

**ASIGNATURA DE GUÍAS DE ONDA**

|  |   |                 |                         |              |                 |
|--|---|-----------------|-------------------------|--------------|-----------------|
| <b>PROPÓSITO DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA</b> | Proporcionar teoría básica de guías de onda dieléctricas, así como la teoría de modos acoplados con una descripción fundamental de los fenómenos físicos involucrados. Los conocimientos adquiridos serán empleados para las comunicaciones ópticas, óptica integrada y sensores de fibra óptica. |                 |                         |              |                 |
| <b>CUATRIMESTRE</b>                              | CUARTO  |                 |                         |              |                 |
| <b>TOTAL DE HORAS</b>                            | PRESENCIALES  | NO PRESENCIALES | <b>HORAS POR SEMANA</b> | PRESENCIALES | NO PRESENCIALES |
|  | 75  | 15              |                         | 5            | 1               |

| UNIDADES DE APRENDIZAJE                       | HORAS DEL SABER |          | HORAS DEL SABER HACER |           | HORAS TOTALES |           |
|---|-----------------|----------|-----------------------|-----------|---------------|-----------|
|   | P               | NP       | P                     | NP        | P             | NP        |
| I. Guías de onda.                             | 10              | 0        | 15                    | 5         | 25            | 5         |
| II. Fibras ópticas.                           | 10              | 0        | 15                    | 5         | 25            | 5         |
| III. Componentes y medición de fibra ópticas. | 10              | 0        | 15                    | 5         | 25            | 5         |
| <b>TOTALES</b>                                | <b>30</b>       | <b>0</b> | <b>45</b>             | <b>15</b> | <b>75</b>     | <b>15</b> |

|                 |   |                                   |   |
|-----------------|---|-----------------------------------|---|
| <b>ELABORÓ:</b> | Comité del Doctorado en Optomecatrónica de la UPT | <b>REVISÓ:</b>                    | Dirección de Investigación y Posgrado de la UPT |
| <b>APROBÓ:</b>  | DGUTyP  | <b>FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:</b> | Enero 2022                                      |

## COMPETENCIA A LA QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

De acuerdo con la metodología de diseño curricular de la DGUTyP, las competencias se desagregan en dos niveles de desempeño: Unidades de Competencias y Capacidades.

La presente asignatura contribuye al logro de la competencia y los niveles de desagregación descritos a continuación:

**COMPETENCIA:** Plantear, diseñar y modelar problemas relacionados con la propagación de la luz en guías de onda considerando los componentes para fibra óptica.

| UNIDADES DE COMPETENCIA   | CAPACIDADES   | CRITERIOS DE DESEMPEÑO  |
|---|---|---|
| Conocer y manejar las bases de la propagación de la luz en guías de ondas, en específico, los modos TE y TM, la ecuación característica para las fibras de guiado débil. Además, manejar los componentes para fibra óptica como acopladores WDM, entre otros. | Conocer las diferencias que existen entre las diferentes guías de onda.   | Conocer el funcionamiento de los siguientes dispositivos, existentes en el laboratorio: fibra óptica, polarímetro, espectroscopio, lentes, aberturas y diafragmas, lente colimadora, diversas fuentes luminosas (lámparas incandescentes de luz blanca, lámparas de arco puntual, lámparas espectrales, fuentes de luz láser, prismas y planos ópticos, interferómetros, microscopios, láseres. |
|   | Conocer los fundamentos y las propiedades de las guías de onda, y sus aplicaciones en la implementación de dispositivos con óptica integrada.                     | Implementación de sensores de fibra óptica para medir índice de refracción, tensión, frecuencia de desplazamiento de objetos, temperatura, entre otras variables físicas. Desarrollo de técnicas para medir la dispersión de la luz por las guías de onda. Además, implementar arreglos experimentales para implementar sensores de fibra óptica.   |
|   | Utilizar las guías de onda como una herramienta para implementar sensores de fibra óptica y/o como una herramienta en el uso de dispositivos de óptica integrada. | Elaborar proyectos que incluyan los siguientes temas: <ul style="list-style-type: none"> <li>● Polarización de la luz.</li> <li>● Guías de onda.</li> <li>● Dispositivos de fibra óptica</li> </ul>   |

|                 |   |                                   |   |
|-----------------|---|-----------------------------------|---|
| <b>ELABORÓ:</b> | Comité del Doctorado en Optomecatrónica de la UPT | <b>REVISÓ:</b>                    | Dirección de Investigación y Posgrado de la UPT |
| <b>APROBÓ:</b>  | DGUTyP  | <b>FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:</b> | Enero 2022                                      |

### UNIDADES DE APRENDIZAJE

|                              |   |           |                        |          |           |                              |          |           |
|------------------------------|---|-----------|------------------------|----------|-----------|------------------------------|----------|-----------|
| <b>UNIDAD DE APRENDIZAJE</b> | I. Guías de onda.   |           |                        |          |           |                              |          |           |
| <b>PROPOSITO ESPERADO</b>    | El alumno dominará los conceptos de guías de onda y comprenderá cómo se propaga la luz en guías de onda unidimensionales y bidimensionales. |           |                        |          |           |                              |          |           |
| <b>HORAS TOTALES</b>         | <b>P</b>  | <b>NP</b> | <b>HORAS DEL SABER</b> | <b>P</b> | <b>NP</b> | <b>HORAS DEL SABER HACER</b> | <b>P</b> | <b>NP</b> |
|                              | 25  | 5         |                        | 10       | 0         |                              | 15       | 5         |

| <b>TEMAS</b>                      | <b>SABER<br/>DIMENSIÓN CONCEPTUAL</b>  | <b>SABER HACER<br/>DIMENSIÓN ACTUACIONAL</b>  | <b>SER<br/>DIMENSIÓN SOCIOAFECTIVA</b>   |
|-----------------------------------|--|---|--|
| Guía de onda plana por espejos    | <p>Definir el concepto de una guía de onda plana</p> <p>Describir una onda monocromática,</p> <p>Explicar la ecuación de onda y/o ecuación de Helmholtz.</p> <p>Definir los modos de un sistema óptico lineal y modos en una guía de onda, condición de autoconsistencia, constante de propagación, distribución de campos, modos TE., propagación de pulsos en un medio dispersivo, velocidades de grupo, modos TM. campos multimodales</p> | <p>Demostrar y analizar la ecuación de onda unidimensional, y la ecuación de Helmholtz</p> <p>Comprender el concepto de modos en una guía de onda, distribución de campo, modos TE, modos TM, Campos multimodales</p> <p>Comprender los siguientes conceptos: modos guiados, modos radiantes, modos fugados, dispersión modal, dispersión de guía de onda, velocidad de grupo</p> | <p>Analítico</p> <p>Proactivo</p> <p>Autónomo</p> <p>Responsable</p> <p>Ordenado</p> <p>Observador</p> <p>Disciplinado</p> |
| Guías de onda planas dieléctricas | <p>Explicar el principio de operación de una guía de onda plana dieléctrica a través de la reflexión total interna</p> <p>Describir los siguientes conceptos: modos en una guía de onda, número de modos, distribución de campo, campos externos e internos, factor de confinamiento, modos guiados, modos radiantes, modos fugados,</p>   | <p>Demostrar la reflexión total interna y las ecuaciones de Fresnel</p> <p>Comprender conceptos como: modos en una guía de onda, distribución de campo, campos externos e internos, dispersión de guía de onda, velocidad de grupo.</p>   | <p>Analítico</p> <p>Proactivo</p> <p>Autónomo</p> <p>Responsable</p> <p>Ordenado</p> <p>Observador</p> <p>Disciplinado</p> |

|                 |   |                                   |   |
|-----------------|---|-----------------------------------|---|
| <b>ELABORÓ:</b> | Comité del Doctorado en Optomecatrónica de la UPT | <b>REVISÓ:</b>                    | Dirección de Investigación y Posgrado de la UPT |
| <b>APROBÓ:</b>  | DGUTyP  | <b>FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:</b> | Enero 2022                                      |

|                               |   |  |   |
|-------------------------------|---|--|---|
|                               | dispersión modal, dispersión de guía de onda, velocidad de grupo.                           |  |   |
| Guías de onda bidimensionales | Describir el funcionamiento de una guía de onda hecha por espejos y materiales dieléctricos | Entender el principio de operación de una guía de onda bidimensional | Analítico<br>Proactivo<br>Autónomo<br>Responsable<br>Ordenado<br>Observador<br>Disciplinado |

|                 |   |                                   |   |
|-----------------|---|-----------------------------------|---|
| <b>ELABORÓ:</b> | Comité del Doctorado en Optomecatrónica de la UPT | <b>REVISÓ:</b>                    | Dirección de Investigación y Posgrado de la UPT |
| <b>APROBÓ:</b>  | DGUTyP  | <b>FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:</b> | Enero 2022                                      |

| PROCESO DE EVALUACIÓN   |   | TÉCNICAS SUGERIDAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE  | ESPACIO DE FORMACIÓN |            |          | MATERIALES Y EQUIPOS   |
|---|---|--|----------------------|------------|----------|--|
| EVIDENCIA DE DESEMPEÑO  | INSTRUMENTO EVALUACIÓN  |  | AU<br>LA             | TAL<br>LER | OT<br>RO |  |
| Programas en software especializado que modelen los fenómenos ópticos estudiados. | Reportes de prácticas de laboratorio.<br>Ejercicios prácticos.<br>Proyecto. | Solución de problemas<br>Modelado de fenómenos ópticos usando software especializado.<br>Exposición<br>Tareas de investigación<br>Prácticas de laboratorio | X                    | X          |          | Material y equipo de laboratorio.<br>Pizarrón.<br>Plumón.<br>Material impreso.<br>Software especializado.<br>Computadora.<br>Internet. |

|                 |   |                                   |   |
|-----------------|---|-----------------------------------|---|
| <b>ELABORÓ:</b> | Comité del Doctorado en Optomecatrónica de la UPT | <b>REVISÓ:</b>                    | Dirección de Investigación y Posgrado de la UPT |
| <b>APROBÓ:</b>  | DGUTyP  | <b>FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:</b> | Enero 2022                                      |

|                              |   |           |                        |          |           |                              |          |           |
|------------------------------|---|-----------|------------------------|----------|-----------|------------------------------|----------|-----------|
| <b>UNIDAD DE APRENDIZAJE</b> | II. Fibras ópticas.   |           |                        |          |           |                              |          |           |
| <b>PROPÓSITO ESPERADO</b>    | El alumno dominará los conceptos básicos de fibras ópticas y comprenderá la diferencia entre fibras ópticas monomodo y multimodo y como se propaga la luz en ellas. |           |                        |          |           |                              |          |           |
| <b>HORAS TOTALES</b>         | <b>P</b>  | <b>NP</b> | <b>HORAS DEL SABER</b> | <b>P</b> | <b>NP</b> | <b>HORAS DEL SABER HACER</b> | <b>P</b> | <b>NP</b> |
|                              | 25  | 5         |                        | 10       | 0         |                              | 15       | 5         |

| <b>TEMAS</b>                      | <b>SABER<br/>DIMENSIÓN CONCEPTUAL</b>   | <b>SABER HACER<br/>DIMENSIÓN ACTUACIONAL</b>  | <b>SER<br/>DIMENSIÓN SOCIOAFECTIVA</b>   |
|-----------------------------------|---|---|--|
| Fibra óptica de índice escalonado | <p>Definir los rayos guiados y apertura numérica, ondas guiadas, el parámetro <math>V</math>.</p> <p>Describir la ecuación característica para las fibras de guiado débil.</p> <p>Explicar el corte de modo y el número de modos, número de modos (fibras con un parámetro <math>V</math> grande), constante de propagación (fibras con un parámetro <math>V</math> grande).</p> <p>Explicar la diferencia entre fibra multimodales y monomodales</p> | <p>Comprender el significado de la ecuación característica</p> <p>Comprender los conceptos básicos para analizar la propagación de la luz en la fibra óptica</p> <p>Realizar en el laboratorio la demostración de la propagación de la luz en fibras ópticas monomodo y multimodo, así como visualizar los diferentes modos que se propagan dentro de la fibra</p>                                      | <p>Analítico</p> <p>Proactivo</p> <p>Autónomo</p> <p>Responsable</p> <p>Ordenado</p> <p>Observador</p> <p>Disciplinado</p> |
| Fibra óptica de índice gradiente  | <p>Definir los rayos guiados y apertura numérica, ondas guiadas, el parámetro <math>V</math>.</p> <p>Describir la ecuación característica para las fibras de guiado débil.</p> <p>Explicar el corte de modo y el número de modos, número de modos (fibras con un parámetro <math>V</math> grande), constante de propagación (fibras con un parámetro <math>V</math> grande).</p>  | <p>Demostrar y comprender la dispersión que provoca una guía de onda</p> <p>Comprender los parámetros generalizados (<math>a</math>, <math>b</math>, <math>c</math>, <math>d</math> y parámetro <math>V</math>), frecuencia de corte y número de modos guiados</p> <p>Modelar el interferómetro de Young.</p> <p>Reconocer los diferentes tipos de guías de onda y comprender los fundamentos de la</p> | <p>Analítico</p> <p>Proactivo</p> <p>Autónomo</p> <p>Responsable</p> <p>Ordenado</p> <p>Observador</p> <p>Disciplinado</p> |

|                 |   |                                   |   |
|-----------------|---|-----------------------------------|---|
| <b>ELABORÓ:</b> | Comité del Doctorado en Optomecatrónica de la UPT | <b>REVISÓ:</b>                    | Dirección de Investigación y Posgrado de la UPT |
| <b>APROBÓ:</b>  | DGUTyP  | <b>FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:</b> | Enero 2022                                      |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  | Explicar la diferencia entre fibra multimodales y monomodales  | propagación de la luz en cada una de ellas, considerando los modos guiados   |  |
| Acoplamiento óptico, atenuación y dispersión | <p>Explicar el funcionamiento de los acopladores de entrada y describir las ecuaciones de ondas acopladas.</p> <p>Definir el acoplamiento entre dos guías de onda y la selección (switch) óptica por empataamiento de fase.</p> <p>Explicar el coeficiente de atenuación y transmitancia.</p> <p>Describir la absorción en vidrio de sílice, esparcimiento de Rayleigh, pérdidas por dobleces y los coeficientes de atenuación para fibras ópticas unimodales y multimodales</p> | <p>Comprender el funcionamiento de los diversos dispositivos para acoplar, interrumpir la luz usando fibras ópticas</p> <p>Comprender las ecuaciones de ondas acopladas para fibras ópticas</p> <p>Demostrar el esparcimiento Rayleigh en las fibras</p> | <p>Analítico</p> <p>Proactivo</p> <p>Autónomo</p> <p>Responsable</p> <p>Ordenado</p> <p>Observador</p> <p>Disciplinado</p> |

|                 |   |                                   |   |
|-----------------|---|-----------------------------------|---|
| <b>ELABORÓ:</b> | Comité del Doctorado en Optomecatrónica de la UPT | <b>REVISÓ:</b>                    | Dirección de Investigación y Posgrado de la UPT |
| <b>APROBÓ:</b>  | DGUTyP  | <b>FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:</b> | Enero 2022                                      |

| PROCESO DE EVALUACIÓN  |   | TÉCNICAS<br>SUGERIDAS DE<br>ENSEÑANZA Y<br>APRENDIZAJE   | ESPACIO DE<br>FORMACIÓN |            |          | MATERIALES Y<br>EQUIPOS  |
|--|---|--|-------------------------|------------|----------|--|
| EVIDENCIA DE DESEMPEÑO   | INSTRUMENTO<br>EVALUACIÓN   |  | AU<br>LA                | TAL<br>LER | OT<br>RO |  |
| Programas en software especializado que modelen la propagación de la luz en las diferentes fibras ópticas. | Reportes de prácticas de laboratorio.<br>Ejercicios prácticos.<br>Proyecto. | Solución de problemas<br>Modelado de fenómenos ópticos usando software especializado.<br>Exposición<br>Tareas de investigación<br>Prácticas de laboratorio | X                       | X          |          | Material y equipo de laboratorio.<br>Pizarrón.<br>Plumón.<br>Material impreso.<br>Software especializado.<br>Computadora.<br>Internet. |

|                 |   |                                   |   |
|-----------------|---|-----------------------------------|---|
| <b>ELABORÓ:</b> | Comité del Doctorado en Optomecatrónica de la UPT | <b>REVISÓ:</b>                    | Dirección de Investigación y Posgrado de la UPT |
| <b>APROBÓ:</b>  | DGUTyP  | <b>FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:</b> | Enero 2022                                      |



|                              |  |           |                        |          |           |                              |          |           |
|------------------------------|--|-----------|------------------------|----------|-----------|------------------------------|----------|-----------|
| <b>UNIDAD DE APRENDIZAJE</b> | III. Componentes y medición de fibra ópticas.  |           |                        |          |           |                              |          |           |
| <b>PROPÓSITO ESPERADO</b>    | El alumno conocerá los componentes básicos para fibras ópticas así como realizar mediciones utilizando la fibra. |           |                        |          |           |                              |          |           |
| <b>HORAS TOTALES</b>         | <b>P</b>   | <b>NP</b> | <b>HORAS DEL SABER</b> | <b>P</b> | <b>NP</b> | <b>HORAS DEL SABER HACER</b> | <b>P</b> | <b>NP</b> |
|                              | 25   | 5         |                        | 10       | 0         |                              | 15       | 5         |

| <b>TEMAS</b>                 | <b>SABER<br/>DIMENSIÓN CONCEPTUAL</b>  | <b>SABER HACER<br/>DIMENSIÓN ACTUACIONAL</b>  | <b>SER<br/>DIMENSIÓN SOCIOAFECTIVA</b>  |
|------------------------------|--|---|---|
| Componentes de fibra óptica  | Describir los siguientes componentes de fibra óptica: conectores, acopladores, transformadores de polarización, aislantes, multiplexores de longitud de onda, moduladores e interruptores, elementos ópticos planos pasivos. | Comprender el funcionamiento y el uso de componentes para fibra óptica como por ejemplo conectores, acopladores, transformadores de polarización entre otros.<br><br>Demostrar experimentalmente el uso de los componentes de fibra óptica antes mencionados. | Analítico<br>Proactivo<br>Autónomo<br>Responsable<br>Ordenado<br>Observador<br>Disciplinado |
| Mediciones en fibras ópticas | Definir el Perfil del índice de refracción, la apertura numérica, atenuación, ancho de banda y reflectometría óptica en el dominio del tiempo.   | Demostrar experimentalmente la medición de la apertura numérica de una fibra óptica.<br><br>Entender el perfil del índice de refracción, atenuación y ancho de banda<br>Demostrar experimentalmente la reflectometría en el dominio del tiempo                | Analítico<br>Proactivo<br>Autónomo<br>Responsable<br>Ordenado<br>Observador<br>Disciplinado |

|                 |   |                                   |   |
|-----------------|---|-----------------------------------|---|
| <b>ELABORÓ:</b> | Comité del Doctorado en Optomecatrónica de la UPT | <b>REVISÓ:</b>                    | Dirección de Investigación y Posgrado de la UPT |
| <b>APROBÓ:</b>  | DGUTyP  | <b>FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:</b> | Enero 2022                                      |

| PROCESO DE EVALUACIÓN   |   | TÉCNICAS SUGERIDAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE  | ESPACIO DE FORMACIÓN |            |          | MATERIALES Y EQUIPOS   |
|---|---|--|----------------------|------------|----------|--|
| EVIDENCIA DE DESEMPEÑO  | INSTRUMENTO EVALUACIÓN  |  | AU<br>LA             | TAL<br>LER | OT<br>RO |  |
| Programas en software especializado que modelen los fenómenos ópticos estudiados. | Reportes de prácticas de laboratorio.<br>Ejercicios prácticos.<br>Proyecto. | Solución de problemas<br>Modelado de fenómenos ópticos usando software especializado.<br>Exposición<br>Tareas de investigación<br>Prácticas de laboratorio | X                    | X          |          | Material y equipo de laboratorio.<br>Pizarrón.<br>Plumón.<br>Material impreso.<br>Software especializado.<br>Computadora.<br>Internet. |

|                 |   |                                   |   |
|-----------------|---|-----------------------------------|---|
| <b>ELABORÓ:</b> | Comité del Doctorado en Optomecatrónica de la UPT | <b>REVISÓ:</b>                    | Dirección de Investigación y Posgrado de la UPT |
| <b>APROBÓ:</b>  | DGUTyP  | <b>FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:</b> | Enero 2022                                      |

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

| AUTOR                              | AÑO  | TÍTULO DEL DOCUMENTO                           | LUGAR DE PUBLICACIÓN             | EDITORIAL                                      | ISBN              |
|------------------------------------|------|--|----------------------------------|--|-------------------|
| <i>J. A. Buck</i>                  | 2004 | <i>Fundamentals of Optical Fibers</i>          | <i>Estados Unidos de América</i> | <i>J. Wiley &amp; Sons</i>                     | 978-0-471-22191-3 |
| <i>Paul Liao</i>                   | 1991 | <i>Theory of Dielectric Optical Waveguides</i> | <i>Estados Unidos de América</i> | <i>Academic Press</i>                          | 9780323161770     |
| <i>Hecht, Eugene.</i>              | 2000 | <i>Óptica (3ra Edición).</i>                   | <i>Madrid</i>                    | <i>Addisson Wesley Iberoamericana.</i>         | 84-7829-025-7     |
| <i>Born, Max., Wolf, Emil.</i>     | 1987 | <i>Principles of Optics (6th Edition).</i>     | <i>Reino Unido</i>               | <i>Cambridge University Press.</i>             | 0-08-026482-4     |
| <i>Hernández Malacara, Daniel.</i> | 2015 | <i>Óptica Básica (3ra Edición).</i>            | <i>México</i>                    | <i>Fondo de Cultura Económica.</i>             | 978-607-16-3215-9 |
| <i>B.E.A Saleh, M.C. Teich,</i>    | 1991 | <i>Fundamentals of photonics</i>               | <i>Estados Unidos de América</i> | <i>Wiley Series in pure and applied optics</i> | 9780471839651     |
|                                    |      |  |                                  |  |                   |

|                 |   |                                   |   |
|-----------------|---|-----------------------------------|---|
| <b>ELABORÓ:</b> | Comité del Doctorado en Optomecatrónica de la UPT | <b>REVISÓ:</b>                    | Dirección de Investigación y Posgrado de la UPT |
| <b>APROBÓ:</b>  | DGUTyP  | <b>FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:</b> | Enero 2022                                      |