del Área respectiva.
3. La firma del Subdecano, da el visto bueno de que está en relación a los elementos planteados en el Currículum.

GUIA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

CARRERA: Electrónica y Comunicaciones
Área Académica: Comunicaciones
Período Académico: Octubre 2015 – Marzo 2016
Asignatura: Comunicación Óptica
Código: FISEI- E- 801
Nivel: Octavo
Docente:
Número de estudiantes: 24
Número de puestos de trabajo: 16
Práctica Nro.: 1 Fecha:
Tema: Identificación de Cables Ópticos
DESARROLLO DEL LABORATORIO
Objetivo: •Analizar la composición de los diferentes tipos de cables ópticos utilizados en los sistemas de Comunicación Ópticas. •Examinar las distintas cubiertas de los cables de Fibra Óptica •Estudiar el funcionamiento de los cables de Fibra Óptica
INSTRUCCIONES: Debido a la fragilidad de la fibra óptica usada en comunicaciones ópticas, es importante recubrirla adecuadamente de elementos protectores que permitan su

instalación en campo. La utilización de cables ópticos, con múltiples fibras y recubrimientos, persigue tres objetivos básicos:

- Dureza mecánica, evitando la rotura de la fibra.
- Duración del enlace, evitando el envejecimiento del canal óptico.
- Curvaturas, evitarlas para disminuir la atenuación.

El diseño de un cable óptico se estructura en dos fases: tipo recubrimiento primario, y agrupamiento de las fibras ópticas. El recubrimiento primario proporciona resistencia que proteja a la fibra óptica.

Existen varios tipos de cables ópticos dirigidos a diferentes aplicaciones y los principales son:

- Loose
- Tight
- Groove
- Ribbon

Materiales

- Cortadora de fibra óptica RY – S6
- Cables de fibra óptica de diferentes tipos (Loose, Tight, Groove, Ribbon)

ACTIVIDADES A DESARROLLARSE:

Desarrollo de la práctica

En esta práctica se analizará la constitución de diversos cables ópticos. Cada grupo elegirá varios de estos cables, y ayudándose de las hojas de características proporcionadas por el fabricante, deberá:

- Observar las distintas capas de protección, identificando su material.
- Examinar el tipo, número y disposición de los canales de fibra óptica.
- Identificar el tipo de cable y su aplicación, de acuerdo a su estructura, utilizando la información proporcionada por el fabricante.

RESULTADOS OBTENIDOS:

Determinación del tipo de Cable Óptico utilizado, reconocimiento total de cada cable usado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- La culminación exitosa de la práctica nos permite, familiarizarnos y conocer la Fibra Óptica.

Docente

GUIA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

CARRERA: Electrónica y Comunicaciones
Área Académica: Comunicaciones
Período Académico: Octubre 2015 – Marzo 2016
Asignatura: Comunicación Óptica
Código: FISEI- E- 801
Nivel: Octavo
Docente:
Número de estudiantes: 24
Número de puestos de trabajo: 16
Práctica Nro.: 2 Fecha:
Tema: Empalmes de Fibra Óptica
DESARROLLO DEL LABORATORIO
Objetivo: <ul style="list-style-type: none">• Analizar las diversas formas de pelarla Fibra Óptica.• Examinar los distintos cortes de Fibra Óptica, previo a la fusión.• Estudiar los pasos para fusionar la Fibra Óptica.
INSTRUCCIONES: <p>En la actualidad los sistemas de comunicaciones ópticas utilizan una fibra de dióxido de silicio (SiO₂), de 125 μm. con un núcleo de aproximadamente 9 μm de diámetro. Para la segunda y tercera ventana de transmisión, 1300 y 1550 nm</p>

respectivamente.

La operación básica que se realiza sobre la fibra óptica es la preparación de su extremo, para introducir o extraer luz, y para soldar dos fibras; prolongando el canal óptico. Para lo cual se realizan dos operaciones:

- Pelado de la fibra.- Se remueve todas las cubiertas protectoras de la misma, dejando libre sólo el canal óptico.

Existen dos técnicas:

- Pelado mecánico, se utiliza básicamente un pelacables, sin embargo los recubrimientos de Klevlar o aramida requieren una herramienta especial.

Para cortar la capa protectora más interna, denominada cubierta primaria, existen herramientas específicas, que se caracterizan por un diámetro de corte calculado con mucha precisión para evitar dañar el núcleo de la fibra.

Materiales

- Cortadora de Fibra Óptica RY – S6
- Alcohol
- Cable Monomodo de Fibra Óptica de 2 hilos
- Paño
- Pelacables (Fibra Óptica)
- Cánula o funda termo-retráctil
- Guantes
- Funda Plástica
- Fusionadora RY-F600

ACTIVIDADES A DESARROLLARSE:

Desarrollo de la práctica

- a) Introducir la cánula o funda termo-retráctil en la fibra óptica
- b) Pelar la fibra 3 a 5 cm
- c) Retirar la segunda protección de 250u del cable de fibra óptica
- d) Limpiar la fibra con una toallita con alcohol o paño húmedo
- e) Procedemos a cortar la fibra con la ayuda de la cortadora
- f) Limpiar la Fibra Óptica.
- g) Introducir la fibra aproximadamente 16 mm (la cortadora incluye medida)
- h) Utilizamos la cortadora con un corte rápido y preciso
- i) Limpiar la Fibra Óptica.
- j) Abrir la cortadora y retirar la fibra
- k) Fibra lista para introducir en la fusionadora
- l) Repetir el los pasos b al k para el otro extremo de la fibra
- m) Introducir los dos extremos de la fibra en la fusionadora, alineada los fillos de la fibra en los electrodos
- n) Cerramos los seguros e iniciará la fusión
- o) La máquina comprueba los cortes y realizará los procesos automáticamente
- p) Deslizar el tubo protector sobre la fibra
- q) Introducir la fibra en el horno de la fusionadora

r) Cerrar y encender

s) Retiramos la fibra

Para una perfecta unión o fusión de la Fibra Óptica se debe seguir todos los pasos antes citados, y obtener los resultados de los gráficos, caso contrario deberá ser repetido el proceso paso por paso; la pérdida mínima reflejada por la fusionadora en la prueba de tensión debe ser entre 0 dBm (ideal) hasta 0,5 dBm como máximo dependiendo del requerimiento del instructor.

RESULTADOS OBTENIDOS:

Cable de Fibra Óptica fusionado correctamente, corte mecánico de la fibra óptica perfecto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- Para lograr una fusión perfecta debemos realizar un excelente corte y limpiar correctamente la fibra óptica.

Docente

GUIA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

CARRERA: Electrónica y Comunicaciones
Área Académica: Comunicaciones
Período Académico: Octubre 2015 – Marzo 2016
Asignatura: Comunicación Óptica
Código: FISEI- E- 801
Nivel: Octavo
Docente:
Número de estudiantes: 24
Número de puestos de trabajo: 16
Práctica Nro.: 3 Fecha:
Tema: Medida de la Apertura Numérica
DESARROLLO DEL LABORATORIO
Objetivo: <ul style="list-style-type: none">• Analizar la variación del valor de la apertura numérica al modificar el cono de aceptación.• Emplear un método basado en la medición de la potencia óptica introducida en la fibra para distintas posiciones angulares de la misma.
INSTRUCCIONES: <p>La apertura numérica de una fibra óptica es un parámetro relacionado con la cantidad de luz que se puede introducir en la misma, así como la dirección angular de la luz emitida</p>

por la misma al final de un canal de comunicaciones ópticas.

Se define como el seno del ángulo máximo de aceptación cuando el medio externo es aire ($n_0 = 1$) donde n_1 es el índice de refracción del núcleo y n_2 el de la cubierta Θ_{max} es el ángulo máximo de aceptación: los rayos que lleguen a la fibra con un ángulo mayor, no se propagarán por la misma.

Esta definición de apertura numérica es aplicable únicamente a fibras de salto de índice, y supone un comportamiento todo/nada, es decir, o bien toda la luz es recogida por la fibra, o no lo es en absoluto, dependiendo de su ángulo de incidencia.

En la práctica, sin embargo, la potencia óptica acoplada a la fibra decrece progresivamente al aumentar el ángulo, y se ha tomado el convenio de que el ángulo máximo de aceptación es aquel para el que la potencia capturada por la fibra o emitida por la misma es un 5% de la máxima.

El montaje práctico se basa en lanzar un frente de ondas plano sobre la entrada de la fibra, monitorizando la potencia óptica propagada por la misma.

Variando el ángulo de incidencia de este frente de ondas se puede determinar el ángulo máximo de aceptación (cuando la potencia de la luz propagada es el 5% de la máxima), y de ahí se deduce la apertura numérica.

Si el haz lumínico se propaga por fuera del cono de aceptación existirá total dispersión de dicho haz; el valor a tolerar para que exista transmisión es equivalente al ángulo de aceptación.

Materiales

Fuente de luz (láser) 10 mW

Cable de fibra óptica Multimodo 2 hilos 2m

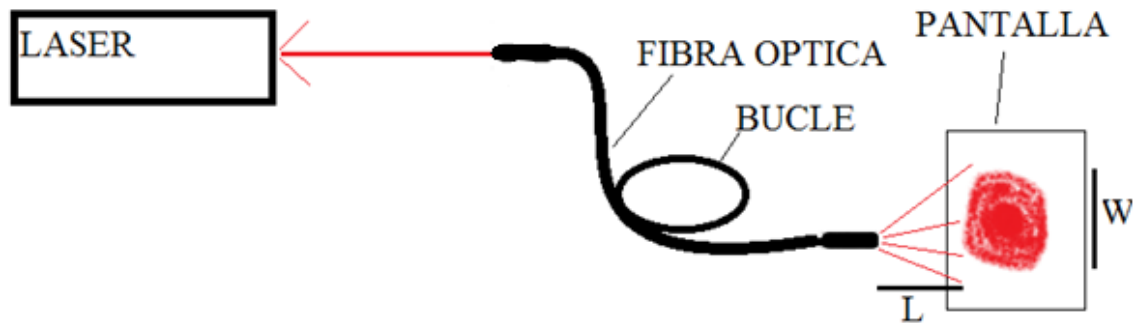
Pantalla de tela brillante de 210mm x 297mm

Medidor de Potencia Óptica TL 510-A•Cánula o funda termo-retráctil

ACTIVIDADES A DESARROLLARSE:

Desarrollo de la práctica

La implementación del sistema de comunicación necesario para esta práctica se puede observar en la siguiente figura.



Modelo de la construcción de la práctica.

Fuente: Investigador

El spot del láser incide en la fibra óptica, de forma que puede moverse para obtener el máximo acoplo de potencia.

En primer lugar debe alinearse el extremo de la fibra óptica respecto al haz emitido por el láser.

A continuación, mover ligeramente el láser hasta que su haz incida directamente sobre la fibra, provocando un aumento brusco de la potencia óptica acoplada a la misma.

En estas condiciones, la fibra está alineada con el haz del láser, a la vez que el centro de giro coincide con su extremo. Anotar el tipo de fibra óptica y la potencia óptica máxima recogida.

Se debe mover la fibra hacia una dirección cualquiera, y detenerse en el momento en que la potencia óptica medida sea despreciable frente a la máxima.

Se iniciarán entonces las medidas, moviendo la fibra en la dirección contraria (hacia el

máximo de nuevo), en pasos de media división (1 grado), y anotando la potencia óptica medida en cada punto, con la ayuda del medidor de potencia óptica.

Las medidas finalizarán cuando la potencia óptica haya descendido nuevamente hasta un valor despreciable, al menos, inferior al 5% de la potencia máxima.

Es normal que la potencia emitida por el láser sufra fluctuaciones, especialmente tras el encendido.

Es conveniente promediar las medidas. Anotar las medidas de potencia óptica en función del ángulo de giro.

Con estos datos debe confeccionarse un gráfico con la potencia óptica en el eje de ordenadas y el ángulo en el de abscisas. Este gráfico debe tener forma de campana.

Dibujar aproximadamente el gráfico resultante, se buscan entonces los ángulos θ_1 y θ_2 para los que la potencia es el 5% de la máxima, siendo entonces la apertura numérica:

$$\phi_{\text{max}} = (1/2) W/L$$

En donde L=distancia FO (fibra óptica) y W= diámetro del SOPT (proyección del láser)

RESULTADOS OBTENIDOS:

En donde L=distancia FO (fibra óptica) y W= diámetro del SOPT (proyección del láser)

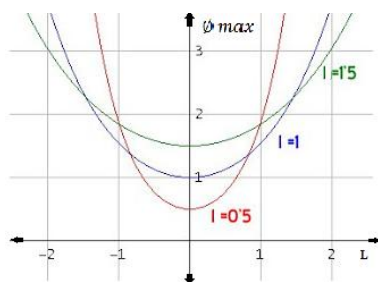


Figura 27: Curva de Apertura numérica

Fuente: Investigador

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- Una Fibra Monomodo con el empleo de una longitud de onda corta pueda convertirse en una Fibra Multimodo.

Docente

GUIA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

CARRERA: Electrónica y Comunicaciones
Área Académica: Comunicaciones
Período Académico: Octubre 2015 – Marzo 2016
Asignatura: Comunicación Óptica
Código: FISEI- E- 801
Nivel: Octavo
Docente:
Número de estudiantes: 24
Número de puestos de trabajo: 16
Práctica Nro.: 4 Fecha:
Tema: Modos de Propagación en la Fibra Óptica
DESARROLLO DEL LABORATORIO
Objetivo: •Comprobar como una fibra óptica monomodo en 2ª y 3ª ventana se convierte en una guía-onda multimodo usando una longitud de onda suficientemente corta. •Observar la distribución espacial del campo de los modos guiados por la fibra, que pueden excitarse individualmente modificando la forma de introducir luz en la misma y verse fácilmente, a simple vista, proyectando la luz propagada por la fibra sobre una pantalla.

INSTRUCCIONES:

La fibra óptica monomodo se diseña para longitudes de onda de 1.3 ó 1.55 μm (segunda y tercera ventana de transmisión).

Para estas longitudes de onda, la fibra es una guía-onda Monomodo, pero esta condición se pierde si la longitud de onda es suficientemente pequeña (longitud de onda de corte).

Cambiando las condiciones de introducción de luz a la fibra (especialmente el ángulo de incidencia, es decir, la orientación espacial de la fibra respecto a la fuente de luz) y doblando la fibra para anular los modos superiores, es posible modificar las condiciones de propagación y seleccionar alguno de estos cuatro modos.

El spot de iluminación de salida de la fibra puede proyectarse sobre una pantalla, e identificar el(los) modo(s) propagado(s) a partir de la distribución de luz encontrada.

Materiales

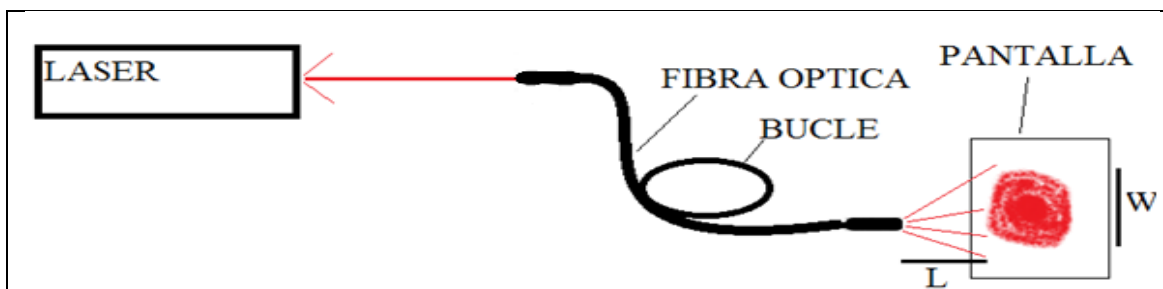
- Fuente de luz (laser) 10mW
- 1 m de Cable de fibra óptica multimodo 2 hilos
- Pantalla de tela brillante de 210mm x 297mm

ACTIVIDADES A DESARROLLARSE:

Desarrollo de la práctica

El sistema a utilizar incluye una fuente de luz (láser), un tramo de fibra óptica y la pantalla.

La luz procedente del láser se proyecta sobre la fibra óptica. La posición y dirección del extremo de fibra puede cambiarse para modificar el ángulo de incidencia de la luz, y así excitar adecuadamente los distintos modos.



Modelo de implementación de la práctica N°3

Fuente: Investigador

El patrón de radiación de la fibra puede observarse en una pantalla situada enfrente del extremo final de la fibra óptica.

1. En primer lugar se maximizará la potencia óptica acoplada, moviendo los posicionadores del inicio de la fibra hasta que la luminosidad del spot observado en la pantalla sea máxima.
2. A continuación se curvará manualmente la fibra para cambiar el número de modos propagados.
3. Se excitará alguno de los 4 modos propagados, variando:
 - Realizando bucles de diferente diámetro en la fibra.
 - La posición del extremo de fibra.
 - La dirección (posición angular) del extremo de fibra.
4. Se comparará el patrón de radiación con el de los primeros modos linealmente polarizados. Tener en cuenta que puede excitarse más de un modo simultáneamente.

RESULTADOS OBTENIDOS:

Se observó el patrón de radiación del spot generado por la fibra óptica, en la pantalla situada en frente de la fibra.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- Una Fibra Monomodo con el empleo de una longitud de onda corta pueda convertirse en una Fibra Multimodo.

Docente

GUIA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

CARRERA: Electrónica y Comunicaciones
Área Académica: Comunicaciones
Período Académico: Octubre 2015 – Marzo 2016
Asignatura: Comunicación Óptica
Código: FISEI- E- 801
Nivel: Octavo
Docente:
Número de estudiantes: 24
Número de puestos de trabajo: 16
Práctica Nro.: 5 Fecha:
Tema: Pérdidas por Curvaturas
DESARROLLO DEL LABORATORIO
Objetivo: <ul style="list-style-type: none">• Analizar el efecto que producen las curvaturas sobre un canal de fibra óptica, caracterizando la atenuación que se introduce en el canal en función del radio de la misma.• Determinar el valor de las pérdidas provocadas por los diferentes diámetros de curvaturas.
INSTRUCCIONES: <p>Las curvaturas pueden producir efectos perjudiciales en un canal de fibra óptica, debido a la distorsión provocada en la guía de onda, y que suele</p>

traducirse en una pérdida de potencia (atenuación), afectando negativamente a las prestaciones del enlace.

Se considera que la atenuación α provocada por una curvatura depende exponencialmente del radio R de la misma según la ecuación:

$\alpha = C_1 \cdot e^{-C_2 \cdot R}$ [dB] donde C1 y C2 son dos coeficientes que dependen de las características de la fibra óptica y de la longitud de onda de la radiación transportada; y R es el radio de la curvatura.

Por lo tanto, cuanto menor es el radio de la curvatura, mayor es la atenuación sufrida por la luz propagada.

Esta dependencia inversa entre el radio de curvatura y la atenuación debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar e instalar un enlace de fibra óptica.

Así, se considera que existe un radio mínimo de curvatura, denominado radio crítico RC, que no debe nunca alcanzarse porque se provocarían pérdidas elevadas que podrían hacer peligrar el funcionamiento del enlace.

Este radio mínimo, para fibras monomodo, está dado por la siguiente expresión empírica:

$$R_c \approx \frac{20 \cdot \lambda}{(n_1^2 - n_2^2)^2} \left(2,748 - 0,996 \cdot \frac{\lambda}{\lambda_c} \right)^{-3}$$

mientras que, para fibras en régimen multimodo viene dado por:

$$R_c \approx \frac{3 \cdot n_1^2 \cdot \lambda}{4 \cdot \pi \cdot (n_1^2 - n_2^2)^{3/2}}$$

Donde, n1 es el índice del núcleo, n2 el de la cubierta, λ es la longitud de onda de trabajo y λ_c la longitud de onda de corte de la fibra.

En cualquier caso, siempre que sea posible, conviene evitar cualquier curvatura de menos de 10 cm de radio en una instalación.

La medida de las pérdidas en curvaturas se realizará mediante el método de las pérdidas de inserción.

Éste se basa simplemente en inyectar luz por un extremo de la fibra y medir la potencia óptica al final del tramo.

Realizando esta medición con y sin curvatura, es posible determinar con precisión la atenuación introducida por la misma.

Materiales

- Fuente de Luz (láser) 10mW
- 1 metro de cable de fibra óptica monomodo 2 hilos
- Medidor de potencia óptica TL 510-A

ACTIVIDADES A DESARROLLARSE:

Para el desarrollo de la práctica se empleará una fuente de luz y un cable de fibra óptica, ambos integrados en un medidor de potencia óptica (MPO).

Se mide la potencia inicial del cable de fibra sin ningún tipo de bucle.

En primer lugar se realiza un bucle en la fibra anotando su diámetro, conectando un extremo al emisor de luz y el otro al receptor del MPO.

Activar la fuente de luz y medir la potencia óptica recogida al final del canal. Esta potencia óptica debe apuntarse y servirá de referencia para el cálculo de las pérdidas en las diferentes curvaturas.

A continuación, se curva un tramo de fibra óptica (en el extremo final del canal, pero lo más lejos posible del receptor) y se introduce en cada uno de círculos calibrados, anotando en cada caso la potencia óptica recogida y el radio aplicado.

Las pérdidas se calculan restando la potencia óptica en dBm recogida con cada

curvatura, de la potencia óptica inicial de referencia.

Confeccionar una tabla en la que se recojan los diferentes radios de curvatura junto con las pérdidas provocadas con cada uno.

Representar gráficamente los valores obtenidos.

RESULTADOS OBTENIDOS:

Se observo que las pérdidas por curvaturas tienen una repercusión negativa en la potencia total del sistema, por lo cual se deben tomar en cuenta al momento de seleccionar la potencia de la fuente de luz.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- En un sistema de comunicación óptico se debe tomar precauciones de la no-linealidad en el canal de comunicación por que pueden producir efectos perjudiciales en la fibra óptica, debido a la distorsión provocada en la guía de onda, y provoca pérdida de potencia (atenuación), afectando negativamente al enlace.

Docente

GUIA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

CARRERA: Electrónica y Comunicaciones
Área Académica: Comunicaciones
Período Académico: Octubre 2015 – Marzo 2016
Asignatura: Comunicación Óptica
Código: FISEI- E- 801
Nivel: Octavo
Docente:
Número de estudiantes: 24
Número de puestos de trabajo: 16
Práctica Nro.: 6 Fecha:
Tema: Pérdidas por Empalmes
DESARROLLO DEL LABORATORIO
Objetivo: <ul style="list-style-type: none">•Realizar una soldadura entre dos cables de fibra óptica.•Analizar las pérdidas resultantes en el empalme.
INSTRUCCIONES: <p>Se propone en esta práctica utilizar el método de las pérdidas de inserción.</p> <p>Éste se basa simplemente en inyectar luz por un extremo de la fibra y medir la potencia óptica al final del tramo.</p> <p>Realizando esta medición antes y después de efectuar el empalme, es posible</p>

determinar con precisión las pérdidas del mismo.

Materiales

- Fuente de Luz (láser) 10mW
- 1 metro de cable de fibra óptica multimodo
- Medidor de potencia óptica TL 510-A
- Fusionadora RY-F600

ACTIVIDADES A DESARROLLARSE:

Se utilizará una bobina completa de fibra óptica, la fusionadora de fibra, así como una fuente de luz, integrados en el medidor de potencia óptica.

Las medidas se repetirán para la misma longitud variando el número de empalmes.

1. En primer lugar se realiza un bucle con la bobina completa de fibra, conectando los extremos al emisor y al receptor ópticos del MPO, tal y como se indica en la figura 1 (Pérdidas por Curvaturas, Práctica N°5). Se mide la potencia óptica en estas condiciones, potencia que denominaremos P1.
2. Anotar el valor de potencia P1.
3. A continuación se rompe la fibra a un metro aproximadamente del final (extremo conectado al receptor del medidor de potencia óptica) y se fusionan los dos extremos resultantes.
4. La nueva potencia óptica medida (P2), comparada con el valor antes de empalmar, indica las pérdidas en el empalme:
5. Anotar el valor de P2 y calcular las pérdidas obtenidas.

Es muy importante, durante el transcurso de la práctica, no modificar la conexión óptica al medidor, especialmente en la parte del emisor, pues un

pequeño cambio de posición de los conectores ópticos puede alterar la potencia introducida en la fibra óptica y afectar a la medida realizada.

RESULTADOS OBTENIDOS:

Se observo que las pérdidas por empalmes tienen una repercusión negativa en la potencia total del sistema, por lo cual se deben tomar en cuenta al momento de seleccionar la potencia de la fuente de luz, así como limitar la cantidad de empalmes soportados en un sistema de comunicaciones óptico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- Cualquier alteración en el canal de comunicación, afectará la transmisión de datos como pudimos observar en la práctica a mayor cantidad de empalmes realizados en la Fibra, mayor será el valor de la atenuación provocada.

Docente

GUIA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

CARRERA: Electrónica y Comunicaciones
Área Académica: Comunicaciones
Período Académico: Octubre 2015 – Marzo 2016
Asignatura: Comunicación Óptica
Código: FISEI- E- 801
Nivel: Octavo
Docente:
Número de estudiantes: 24
Número de puestos de trabajo: 16
Práctica Nro.: 7 Fecha:
Tema: Pérdidas por Conectores Ópticos
DESARROLLO DEL LABORATORIO
Objetivo: <ul style="list-style-type: none">•Realizar un sistema de comunicación óptico de varios metros (a elección).•Analizar las pérdidas resultantes por los conectores ópticos.•Determinar la las pérdidas provocadas por los conectores ópticos en un sistema de comunicaciones ópticas.
INSTRUCCIONES: <p>Uno de los factores indispensables para ser tomado en cuenta al momento de realizar el balance en un sistema de comunicaciones ópticas es las pérdidas por</p>

conectores, debido a que en todos los sistemas se emplea numerosos diseños de conectores para entrelazar el cuerpo del sistema.

Las terminaciones ópticas se realizan a través de la instalación de conectores en las puntas de las fibras para su interconexión a los equipos de red y de medición. Los conectores ópticos son accesorios formados por un cerrojo, donde está la terminación de la fibra óptica, y un cuerpo, responsable por la fijación de esas fibras. Este, a su vez, está formado por una estructura donde se fija la fibra y por un revestimiento, que protege mecánicamente el cable del cual se retiró la fibra. En la extremidad del cerrojo se realiza un pulimento para reducir los problemas relacionados con la reflexión de la luz. Los conectores también contribuyen en el aumento de la atenuación de las señales recibidas a través de dos efectos denominados pérdida de inserción y pérdida de retorno. La pérdida de inserción, más conocida como atenuación, es la pérdida de potencia luminosa que ocurre durante el paso de la luz a través de las conexiones. Existen varios factores que favorecen a esta pérdida. Las principales causas están relacionadas con irregularidades en el alineamiento de los conectores, pero existen otras inherentes a las fibras ópticas. En la práctica, es la pérdida de inserción la que contribuye para la suma total de la atenuación o pérdida de potencia óptica de todo el tramo de cables. La pérdida de retorno, conocida también por reflectancia, consiste en la cantidad de potencia óptica reflejada en la conexión, siendo que esta luz regresa a la fuente luminosa en el sentido inverso al que se envió. La causa principal está relacionada con las características de la cara de los cerrojos en los conectores. Esta pérdida, aunque no influya directamente en la atenuación total de la señal, puede degradar el funcionamiento de la fuente luminosa y, de esa forma, perjudicar la comunicación.

La pérdida de retorno puede evitarse tomando los siguientes cuidados durante la conectorización:

- Mantener limpio el entorno donde se realizará la conectorización.

- Controlar la temperatura del entorno.

- Garantizar un bajo nivel de humedad en el entorno de montaje.

Esas condiciones proporcionan conectorizaciones de buena calidad y bajos niveles de atenuación, además de garantizar la uniformidad de la conectorización.

Debe evitarse ejecutar la conectorización en campo, especialmente cuando se realiza a través de procedimientos manuales que dependen exclusivamente de la habilidad del profesional involucrado, porque los valores de las tolerancias en esas terminaciones pueden ser críticos, haciendo que las diferencias entre la atenuación esperada y la realmente obtenida provoquen un mal funcionamiento de todo el sistema de comunicación.

Cordón óptico: el conector se aplica en las dos extremidades de la fibra óptica.

Cable multi-cordón: el conector se aplica en un cable con varias fibras de tipo Tight.

Materiales

- Fuente de Luz (láser) 10mW

- Cable de fibra óptica 1m monomodo 2 hilos

- Medidor de potencia óptica TL 510-A

- 2 Bobinas de 50m

- 2 Bobinas de 100m

- 1 Bobina de 200m

ACTIVIDADES A DESARROLLARSE:

Se utilizará una bobina completa de fibra óptica, la fusionadora de fibra, así como una fuente de luz, integrados en el medidor de potencia óptica. Las

medidas se repetirán para la misma longitud variando el número de conectores ópticos.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Se mide la potencia de un sistema de comunicación óptico de x metros (elección del instructor), sin ningún tipo de conector. Por ejemplo 300m con 2 conectores (entrada del medidor y salida del medidor).

2. Anotar el valor de potencia P_1 .

3. A continuación se construye un sistema de comunicación de los mismos x metros, con diferentes conectores. Por ejemplo, usamos las bobinas de 100m, y 200m; con un total de 6 conectores (1 entrada de la fuente de luz, 1 entrada de la bobina de 100m, 1 salida de la bobina de 100m, 1 entrada de la bobina de 200m, 1 salida de la bobina de 200m, 1 entrada del medidor).

4. Anotar el valor de la potencia P_2 .

5. La nueva potencia óptica medida (P_2), comparada con el valor P_1 , indica las pérdidas por los conectores ópticos

6. Calcular las pérdidas obtenidas restando el valor P_1 menos el valor P_2 .

7. A continuación se construye un sistema de comunicación de los mismos x metros, con diferentes conectores. Por ejemplo, usamos las bobinas de 200m, 50m, y 50m; con un total de 8 conectores (1 entrada de la fuente de luz, 1 entrada de la bobina de 200m, 1 salida de la bobina de 200m, 1 entrada de la bobina de 50m, 1 salida de la bobina de 50m, 1 entrada de la bobina de 50m, 1 salida de la bobina de 50m, 1 entrada del medidor).

8. Anotar el valor de la potencia P_3 .

9. La nueva potencia óptica medida (P_3), comparada con el valor P_1 y P_2 , indica las pérdidas por los conectores ópticos

10. Calcular las pérdidas obtenidas restando el valor P1 menos el valor P3.

Es muy importante, durante el transcurso de la práctica, no modificar la conexión óptica al medidor, especialmente en la parte del emisor, pues un pequeño cambio de posición de los conectores ópticos puede alterar la potencia introducida en la fibra óptica y afectar a la medida realizada.

RESULTADOS OBTENIDOS:

Se observó que las pérdidas por conectores tienen una repercusión negativa en la potencia total del sistema, por lo cual se deben tomar en cuenta al momento de seleccionar la potencia de la fuente de luz, así como limitar la cantidad de conectores soportados en un sistema de comunicaciones óptico.

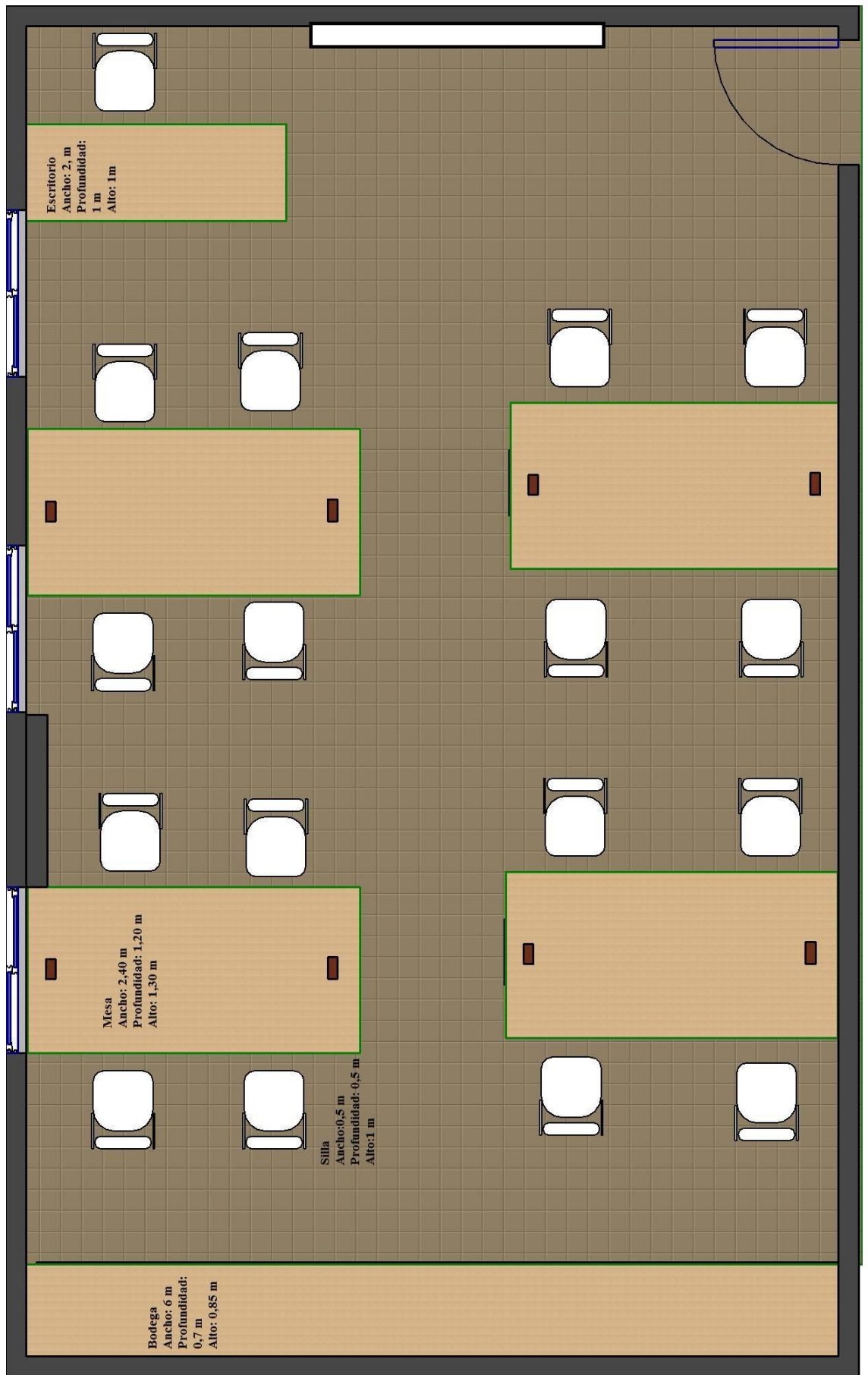
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- En un balance de potencia óptica los conectores ópticos son factores de atenuación considerables, a mayor número de conectores mayor será la atenuación del sistema.

Docente

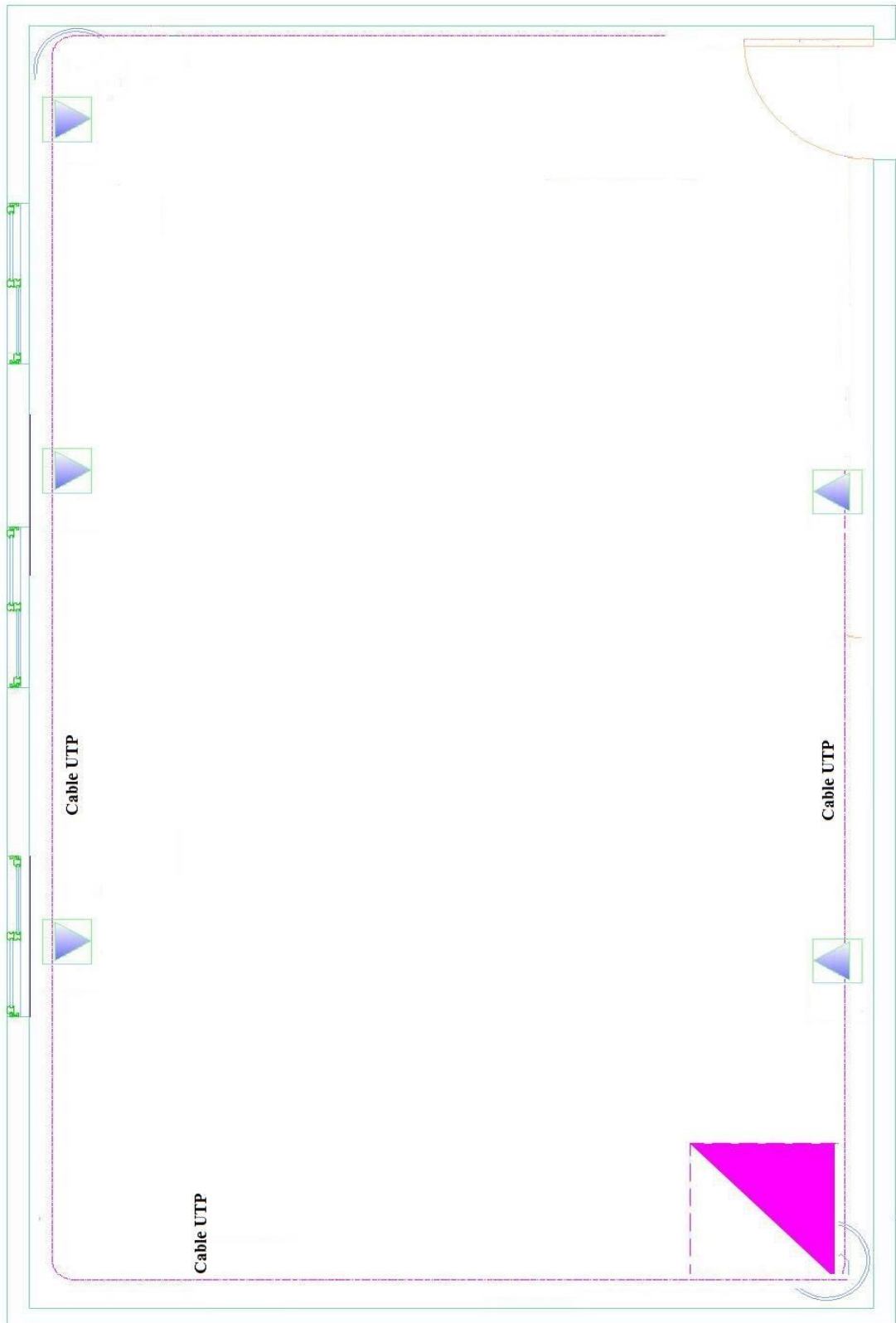
ANEXO B

Planos del Laboratorio de Comunicaciones Ópticas

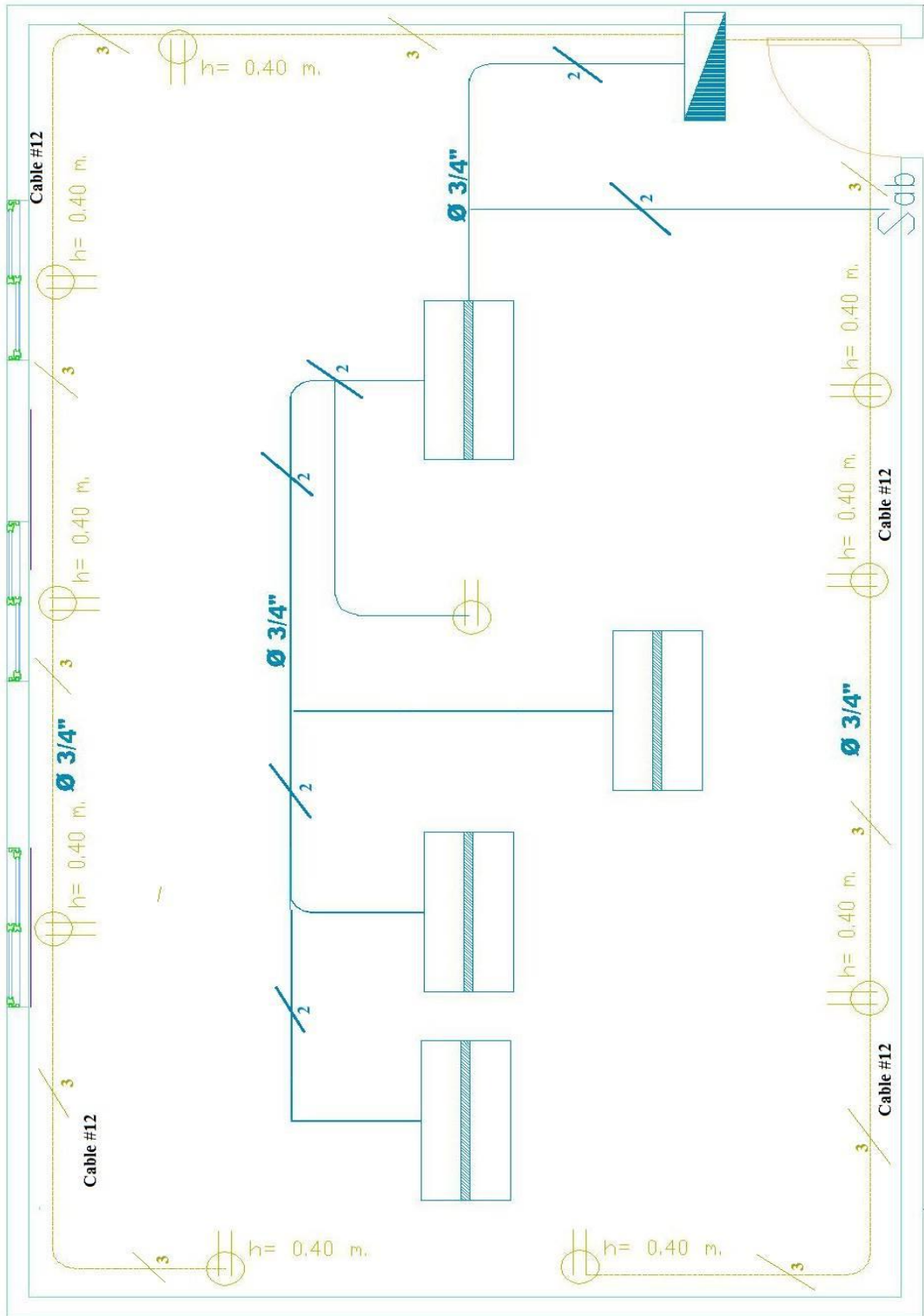


PLANO ARQUITECTÓNICO


























PLANO DATOS



PLANO ELÉCTRICO



SIMBOLOGÍA

SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	TUBERIA POR LOSA
	TUBERIA EMPOTRADA EN PISO
	LAMPARA FLUORESCENTE 4 x 40
	PUNTO DE LUZ 110 V
	APLIQUE DE PARED
	PUNTO DE LUZ 220 V
	LAMPARA EXTERIOR 220 V
	REFLECTOR 150 W
	TOMACORRIENTE DOBLE 120 V h= 0,30 m
	TOMACORRIENTE DOBLE 120 V h= 1,20 m
	TOMACORRIENTE 240 V
	TOMACORRIENTE 240 V TRIFASICO
	INTERRUPTOR SENCILLO
	INTERRUPTOR DOBLE
	INTERRUPTOR DE CONMUTACION
	ANTENA PARA TELEVISOR
	SALIDA DE TELEFONO
	SALIDA DE AUDIO
	TABLERO CONTROL DE LUCES
	PANEL DE DISTRIBUCION
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	TABLERO DE MEDIDORES
	SALIDA DE VOZ Y DATOS
	RACK DE COMUNICACIONES
	CAJA DE DISTRIBUCION 20X25X10