



# FOTÓNICA Sistemas de Radio sobre Fibra

*Énfasis en Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

**ESPACIO ACADÉMICO** (Asignatura): **FOTÓNICA: SISTEMAS DE RADIO SOBRE FIBRA**  
**CÓDIGO: #**

- Obligatorio ( ) : Básico ( ) Complementario ( )
- Electivo ( X ) : Intrínsecas ( ) Extrínsecas ( )

## **COMPETENCIAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**NÚMERO DE CRÉDITOS:** Cuatro (4)

**TIPO DE CURSO:** **TEÓRICO:** \_\_\_\_\_ **PRÁCTICO:** \_\_\_\_\_ **TEO-PRÁC:**  X

Alternativas metodológicas:

Clase Magistral ( X ), Seminario ( ), Seminario – Taller ( ), Taller ( ), Prácticas ( X ),  
Proyectos tutorados ( ), Otro: \_\_\_\_\_

## *Justificación del Espacio Académico*

La ingeniería de microondas y las tecnologías fotónicas son dos áreas de la Ingeniería que han tenido un dramático impacto en la vida diaria y en particular en el campo de las comunicaciones. Las últimas décadas han visto como las tecnologías fotónicas dominan las comunicaciones de larga distancia y recientemente también se ha presenciado el despliegue de redes de fibra hasta el hogar. El enorme ancho de banda ofrecido por la fibra óptica ha actuado como detonante para el desarrollo de técnicas tales como la multiplexación por división en el tiempo (WDM) y el diseño de componentes optoelectrónicos operando a altas velocidades, esto significa que los diseñadores de sistemas de fibra óptica ahora deben considerar elementos de diseño de microondas cuando requieran componentes optoelectrónicos y su electrónica asociada.

También hemos presenciado el crecimiento exponencial de las comunicaciones inalámbricas las cuales han dado soporte al estilo de vida móvil y nómada de hoy en día, esto ha sido posible gracias a avances no solamente en el campo del procesamiento digital de señales sino también debido a avances realizados en el desarrollo de componentes de microondas y sistemas.



Mientras las primeras generaciones de sistemas inalámbricos operaron en unos pocos Gigahertz, hoy en día hay una cantidad sustancial de investigación y desarrollo en tecnología inalámbrica operando en ondas milimétricas y este ha sido apoyado por el desarrollo de sistemas radio sobre fibra en donde las redes ópticas se usan para la distribución convergente de señales provenientes de redes fijas y redes móviles además de la generación propia de señales en bandas milimétricas.

Cualquiera que sea la forma que tome las comunicaciones del futuro, es claro que la capa física continuará siendo dominada por tecnologías fotónicas para redes cableadas y por tecnologías de microondas para redes inalámbricas. La interfaz entre las tecnologías fotónicas y de microondas tienen por lo tanto una gran importancia ya que ha creado el campo interdisciplinario conocido como Radio sobre Fibra el cual es el eje principal de desarrollo de la presente asignatura.

**PRERREQUISITO:** Ninguno

### *Programación del Contenido*

Ofrecer al estudiante conocimientos de componentes fotónicos, técnicas y sistemas para aplicaciones de generación, transmisión y procesamiento de señales de RF mediante técnicas fotónicas. Se estudian aplicaciones como generación y distribución de señales de acceso wireless (UMTS/4G/WiFi/WiMAX) en infraestructuras de fibra óptica, conformación óptica de haces de antenas (antenas ópticas inteligentes) y conversores A/D fotónicos con características excepcionales, no alcanzables con tecnología electrónica.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Proveer al estudiante con los conceptos propios de la fotónica de microondas.
- Describir los conceptos básicos de transmisión de señales de RF basándose en el modelo transmisor-medio-detector. Introducir los diferentes dispositivos ópticos que permiten el procesamiento óptico de señales de RF.
- Describir las tendencias de convergencia de red fija/móvil derivadas del uso de sistemas radio sobre fibra.
- Preparar al estudiante para que al culminar el curso sea capaz de proponer y evaluar nuevas arquitecturas y sistemas de comunicaciones ópticas.



## COMPETENCIAS DE FORMACIÓN

La estructura del curso permite dar al estudiante una visión completa de los aspectos más relevantes de los sistemas de radio sobre fibra, sus aplicaciones, argumentos de diseño ventajas y aplicaciones de cara al diseño de redes de comunicaciones convergentes fija/móvil.

A nivel cognitivo, la asignatura presenta una introducción a los sistemas y redes de comunicaciones ópticas haciendo especial énfasis en las tendencias tecnológicas que explotan el transporte óptico de señales de radiofrecuencia y su aplicación a redes de alta capacidad para el transporte de datos combinado de redes cableadas y redes móviles.

Finalmente la asignatura busca infundir en el estudiante la actitud de solución a problemas así como el crear un sentido crítico y analítico que le de herramientas para la propuesta de nuevas propuestas en el contexto de la fotónica de microondas de aplicación directa a redes de transporte.

## PROGRAMA SINTÉTICO

**Unidad 1:** Fundamentos y componentes fotónicos, estudio de los principales componentes fotónicos y tecnologías base en el campo de la fotónica de microondas. En esta unidad se estudiarán los siguientes aspectos:

- Introducción a sistemas de radio sobre fibra
- Análisis de la propagación de señales en fibra óptica
- Dispersión y atenuación
- Dispositivos fotónicos

**Unidad 2:** Introducción a los sistemas y redes de comunicaciones ópticas, trata de aspectos propios de las redes ópticas basadas en multiplexación por longitud de onda (WDM) tales como sus consideraciones de diseño y escalabilidad, el diseño de sistemas ópticos digitales, técnicas de multiplexación en sistemas ópticos y conceptos fundamentales de redes ópticas.

En esta unidad se abordan los siguientes temas:

- Generalidades de sistemas WDM
- Amplificación en sistemas WDM
- Efectos no lineales
- Filtrado en sistemas WDM

**Unidad 3:** Transporte óptico de señales de RF, presenta de forma teórica las consideraciones que a nivel de capa física se deben tener en cuenta para permitir la transmisión de señales de radiofrecuencia a través de la fibra óptica, en particular se



estudian conceptos de transmisión óptica analógica, técnicas de generación, transporte y detección, fenómenos de degradación en el transmisor y fenómenos de degradación en la fibra. Los temas abordados en esta unidad son:

- Introducción a sistemas SCM
- Técnicas de generación de señales SCM
- El efecto de supresión de portadora
- Distorsiones en sistemas ópticos SCM
- Aplicaciones de SCM

**Unidad 4:** Aplicación de WDM al transporte óptico de señales de RF presenta desde una perspectiva real los principales entornos e implementaciones de sistemas de radio sobre fibra, sus tendencias y áreas de desarrollo, en particular se presenta la justificación de dichos sistemas en entornos de comunicaciones móviles, arquitecturas de red de radio sobre fibra, aplicaciones, tecnologías actuales y tecnologías emergentes. Los temas estudiados en esta unidad son:

- Arquitectura de red de acceso óptica
- Convergencia de redes fijas y móviles en capa física
- Arquitecturas ópticas fronthaul/backhaul para sistemas móviles.

**Unidad 5:** Busca afianzar desde un punto de vista completamente práctico todos los conceptos aprendidos, esta unidad es completamente transversal a todo el curso. Para ello se utiliza un software que permite analizar una gran variedad de parámetros de la transmisión de datos en una red de fibra óptica, tales como la tasa de error de bit (BER), relación señal a ruido, potencias, retardos, jitter, calidad, etc. El software se llama Virtual Photonics del cual existe una versión demo que permite explorar todos estos parámetros en diferentes configuraciones y topologías usando a la vez diferentes componentes ópticos.

## Estrategias

**Clase Magistral:** se harán exposiciones magistrales sobre los temas propuestos a desarrollar en la asignatura, se plantearán problemas para reforzar el aprendizaje de la misma, Al inicio de cada tema el estudiante contará con la documentación respectiva, así como con material complementario, al igual que una bibliografía que le permita afianzar la temática desarrollada en cada capítulo.

**Tareas:** El estudiante complementará la información vista en clase, mediante la solución de problemas y tareas de investigación sobre temas complementarios a la asignatura.



**Sesiones de laboratorio:** se realizarán prácticas basadas en simulaciones utilizando un software para diseño y evaluación de redes ópticas, orientado a consolidar los conceptos adquiridos y generar ejercicios de investigación, análisis y propuesta de soluciones.

**Lecturas:** se dejarán temas para que sean indagados por los estudiantes a fin de ser discutidos en clase.

Tipo de Curso	Horas			Horas profesor/ semana	Horas Estudiante/ semana	Total Horas Estudiante/ semestre	Créditos
	TD	TC	TA	(TD + TC)	(TD + TC +TA)	X 18 semanas	
	3	1	8	4	12	192	4

**Trabajo Presencial Directo (TD):** trabajo de aula con plenaria de todos los estudiantes.

**Trabajo Mediado-Cooperativo (TC):** Trabajo de tutoría del docente a pequeños grupos o de forma individual a los estudiantes.

**Trabajo Autónomo (TA):** Trabajo del estudiante sin presencia del docente, que se puede realizar en distintas instancias: en grupos de trabajo o en forma individual, en casa o en biblioteca, laboratorio, etc.)

## Recursos

### RECURSOS FÍSICOS REQUERIDOS

- Aula con proyector
- Sala informática para las prácticas

### BIBLIOGRAFÍA

- Microwave Photonics, Devices and Applications, edited by Stavros Iezekiel, 2009 John Wiley & Sons.
- Microwave Photonics, from Components to Applications and Systems, edited by Anne Vilcot, 2005 Kluwer Academic Publishers.

### RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS

- IEEE Journal of Lightwave Technology
- IEEE Journal of Selected Areas in Communications
- IEEE Communications Magazine
- IEEE Photonics Letters



## Organización / Tiempos

Unidad didáctica 1:	12 horas (Semanas 1-4)
Unidad didáctica 2:	12 horas (Semanas 4-8)
Unidad didáctica 3:	12 horas (Semanas 8-12)
Unidad didáctica 4:	12 horas (Semanas 12-16)
Unidad didáctica 5:	16 horas (La Unidad didáctica 5 es transversal a todo el curso, es decir, su contenido se distribuirá uniformemente en el resto de unidades)

## Evaluación

Durante el curso se van a realizar dos pruebas escritas tipo test y una prueba práctica, además se evaluará en el estudiante la habilidad de redacción de escritos técnicos relacionados con la asignatura. En el examen final se evaluará la capacidad de proponer y diseñar sistemas de radio sobre fibra

TIPO DE EVALUACIÓN		FECHA	PORCENTAJE
PRIMERA NOTA	Examen	Ver calendario académico	35%
SEGUNDA NOTA	Examen	Ver calendario académico	35%
EXAM. FINAL	Examen	Ver calendario académico	30%

### ASPECTOS A EVALUAR DEL CURSO

1. Evaluación del desempeño docente
2. Evaluación de los aprendizajes de los estudiantes en sus dimensiones: individual/grupo, teórica/práctica, oral/escrita.
3. Autoevaluación
4. Coevaluación del curso: de forma oral entre estudiantes y docente.

## Datos Docente

Nombre:  
Pregrado:  
Postgrado:  
Correo Electrónico: