



*Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

**APRUEBA CURSOS DE ACTUALIZACIÓN DE POSGRADO DEL DOCTORADO EN  
INGENIERÍA, MENCIÓN ENSAYOS ESTRUCTURALES Y MENCIÓN MATERIALES**

Buenos Aires, 3 de septiembre de 2020

VISTO las Resoluciones Nº 92/20 y 93/20 del Consejo Directivo de la Facultad Regional Delta en las que solicita la aprobación y autorización de implementación de los Cursos de Actualización de Posgrado “Fundamentos Básicos sobre Fibra Óptica y sus Aplicaciones” y “Redes Ópticas de Próxima Generación”, para el Doctorado en Ingeniería, mención Ensayos Estructurales y mención Materiales, modalidad de vinculación cooperativa, y

**CONSIDERANDO:**

Que por Resoluciones del Consejo Superior Nº 292/03 y 668/20 se autoriza, respectivamente, el dictado de la carrera de Doctorado en Ingeniería, mención Ensayos Estructurales y mención Materiales, modalidad de vinculación cooperativa, en la Facultad Regional Delta.

Que los cursos propuestos responden a la necesidad de brindar a docentes, investigadores y graduados de la Universidad conocimientos científicos actualizados dirigidos a doctorandos en Ingeniería.

Que la Facultad Regional Delta cuenta con un plantel de profesores de elevado nivel académico y profesional, además de una prolongada y amplia experiencia en el dictado de cursos y seminarios vinculados a los propuestos.

Que la Comisión de Posgrado de la Universidad ha analizado los antecedentes que acompañan la solicitud y avala la presentación, y la Comisión de Ciencia, Tecnología y



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

Posgrado recomienda su aprobación.

Que el dictado de la medida se efectúa en uso de las atribuciones otorgadas por el Estatuto Universitario.

Por ello,

EL CONSEJO SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

ORDENA:

ARTÍCULO 1º.- Aprobar el currículo de los Cursos de Actualización de Posgrado “Fundamentos Básicos sobre Fibra Óptica y sus Aplicaciones” y “Redes Ópticas de Próxima Generación”, para el Doctorado en Ingeniería, mención Ensayos Estructurales y mención Materiales, que figura en el Anexo I y es parte integrante de la presente Ordenanza.

ARTÍCULO 2º.- Autorizar el dictado de los mencionados Cursos en la Facultad Regional Delta, firmante del acuerdo cooperativo, y avalar la propuesta del Cuerpo Docente que figura en el Anexo II y es parte integrante de la presente Ordenanza, en el marco de lo establecido por la Ordenanza N° 1313 y las Resoluciones N° 292/03 y 668/20.

ARTÍCULO 3º.- Establecer que la propuesta mencionada en el Artículo precedente quedará supeditada al cronograma de dictado de las correspondientes actividades académicas de la Facultad Regional.

ARTÍCULO 4º.- Regístrese. Comuníquese y archívese.

ORDENANZA N° 1775

UTN
DO
I.p.
f.c.r.

ING. MIGUEL ÁNGEL SOSA  
Secretario General

ING. HÉCTOR EDUARDO AIASSA  
RECTOR



  
*Ministerio de Educación*  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

**ORDENANZA N° 1775**

**ANEXO I**

**CURSOS DE ACTUALIZACIÓN DE POSGRADO**  
**DOCTORADO EN INGENIERÍA,**  
**MENCIÓN ENSAYOS ESTRUCTURALES Y MENCIÓN MATERIALES**

**I. FUNDAMENTOS BÁSICOS SOBRE FIBRA ÓPTICA Y SUS APLICACIONES**

**1. FUNDAMENTACIÓN**

Resulta innegable que el empleo de las fibras ópticas ha llegado a ser hoy el soporte por excelencia -no sólo en la infraestructura de las telecomunicaciones y de las redes de datos- sino además de innumerables campos de las ciencias y de la ingeniería en sus diferentes ramas. Por ejemplo, en el campo específico de las telecomunicaciones, las fibras son -sin lugar a dudas- el medio obligado de transmisión que puede dar respuesta a los requerimientos que hoy exigen las denominadas “redes de convergencia” o también llamadas “triple play”, por involucrar voz, datos y video. En el área de los ensayos de materiales y procesos es cada vez más relevante su uso y en crecimiento el número de aplicaciones como elementos de medición y sensado.

Gracias a sus privilegiadas características técnicas, hoy es posible alcanzar tasas de información que pueden llegar a decenas de terabits por segundo en una sola y única fibra. Conceptos tales como: redes ópticas pasivas (X-PON), fibra hasta el hogar (FTTH), redes de acceso inteligentes, video bajo demanda, equipos de conmutación óptica, enlaces submarinos, redes totalmente ópticas (AON), redes elásticas, etc., son hoy una tangible realidad.



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

Otra área de aplicación de las fibras ópticas que ha alcanzado enorme importancia en la última década, es la vinculada con el tema de los sensores ópticos. Mediciones de temperatura, presión, nivel, vibraciones acústicas, tensiones en materiales, acelerómetros, análisis de calidad de alimentos, etc., son aplicaciones de gran interés en la actualidad.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Este curso será de fundamental utilidad para los doctorandos de las menciones Ensayos Estructurales y Materiales. Por un lado, debido al aumento en la cantidad de tesis doctorales que se están realizando en el área de la fotónica, aplicando las fibras ópticas. Por otro lado, por su vinculación con el área de las comunicaciones, de tanta aplicación en todas las áreas de la ingeniería. En ese sentido, el curso permite conocer tanto los fundamentos de la propagación de la luz en una guía de onda, como brindar un panorama amplio sobre nuevas tecnologías vinculadas a la transmisión de datos, los protocolos asociados y el conocimiento de las distintas fuentes de luz y los detectores utilizados. Se trata, en realidad, de un área de poca cobertura en la temática de la oferta académica actualmente disponible y de gran necesidad tanto en laboratorios de investigación públicos y privados y en el ámbito de empresas de comunicaciones y de ensayos de materiales.

## 3. OBJETIVOS

### Objetivo general

El objetivo principal del curso consiste en brindar a los participantes los fundamentos necesarios sobre la transmisión por fibra óptica, la tecnología asociada y los posibles campos de aplicación. Por lo tanto -al finalizar el curso- los participantes podrán abordar diferentes actividades, ya sea relacionadas con proyectos en el área de investigación o cursos más



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

específicos orientados a las telecomunicaciones, los sensores y las redes de datos, entre otros temas de interés.

#### Objetivos específicos

- Aprender los conceptos fundamentales que hacen posible la transmisión de un pulso lumínico a través de fibra óptica.
- Identificar los diferentes tipos de fenómenos y resolver los eventos que pueden influir en un enlace por fibra óptica.
- Conocer los estándares, normativas e instrumentos de medición vinculados con los diferentes componentes descriptos en el curso.
- Aprender los diferentes campos de aplicación de las fibras ópticas.

#### **4. CONTENIDOS**

*Redes de transporte:* Conceptos sobre teoría de la información. Teorema de Shannon-Hartley y sus conclusiones. Códigos de transmisión en banda base. Modulación digital. Diferentes formas de multiplexación de señales. Multiplexación por división en el tiempo. Demanda de ancho de banda. Desarrollo y evolución de las redes ópticas.

*Fundamentos electromagnéticos de la propagación en una fibra óptica:* Conceptos de óptica geométrica – Reflexión total interna. Ángulo de aceptación. Concepto de apertura numérica. Teoría de los modos electromagnéticos en la propagación óptica. Ecuaciones de Maxwell. Ecuación de onda para un guía de onda cilíndrico. Solución aproximada por el método de Wentzel-Kramers-Brillouin. Modos en una guía de onda plano. Velocidad de fase y velocidad de grupo. Onda evanescente y relación de Goos-Hänchen.

*Clasificación de las fibras ópticas:* Clasificación general de las FO. Normas ITU-T G. 65x referidas al tipo de FO. Perfiles en los guías de onda ópticos – Parámetro “g” del perfil.



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

Parámetro V de frecuencia normalizada. Longitud de onda de corte. Diámetro del campo modal.

*Efectos que influyen en la deformación de un pulso lumínico:* Efectos dependientes e independientes de la intensidad de la señal. Atenuación: absorción y scattering energético. Dispersión y sus diferentes componentes. Dispersión cromática debida al material y al guía de onda. Dispersión por velocidad de grupo - Parámetro GVD. Ecuación de Sellmeier. Transformada de Hilbert y la relación de Kramers – Krönig. Dispersión debida al modo de polarización de la luz (PMD).

*Conexionado de fibras:* Pérdidas por inserción y por reflexión de Fresnel. Tipos de empalmes. Cajas de empalme, conectores, adaptadores y distribuidores. Energía retrodispersada.

*Emisores láser y LED:* Láser como fuente óptica. Fenómenos de absorción y emisión de radiación. Procesos de inversión de población y termalización. Estructura p-n. Emisión espontánea y estimulada. Láseres de cavidad vertical (VCSEL). Eficiencia y confiabilidad. Clasificación de los láseres – Estándares IEC, ANSI, CDRH, OSHA. Esquemas de protección ALS y ALR para el operador. Diferentes tipos de estructuras y características de los LED's.

*Receptores ópticos:* Principios de detección óptica. Absorción - Eficiencia cuántica. Responsividad. Fotodiodos p-n y p-i-n. Diferentes fuentes de ruido: térmico, de corriente oscura y cuántico. Fotodiodos de avalancha.

*Sensores ópticos:* Sensores en fibras ópticas. Sensores basados en interferómetros de Michelson, Sagnac y Mach-Zender. Sensores basados en redes de Bragg. Sensores basados en polarización y cambios de índice de refracción. Sistemas en fibras distribuidas y sistemas multiplexados. Sensores en aplicaciones biológicas.

*Estándares y Mediciones:* Estándares sobre fibras ópticas y cables. Tipos de cables y sus ensayos. Mediciones en fibras ópticas. Instrumentos de laboratorio y de campo. Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR). Mecanismos de degradación de las fibras.



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

Resistencia. Estabilidad de las características de transmisión. Tipos de fibras orgánicas y sus aplicaciones. Normas ITU-T referidas a diversos componentes utilizados en enlaces con FO.

## 5. DURACIÓN

El curso tendrá una carga horaria de CUARENTA (40) horas.

## 6. METODOLOGÍA

El régimen de cursado previsto es presencial. El cursado prevé la combinación de clases teóricas - expositivas y actividades prácticas.

## 7. EVALUACIÓN

Para la aprobación del curso se requerirá, además del 80% de asistencia, la ejecución de los trabajos prácticos y la aprobación de un examen final individual.

## **II. REDES ÓPTICAS DE PRÓXIMA GENERACIÓN**

### 1. FUNDAMENTACIÓN

Resulta innegable que el empleo de las fibras ópticas ha llegado a ser hoy el soporte por excelencia -no sólo en la infraestructura de las telecomunicaciones y de las redes de datos- sino además de innumerables campos de las ciencias y de la ingeniería en sus diferentes ramas.

El análisis de la evolución de las redes ópticas en los últimos años muestra que el rendimiento, la flexibilidad, el consumo de energía y la confiabilidad de las mismas son factores cada vez más importantes.

Así, nace el concepto de redes ópticas elásticas (EON), una nueva generación basada en la multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM), que conjuntamente con una



*Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

nueva técnica denominada multiplexación por sub-portadora (SCM), permiten acomodar el tráfico de datos -de naturaleza heterogénea- de una manera eficiente y económica.

La búsqueda de un mayor rendimiento en las redes WDM, la amplificación óptica y el reciente desarrollo de redes definidas por software (T-SDN), conjuntamente con la inteligencia artificial y el software para la gestión de redes (TMN), permitirán -en un futuro inmediato- redes autónomas y de autocuración que proporcionarán un ancho de banda dinámico bajo demanda. Conceptos tales como mayor eficiencia espectral, enrutamiento por intervalo fotónico (PSR), canales de mayor velocidad de datos y una mayor integración de servicios serán -sin duda- uno de los objetivos en el futuro inmediato.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Este curso será de fundamental utilidad para los doctorandos de las menciones Ensayos Estructurales y Materiales. Permite conocer los avances sobre las últimas tecnologías vinculadas al tráfico de redes de datos autónomas con ancho de banda dinámico, empleando amplificación óptica y la tendencia hacia las redes definidas por software. Se trata de cubrir un área de gran demanda por parte de empresas de comunicaciones y desarrolladores de sistemas de datos y con pocos profesionales formados. Por otro lado, es un área de poca cobertura en la temática de la oferta académica actualmente disponible.

## **3. OBJETIVOS**

### Objetivo general

El objetivo principal del curso consiste en introducir a los participantes en el vasto campo de las denominadas “redes ópticas de próxima generación” (ó NGN), en las redes basadas en “multiplexación densa por longitud de onda” (ó DWDM) y en las redes ópticas pasivas (ó



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

PON) con sus diferentes variantes. Otro objetivo del presente curso es brindar los conocimientos necesarios para poder realizar la planificación y el seguimiento de proyectos.

#### Objetivos específicos

- Diseñar y calcular diferentes tipos de enlaces, empleando distintos componentes y tecnologías.
- Aprender los diferentes tipos de redes, características básicas y funcionamiento.
- Adquirir los conocimientos necesarios para la planificación, seguimiento y ejecución de una obra

#### **4. CONTENIDOS**

*Los efectos no lineales en las redes WDM:* red totalmente óptica (All Optical Network). Tipos de enlaces en base a la distancia alcanzada. Efectos dependientes e independientes de la intensidad de la señal. Multiplexación por longitud de onda (WDM). Tecnologías CWDM y DWDM. El scattering energético no lineal y su efecto en las redes WDM. Scattering estimulado de Brillouin (SBS). Scattering estimulado de Raman (SRS). Pulsos gaussianos con “chirping”. Automodulación de fase (SPM). Modulación en fase cruzada (XPM). Mezcla de las cuatro ondas (FWM). Consecuencia de los efectos ya citados en una aplicación DWDM.

*Componentes tecnológicos del equipamiento WDM:* Interferómetros de Fabry-Perot. Filtros de película dieléctrica delgada. Retículas de Bragg. Filtros e interferómetros de Mach-Zender. Transponders. Aisladores y el efecto Faraday. Umbral de daño por el láser (LDT). Aisladores dependientes e independientes de la polarización. Circuladores.

*Amplificadores basados en lantánidos y por efecto Raman:* Amplificadores ópticos basados en semiconductores. Elementos lantánidos y su aplicación en el campo de la amplificación. coplamiento spin-orbital de Russell-Saunders. Amplificadores de erbio (EDFA).



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

Características y funcionamiento. Amplificadores por efecto Raman (DRA). Características y configuración típica de un DRA. Ventajas del retro-bombeo en un enlace. Empleo simultaneo de EDFAs y DRAs en un mismo enlace. Transmisión solitónica y su futuro. Cálculo de enlaces en redes DWDM. Parámetros para el simulador.

*Cálculo de enlaces y aspectos de planificación de redes:* Balance de atenuaciones. Ensanchamiento efectivo de un pulso. Ensanchamiento espectral efectivo. Determinación del ancho de banda del enlace. Gestión de canales en redes WDM. Manejo de la dispersión cromática y del PMD.

*Fundamentos tecnológicos en las redes NGN:* Arquitectura funcional de una OTN, según ITU-T G.872. Paquetes sobre SDH/SONET/DWDM. Red de acceso todo servicio (FSAN). Transporte dinámico de paquetes – Sincronización. Trafico MPLS, arquitectura y atributos. Concepto de VPN sobre IP ó sobre IP/MPLS. Implementación de la infraestructura para transporte óptico. Redes ópticas pasivas: NG-PON, XG-PON, WDM-PON, FTTH PON, BPON, GPON, EPON y la emergente tecnología TWDM-PON. Transición de DWDM a las redes ópticas de grilla flexible (Flex-Grid). Concepto y arquitectura de red óptica elástica (EON). Comutación óptica por ráfagas (OBS). Multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) y por sub-portadora (SCM). Problema de ruteo, espectro y asignación de modulación (RDSA). Redes definidas por software (Software-defined networking SDN)

## 5. DURACIÓN

El curso tendrá una carga horaria de CUARENTA (40) horas.

## 6. METODOLOGÍA

El régimen de cursado previsto es presencial. El cursado prevé la combinación de clases



*Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

teóricas - expositivas y actividades prácticas.

## **7. EVALUACIÓN**

Para la aprobación del curso se requerirá, además del 80% de asistencia, la ejecución de los trabajos prácticos y la aprobación de un examen final individual.



*Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

**ORDENANZA N° 1775**

**ANEXO II**

**CURSOS DE ACTUALIZACIÓN DE POSGRADO  
DOCTORADO EN INGENIERÍA,  
MENCIÓN ENSAYOS ESTRUCTURALES Y MENCIÓN MATERIALES  
FACULTAD REGIONAL DELTA**

***Cuerpo Docente***

**I. FUNDAMENTOS BÁSICOS SOBRE FIBRA ÓPTICA Y SUS APLICACIONES**

- Dr. Jorge TORGА (DNI 14.897.445) *Responsable*
- Lic. Enrique MARZULLO (DNI 8.298.031)

**II. REDES ÓPTICAS DE PRÓXIMA GENERACIÓN**

- Dr. José Evaristo RUZZANTE (DNI 4.577.595) *Responsable*
  - Lic. Enrique MARZULLO (DNI 8.298.031)
-