



*Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*



**APRUEBA CURSO DE POSGRADO DE ACTUALIZACIÓN**

Buenos Aires, 15 de marzo de 2007

VISTO la presentación de la Facultad Regional Mendoza, a través de la cual solicita la aprobación y autorización de implementación del Curso de Posgrado de Actualización "Sensores y Actuadores Electroacústicos", y

CONSIDERANDO:

Que el Curso propuesto responde a la necesidad de brindar a docentes y graduados de la Universidad una formación especializada en el campo de la Electroacústica.

Que la Facultad Regional Mendoza 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 al propuesto.

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

Que la Comisión de Enseñanza recomienda su aprobación.

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

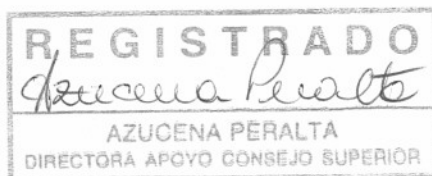
Por ello,

EL CONSEJO SUPERIOR UNIVERSITARIO DE LA  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

ORDENA:



*Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*



ARTÍCULO 1°.- Aprobar el currículum del Curso de Posgrado de Actualización "Sensores y Actuadores Electroacústicos", que figura en el Anexo I y es parte integrante de la presente ordenanza.

ARTÍCULO 2°.- Autorizar el dictado del mencionado Curso en la Facultad Regional Mendoza con el Cuerpo Docente que figura en el Anexo II y es parte integrante de la presente ordenanza.

ARTÍCULO 3°.- Regístrese. Comuníquese y archívese.

ORDENANZA N° 1131

Ing. HECTOR CARLOS BROTTO  
RECTOR

Ing. JOSE MARIA VIRGILI  
Secretario Académico y de Placementos



*Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*



**ORDENANZA N° 1131**

**ANEXO I**

**CURSO DE POSGRADO DE ACTUALIZACIÓN**  
**“SENSORES Y ACTUADORES ELECTROACÚSTICOS”**

**1. FUNDAMENTOS Y JUSTIFICACIÓN**

Desde las épocas más remotas de nuestra historia, los fenómenos acústicos han formado parte del ambiente de la vida humana, puesto que la mayor parte de los organismos vivos producen sonidos y a la vez responden a los mismos.

La Acústica es una disciplina amplia y un tema fascinador. Muchas son las actividades del hombre que buscan en ella respuesta a cuestiones básicas de sus campos, sólo por mencionar algunas citaremos: Música, Arquitectura, Ingeniería, Teatro, Medicina, Psicología, Lingüística, Ensayos No Destructivos, Legislación y Ecología.

Hasta la segunda mitad del siglo XIX la acústica era sólo un arte. Como instrumentos de medición, los especialistas usaban en este campo especialmente los oídos. Las únicas fuentes de ruido controladas disponibles eran silbatos, gongs y sirenas. Los micrófonos consistían en un diagrama articulado con una punta metálica que delineaba la forma de onda sobre una superficie ennegrecida de un tambor rotativo. Con el advenimiento de la electrónica, se pudieron producir sonidos de la frecuencia deseada con la intensidad conveniente y, a la vez, podían medirse los sonidos muy débiles. Por esa época aparecieron en la literatura científico-técnica los nombres de Rayleigh, Stokes, Thomson, Lamb, Helmholtz, Tundal, Kundt, y otros. Sus contribuciones a la acústica física fueron seguidas por la publicación del tratado de Lord Rayleigh, “Theory of Sound” (1877-1878).



*Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*



En 1877 sucederá un hecho que abrirá un horizonte sin límites para la Acústica; la invención del teléfono por Alexander Graham Bell. Con este desarrollo tecnológico surge la Electroacústica y con ella los primeros transductores electroacústicos, es decir, lo que actualmente se conoce como el micrófono y el altavoz.

Aunque la contribución de estos primeros trabajos fue muy importante, el mayor interés en el campo de la Electroacústica siguió a la invención del triodo de vacío en 1907 y el advenimiento de la radiodifusión en 1920. En un principio el progreso de la electroacústica fue impulsado por las necesidades de las compañías telefónicas y el desarrollo del sistema telefónico mundial.

En el campo de la Industria Naval, a partir de la segunda guerra mundial, se incrementó la demanda de dispositivos para la detección, tales como sonares, determinando radicalmente la evolución de la Acústica Submarina. Actualmente se desarrollan sistemas de sonar para optimizar la ubicación de bancos de peces en alta mar, permitiendo incrementar la producción de la industria pesquera. En este campo la Electroacústica sentó el camino de la tecnología de transductores acústicos de potencia. También en el campo de potencia permitió la generación de ondas ultrasónicas mediante transductores de efecto electromagnéticos.

Con el surgimiento de los ensayos no destructivos con ultrasonidos la Electroacústica permitió el diseño y fabricación de sensores de potencia basados en el concepto de transductores de bajo nivel y alta frecuencia.

En la actualidad se encuentran nuevas tecnologías aplicadas a todo lo concerniente al registro y reproducción del sonido abarcando un amplio espectro que va desde la



*Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*

industria discográfica, la radiodifusión y televisión, el reforzamiento del sonido, la sonorización industrial y la telefonía.

Por lo arriba citado se desprende que existe una amplia y variada gama de problemas relacionados con los Sensores y Actuadores Electroacústicos con la consecuente gran demanda de profesionales especializados que se encuentren en condiciones de atender situaciones cada vez más frecuentes, tales como: desarrollo de transductores electroacústicos; aplicación de nuevos materiales electroacústicos; diseño, desarrollo y uso de instrumental para medición y control; diseño y desarrollo de gabinetes para altavoces; sistemas para el control del ruido.

## **2. OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

El curso tiene como objetivo actualizar el conocimiento sobre los principios generales y avances actuales de la Electroacústica, a fin de sentar las bases que permitan abordar el diseño y desarrollo de transductores electroacústicos en todas sus modalidades, componentes, filtros electroacústicos, instrumentos para la medición y verificación de parámetros. Se pretende que al finalizar el curso, se comprenda con claridad los aspectos teóricos y prácticos del diseño de transductores generales y específicos. Que puedan modelarse computacionalmente diagramas de radiación de sonido para casos particulares y aplicaciones específicas en las áreas de audiodiferencia, infrasonidos, ultrasonidos y emisión acústica.

### **Objetivos específicos:**

- Posibilitar la actualización en el campo de la Electroacústica.



*Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*

- Profundizar los conocimientos necesarios para diseñar, modelar, proyectar y calcular transductores electroacústicos para baja, media y alta frecuencia.
- Profundizar los conocimientos necesarios para diseñar, modelar, proyectar y calcular transductores electroacústicos de potencia.
- Profundizar los conocimientos necesarios para diseñar, modelar, proyectar y calcular recintos para altavoces.
- Actualizar los conocimientos necesarios para realizar mediciones en laboratorio de componentes y sistemas electroacústicos de acuerdo a las últimas normativas.
- Conocer el último estado de avance del arte en la utilización de la electroacústica en los diversos campos de aplicación.
- Adquirir habilidades, destrezas y técnicas operativas para integrar equipos interdisciplinarios de proyectos donde sea necesario la aplicación de conocimientos sobre sensores y actuadores electroacústicos.

### **3. CONTENIDOS**

**Unidad I.** Revisión de la analogía entre circuitos mecánicos, eléctricos y acústicos. Impedancia, movilidad y compliancia. Conversión de analogías. Transductores mecánicos elementales. Transductores electromecánicos. Transformadores y conectores acústicos Transductor electrostático-mecánico. Análisis del transductor piezoeléctrico. Simulación y modelación de circuitos electromecánicoacústico. Relaciones de potencia y energía.

**Unidad II.** Radiación del sonido. Impedancia de radiación, análisis de casos fundamentales: esfera pulsante. Pistón circular plano en un deflector infinito. Pistón



*Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*



circular plano en el extremo de un tubo largo Disco plano circular libre. Índices de directividad. Simulación y modelación de la impedancia de radiación y de diagramas de directividad.

**Unidad III.** Transductores. El transductor como red eléctrica. Circuitos eléctricos equivalentes. Transductores recíprocos y antirecíprocos. Transductor electrostático. Transductor de bobina móvil. Transductores transmisores. Altavoz de bobina móvil. Transductores receptores. El receptor recíproco. Simulación de gráficas de impedancias y admitancias eléctricas de entrada.

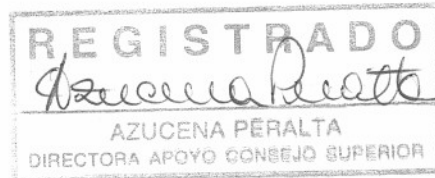
**Unidad IV.** Micrófonos de presión, de gradiente de presión y combinaciones. Micrófonos dinámicos, electrostáticos. Estructuras, circuitos equivalentes y respuesta en frecuencia. Diagramas de directividad. Simulación y modelación de la respuesta en frecuencia y de diagramas de directividad.

**Unidad V.** Altavoces de Radiación Directa. Esquemas constructivos. Circuito electromecanoacústico. Potencia de salida y presión sonora. Respuesta en frecuencia. Rendimientos. Comportamiento del diafragma. Características direccionales. Respuesta transitoria: Introducción al diseño de recintos para altavoces. Simulación y modelación de la respuesta en frecuencia de altavoces de radiación directa.

**Unidad VI.** Transductores de infrasonidos, ultrasonidos y emisión acústica. Generación de infrasonidos y ultrasonidos. Recepción de infrasonidos y ultrasonidos. Análisis del caso especial de la emisión acústica. Transductores piezoeléctricos, capacitivos, magnetorestrictivos. Campo cercano y campo lejano. Diagramas de directividad. Limitación debida a la existencia de lóbulos laterales. Características



*Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*



específicas. Transductores específicos para bajas, medias y altas frecuencias. Campos de aplicación.

**Unidad VII.** Distorsión. Formas de medida de la distorsión por intermodulación. La distorsión por intermodulación de transitorios. Medida de la distorsión de fase entre varias unidades de una pantalla. Distorsímetros.

**Unidad VIII.** Directividad. Cálculo del factor de directividad. Determinación de diagramas direccionales de transductores acústicos. Altavoces y micrófonos. En transductores emisores y receptores tipos piezoeléctricos y piezocompuestos. Diagramas de directividad de hidrófonos.

**Unidad IX.** Potencia de generadores y transductores de sonido. Determinación de la potencia de salida de amplificadores. Determinación de la potencia acústica de altavoces.

**Unidad X.** Medidas Acústicas en Locales y Salas. Medida del tiempo de reverberación. Medición y analizadores de ruido. Medidas acústicas sobre auriculares. Métodos de evaluación de sistemas telefónicos.

### **Prácticas de laboratorio**

- 1- Análisis espectral de señales vibratorias y acústicas en el rango de frecuencias de audio.
- 2- Obtención del diagrama direccional (polar) de captación de un micrófono.
- 3- Obtención del diagrama direccional (polar) de emisión de un altavoz.
- 4- Determinación de los parámetros electromecanoacústicos de un altavoz.
- 5- Cálculo del gabinete acústico para un altavoz.





*Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*



- 6- Determinación del diagrama direccional de emisión de un gabinete acústico.
- 7- Respuesta temporal y frecuencial de un transductor piezoeléctrico (PZT), en modo transmisión y recepción.
- 8- Obtención del diagrama direccional (polar) de un transductor piezoeléctrico (PZT) en modo transmisión y recepción.
- 9- Respuesta temporal y frecuencial de un transductor Capacitivo de alta frecuencia, en modo transmisión y recepción.
- 10- Obtención del diagrama direccional (polar) de un transductor Capacitivo de alta frecuencia, en modo transmisión y recepción.
- 11- Calibración de transductores acústicos. Normativas.

#### **4. DURACIÓN**

Sesenta (60) horas; las cuales incluyen clases expositivas, experimentos de laboratorio y análisis de casos.

#### **5. METODOLOGÍA**

El régimen de cursado previsto es presencial y se deben cumplimentar los contenidos mínimos.

La formación estará centrada en la articulación de los conocimientos propios del campo de estudio, la experiencia profesional previa y la aplicación de los conocimientos adquiridos en casos concretos. La propuesta de enseñanza-aprendizaje se estructura en torno a:



*Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*



- Desarrollo de los aspectos centrales de cada tema mediante exposición, discusión y uso de técnicas variadas que promuevan la apropiación del conocimiento.
- Análisis de casos generales y específicos mediante la resolución de problemas.
- Prácticas de laboratorio de Acústica.

El profesor responsable del dictado del curso podrá solicitar la presencia de otros profesores, en carácter de invitados, con similares antecedentes académicos y profesionales, para el desarrollo de las temáticas teóricas y la presentación de planteos metodológicos y técnicos vinculados con los contenidos particulares a tratar.

## **6. EVALUACIÓN Y PROMOCIÓN**

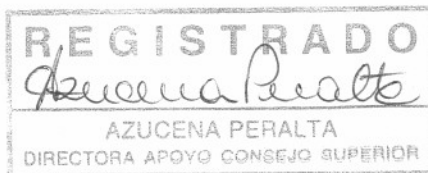
El curso incorpora un proceso de evaluación continua y final. La calificación será numérica dentro de la escala del UNO (1) al DIEZ (10).

La promoción la obtienen los cursantes que, habiendo asistido con regularidad a las clases (mínimo 80% de asistencia) y cumplido con los trabajos prácticos y trabajos de laboratorio estipulados, aprueben la evaluación final prevista para cada uno de ellos.

-----



*Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*



**ORDENANZA N° 1131**

**ANEXO II**

**CURSO DE POSGRADO DE ACTUALIZACIÓN**  
**“SENSORES Y ACTUADORES ELECTROACÚSTICOS”**  
**EN LA FACULTAD REGIONAL MENDOZA**

**CUERPO ACADÉMICO**

- Ángel César VECA

Ingeniero en Electrónica, Universidad Tecnológica Nacional.

Doctor en Ingeniería, Universidad Tecnológica Nacional.

Profesor en la U.T.N y en la Universidad Nacional de San Juan.

Dirección Tesis de Posgrado, de grado y de becarios.

Dirección de proyectos de investigación.

Evaluación de actividades científicas y desarrollo.

- César Eduardo BOSCHI

Ingeniero en Electrónica, Orientación en Comunicaciones, U.T.N.

Maestría en Docencia Universitaria, U.T.N.

Categoría IV de Docente Investigador en Programa de Incentivos Docentes.

Profesor Adjunto en U.T.N.

Dirección de pasantes e investigadores en formación.

-----