
Programa de Fundamentos de audio



Código:

Identificación y características de la Actividad Curricular

Carrera/s:	Ingeniería Electrónica		
Plan de Estudios:	2014	Caracter:	Electiva
Bloque/Campo:	Tecnologías Aplicadas	Área:	Dispositivos y Circuitos
Régimen de cursado:	Cuatrimestral		
Cuatrimstre:	9º [ECA]		
Carga horaria:	64 hs / 4 hs semanales	Formato Curricular:	ECE
Escuela:	Ingeniería Electrónica	Departamento:	Electrónica
Docente responsable:	Federico Miyara		

Programa Sintético

Acústica física, ecuación de onda, propagación del sonido. Psicoacústica, percepción del sonido, inteligibilidad de la palabra. Acústica de recintos, absorción, aislación. Electroacústica, modelos electromecanoacústicos, micrófonos, altavoces y bafles. Preamplificadores, parámetros, circuitos. Ecualesadores y filtros, redes divisoras de frecuencia. Compresores y limitadores. Consolas de mezcla, especificaciones y diseño. Amplificadores de potencia, clases A, AB, G/H y D.

Asignaturas Relacionadas

Previas: Dispositivos y Circuitos Electrónicos IV

Simultáneas Recomendadas:

Posteriores:

Vigencia desde 2018

.....
Firma Profesor

.....
Fecha

.....
Firma Aprob. Escuela

.....
Fecha

Aval del Consejo Asesor en Reunión del 28/02/2018.

Características Generales

Es una asignatura electiva correspondiente al noveno (9º) semestre. Está organizada en dos grandes ejes. En el primero se desarrollan los conceptos fundamentales de acústica requeridos para la comprensión de los fenómenos sonoros y perceptivos. En el segundo se introducen los diferentes componentes que integran un sistema de sonido, desarrollándose en detalle aquellos con mayor orientación circuital. Sirve de base para estudios ulteriores sobre sistemas de sonido y otras aplicaciones de la acústica.

Objetivos

Al concluir el curso el alumno estará en condiciones de:

- i) Describir cualitativa y cuantitativamente los modelos físicos para la generación y propagación del sonido, así como los mecanismos perceptivos, incluyendo el manejo de la terminología asociada.
- ii) Describir las técnicas de procesamiento del sonido, entre ellas la transducción, la amplificación, el filtrado, el procesamiento dinámico y la mezcla.
- iii) Describir los diversos componentes que conforman un sistema de sonido y sus características, entre ellos los micrófonos, amplificadores, parlantes y sistemas acústicos, los filtros y ecualizadores, los compresores y expansores, los procesadores de efectos y las consolas de mezcla.
- iv) Diseñar componentes de un sistema tales como preamplificadores, ecualizadores y mezcladores
- v) Seleccionar el equipamiento necesario para realizar diversos tipos de procesamientos atendiendo a sus especificaciones e integrarlo en un sistema que incluya los requerimientos acústicos para la aplicación elegida.

Contenido Temático

UNIDAD I: Acústica

- 1.1. Ondas en gases. Compresión adiabática. Presión sonora. Ecuación de onda unidimensional para un tubo cilíndrico. Velocidad c de propagación del sonido. Velocidad de las partículas. Solución de la ecuación de onda. Condiciones iniciales y de borde. Tubo abierto, semiabierto y cerrado. Soluciones estacionarias. Frecuencias propias. Armónicos. Superposición de Fourier. Vibración forzada. Excitación por medio de un pistón en un extremo. Impedancia acústica. Curvas de resonancia. Energía acústica. Presión eficaz. Nivel de presión sonora.
- 1.2. Ecuación de onda tridimensional. Ecuaciones dinámica y de continuidad. Solución para un recinto rectangular cerrado. Modos de vibración. Resonancias. Distribución espectral de los modos de vibración.
- 1.3. Radiación y propagación de ondas sonoras en el espacio. Ondas planas y esféricas. Impedancia acústica específica. Energía de una onda sonora. Potencia sonora. Intensidad sonora. Intensidad sonora de ondas planas y esféricas. Nivel de intensidad sonora. Directividad y patrón polar.

UNIDAD II: Psicoacústica

- 2.1. Breve anatomía descriptiva del oído humano. Oído externo. Oído medio. Oído interno. Cóclea, membrana basilar, órgano de Corti. Laberinto. Nervio auditivo. Vías nerviosas aferentes y eferentes.
- 2.2. Física y fisiología de la audición. Adaptación de impedancia acústica. Fenómenos vibratorios en la cóclea. La onda viajera. Acción motriz de las células ciliadas externas. Refuerzo de la resonancia basilar. Teoría tonotópica.
- 2.3. Principios básicos de la investigación en Psicoacústica. Umbrales de percepción. Umbrales absolutos y diferenciales. Diferencia apenas perceptible. Técnicas estadísticas para el estudio de umbrales.
- 2.4. Percepción de la altura. Relación entre la altura y la frecuencia. Escala cromática o de la interválica relativa. Escala psicoacústica. El concepto de mel. Bandas críticas.
- 2.5. Percepción de la intensidad del sonido. Variación de la intensidad percibida en función de la frecuencia. Nivel de sonoridad: un enfoque comparativo. Curvas de Fletcher y Munson. El fon. Normalización de Robinson y Dadson. Normas ISO e IRAM. Escala absoluta de sonoridad. El son. Métodos de determinación de la sonoridad de Stevens (Mark VI) y Zwicker.

- 2.6. Enmascaramiento. Concepto. Enmascaramiento por tonos y por bandas de ruido. Relación con las bandas críticas. Modelo de Terhardt y otros.

UNIDAD III: Acústica de recintos

- 3.1. Recintos. Reflexión y absorción del sonido. Camino libre medio. Densidad de energía. Extinción del sonido. Constante de tiempo y tiempo de reverberación. Ecuaciones de Eyring y de Sabine. Régimen de crecimiento del sonido.
- 3.2. Energía en estado reverberante. Campos directo, reverberante y difuso. Influencia de la directividad.
- 3.3. Difusión del sonido. Modos normales y su distribución. Criterio de Schroeder. Criterio de Bolt. Criterio de Bonello. Difusores acústicos numéricos.
- 3.4. Aislamiento acústico. Índice de reducción acústica. Paredes simples. Ley de la masa. Paredes dobles. Ley de la masa-resorte-masa.
- 3.5. Criterios psicoacústicos. Ruido de fondo. Curvas NR. Inteligibilidad de la palabra. Índice de articulación. ALcons. Función de transferencia de modulación. Método STI.

UNIDAD IV: Electroacústica

- 4.1. Principios básicos de la transducción electroacústica. Estructura de un micrófono dinámico. Estructura de un micrófono capacitivo. Estructura de un micrófono piezoeléctrico. Estructura de un altavoz de radiación directa. Estructura de un altavoz de compresión. Acoplamiento a bocina.
- 4.2. Acoplamiento electromecánico. Ecuaciones dinámicas del movimiento. Ecuaciones electromagnéticas en el caso de los dispositivos electromagnéticos. Ecuaciones electrostáticas en el caso de los dispositivos electrostáticos. Dispositivos piezoeléctricos.
- 4.3. Circuitos electromecanoacústicos. El principio de conservación de la energía y su aplicación a la transducción. Modelos circuitales de los elementos más simples. Analogías de velocidad y analogías de fuerza. Masa, elasticidad y fricción. Compliancia e inercia. Filtros de cavidades. Guías de onda. Resonador de Helmholtz. Impedancia. El transformador como interfaz entre los subsistemas mecánico y electromagnético. Impedancia acústica. Impedancia de radiación. Ejemplos de circuitos equivalentes para micrófonos dinámicos y capacitivos.

UNIDAD V: Micrófonos

- 5.1. Micrófonos de presión y de gradiente de presión. Directividad y patrón polar. Micrófonos omnidireccionales, cardioides y de figura de ocho.
- 5.2. Micrófonos capacitivos. Polarización. Fuente fantasma. Conexión balanceada.
- 5.3. Micrófonos dinámicos. Corrección de la respuesta en frecuencia
- 5.4. Circuitos equivalentes para micrófonos dinámicos y capacitivos

UNIDAD VI: Altavoces

- 6.1. Altavoces de radiación directa. Detalles de la estructura. Rigidez del cono. Parámetros acústicos. Sensibilidad. Parámetros eléctricos. Resonancia. Impedancia. Rendimiento. Respuesta en frecuencia. Distorsión.
- 6.2. Circuitos equivalentes para altavoces de radiación directa.
- 6.3. Ensayo de un altavoz.
- 6.4. Excitadores de compresión. Corrector de fase. Acoplamiento a bocina.
- 6.5. Especificaciones de los altavoces. Impedancia. Potencia media máxima. Potencia de programa máxima. Potencia EIA. Potencia de pico máxima.

UNIDAD VII: Baffles

- 7.1. Gabinetes acústicos y bocinas. Concepto. El baffle plano infinito.
- 7.2. Baffle cerrado. Baffle ventilado. Reflectores de bajos. Sintonía. Rendimiento. Diseño de reflectores de bajos. Expresiones de Thiele.
- 7.3. Baffles de dos y tres vías. Redes crossover pasivas LC.
- 7.4. Bocinas. Ecuación de Webster. Bocina exponencial. Bocinas plegadas.

UNIDAD VIII: Preamplificadores

- 8.1. Ganancia.
- 8.2. Niveles de señal. Decibelios referenciados: dBm, dBu, dBV. Señales de bajo nivel, nivel de línea, nivel de potencia.
- 8.3. Clasificación de los amplificadores: preamplificadores, amplificadores de potencia. Potencia máxima de salida.
- 8.4. Circuitos básicos de preamplificadores para diversas aplicaciones. Criterios de diseño. Respuesta en frecuencia, ruido, rango dinámico, distorsión.
- 8.5. Amplificadores de potencia. Clase A, Clase AB. Estructuras típicas. Protecciones

- 8.6. Especificaciones. Sensibilidad. Relación señal/ruido. Respuesta en frecuencia. Slew-rate (velocidad de subida). Distorsión armónica y por intermodulación. Impedancia de entrada. Factor de amortiguación. Separación de canales.

UNIDAD IX: Ecualizadores y filtros

- 9.1. Filtros pasabajos, pasaaltos y pasabanda. Redes divisoras de frecuencia pasivas.
 9.2. Redes divisoras de frecuencia activas. Estructuras circuitales. Multiamplificación.
 9.3. Ecualizadores. Controles de tono. Ecualizadores de banda. Ecualizadores gráficos. Estructuras circuitales.
 9.4. Ecualización de un sistema electroacústico. Analizador de espectro. Ruido rosa. Ecualizadores paramétricos. Factor de mérito Q. Filtros notch.

UNIDAD X: Compresores y limitadores

- 10.1. Introducción. Rango dinámico y relación señal/ruido.
 10.2. Compresores de audio. Amplificador controlado. Umbral. Relación de compresión. Efectos de la compresión. Ataque. Relevo. Hold. Nivel RMS y nivel de pico.
 10.3. Aplicaciones. Cadena lateral. De-esser y antipop. Limitadores. Compresor-limitador.
 10.4. Distorsión.

UNIDAD XI: Consolas de mezcla

- 11.1. Introducción. Funciones específicas de una consola. Estructura de una consola de mezcla.
 11.2. Canales de entrada. Entradas de línea y de micrófono. Fuente fantasma. Entradas balanceadas y no balanceadas. Ajuste de nivel de entrada. Filtros de corte de baja frecuencia. Canales mono y estereofónicos.
 11.3. Conexión de inserción (insert). Ecualizador. Faders de canal. Paneo. Solo y Sordina.
 11.4. Conexión auxiliar (envío y retorno). Grupos o submasters. Amplificador de mezcla.
 11.5. Fader principal. Vúmetro. Sección de salida. Conexiones para grabador de cinta.
 11.6. Estructura de ganancia. Margen de sobrecarga (headroom).
 11.7. Especificaciones de las consolas.
 11.8. Conexión. Puesta a tierra.
 11.9. Diseño circuital de mezcladores. Consideraciones sobre el rango dinámico, el ruido, la respuesta en frecuencia y la distorsión.

UNIDAD XII: Amplificadores de potencia

- 12.1. Amplificadores clase A. Rendimiento.
 12.2. Amplificadores clase B. Rendimiento.
 12.3. Amplificadores clase AB. Potencia disipada vs. Potencia entregada. Rendimiento. Sensibilidad de un amplificador a la fuente de alimentación. Configuración cuasi complementaria. Protecciones. Red Zobel
 12.4 Amplificadores clase G y H
 12.5. Amplificadores clase D. Modulación de ancho de pulso. Elementos de potencia MOS. Filtro. Consideraciones circuitales para el amplificador clase D. Rendimiento.

Modalidades de enseñanza-aprendizaje

La actividad consiste en el dictado de clases teórico-prácticas de carácter magistral en aula equipada con computadora y proyector de video, trabajo de debate en el aula sobre temas que involucran sensibilización sobre responsabilidad ambiental y realización de cuatro trabajos prácticos proyectuales y de Laboratorio.

Actividades de Formación Práctica

Nº	Título	Descripción
1	Diseño de un baffle	Diseño de un baffle con selección de altavoz
2	Diseño de un ecualizador gráfico	Diseño de un ecualizador de bandas de octava o tercio de octava,

3	Integración de un sistema	<p>Diseño de un sistema completo de sonido mediante selección de componentes comerciales y diseño del tratamiento acústico y características del ambiente a utilizar (ejemplo: sala de grabación, sala de ensayo, auditorio con refuerzo sonoro). Puede incluir a) Búsqueda, análisis y discusión de especificaciones de diversos equipos para sonido profesional disponibles en el mercado. b) Ensayo en el laboratorio de las características, especificaciones y respuesta de diversos componentes. c) Ecuilibración de una sala y su correspondiente sistema electroacústico.</p>
4	Grabación en estudio	<p>Realización de un trabajo práctico de laboratorio consistente en grabación de un grupo vocal e instrumental utilizando micrófonos, consola, grabador digital y monitoreo de estudio.</p>

Evaluación

Se realizarán cuatro (4) trabajos prácticos que deberán ser aprobados con nota no inferior a 60, debiendo ser su promedio no inferior a 70. Podrá recuperarse hasta un (1) trabajo práctico. La asistencia a clases no es obligatoria pero sí recomendada. La asistencia a los trabajos prácticos es obligatoria.

Los trabajos prácticos, cuyos temas variarán, se realizarán en gabinete, en laboratorio y/o en campo, incluyendo, de ser posible, la visita a estudios de sonido. Los grupos serán de hasta tres (3) alumnos. Requerirán la presentación de un informe completo en el cual constará la descripción detallada del problema a estudiar o investigar, la metodología propuesta y acordada con la cátedra, el desarrollo, las mediciones o determinaciones efectuadas, y las conclusiones obtenidas. La aprobación final de cada trabajo práctico será mediante coloquio individual.

La aprobación final se realizará mediante un coloquio integrador donde se realizan preguntas conceptuales de todos los temas destinadas a verificar el grado de conocimientos adquiridos y la capacidad de correlacionar los diversos temas.

Distribución de la carga horaria

Presenciales

Teoría		48 hs
Práctica	Experimental de laboratorio	4 hs
	Experimental de Campo	0 hs
	Resolución de Problemas y Ejercicios	12 hs
	Problemas abiertos de ingeniería	0 hs
	Actividades de Proyecto y Diseño	0 hs
	Práctica Profesional Supervisada	0 hs
Total		64 hs

Evaluaciones

hs

Dedicadas por el alumno fuera de clase

	Preparación Teórica	16 hs
	Preparación Práctica	16 hs
Elaboración y redacción de informes, trabajos, presentaciones, etc.		32 hs

Bibliografía básica

- Miyara, Federico (1999). *Acústica y Sistemas de Sonido*. UNR Editora. Rosario. (Cubre Cap. 1 a 12)
- Miyara, Federico (2000). *Control de Ruido*. En *Jornadas Internacionales Multidisciplinarias sobre Violencia Acústica*. Editorial ASOLOFAL. Rosario, 2000. (Cubre Cap. 3)
- Miyara, Federico (2003) *Registro magnético*. Monografía de la cátedra. (Complementario Cap. 8)
- Miyara, Federico (2007) *Compresores de audio*. Monografía de la cátedra. (Cubre Cap. 10)
- Miyara, Federico (2007) *Introducción a la Psicoacústica*. Monografía de la cátedra. (Cubre Cap. 2)
- Miyara, Federico (2008) *Ecualizadores*. Monografía de la cátedra. (Cubre Cap. 9)
- Miyara, Federico (2009) *La barra vibrante*. Monografía de la cátedra. (Complementario Cap. 1)
- Miyara, Federico (2013) *Oscilación de membranas*. Monografía de la cátedra. (Cubre Cap. 5)
- Miyara, Federico (2014) *Amplificadores de audio de potencia*. Monografía de la cátedra. (Cubre Cap. 12)
- Miyara, Federico (2015) *Introducción a la Acústica*. Monografía de la cátedra. (Cubre Cap. 1)
- Miyara, Federico (2016) *Introducción a la Electroacústica*. Monografía de la cátedra. (Cubre Cap. 4 a 7)
- Miyara, Federico (2015) *Preamplificadores*. Monografía de la cátedra. (Cubre Cap. 8)
- Miyara, Federico (2015) *Distorsión*. Monografía de la cátedra. (Cubre Cap. 8)

Bibliografía complementaria

- Beraneck, Leo (1961) *Acústica*. Editorial H.A.S.A. Buenos Aires 1961. (También su edición en inglés, *Acoustics*, publicada por la Acoustical Society of America en 1986) (cubre cap. 1-7)
- Kinsler, Lawrence; Frey, Austin; Coppens, Alan; Sanders, James (1995). *Fundamentos de Acústica*. Limusa, México. (Cubre Cap. 1 y 5)
- Davis, Gary; Jone, Ralph (1990). *The Sound Reinforcement Handbook* (2ª edición). Hal Leonard Publishig Corporation. Milwukee, USA. (Cubre Cap. 1 a 4)
- White, Paul (1989, 1990, 1991). *Creative Recording*. Music Maker Books. Cambridgeshire, Inglaterra, (3 tomos). (cubre Cap. 2, 5, 7 a 10, 11)
- Tribaldos, Clemente (1993) *Sonido Profesional*. Editorial Paraninfo (2ª edición). Madrid, España. (Cubre Cap. 2, 4, 7 a 13)

Davis, Don; Davis, Carolyn (1994) *Sound System Engineering* (2ª edición). SAMS, Carmel, EEUU. (Cubre Cap. 1 a 8, 10, 13)

Everest, Frederick Alton (1989). *The Master Handbook of Acoustics* (2ª edición). McGraw-Hill (TAB books). Blue Ridge Summit, USA.

Journal of the Acoustical Society of America (JASA)

Journal of the Audio Engineering Society (JAES).

Recursos web y otros recursos

Sitio de la asignatura <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/audio>

Sitio del Laboratorio de Acústica y Electroacústica <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica>

Rod Elliot (1999) *High Quality Audio Mixer*. <http://sound.whsites.net/project30.htm>

Cronograma de actividades

Semana	Unidad	Tema	Actividad
1	I	Acústica	Clase teórica
2	I	Acústica	Clase teórico-práctica
3	I	Acústica	Clase teórico-práctica
	II	Psicoacústica	Clase teórica
4	II	Psicoacústica	Clase teórico-práctica
5	III	Acústica de recintos	Clase teórica
6	III	Acústica de recintos	Clase teórico-práctica
	IV	Electroacústica	Clase teórica
7	IV	Electroacústica	Clase teórica
	V	Micrófonos	Clase teórica
8	V	Micrófonos	Clase teórico-práctica
	VI	Altavoces	Clase teórica
9	VI	Altavoces	Clase teórico-práctica
	VII	Bafles	Clase teórica
10	VII	Bafles	Clase teórico-práctica
	VIII	Preamplificadores	Clase teórica
11	VIII	Preamplificadores	Clase teórico-práctica
12	IX	Ecuilibradores y filtros	Clase teórica
13	X	Compresores y limitadores	Clase teórico-práctica
14	XI	Consolas de mezcla	Clase teórico-práctica
15	XI	Consolas de mezcla	Clase teórico-práctica
			Laboratorio
16	XII	Amplificadores de potencia	Clase teórica